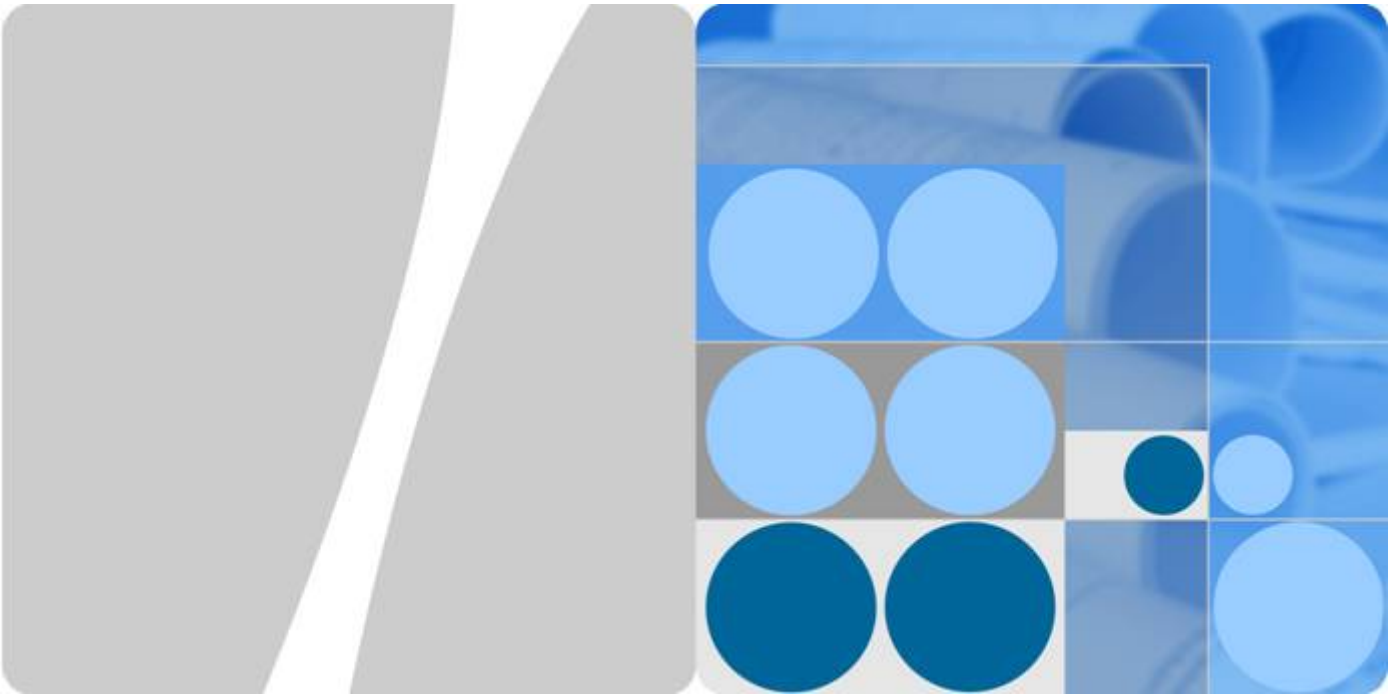


HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器

V600R003C00

配置指南-MPLS

文档版本　01

发布日期　2011-05-15

华为技术有限公司

HUAWEI

版权所有 © 华为技术有限公司 2011。 保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

商标声明

和其他华为商标均为华为技术有限公司的商标。
本文档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

注意

您购买的产品、服务或特性等应受华为公司商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，华为公司对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

华为技术有限公司

地址： 深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼 邮编：518129

网址： http://www.huawei.com

客户服务邮箱： support@huawei.com

客户服务电话： 0755-28560000 4008302118

客户服务传真： 0755-28560111

前 言

概述

本手册系统介绍了 HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 支持的 MPLS 的相关配置。主要内容包括 MPLS LDP 的基本原理和配置过程、MPLS 流量工程的基本原理和配置过程、MPLS OAM 的基本原理和配置过程，并提供相关的配置案例。在本手册的附录中，提供了 MPLS 常用的术语和缩略语。

阅读本手册有助于读者系统掌握 MPLS 原理和各种配置信息，应用 MPLS 进行组网。

读者对象

本文档（本指南）主要适用于以下工程师：

- 调测工程师
- 数据配置工程师
- 网络监控工程师
- 系统维护工程师

符号约定

在本文中可能出现下列标志，它们所代表的含义如下。

符号	说明
危险	以本标志开始的文本表示有高度潜在危险，如果不能避免，会导致人员死亡或严重伤害。
警告	以本标志开始的文本表示有中度或低度潜在危险，如果不能避免，可能导致人员轻微或中等伤害。
注意	以本标志开始的文本表示有潜在风险，如果忽视这些文本，可能导致设备损坏、数据丢失、设备性能降低或不可预知的结果。
窍门	以本标志开始的文本能帮助您解决某个问题或节省您的时间。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

符号	说明
说明	以本标志开始的文本是正文的附加信息，是对正文的强调和补充。

修订记录

修改记录累积了每次文档更新的说明。最新版本的文档包含以前所有文档版本的更新内容。

文档版本 01 (2011-05-15)

第一次正式发布。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

目 录

前 言 iii

1 静态 LSP 配置 1-1

1.1 静态 LSP 配置简介 1-2
1.1.1 静态 LSP 概述 1-2
1.1.2 NE20E-X6 支持的静态 LSP 特性 1-2
1.2 配置静态 LSP 1-2
1.2.1 建立配置任务 1-3
1.2.2 配置 LSR ID 1-4
1.2.3 使能 MPLS 1-4
1.2.4 配置静态 LSP 的 Ingress 1-4
1.2.5 配置静态 LSP 的 Transit 1-5
1.2.6 配置静态 LSP 的 Egress 1-5
1.2.7 检查配置结果 1-5
1.3 配置静态 BFD 检测静态 LSP 1-6
1.3.1 建立配置任务 1-7
1.3.2 使能全局 BFD 能力 1-7
1.3.3 配置 Ingress BFD 参数 1-8
1.3.4 配置 Egress BFD 参数 1-9
1.3.5 检查配置结果 1-10
1.4 维护静态 LSP 1-11
1.4.1 清除 MPLS 的统计信息 1-11
1.4.2 检测 LSP 连通性/可达性 1-11
1.4.3 配置 LSP 的 Trap 功能 1-12
1.5 配置举例 1-12
1.5.1 配置静态 LSP 示例 1-12
1.5.2 配置静态 BFD 检测静态 LSP 示例 1-19

2 MPLS LDP 配置 2-1

2.1 MPLS LDP 简介 2-3
2.1.1 MPLS LDP 概述 2-3
2.1.2 NE20E-X6 支持的 MPLS LDP 特性 2-3
2.2 配置 LDP 会话 2-5
2.2.1 建立配置任务 2-6

版权所有 © 华为技术有限公司

2.2.2 配置 LSR ID 2-7
2.2.3 使能 MPLS 2-8
2.2.4 使能全局 MPLS LDP 2-8
2.2.5 （可选）配置 LDP 动态能力通告功能 2-9
2.2.6 配置 LDP 会话 2-9
2.2.7 （可选）配置 LDP 传输地址 2-10
2.2.8 （可选）配置 LDP 定时器 2-11
2.2.9 （可选）配置 LDP MD5 认证 2-14
2.2.10 （可选）配置 LDP 认证 2-15
2.2.11 检查配置结果 2-16
2.3 配置 LDP LSP 2-19
2.3.1 建立配置任务 2-20
2.3.2 建立 LDP LSP 2-21
2.3.3 （可选）配置 LDP 标签发布方式 2-21
2.3.4 （可选）配置 LDP 自动触发 DoD 请求功能 2-21
2.3.5 （可选）配置 LDP 环路检测 2-22
2.3.6 （可选）配置 LDP MTU 信令功能 2-23
2.3.7 （可选）配置 LDP 水平分割策略 2-23
2.3.8 （可选）配置 LDP Inbound 策略 2-24
2.3.9 （可选）配置 LDP Outbound 策略 2-25
2.3.10 （可选）配置 LSP 建立的触发策略 2-26
2.3.11 （可选）配置 Transit LSP 建立的触发策略 2-26
2.3.12 检查配置结果 2-27
2.4 配置 LDP 跨域扩展 2-28
2.4.1 建立配置任务 2-28
2.4.2 配置 LDP 跨域扩展 2-29
2.4.3 检查配置结果 2-29
2.5 配置 LDP 多实例 2-30
2.5.1 建立配置任务 2-30
2.5.2 配置 LDP 多实例 2-31
2.5.3 检查配置结果 2-31
2.6 配置静态 BFD 检测 LDP LSP 2-32
2.6.1 建立配置任务 2-32
2.6.2 使能全局 BFD 能力 2-33
2.6.3 配置 Ingress BFD 参数 2-33
2.6.4 配置 Egress BFD 参数 2-34
2.6.5 检查配置结果 2-36
2.7 配置动态 BFD 检测 LDP LSP 2-36
2.7.1 建立配置任务 2-37
2.7.2 使能全局 BFD 能力 2-37
2.7.3 使能 MPLS 动态创建 BFD 会话功能 2-38
2.7.4 配置动态 BFD 检测 LDP LSP 的触发策略 2-38

版权所有 © 华为技术有限公司

2.7.5 （可选）调整 BFD 检测参数.....2-39
2.7.6 检查配置结果.....2-40
2.8 配置 Manual LDP FRR.....2-41
2.8.1 建立配置任务.....2-41
2.8.2 使能 Manual LDP FRR 功能.....2-42
2.8.3 （可选）配置 Manual LDP FRR 保护定时器.....2-43
2.8.4 （可选）允许 BFD 修改端口状态表.....2-43
2.8.5 检查配置结果.....2-44
2.9 配置 LDP Auto FRR.....2-44
2.9.1 建立配置任务.....2-44
2.9.2 使能 LDP Auto FRR 功能.....2-45
2.9.3 检查配置结果.....2-45
2.10 配置 LDP 和 IGP 同步.....2-46
2.10.1 建立配置任务.....2-47
2.10.2 使能 LDP 和 IGP 同步功能.....2-47
2.10.3 （可选）设置 hold-down 定时器的值.....2-48
2.10.4 （可选）设置 hold-max-cost 定时器的值.....2-48
2.10.5 （可选）设置 delay 定时器的值.....2-49
2.10.6 检查配置结果.....2-50
2.11 配置 LDP 和静态路由同步.....2-50
2.11.1 建立配置任务.....2-51
2.11.2 使能 LDP 和静态路由同步功能.....2-52
2.11.3 （可选）设置 hold-down 定时器的值.....2-53
2.11.4 检查配置结果.....2-53
2.12 配置 LDP GTSM.....2-54
2.12.1 建立配置任务.....2-54
2.12.2 配置 LDP GTSM.....2-55
2.12.3 检查配置结果.....2-55
2.13 配置 LDP GR.....2-56
2.13.1 建立配置任务.....2-56
2.13.2 使能 LDP GR 能力.....2-57
2.13.3 （可选）配置 GR Restarter 的定时器.....2-57
2.13.4 （可选）配置 GR Helper 的定时器.....2-58
2.13.5 检查配置结果.....2-58
2.14 维护 MPLS LDP.....2-59
2.14.1 重启 LDP.....2-59
2.14.2 清除 MPLS 的统计信息.....2-60
2.14.3 检测 LSP 连通性/可达性.....2-60
2.14.4 配置 LSP 的 Trap 功能.....2-61
2.15 配置举例.....2-61
2.15.1 配置本地 LDP 会话示例.....2-62
2.15.2 配置远端 LDP 会话示例.....2-66

版权所有 © 华为技术有限公司

2.15.3 使用 LDP 建立 LSP 示例.....2-69
2.15.4 配置 LDP 自动触发 DoD 请求功能示例.....2-72
2.15.5 配置 LDP Inbound 策略示例.....2-79
2.15.6 配置 LDP Outbound 策略示例.....2-83
2.15.7 配置 Transit LSP 示例（使用前缀列表）.....2-88
2.15.8 配置 LDP 跨域扩展示例.....2-94
2.15.9 配置静态 BFD 检测 LDP LSP 示例.....2-100
2.15.10 配置动态 BFD 检测 LDP LSP 示例.....2-106
2.15.11 配置 Manual LDP FRR 示例.....2-110
2.15.12 配置 LDP Auto FRR 示例.....2-115
2.15.13 配置 LDP 和 IGP 同步示例.....2-124
2.15.14 配置 LDP 和静态路由同步示例.....2-130
2.15.15 配置 LDP GTSM 示例.....2-136
2.15.16 配置 LDP GR 示例.....2-138
2.15.17 配置 LDP over GRE 示例.....2-144

3 MPLS TE 配置.....3-1

3.1 MPLS TE 简介.....3-3
3.1.1 MPLS TE 概述.....3-3
3.1.2 NE20E-X6 支持的 MPLS TE 特性.....3-3
3.2 配置静态 CR-LSP.....3-5
3.2.1 建立配置任务.....3-6
3.2.2 使能 MPLS TE.....3-7
3.2.3 （可选）配置链路的带宽.....3-7
3.2.4 配置 MPLS TE 隧道接口.....3-8
3.2.5 配置静态 CR-LSP 的入节点.....3-9
3.2.6 配置静态 CR-LSP 的中间节点.....3-10
3.2.7 配置静态 CR-LSP 的出节点.....3-10
3.2.8 检查配置结果.....3-10
3.3 配置 RSVP-TE 隧道.....3-11
3.3.1 建立配置任务.....3-12
3.3.2 使能 MPLS TE 和 RSVP-TE.....3-12
3.3.3 （可选）配置链路的带宽.....3-13
3.3.4 配置 OSPF TE.....3-14
3.3.5 配置 IS-IS TE.....3-14
3.3.6 （可选）配置 MPLS TE 显式路径.....3-15
3.3.7 配置 MPLS TE 隧道接口.....3-16
3.3.8 配置 MPLS TE 隧道的约束条件.....3-17
3.3.9 （可选）配置 RSVP 资源预留风格.....3-18
3.3.10 配置 CSPF.....3-18
3.3.11 检查配置结果.....3-19
3.4 引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP.....3-20
3.4.1 建立配置任务.....3-20

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

3.4.2 配置 CR-LSP 属性模板.....3-21
3.4.3 引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP.....3-23
3.4.4 检查配置结果.....3-24
3.5 调整 RSVP 信令参数.....3-24
3.5.1 建立配置任务.....3-25
3.5.2 配置 RSVP 的 Hello 扩展.....3-26
3.5.3 配置 RSVP 的状态定时器.....3-26
3.5.4 配置 RSVP-TE 摘要刷新.....3-27
3.5.5 配置 RSVP-TE 预留确认.....3-27
3.5.6 检查配置结果.....3-28
3.6 配置 RSVP 认证.....3-28
3.6.1 建立配置任务.....3-29
3.6.2 配置 RSVP 密钥验证.....3-30
3.6.3 （可选）配置 RSVP 认证生存时间.....3-31
3.6.4 （可选）配置 handshake 功能.....3-31
3.6.5 （可选）配置 message window 功能.....3-32
3.6.6 检查配置结果.....3-33
3.7 调整 CR-LSP 的路径选择.....3-33
3.7.1 建立配置任务.....3-34
3.7.2 配置管理组和亲和属性.....3-36
3.7.3 配置 SRLG.....3-36
3.7.4 配置 CR-LSP 的跳数限制值.....3-37
3.7.5 配置选路使用的度量.....3-37
3.7.6 配置 CSPF 的仲裁方法.....3-38
3.7.7 配置失效链路定时器.....3-39
3.7.8 配置环路检测.....3-39
3.7.9 配置路由锁定.....3-40
3.7.10 检查配置结果.....3-40
3.8 调整 MPLS TE 隧道的建立.....3-41
3.8.1 建立配置任务.....3-41
3.8.2 配置隧道的优先级.....3-42
3.8.3 配置 CR-LSP 重优化.....3-42
3.8.4 配置隧道重建.....3-43
3.8.5 配置记录路由和标签.....3-44
3.8.6 配置 RSVP 信令延迟触发功能.....3-44
3.8.7 检查配置结果.....3-44
3.9 调整流量的转发.....3-45
3.9.1 建立配置任务.....3-45
3.9.2 配置 IGP Shortcut.....3-46
3.9.3 配置转发邻接.....3-47
3.9.4 配置切换延迟时间和删除延迟时间.....3-47
3.10 调整带宽的泛洪阈值.....3-48

版权所有 © 华为技术有限公司

3.10.1 建立配置任务.....3-48
3.10.2 配置带宽的泛洪阈值.....3-49
3.11 配置隧道自动带宽调整.....3-50
3.11.1 建立配置任务.....3-50
3.11.2 配置自动带宽调整.....3-51
3.11.3 检查配置结果.....3-52
3.12 配置 TE 隧道流量限速.....3-52
3.12.1 建立配置任务.....3-52
3.12.2 配置 TE 流量限速.....3-53
3.12.3 检查配置结果.....3-53
3.13 配置 DS-TE.....3-54
3.13.1 建立配置任务.....3-54
3.13.2 配置 DS-TE 模式.....3-56
3.13.3 配置 DS-TE 带宽约束模型.....3-57
3.13.4 （可选）配置 TE-Class 映射表.....3-57
3.13.5 配置链路带宽.....3-59
3.13.6 配置 Tunnel 接口.....3-60
3.13.7 配置静态 CR-LSP 并指定带宽.....3-61
3.13.8 配置 RSVP CR-LSP 并指定带宽.....3-62
3.13.9 配置 CT 与流队列的映射关系.....3-63
3.13.10 （可选）配置端口类队列.....3-65
3.13.11 检查配置结果.....3-65
3.14 配置 MPLS TE FRR.....3-66
3.14.1 建立配置任务.....3-66
3.14.2 使能 TE FRR.....3-68
3.14.3 配置 Bypass Tunnel.....3-68
3.14.4 （可选）配置 TE FRR 扫描定时器.....3-70
3.14.5 （可选）修改 PSB 和 RSB 的超时倍数.....3-70
3.14.6 检查配置结果.....3-71
3.15 配置 MPLS TE Auto FRR.....3-71
3.15.1 建立配置任务.....3-72
3.15.2 使能 TE Auto FRR.....3-72
3.15.3 使能 TE FRR 并配置自动旁路隧道的属性.....3-73
3.15.4 （可选）配置 TE FRR 扫描定时器.....3-74
3.15.5 （可选）修改 PSB 和 RSB 的超时倍数.....3-74
3.15.6 检查配置结果.....3-74
3.16 配置 CR-LSP 备份.....3-75
3.16.1 建立配置任务.....3-75
3.16.2 配置 CR-LSP 备份.....3-76
3.16.3 （可选）配置备份 CR-LSP 属性模板锁定功能.....3-77
3.16.4 （可选）配置热备份 CR-LSP 动态带宽功能.....3-78
3.16.5 （可选）配置逃生路径.....3-79

版权所有 © 华为技术有限公司

3.16.6 检查配置结果.....3-79
3.17 配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步.....3-81
3.17.1 建立配置任务.....3-81
3.17.2 使能旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步.....3-82
3.17.3 检查配置结果.....3-83
3.18 配置 RSVP GR.....3-83
3.18.1 建立配置任务.....3-84
3.18.2 使能 RSVP Hello 扩展.....3-85
3.18.3 使能 RSVP Full-GR.....3-85
3.18.4 （可选）使能 RSVP GR 支持能力.....3-85
3.18.5 （可选）配置 RSVP GR 节点间 hello 会话.....3-86
3.18.6 （可选）修改基础时间.....3-86
3.18.7 检查配置结果.....3-87
3.19 配置静态 BFD for CR-LSP.....3-87
3.19.1 建立配置任务.....3-88
3.19.2 使能全局 BFD 能力.....3-89
3.19.3 配置入节点 BFD 参数.....3-89
3.19.4 配置出节点 BFD 参数.....3-90
3.19.5 检查配置结果.....3-91
3.20 配置静态 BFD for TE.....3-93
3.20.1 建立配置任务.....3-93
3.20.2 使能全局 BFD 能力.....3-94
3.20.3 配置入节点 BFD 参数.....3-94
3.20.4 配置出节点 BFD 参数.....3-95
3.20.5 检查配置结果.....3-96
3.21 配置动态 BFD for CR-LSP.....3-97
3.21.1 建立配置任务.....3-98
3.21.2 全局使能 BFD.....3-99
3.21.3 入节点上使能 TE 动态创建 BFD 会话.....3-99
3.21.4 出节点使能被动创建 BFD 会话.....3-100
3.21.5 （可选）调整入节点的 BFD 检测参数.....3-100
3.21.6 检查配置结果.....3-101
3.22 配置动态 BFD for RSVP.....3-102
3.22.1 建立配置任务.....3-102
3.22.2 RSVP 两端全局使能 BFD.....3-103
3.22.3 RSVP 两端使能 BFD for RSVP.....3-103
3.22.4 （可选）调整 BFD 检测参数.....3-104
3.22.5 检查配置结果.....3-105
3.23 配置 LDP over TE.....3-106
3.23.1 建立配置任务.....3-106
3.23.2 配置转发邻接.....3-107
3.23.3 TE 隧道两端建立 LDP 远端对等体.....3-108

版权所有 © 华为技术有限公司

3.23.4 （可选）配置触发建立 LSP 的策略.....3-108
3.23.5 检查配置结果.....3-108
3.24 维护 MPLS TE.....3-109
3.24.1 检测 TE 隧道的连通性.....3-109
3.24.2 使用 NQA 检测 TE 隧道.....3-110
3.24.3 查看隧道错误信息.....3-110
3.24.4 清除运行信息.....3-110
3.24.5 重启隧道接口.....3-111
3.24.6 重启 RSVP 进程.....3-111
3.24.7 删除/重建自动生成的旁路隧道.....3-111
3.24.8 配置 LSP 的 Trap 功能.....3-112
3.25 配置举例.....3-112
3.25.1 配置静态 MPLS TE 隧道示例.....3-114
3.25.2 引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 示例.....3-120
3.25.3 配置 RSVP 认证示例.....3-128
3.25.4 配置 MPLS TE 隧道属性示例.....3-132
3.25.5 配置 SRLG 示例（TE Auto FRR）.....3-144
3.25.6 配置 SRLG 示例（Hot-standby）.....3-153
3.25.7 配置 TE 隧道流量限速示例.....3-160
3.25.8 配置 Non-IETF 模式的 DS-TE 示例（MAM 模型）.....3-164
3.25.9 配置 IETF 模式的 DS-TE 示例（RDM 模型）.....3-179
3.25.10 配置 DS-TE 从 Non-IETF 模式切换到 IETF 模式示例.....3-198
3.25.11 配置 MPLS TE FRR 示例.....3-205
3.25.12 配置 MPLS TE Auto FRR 示例.....3-216
3.25.13 配置 RSVP 认证示例（TE FRR）.....3-223
3.25.14 配置 RSVP-TE 摘要刷新示例（TE FRR）.....3-231
3.25.15 配置 FRR 拔板保护示例.....3-237
3.25.16 配置 CR-LSP 热备份示例.....3-246
3.25.17 配置热备份 CR-LSP 属性模板锁定功能示例.....3-252
3.25.18 配置热备份 CR-LSP 动态带宽功能示例.....3-261
3.25.19 配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步示例.....3-269
3.25.20 配置 RSVP GR 示例.....3-276
3.25.21 配置静态 BFD for CR-LSP 示例.....3-282
3.25.22 配置静态 BFD for TE 示例.....3-288
3.25.23 配置动态 BFD for CR-LSP 示例.....3-297
3.25.24 配置动态 BFD for RSVP 示例.....3-302
3.25.25 配置 LDP over TE 示例.....3-310
3.25.26 配置 OSPF 多区域发布 MPLS LSR-ID 示例.....3-320
3.25.27 配置区域间隧道示例.....3-324
4 MPLS 公共配置.....4-1
4.1 MPLS 公共配置简介.....4-2
4.1.1 MPLS 公共特性概述.....4-2

版权所有 © 华为技术有限公司

4.1.2 NE20E-X6 支持的 MPLS 公共特性....4-2
4.2 配置 MPLS TTL 的处理模式....4-2
4.2.1 建立配置任务....4-3
4.2.2 配置 MPLS Uniform 模式....4-4
4.2.3 配置 MPLS Pipe 模式....4-4
4.2.4 配置 ICMP 响应报文使用的路径....4-5
4.3 配置 MPLS 三层负载分担....4-5
4.3.1 建立配置任务....4-5
4.3.2 配置 MPLS 三层转发非等值负载分担方式....4-6
4.4 调整优化 MPLS....4-6
4.4.1 建立配置任务....4-7
4.4.2 配置 PHP 特性....4-7
4.4.3 配置接口的 MPLS MTU....4-8
4.4.4 配置 MPLS 统计信息上报的时间间隔....4-8
4.4.5 检查配置结果....4-9
4.5 维护 MPLS 公共配置....4-9
4.5.1 清除 MPLS 的统计信息....4-9
4.5.2 检测 LSP 连通性/可达性....4-10
5 MPLS OAM 配置....5-1
5.1 MPLS OAM 配置简介....5-2
5.1.1 MPLS OAM 概述....5-2
5.1.2 NE20E-X6 支持的 MPLS OAM 特性....5-2
5.2 配置 MPLS OAM 基本检测功能....5-5
5.2.1 建立配置任务....5-5
5.2.2 配置入节点 OAM 功能....5-6
5.2.3 配置出节点 OAM 功能....5-7
5.2.4 检查配置结果....5-8
5.3 配置 MPLS OAM 保护倒换功能....5-9
5.3.1 建立配置任务....5-9
5.3.2 创建 Tunnel 保护组....5-11
5.3.3 （可选）配置保护倒换触发机制....5-12
5.3.4 （可选）使能 MPLS OAM 检测双向 LSP....5-12
5.3.5 检查配置结果....5-13
5.4 维护 MPLS OAM....5-13
5.4.1 监控 MPLS OAM 的运行状况....5-13
5.4.2 监控隧道保护组的运行状况....5-14
5.5 配置举例....5-14
5.5.1 配置 MPLS OAM 检测静态 LSP 连通性示例....5-14
5.5.2 配置 MPLS OAM 保护倒换示例....5-22
A 术语....A-1

版权所有 © 华为技术有限公司

B 缩略语.....B-1

版权所有 © 华为技术有限公司

插图目录

图 1-1 配置静态 LSP 组网图.....1-13
图 1-2 配置静态 BFD 检测静态 LSP 组网图.....1-20
图 2-1 LDP 和静态路由同步组网图.....2-52
图 2-2 配置本地 LDP 会话组网图.....2-62
图 2-3 配置远端 LDP 会话组网图.....2-66
图 2-4 配置 LDP LSP 组网图.....2-69
图 2-5 配置 LDP 跨域扩展组网图.....2-73
图 2-6 配置 LDP Inbound 策略组网图.....2-79
图 2-7 配置 LDP Outbound 策略组网图.....2-84
图 2-8 配置 Transit LSP 组网图.....2-88
图 2-9 配置 LDP 跨域扩展组网图.....2-94
图 2-10 配置静态 BFD 检测 LDP LSP 组网图.....2-100
图 2-11 配置动态 BFD 检测 LDP LSP 示例组网图.....2-106
图 2-12 配置 Manual LDP FRR 组网图.....2-111
图 2-13 配置 LDP Auto FRR 组网图.....2-116
图 2-14 配置 LDP 和 IGP 同步组网图.....2-125
图 2-15 配置 LDP 和静态路由同步组网图.....2-131
图 2-16 配置 LDP GTSM 组网图.....2-136
图 2-17 配置 LDP GR 组网图.....2-139
图 2-18 配置 LDP over GRE 组网图.....2-144
图 3-1 逃生路径示意图.....3-76
图 3-2 静态 CR-LSP 配置组网图.....3-114
图 3-3 引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 组网图.....3-120
图 3-4 配置 RSVP 认证组网图.....3-128
图 3-5 配置隧道属性组网图.....3-133
图 3-6 TE Auto FRR 组网示意图.....3-145
图 3-7 CR-LSP 热备份组网图.....3-153
图 3-8 RSVP-TE 隧道组网图.....3-161
图 3-9 Non-IETF 模式的 DS-TE 组网示意图.....3-165
图 3-10 IETF 模式的 DS-TE 组网示意图.....3-180
图 3-11 DS-TE 从 Non-IETF 模式切换到 IETF 模式组网示意图.....3-199
图 3-12 MPLS TE FRR 配置组网图.....3-206
图 3-13 配置 TE Auto FRR 组网图.....3-216

版权所有 © 华为技术有限公司

图 3-14 基于 MPLS TE FRR 的认证配置组网图.....3-224
图 3-15 基于 MPLS TE FRR 的摘要刷新配置组网图.....3-231
图 3-16 配置 FRR 拔板保护组网图.....3-238
图 3-17 CR-LSP 热备份组网示意图.....3-246
图 3-18 热备份 CR-LSP 属性模板锁定功能组网图.....3-253
图 3-19 热备份 CR-LSP 动态带宽功能组网图.....3-261
图 3-20 配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步组网图.....3-270
图 3-21 RSVP GR 的配置举例.....3-276
图 3-22 CR-LSP 热备份组网示意图.....3-283
图 3-23 静态 BFD for TE 组网示意图.....3-289
图 3-24 CR-LSP 热备份组网示意图.....3-298
图 3-25 BFD for RSVP 组网图.....3-303
图 3-26 LDP over TE 配置组网图.....3-311
图 3-27 配置区域间隧道组网图.....3-320
图 3-28 配置区域间隧道组网图.....3-325
图 5-1 MPLS OAM 连通性检测示意图.....5-2
图 5-2 N：1 保护模式.....5-4
图 5-3 N：1 保护模式——主隧道故障.....5-4
图 5-4 配置 MPLS OAM 基本检测功能组网图.....5-15
图 5-5 配置 MPLS OAM 保护倒换组网图.....5-22

版权所有 © 华为技术有限公司

表格目录

表 3-1 DS-TE 模式切换.....3-57
表 3-2 缺省的 TE-Class 映射表.....3-59
表 5-1 倒换请求标准.....5-10

版权所有 © 华为技术有限公司

1 静态 LSP 配置

关于本章

通过手工为 LSR 分配标签，可以配置静态 LSP。静态 LSP 适用于拓扑结构简单并且稳定的小型网络。

1.1 静态 LSP 配置简介
建立静态 LSP 需要手工为 LSR 分配标签。

1.2 配置静态 LSP
只有通过手工为 LSR 均进行相应配置，才可以建立静态 LSP。

1.3 配置静态 BFD 检测静态 LSP
通过配置静态 BFD 检测静态 LSP，可以检测手工创建的静态 LSP 的连通性。

1.4 维护静态 LSP
维护静态 LSP，包括清除 MPLS 的统计信息、检测 LSP 连通性/可达性、配置 LDP LSP 的 Trap 功能。

1.5 配置举例
介绍静态 LSP 配置举例。请结合配置流程图了解配置过程。配置示例中包括组网需求、配置注意事项、配置思路等。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

1.1 静态 LSP 配置简介

建立静态 LSP 需要手工为 LSR 分配标签。

1.1.1 静态 LSP 概述
静态 LSP 不能使用标签发布协议动态建立，需要由管理员手工配置。适用于拓扑结构简单并且稳定的小型网络。

1.1.2 NE20E-X6 支持的静态 LSP 特性
系统支持的静态 LSP 特性有配置静态 LSP、静态 BFD 检测静态 LSP。

1.1.1 静态 LSP 概述

静态 LSP 不能使用标签发布协议动态建立，需要由管理员手工配置。适用于拓扑结构简单并且稳定的小型网络。

配置静态 LSP 时，管理员需要为各 LSR 手工分配标签，需要遵循的原则是：前一节点出标签的值等于下一个节点入标签的值。静态 LSP 上的各 LSR 之间不能相互感知整条 LSP 的情况，因此静态 LSP 是一个本地概念。

静态 LSP 不使用标签发布协议，不需要交互控制报文，因此消耗资源比较小，适用于拓扑结构简单并且稳定的小型网络。但通过静态方式分配标签建立的 LSP 不能根据网络拓扑变化动态调整，需要管理员干预。

1.1.2 NE20E-X6 支持的静态 LSP 特性

系统支持的静态 LSP 特性有配置静态 LSP、静态 BFD 检测静态 LSP。

静态 LSP

静态 LSP 需要由管理员手工配置。静态 LSP 上的各 LSR 之间不能相互感知整条 LSP 的情况，因此静态 LSP 是一个本地概念。当路由发生变化时，静态 LSP 不能自动调整，需要由管理员手工干预。

静态 BFD 检测静态 LSP

NE20E-X6 支持静态 BFD 对静态 LSP 的快速检测。BFD 是一种双向检测机制，当使用静态 BFD 检测静态 LSP 这些单向链路时，反向链路可以是 IP 或者静态 LSP。

1.2 配置静态 LSP

只有通过手工为 LSR 均进行相应配置，才可以建立静态 LSP。

1.2.1 建立配置任务
在配置静态 LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

1.2.2 配置 LSR ID
配置 LSR ID 是使能 MPLS 能力的前提条件。

1.2.3 使能 MPLS

版权所有 © 华为技术有限公司

使能 MPLS 功能后，才可以使能 MPLS LDP 能力。

1.2.4 配置静态 LSP 的 Ingress
配置静态 LSP，需要在静态 LSP 的 Ingress 进行手工配置。

1.2.5 配置静态 LSP 的 Transit
配置静态 LSP，需要在静态 LSP 的 Transit 进行手工配置。

1.2.6 配置静态 LSP 的 Egress
配置静态 LSP，需要在静态 LSP 的 Egress 进行手工配置。

1.2.7 检查配置结果
静态 LSP 配置成功后，可以查看到 LSP 状态为 Up，且路由的状态为 Ready。

1.2.1 建立配置任务

在配置静态 LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

静态 LSP 需要管理员对沿途的 LSR 均进行相应配置后，才能正常工作。

静态 LSP 不使用标签发布协议，不需要交互控制报文，因此消耗资源比较小，适用于拓扑结构简单并且稳定的小型网络。但通过静态方式分配标签建立的 LSP 不能根据网络拓扑变化动态调整，需要管理员干预。

静态 LSP 与静态 CR-LSP 使用相同的标签空间（16 ～ 1023）。

静态 LSP 可以用于 MPLS L2VPN。

关于 MPLS L2VPN 的配置请参考《HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 配置指南 VPN》。

前置任务

在配置静态 LSP 之前，需完成以下任务：

- 配置单播静态路由或 IGP 协议，保证各 LSR 在网络层互通

数据准备

在配置静态 LSP 之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	静态 LSP 的名字
2	目的地址和掩码
3	各节点入标签和出标签的值
4	Ingress 的下一跳地址或出接口
5	Transit 的入接口、下一跳地址或出接口
6	Egress 的入接口

版权所有 © 华为技术有限公司

1.2.2 配置 LSR ID

配置 LSR ID 是使能 MPLS 能力的前提条件。

背景信息

配置 LSR ID 时，请注意以下事项：

- 配置 LSR ID 是配置其它 MPLS 命令的前提。
- LSR 没有缺省的 LSR ID，必须手工配置。
- 推荐使用 LSR 某个 Loopback 接口的地址作为 LSR ID。
- 如果要修改已经配置的 LSR ID，必须在系统视图下执行 **undo mpls** 命令删除所有 MPLS 配置。

请在 MPLS 域的所有节点上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls lsr-id** *lsr-id*，配置本节点的 LSR ID。

----结束

1.2.3 使能 MPLS

使能 MPLS 功能后，才可以使能 MPLS LDP 能力。

背景信息

请在 MPLS 域的所有节点上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，使能本节点的 MPLS，并进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **quit**，退回系统视图。

步骤 4 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，配置需要转发 MPLS 报文的接口。

步骤 5 执行命令 **mpls**，使能接口的 MPLS。

----结束

1.2.4 配置静态 LSP 的 Ingress

配置静态 LSP，需要在静态 LSP 的 Ingress 进行手工配置。

背景信息

请在 Ingress 进行以下配置。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **static-lsp ingress** *lsp-name* **destination** *ip-address mask-length* { **nexthop** *next-hop-address* | **outgoing-interface** *interface-type interface-number* } **out-label** *out-label*，配置本节点为指定 LSP 的 Ingress。

说明

推荐采用指定下一跳的方式配置静态 LSP，确保本地路由表中存在与指定目的 IP 地址精确匹配的路由项，包括目的 IP 地址和下一跳 IP 地址。

----结束

1.2.5 配置静态 LSP 的 Transit

配置静态 LSP，需要在静态 LSP 的 Transit 进行手工配置。

背景信息

请在 Transit 进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **static-lsp transit** *lsp-name* **incoming-interface** *interface-type interface-number* **in-label** *in-label* { **nexthop** *next-hop-address* | **outgoing-interface** *interface-type interface-number* } **out-label** *out-label*，配置本节点为指定 LSP 的 Transit。

说明

推荐采用指定下一跳的方式配置静态 LSP，确保本地路由表中存在与指定目的 IP 地址精确匹配的路由项，包括目的 IP 地址和下一跳 IP 地址。

----结束

1.2.6 配置静态 LSP 的 Egress

配置静态 LSP，需要在静态 LSP 的 Egress 进行手工配置。

背景信息

请在 Egress 进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **static-lsp egress** *lsp-name* **incoming-interface** *interface-type interface-number* **in-label** *in-label* [**lsrid** *ingress-lsr-id* **tunnel-id** *tunnel-id*]，配置本节点为指定 LSP 的 Egress。

----结束

1.2.7 检查配置结果

静态 LSP 配置成功后，可以查看到 LSP 状态为 Up，且路由的状态为 Ready。

版权所有 © 华为技术有限公司

前提条件

已经完成静态 LSP 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls static-lsp** [*lsp-name*] [{ **include** | **exclude** } *ip-address mask-length*] [**verbose**]命令查看静态 LSP 的信息。
- 使用 **display mpls route-state** [**vpn-instance** *vpn-instance-name*] [{ **exclude** | **include** } { **idle** | **ready** | **settingup** } * | *destination-address mask-length*] [**verbose**]命令查看 LSP 的路由相关信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，应能得到如下的结果：

- 执行 **display mpls static-lsp** 命令查看静态 LSP 的信息，包括静态 LSP 的名字、FEC、入/出标签、入/出接口等配置信息，LSP 状态为 Up。

```
<HUAWEI> display mpls static-lsp
TOTAL          : 1       STATIC LSP(S)
UP             : 1       STATIC LSP(S)
DOWN           : 0       STATIC LSP(S)
Name       FEC               I/O Label  I/O If              Stat
lsp1       3.3.3.9/32        NULL/100   -/GE1/0/0           Up
```

- 在 Ingress 执行 **display mpls route-state** 命令查看 LSP 的路由相关信息，包括目的地址、下一跳及出接口、控制平面 MPLS 路由状态等相关信息。路由的状态为 Ready，表示路由已经触发建立了 LSP。

```
<HUAWEI> disp mpls route-state
Codes: B(BGP), I(IGP), L(Public Label BGP), O(Original BGP), U(Unknow)
------------------------------------------------------------------------------
Dest/Mask          Next-Hop         Out-Interface          State LSP VRF Type
------------------------------------------------------------------------------
220.1.1.0/24       20.1.13.3        Vlanif131              READY 2   0      I
220.1.1.0/24       20.2.13.3        Vlanif132              READY 2   0      I
220.1.2.0/24       20.1.13.3        Vlanif131              READY 2   0      I
```

1.3 配置静态 BFD 检测静态 LSP

通过配置静态 BFD 检测静态 LSP，可以检测手工创建的静态 LSP 的连通性。

1.3.1 建立配置任务
在配置静态 BFD 检测静态 LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

1.3.2 使能全局 BFD 能力
通过在待检测链路的两端节点上进行配置，可以全局使能 BFD 能力。

1.3.3 配置 Ingress BFD 参数
配置静态 BFD 检测静态 LSP，需要在静态 LSP 的 Ingress 上配置 BFD 的参数。

1.3.4 配置 Egress BFD 参数
配置静态 BFD 检测静态 LSP，需要在静态 LSP 的 Egress 上配置 BFD 的参数。

1.3.5 检查配置结果

版权所有 © 华为技术有限公司

静态 BFD 检测静态 LSP 配置成功后，可以查看 BFD 配置信息、BFD 会话信息、BFD 统计信息以及静态 LSP 的状态。

1.3.1 建立配置任务

在配置静态 BFD 检测静态 LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

对于手工创建的静态 LSP，其连通性可以通过 BFD 进行检测。

说明

静态 BFD 检测静态 LSP 时，对非主机路由也可以建立 BFD 会话。

BFD 检测 LSP 时，往返转发方式可以不一致（如报文从源端到目的端走 LSP，从目的端到源端走 IP 转发），但要求往返路径一致，如果不一致，则检测到故障时，不能确定具体是哪条路径的故障。因此部署 BFD 检测时，要确认往返路径是否一致，以便检测到的故障确实是检测路径故障。

前置任务

在配置 BFD 检测静态 LSP 之前，需完成以下任务：

- 配置静态 LSP

说明

与 TE 隧道绑定的静态 CR-LSP 只能通过 BFD 绑定 MPLS TE 的方式进行故障检测。

数据准备

在配置 BFD 检测静态 LSP 之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	静态 LSP 的名称
2	BFD 配置名
3	反向通道的参数 ● IP 链路：Egress 的 IP 地址、出接口（可选）、源 IP 地址（可选） ● 动态 LSP：Egress 的 IP 地址、LSP 下一跳地址、出接口（可选） ● 静态 LSP：LSP 的名称 ● MPLS TE：TE 隧道编号
4	BFD 会话的本地标识符和远端标识符

1.3.2 使能全局 BFD 能力

通过在待检测链路的两端节点上进行配置，可以全局使能 BFD 能力。

背景信息

在待检测链路的两端节点上进行下列配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **bfd**，对本节点使能全局 BFD 能力并进入 BFD 全局视图。

----结束

1.3.3 配置 Ingress BFD 参数

配置静态 BFD 检测静态 LSP，需要在静态 LSP 的 Ingress 上配置 BFD 的参数。

背景信息

在静态 LSP 的 Ingress 上进行下列配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind static-lsp** *lsp-name*，配置绑定静态 LSP 的 BFD 会话。

步骤 3 配置标识符：

- 执行命令 **discriminator local** *discr-value*，配置本地标识符。
- 执行命令 **discriminator remote** *discr-value*，配置远端标识符。

步骤 4 （可选）执行下列命令调整本地发送 BFD 报文的最小时间间隔、本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔和本地 BFD 检测倍数。

1. 执行命令 **quit**，退回系统视图。
2. 执行命令 **mpls**，使能本节点的 MPLS 能力，并进入 MPLS 视图。
3. 执行命令 **mpls bfd min-tx-interval** *interval*，调整本地发送 BFD 报文的最小时间间隔。

   缺省值是 1000 毫秒。

   当反向通道采用 IP 链路时，不能配置本地参数。

   本地 BFD 报文实际发送时间间隔＝ MAX { 本地配置的发送时间间隔，对端配置的接收时间间隔 }；本地实际接收时间间隔＝ MAX { 对端配置的发送时间间隔，本地配置的接收时间间隔 }；本地检测时间＝本地接收时间间隔×对端配置的 BFD 检测倍数。

   例如：

   - 本地配置的发送时间间隔为 200ms，接收时间间隔为 300ms，检测倍数为 4。
   - 对端配置的发送时间间隔为 100ms，接收时间间隔为 600ms，检测倍数为 5。

   则：

   - 本地实际的发送时间间隔为 MAX { 200ms，600ms }＝ 600ms，接收时间间隔为 MAX { 100ms，300ms }＝ 300ms，检测时间间隔为 300ms×5 ＝ 1500ms。
   - 对端实际的发送时间间隔为 MAX { 100ms，300ms }＝ 300ms，接收时间间隔为 MAX { 200ms，600ms }＝ 600ms，检测时间间隔为 600ms×4 ＝ 2400ms。
4. 执行命令 **mpls bfd min-rx-interval** *interval*，调整本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

缺省值是 1000 毫秒。

当反向通道采用 IP 链路时，不能配置本地参数。

5. 执行命令 **mpls bfd detect-multiplier** *multiplier*，调整本地 BFD 检测倍数。

   缺省值是 3。

6. 执行命令 **quit**，退回系统视图。
7. 执行命令 **bfd** *cfg-name*，进入 BFD 会话视图。

步骤 5 执行命令 **process-pst**，配置 BFD 会话修改端口状态表。

当 BFD 会话的状态改变时，会修改端口状态表中静态 LSP 的状态。

步骤 6 执行命令 **commit**，提交配置。

配置检测静态 LSP 的 BFD 会话时需要注意：

- 当静态 LSP 的状态变为 Up 时，会重新建立 BFD 会话。
- 当静态 LSP 的状态变为 Down 时，BFD 会话的状态也变为 Down。
- 当静态 LSP 被删除时，BFD 的配置项和会话项均被删除。

----结束

1.3.4 配置 Egress BFD 参数

配置静态 BFD 检测静态 LSP，需要在静态 LSP 的 Egress 上配置 BFD 的参数。

背景信息

用于向入节点通告故障的反向通道可以是 IP 链路、LSP 或者 TE 隧道，为了避免反向 LSP 故障影响 BFD 的检测，一般情况下优先选用 IP 链路。配置反向通道时，请不要配置 **process-pst** 命令。若此反向通道也需要 BFD 检测，可以再配置一对 BFD 会话进行检测。

在 LSP 的 Egress 进行下列配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 配置 BFD 会话：

- IP 链路：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind peer-ip** *peer-ip* [**vpn-instance** *vpn-instance-name*] [**interface** *interface-type interface-number*] [**source-ip** *source-ip*]。
- 动态 LSP：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind ldp-lsp peer-ip** *ip-address* **nexthop** *ip-address* [**interface** *interface-type interface-number*]。
- 静态 LSP：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind static-lsp** *lsp-name*
- MPLS TE：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind mpls-te interface tunnel** *tunnel-number* [**te-lsp**]

步骤 3 配置标识符：

- 执行命令 **discriminator local** *discr-value*，配置本地标识符。
- 执行命令 **discriminator remote** *discr-value*，配置远端标识符。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 4 （可选）执行下列命令调整本地发送 BFD 报文的最小时间间隔、本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔和本地 BFD 检测倍数。

1. 执行命令 **quit**，退回系统视图。
2. 执行命令 **mpls**，使能本节点的 MPLS 能力，并进入 MPLS 视图。
3. 执行命令 **mpls bfd min-tx-interval** *interval*，调整本地发送 BFD 报文的最小时间间隔。

   缺省值是 1000 毫秒。

   当反向通道采用 IP 链路时，不能配置本地参数。

   本地 BFD 报文实际发送时间间隔＝ MAX { 本地配置的发送时间间隔，对端配置的接收时间间隔 }；本地实际接收时间间隔＝ MAX { 对端配置的发送时间间隔，本地配置的接收时间间隔 }；本地检测时间＝本地接收时间间隔×对端配置的 BFD 检测倍数。

   例如：

   - 本地配置的发送时间间隔为 200ms，接收时间间隔为 300ms，检测倍数为 4。
   - 对端配置的发送时间间隔为 100ms，接收时间间隔为 600ms，检测倍数为 5。

   则：

   - 本地实际的发送时间间隔为 MAX { 200ms，600ms }＝ 600ms，接收时间间隔为 MAX { 100ms，300ms }＝ 300ms，检测时间间隔为 300ms×5 ＝ 1500ms。
   - 对端实际的发送时间间隔为 MAX { 100ms，300ms }＝ 300ms，接收时间间隔为 MAX { 200ms，600ms }＝ 600ms，检测时间间隔为 600ms×4 ＝ 2400ms。
4. 执行命令 **mpls bfd min-rx-interval** *interval*，调整本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔。

   缺省值是 1000 毫秒。

   当反向通道采用 IP 链路时，不能配置本地参数。
5. 执行命令 **mpls bfd detect-multiplier** *multiplier*，调整本地 BFD 检测倍数。

   缺省值是 3。
6. 执行命令 **quit**，退回系统视图。
7. 执行命令 **bfd** *cfg-name*，进入 BFD 会话视图。

步骤 5 执行命令 **commit**，提交配置。

----结束

1.3.5 检查配置结果

静态 BFD 检测静态 LSP 配置成功后，可以查看 BFD 配置信息、BFD 会话信息、BFD 统计信息以及静态 LSP 的状态。

前提条件

已经完成静态 BFD 检测静态 LSP 功能的所有配置。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

- 使用 **display bfd configuration** { **all** | **static** } [**for-lsp**]命令查看 BFD 配置信息。
- 使用 **display bfd session** { **all** | **static** } [**for-lsp**]命令查看 BFD 会话信息。
- 使用 **display bfd statistics session** { **all** | **static** } [**for-ip** | **for-lsp**]命令查看 BFD 统计信息。
- 使用 **display mpls static-lsp** [*lsp-name*] [{ **include** | **exclude** } *ip-address mask-length*] [**verbose**]命令查看静态 LSP 的状态。

----结束

1.4 维护静态 LSP

维护静态 LSP，包括清除 MPLS 的统计信息、检测 LSP 连通性/可达性、配置 LDP LSP 的 Trap 功能。

1.4.1 清除 MPLS 的统计信息
通过执行 **reset** 命令，清除 MPLS 的统计信息。

1.4.2 检测 LSP 连通性/可达性
通过执行 **ping**/**tracert** 命令，检测 LSP 连通性/可达性。

1.4.3 配置 LSP 的 Trap 功能
通过配置 LSP 的 Trap 功能，可以将 LSP 的状态变化通知给网管系统。

1.4.1 清除 MPLS 的统计信息

通过执行 **reset** 命令，清除 MPLS 的统计信息。

背景信息

注意

清除 MPLS 的统计信息后，以前的信息将无法恢复，务必仔细确认。

操作步骤

- 请在用户视图下执行 **reset mpls statistics interface** { *interface-type interface-number* | **all** }命令清除 MPLS 接口的统计信息。
- 请在用户视图下执行 **reset mpls statistics lsp** { *lsp-name* | **all** }命令清除 LSP 的统计信息。

----结束

1.4.2 检测 LSP 连通性/可达性

通过执行 **ping**/**tracert** 命令，检测 LSP 连通性/可达性。

版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

可以在任意视图下选择执行以下命令，进行 MPLS Ping/Traceroute 测试。

操作步骤

- 执行 **ping lsp** [**-a** *source-ip* | **-c** *count* | **-exp** *exp-value* | **-h** *ttl-value* | **-m** *interval* | **-r** *reply-mode* | **-s** *packet-size* | **-t** *time-out* | **-v**] * **ip** *destination-address mask-length* [*ip-address*] [**nexthop** *nexthop-address* | **draft6**]命令，进行 MPLS Ping 测试。

  如果指定 **draft6** 参数，**ping lsp** 命令按 draft-ietf-mpls-lsp-ping-06 实现。默认情况下按 RFC4379 实现。

- 执行 **tracert lsp** [**-a** *source-ip* | **-exp** *exp-value* | **-h** *ttl-value* | **-r** *reply-mode* | **-t** *time-out*] * **ip** *destination-address mask-length* [*ip-address*] [**nexthop** *nexthop-address* | **draft6**] 命令，进行 MPLS Traceroute 测试。

  如果指定 **draft6** 参数，**tracert** 命令按 draft-ietf-mpls-lsp-ping-06 实现。默认情况下按 RFC4379 实现。

----结束

1.4.3 配置 LSP 的 Trap 功能

通过配置 LSP 的 Trap 功能，可以将 LSP 的状态变化通知给网管系统。

背景信息

如果需要将 LSP 的状态变化通知给网管系统，请在系统视图下进行下列配置。

缺省情况下，LDP LSP 创建过程中不使能 Trap 功能。

操作步骤

步骤 1 使用 **snmp-agent trap suppress feature-name lsp trap-name** { **mplsxcup** | **mplsxcdown** } **trap-interval** *trap-interval* [**max-trap-number** *max-trap-number*]命令，使能 LDP LSP 的 Trap 功能，并打开 mplsxcup 或 mplsxcdown 海量告警开关。

----结束

1.5 配置举例

介绍静态 LSP 配置举例。请结合配置流程图了解配置过程。配置示例中包括组网需求、配置注意事项、配置思路等。

1.5.1 配置静态 LSP 示例
介绍静态 LSP 的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS。

1.5.2 配置静态 BFD 检测静态 LSP 示例
介绍静态 BFD 检测静态 LSP 的配置过程，包括配置静态 LSP 和配置 BFD。

1.5.1 配置静态 LSP 示例

介绍静态 LSP 的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS。

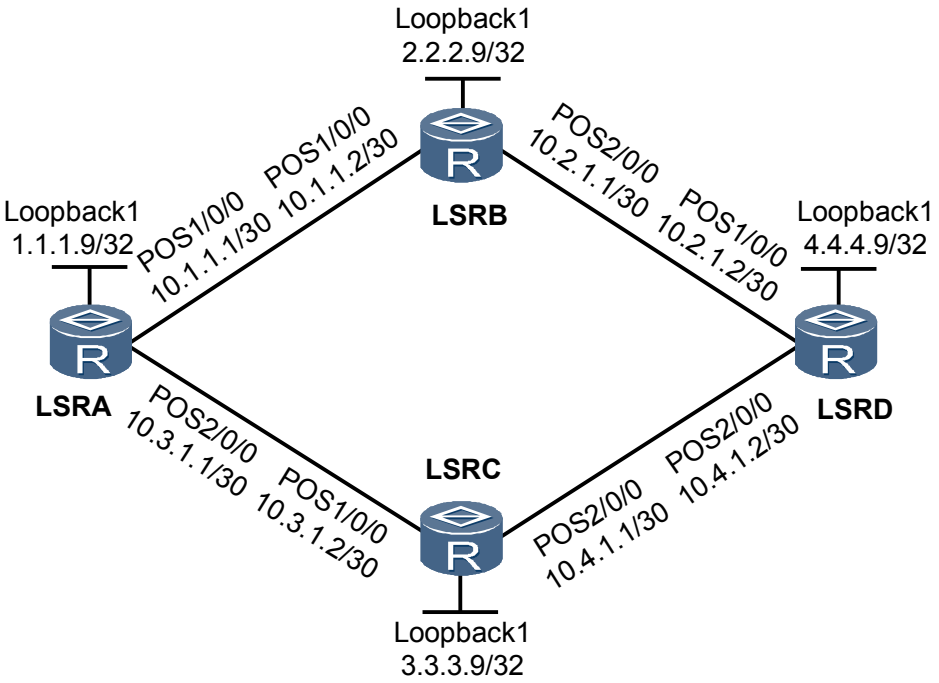
华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

组网需求

如图 1-1 所示，各节点均支持 MPLS，运行 OSPF 作为 MPLS 骨干网上的 IGP。

在 LSRA 和 LSRD 之间建立双向静态 LSP。其中从 LSRA 到 LSRD 的 LSP 路径为 LSRA→LSRB→LSRD；从 LSRD 到 LSRA 的 LSP 路径为 LSRD→LSRC→LSRA。

图 1-1 配置静态 LSP 组网图



配置思路

采用如下的思路配置静态 LSP：

1. 配置各节点接口的 IP 地址及作为 LSR ID 的 Loopback 地址，并用 OSPF 协议通告各接口所连网段和 LSR ID 主机路由。
2. 全局使能各节点的 MPLS。
3. 使能各接口的 MPLS。
4. 在 Ingress 配置此 LSP 的目的地址、下一跳和出标签的值。
5. 在 Transit 配置此 LSP 的入接口、与上一节点出标签相等的入标签的值、对应的下一跳和出标签的值。
6. 在 Egress 配置此 LSP 的入接口及与上一节点出标签相等的入标签的值。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点接口的 IP 地址如图 1-1，OSPF 进程号，所在的区域
- 静态 LSP 的名称

版权所有 © 华为技术有限公司

- 各接口上出标签的值

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

按照图 1-1 配置各接口 IP 地址和掩码，包括 Loopback 接口，具体配置过程略。

步骤 2 配置 OSPF 协议发布各节点接口所连网段和 LSR ID 的主机路由

配置 LSRA。

```
[LSRA] ospf 1
[LSRA-ospf-1] area 0
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 1.1.1.9 0.0.0.0
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.1.1.0 0.0.0.3
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.3.1.0 0.0.0.3
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[LSRA-ospf-1] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] ospf 1
[LSRB-ospf-1] area 0
[LSRB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 2.2.2.9 0.0.0.0
[LSRB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.1.1.0 0.0.0.3
[LSRB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.2.1.0 0.0.0.3
[LSRB-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[LSRB-ospf-1] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] ospf 1
[LSRC-ospf-1] area 0
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 3.3.3.9 0.0.0.0
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.3.1.0 0.0.0.3
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.4.1.0 0.0.0.3
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[LSRC-ospf-1] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] ospf 1
[LSRD-ospf-1] area 0
[LSRD-ospf-1-area-0.0.0.0] network 4.4.4.9 0.0.0.0
[LSRD-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.2.1.0 0.0.0.3
[LSRD-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.4.1.0 0.0.0.3
[LSRD-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[LSRD-ospf-1] quit
```

配置完成后，在各节点上执行 **display ip routing-table** 命令，可以看到相互之间都学到了彼此的路由。

LSRA 上的显示为：

```
[LSRA] display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 14        Routes : 15

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost      Flags NextHop         Interface

        1.1.1.9/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
        2.2.2.9/32  OSPF    10   2           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
        3.3.3.9/32  OSPF    10   2           D   10.3.1.2        Pos2/0/0
        4.4.4.9/32  OSPF    10   3           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
                    OSPF    10   3           D   10.3.1.2        Pos2/0/0
       10.1.1.0/30  Direct  0    0           D   10.1.1.1        Pos1/0/0
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
      10.1.1.1/32  Direct 0    0           D  127.0.0.1       InLoopBack0
      10.1.1.2/32  Direct 0    0           D  10.1.1.2        Pos1/0/0
      10.2.1.0/30  OSPF   10   2           D  10.1.1.2        Pos1/0/0
      10.3.1.0/30  Direct 0    0           D  10.3.1.1        Pos2/0/0
      10.3.1.1/32  Direct 0    0           D  127.0.0.1       InLoopBack0
      10.3.1.2/32  Direct 0    0           D  10.3.1.2        Pos2/0/0
      10.4.1.0/30  OSPF   10   2           D  10.3.1.2        Pos2/0/0
     127.0.0.0/8   Direct 0    0           D  127.0.0.1       InLoopBack0
     127.0.0.1/32  Direct 0    0           D  127.0.0.1       InLoopBack0
```

由 LSRA 到 LSRD 上 4.4.4.9/32 的静态 LSP 的下一跳/出接口由路由表决定，已用粗体表示。本例中选用下一跳 IP 地址为 10.1.1.2/30。

LSRD 上的显示为：

```
[LSRD] display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 14        Routes : 15
Destination/Mask    Proto  Pre  Cost      Flags NextHop         Interface
        1.1.1.9/32  OSPF   10   3           D   10.2.1.1        Pos1/0/0
                    OSPF   10   3           D   10.4.1.1        Pos2/0/0
        2.2.2.9/32  OSPF   10   2           D   10.2.1.1        Pos1/0/0
        3.3.3.9/32  OSPF   10   2           D   10.4.1.1        Pos2/0/0
        4.4.4.9/32  Direct 0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
      10.1.1.0/30   OSPF   10   2           D   10.2.1.1        Pos1/0/0
      10.2.1.0/30   Direct 0    0           D   10.2.1.2        Pos1/0/0
      10.2.1.1/32   Direct 0    0           D   10.2.1.1        Pos1/0/0
      10.2.1.2/32   Direct 0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
      10.3.1.0/30   OSPF   10   2           D   10.4.1.1        Pos2/0/0
      10.4.1.0/30   Direct 0    0           D   10.4.1.2        Pos2/0/0
      10.4.1.1/32   Direct 0    0           D   10.4.1.1        Pos2/0/0
      10.4.1.2/32   Direct 0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
     127.0.0.0/8    Direct 0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
     127.0.0.1/32   Direct 0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
```

由 LSRD 到 LSRA 上 1.1.1.9/32 的静态 LSP 的下一跳/出接口由路由表决定，已用粗体表示。本例中选用下一跳 IP 地址为 10.4.1.1/30。

步骤 3 配置各节点全局的 MPLS 能力

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] mpls lsr-id 4.4.4.9
[LSRD] mpls
[LSRD-mpls] quit
```

步骤 4 配置各接口的 MPLS 能力

配置 LSRA。

版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] quit
[LSRA] interface pos 2/0/0
[LSRA-Pos2/0/0] mpls
[LSRA-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] mpls
[LSRB-Pos1/0/0] quit
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] mpls
[LSRB-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] mpls
[LSRC-Pos1/0/0] quit
[LSRC] interface pos 2/0/0
[LSRC-Pos2/0/0] mpls
[LSRC-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] interface pos 1/0/0
[LSRD-Pos1/0/0] mpls
[LSRD-Pos1/0/0] quit
[LSRD] interface pos 2/0/0
[LSRD-Pos2/0/0] mpls
[LSRD-Pos2/0/0] quit
```

步骤 5 创建从 LSRA 到 LSRD 的静态 LSP

配置 Ingress LSRA。

```
[LSRA] static-lsp ingress RAtoRD destination 4.4.4.9 32 nexthop 10.1.1.2 out-label 20
```

配置 Transit LSRB。

```
[LSRB] static-lsp transit RAtoRD incoming-interface pos 1/0/0 in-label 20 nexthop 10.2.1.2 out-label
40
```

配置 Egress LSRD。

```
[LSRD] static-lsp egress RAtoRD incoming-interface pos 1/0/0 in-label 40
```

配置完成后，可在各节点上用 **display mpls static-lsp** 命令查看静态 LSP 的状态。以 LSRA 的显示为例：

```
[LSRA] display mpls static-lsp
TOTAL          : 1       STATIC LSP(S)
UP             : 1       STATIC LSP(S)
DOWN           : 0       STATIC LSP(S)
Name           FEC               I/O Label  I/O If                    Stat
RAtoRD         4.4.4.9/32        NULL/20    -/Pos1/0/0                Up
```

LSP 是单向的，需要再配置 LSRD 到 LSRA 的静态 LSP。

步骤 6 创建从 LSRD 到 LSRA 的静态 LSP

用同样的方法可配置 LSRD 到 LSRA 的静态 LSP。

配置 Ingress LSRD。

```
[LSRD] static-lsp ingress RDtoRA destination 1.1.1.9 32 nexthop 10.4.1.1 out-label 30
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

配置 Transit LSRC。

```
[LSRC] static-lsp transit RDtoRA incoming-interface pos 2/0/0 in-label 30 nexthop 10.3.1.1 out-label 60
```

配置 Egress LSRA。

```
[LSRA] static-lsp egress RDtoRA incoming-interface pos 2/0/0 in-label 60
```

步骤 7 检查配置结果

配置完成后，在 LSRD 上执行命令 **ping lsp ip 1.1.1.9 32**，发现 **ping lsp** 是通的。

然后在各节点上用 **display mpls static-lsp** 或 **display mpls static-lsp verbose** 命令查看静态 LSP 的状态及其详细信息。以 LSRD 的显示为例：

```
[LSRD] display mpls static-lsp
TOTAL          : 2       STATIC LSP(S)
UP             : 2       STATIC LSP(S)
DOWN           : 0       STATIC LSP(S)
Name            FEC                I/O Label  I/O If                    Stat
RAtoRD          -/-                40/NULL    Pos1/0/0/-                Up
RDtoRA          1.1.1.9/32         NULL/30    -/Pos2/0/0                Up
[LSRD] display mpls static-lsp verbose
No             : 1
LSP-Name       : RAtoRD
LSR-Type       : Egress
FEC            : -/-
In-Label       : 40
Out-Label      : NULL
In-Interface   : Pos1/0/0
Out-Interface  : -
NextHop        : -
Static-Lsp Type: Normal
Lsp Status     : Up
No             : 2
LSP-Name       : RDtoRA
LSR-Type       : Ingress
FEC            : 1.1.1.9/32
In-Label       : NULL
Out-Label      : 30
In-Interface   : -
Out-Interface  : Pos2/0/0
NextHop        : 10.4.1.1
Static-Lsp Type: Normal
Lsp Status     : Up
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 mpls
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.3.1.1 255.255.255.252
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 10.3.1.0 0.0.0.3
#
 static-lsp ingress RAtoRD destination 4.4.4.9 32 nexthop 10.1.1.2 out-label 20
 static-lsp egress RDtoRA incoming-interface Pos2/0/0 in-label 60
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 mpls
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
 mpls
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
#
static-lsp transit RAtoRD incoming-interface Pos1/0/0 in-label 20 nexthop 10.2.1
.2 out-label 40
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.3.1.2 255.255.255.252
 mpls
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.4.1.1 255.255.255.252
 mpls
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  network 10.3.1.0 0.0.0.3
  network 10.4.1.0 0.0.0.3
#
static-lsp transit RDtoRA incoming-interface Pos2/0/0 in-label 30 nexthop 10
.3.1.1 out-label 60
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.9
 mpls
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
 mpls
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.4.1.2 255.255.255.252
 mpls
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 4.4.4.9 0.0.0.0
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
  network 10.4.1.0 0.0.0.3
#
 static-lsp egress RAtoRD incoming-interface Pos1/0/0 in-label 40
 static-lsp ingress RDtoRA destination 1.1.1.9 32 nexthop 10.4.1.1 out-label 30
#
Return
```

1.5.2 配置静态 BFD 检测静态 LSP 示例

介绍静态 BFD 检测静态 LSP 的配置过程，包括配置静态 LSP 和配置 BFD。

组网需求

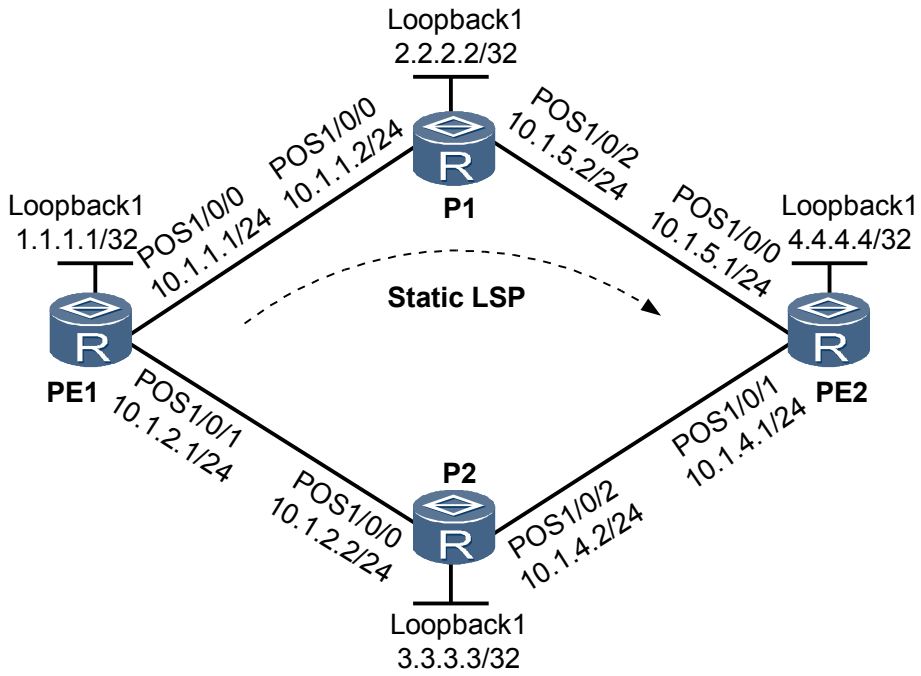
如图 1-2 所示：

- PE1、PE2、P1 和 P2 同在一个 MPLS 域内
- PE1-P1-PE2 之间有一条静态 LSP

要求在不使用 MPLS OAM 的情况下，对静态 LSP 进行连通性检测。当静态 LSP 出现故障时，PE1 能够在 50ms 之内收到故障通告。

版权所有 © 华为技术有限公司

图 1-2 配置静态 BFD 检测静态 LSP 组网图



配置思路

采用如下思路配置：

- 整个 MPLS 域采用 OSPF 协议，各节点之间 IP 可达。
- 在 PE1 上配置 BFD 会话检测静态 LSP。
- 在 PE2 上配置 BFD 会话，将检测到的静态 LSP 的故障通告给 PE1（该方向仅 IP 可达即可）。

数据准备

为完成此配置示例，需要准备如下的数据：

1. 各节点的接口 IP 地址
2. OSPF 进程号
3. BFD 会话参数（配置名、最小发送和接收检测时间间隔）

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址和 OSPF 协议

按照图 1-2 配置各接口的 IP 地址和掩码，包括各 Loopback 接口。

在所有节点上配置 OSPF 协议，发布各自 Loopback 接口的主机路由，具体配置过程略。

配置完成后，各 LSR 可以互相 Ping 通对方的 LSR-ID，在各 LSR 上执行 **display ip routing-table** 命令可以看到到达各 LSR 的路由表项。

```
<PE1> display ip routing-table
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 14        Routes : 15
Destination/Mask    Proto  Pre  Cost      Flags NextHop         Interface
        1.1.1.1/32  Direct 0    0           127.0.0.1       InLoopBack0
        2.2.2.2/32  OSPF   10   2           10.1.1.2        Pos1/0/0
        3.3.3.3/32  OSPF   10   2           10.1.2.2        Pos1/0/1
        4.4.4.4/32  OSPF   10   3           10.1.1.2        Pos1/0/0
                    OSPF   10   3           10.1.2.2        Pos1/0/1
       10.1.1.0/24  Direct 0    0           10.1.1.1        Pos1/0/0
       10.1.1.1/32  Direct 0    0           127.0.0.1       InLoopBack0
       10.1.1.2/32  Direct 0    0           10.1.1.2        Pos1/0/0
       10.1.2.0/24  Direct 0    0           10.1.2.1        Pos1/0/1
       10.1.2.1/32  Direct 0    0           127.0.0.1       InLoopBack0
       10.1.2.2/32  Direct 0    0           10.1.2.2        Pos1/0/1
       10.1.4.0/24  OSPF   10   2           10.1.2.2        Pos1/0/1
       10.1.5.0/24  OSPF   10   2           10.1.1.2        Pos1/0/0
      127.0.0.0/8   Direct 0    0           127.0.0.1       InLoopBack0
      127.0.0.1/32  Direct 0    0           127.0.0.1       InLoopBack0
```

步骤 2 使能节点的 MPLS 和 BFD 能力

在节点 PE1 上全局使能 MPLS，在各接口使能 MPLS。

```
<PE1> system-view
[PE1] mpls lsr-id 1.1.1.1
[PE1] mpls
[PE1-mpls]quit
[PE1]interface pos 1/0/0
[PE1-Pos1/0/0] mpls
[PE1-Pos1/0/0] quit
[PE1] interface pos 1/0/1
[PE1-Pos1/0/1] mpls
[PE1-Pos1/0/1] quit
```

在节点 PE1 上全局使能 BFD。

```
[PE1] bfd
[PE1-bfd] quit
```

PE2、P1、P2 上的操作同 PE1（略）。

步骤 3 建立静态 LSP，Ingress 是 PE1，Egress 是 PE2

在 Ingress PE1 上配置静态 LSP，名称是 1to4。

```
[PE1] static-lsp ingress 1to4 destination 4.4.4.4 32 nexthop 10.1.1.2 out-label 20
```

在 Transit P1 上配置静态 LSP

```
[P1] static-lsp transit 1to4 incoming-interface pos 1/0/0 in-label 20 nexthop 10.1.5.1 out-label 30
```

在 Egress PE2 上配置静态 LSP

```
[PE2] static-lsp egress 1to4 incoming-interface pos 1/0/0 in-label 30
```

配置完成后，在 PE1 上执行命令 **ping lsp ip 4.4.4.4 32**，发现 **ping lsp** 是通的。

步骤 4 配置 BFD 会话检测静态 LSP

在 Ingress PE1 上配置 BFD 会话，其中本地标识符是 1，远端标识符是 2，发送报文的最小时间间隔是 10 秒，接收报文的最小时间间隔是 10 秒；并且能够修改端口状态表。

```
[PE1] bfd 1to4 bind static-lsp 1to4
[PE1-bfd-lsp-session-1to4] discriminator local 1
[PE1-bfd-lsp-session-1to4] discriminator remote 2
[PE1-bfd-lsp-session-1to4] min-tx-interval 10
[PE1-bfd-lsp-session-1to4] min-rx-interval 10
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1-bfd-lsp-session-1to4] process-pst
[PE1-bfd-lsp-session-1to4] commit
[PE1-bfd-lsp-session-1to4] quit
```

在 Egress PE2 上配置 BFD 会话，通过 IP 链路通告静态 LSP 故障。

```
[PE2] bfd 4to1 bind peer-ip 1.1.1.1
[PE2-bfd-session-4to1] discriminator local 2
[PE2-bfd-session-4to1] discriminator remote 1
[PE2-bfd-session-4to1] min-tx-interval 10
[PE2-bfd-session-4to1] min-rx-interval 10
[PE2-bfd-session-4to1] commit
[PE2-bfd-session-4to1] quit
```

在 PE1 上执行 **display bfd session all verbose** 查看配置结果，可以看到在 PE1 上 BFD 会话已经 Up。

```
[PE1] display bfd session all verbose
--------------------------------------------------------------------------------
Session MIndex : 256        (One Hop)State : Up        Name : 1to4
--------------------------------------------------------------------------------
  Local Discriminator    : 1               Remote Discriminator   : 2
  Session Detect Mode    : Asynchronous Mode Without Echo Function
  BFD Bind Type          : STATIC_LSP
  Bind Session Type      : Static
  Bind Peer Ip Address   : 4.4.4.4
  NextHop Ip Address     : 10.1.1.2
  Static LSP name        : 1to4            LSP Token              : 0x1002000
  Bind Interface         : --
  FSM Board Id           : 1               TOS-EXP                : 7
  Min Tx Interval (ms)   : 10              Min Rx Interval (ms)   : 10
  Actual Tx Interval (ms): 10            Actual Rx Interval (ms): 10
  Local Detect Multi     : 3               Detect Interval (ms)   : 30
  Echo Passive           : Disable         Acl Number             : -
  Destination Port       : 3784            TTL                    : 1
  Proc Interface Status  : Disable         Process PST            : Enable
  WTR Interval (ms)      : -               Local Demand Mode      : Disable
  Active Multi           : 3
  Local Demand Mode      : Disable
  Last Local Diagnostic  : Neighbor Signaled Session Down(Receive AdminDown)
  Bind Application       : LSPM | OAM_MANAGER
  Session TX TmrID       : --              Session Detect TmrID   : --
  Session Init TmrID     : --              Session WTR TmrID      : --
  Session Echo Tx TmrID  : -
  PDT Index              : FSM-B030000 | RCV-2 | IF-B030000 | TOKEN-0
  Session Description    : -
--------------------------------------------------------------------------------
     Total UP/DOWN Session Number : 1/0
```

在 PE2 上执行 **display bfd session all verbose** 查看配置结果。

```
[PE2] display bfd session all verbose
--------------------------------------------------------------------------------
Session MIndex : 256       (Multi Hop) State : Up        Name : 4to1
--------------------------------------------------------------------------------
  Local Discriminator    : 2               Remote Discriminator   : 1
  Session Detect Mode    : Asynchronous Mode Without Echo Function
  BFD Bind Type          : Peer Ip Address
  Bind Session Type      : Static
  Bind Peer Ip Address   : 1.1.1.1
  NextHop Ip Address     : 10.1.4.2
  Bind Interface         : --
  FSM Board Id           : 1               TOS-EXP                : 7
  Min Tx Interval (ms)   : 10              Min Rx Interval (ms)   : 10
  Actual Tx Interval (ms): 10              Actual Rx Interval (ms): 10
  Local Detect Multi     : 3               Detect Interval (ms)   : 30
  Echo Passive           : Disable         Acl Number             : -
  Proc Interface Status  : Disable         Process PST            : Disable
  WTR Interval (ms)      : -               Local Demand Mode      : Disable
  Active Multi           : 3
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
  Local Demand Mode      : Disable
  Last Local Diagnostic  : Control Detection Time Expired
  Bind Application       : No Application Bind
  Session TX TmrID       : --               Session Detect TmrID   : --
  Session Init TmrID     : --               Session WTR TmrID      : --
  Session Echo Tx TmrID  : -
  PDT Index              : FSM-0|RCV-0|IF-0|TOKEN-0
  Session Description    : -
--------------------------------------------------------------------------------
    Total UP/DOWN Session Number : 1/0
```

步骤 5 检测配置结果

对 P1 的 POS1/0/2 接口进行 shutdown 操作，模拟静态 LSP 故障。

```
[P1] interface pos 1/0/2
[P1-Pos1/0/2] shutdown
```

执行 **display bfd session all verbose**，查看 BFD 的状态。

```
[PE2] display bfd session all verbose
--------------------------------------------------------------------------------
Session MIndex : 256       (Multi Hop) State : Down      Name : 4to1
--------------------------------------------------------------------------------
  Local Discriminator    : 2                Remote Discriminator   : 1
  Session Detect Mode    : Asynchronous Mode Without Echo Function
  BFD Bind Type          : Peer Ip Address
  Bind Session Type      : Static
  Bind Peer Ip Address   : 1.1.1.1
  Bind Interface         : -
  FSM Board Id           : 1                TOS-EXP                : 7
  Min Tx Interval (ms)   : 10             Min Rx Interval (ms)   : 10
  Actual Tx Interval (ms): 10               Actual Rx Interval (ms): 10
  Local Detect Multi     : 3                Detect Interval (ms)   : 30
  Echo Passive           : Disable          Acl Number             : -
  Proc Interface Status  : Disable          Process PST            : Disable
  WTR Interval (ms)      : -                Local Demand Mode      : Disable
  Active Multi           : 3
  Local Demand Mode      : Disable
  Last Local Diagnostic  : Control Detection Time Expired
  Bind Application       : No Application Bind
  Session TX TmrID       : --               Session Detect TmrID   : --
  Session Init TmrID     : --               Session WTR TmrID      : --
  Session Echo Tx TmrID  : -
  PDT Index              : FSM-0|RCV-0|IF-0|TOKEN-0
  Session Description    : -
--------------------------------------------------------------------------------
    Total UP/DOWN Session Number : 0/1
[PE1] display bfd session all verbose
--------------------------------------------------------------------------------
Session MIndex : 256       (One Hop) State : Down      Name : 1to4
--------------------------------------------------------------------------------
  Local Discriminator    : 1                Remote Discriminator   : 2
  Session Detect Mode    : Asynchronous Mode Without Echo Function
  BFD Bind Type          : STATIC_LSP
  Bind Session Type      : Static
  Bind Peer Ip Address   : 4.4.4.4
  NextHop Ip Address     : 10.1.1.2
  Bind Interface         : --
  Static LSP name        : 1to4             LSP Token              : 0x1002000
  FSM Board Id           : 1                TOS-EXP                : 7
  Min Tx Interval (ms)   : 10               Min Rx Interval (ms)   : 10
  Actual Tx Interval (ms): 10               Actual Rx Interval (ms): 30
  Local Detect Multi     : 3                Detect Interval (ms)   : 3000
  Echo Passive           : Disable          Acl Number             : -
  Destination Port       : 3784             TTL                    : 1
  Proc Interface Status  : Disable          Process PST            : Enable
  WTR Interval (ms)      : -
  Proc interface status  : Disable
  Active Multi           : 3
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  Local Demand Mode      : Disable
  Last Local Diagnostic  : Control Detection Time Expired
  Bind Application       : LSPM OAM_MANAGER
  Session TX TmrID       : --               Session Detect TmrID   : --
  Session Init TmrID     : --               Session WTR TmrID      : --
  Session Echo Tx TmrID  : -
  PDT Index              : FSM-B030000 | RCV-2 | IF-B030000 | TOKEN-0
  Session Description    : -
------------------------------------------------------------------------------
     Total UP/DOWN Session Number : 0/1
```

----结束

配置文件

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
#
 bfd
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
#
interface Pos1/0/1
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.2.1 255.255.255.0
 mpls
#
interface NULL0
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
ospf 100
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
#
 static-lsp ingress 1to4 destination 4.4.4.4 32 nexthop 10.1.1.2 out-label 20
#
bfd 1to4 bind static-lsp 1to4
 discriminator local 1
 discriminator remote 2
 min-tx-interval 10
 min-rx-interval 10
 process-pst
 commit
#
Return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
#
 bfd
#
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.5.1 255.255.255.0
 mpls
#
interface Pos1/0/1
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.4.1 255.255.255.0
 mpls
#
interface NULL0
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
#
bfd 4to1 bind peer-ip 1.1.1.1
 discriminator local 2
 discriminator remote 1
 min-tx-interval 10
 min-rx-interval 10
 commit
#
ospf 100
 area 0.0.0.0
  network 4.4.4.4 0.0.0.0
  network 10.1.4.0 0.0.0.255
  network 10.1.5.0 0.0.0.255
#
 static-lsp egress 1to4 incoming-interface Pos1/0/0 in-label 30
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
#
Return
```

- P1 的配置文件

```
#
 sysname P1
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
#
interface Pos1/0/2
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.5.2 255.255.255.0
 mpls
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
ospf 100
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.2 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.5.0 0.0.0.255
#
 static-lsp transit 1to4 incoming-interface Pos1/0/0 in-label 20 nexthop 10.1.5.1 out-label 30
#
return
```

- P2 的配置文件

版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
 sysname P2
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.2.2 255.255.255.0
 mpls
#
interface Pos1/0/2
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.4.2 255.255.255.0
 mpls
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
ospf 100
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.3 0.0.0.0
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
  network 10.1.4.0 0.0.0.255
#
return
```


版权所有 © 华为技术有限公司

2 MPLS LDP 配置

关于本章

MPLS LDP 规定了标签分发过程中的各种消息以及相关的处理进程，主要用于 LSR 之间协商会话参数，进行标签分配，进而建立起标签交换路径（LSP）。

2.1 MPLS LDP 简介
MPLS LDP 是一种标签发布协议，广泛地应用在 VPN 服务的提供上，具有组网、配置简单、可以提供路由拓扑驱动建立 LSP、支持大容量 LSP 等优点。

2.2 配置 LDP 会话
只有配置了 LSR ID，并且使能了 MPLS LDP 能力，才能配置 MPLS LDP 会话。

2.3 配置 LDP LSP
LDP 是一种标签发布方式，可以作为 MPLS 域的标签发布协议建立 LSP。

2.4 配置 LDP 跨域扩展
通过配置 LDP 跨域扩展，可以使能 LDP 按照最长匹配方式查找路由，建立跨越 IGP 域的 LDP LSP。

2.5 配置 LDP 多实例
部署 BGP/MPLS IP VPN 网络时，需要配置 LDP 多实例。

2.6 配置静态 BFD 检测 LDP LSP
配置静态 BFD 检测 LDP LSP，可以通过指定的参数检测 LSP 的连通性。

2.7 配置动态 BFD 检测 LDP LSP
配置动态 BFD 检测 LDP LSP，不需要指定 BFD 参数，能够提高链路故障检测速度、减少配置工作量。

2.8 配置 Manual LDP FRR
配置 Manual LDP FRR，可以使 LDP 在链路发生故障时，将流量快速切换到备份 LSP 上，保证流量不中断。

2.9 配置 LDP Auto FRR
通过配置建立备份 LSP 的触发策略，可以控制备份 LSP 的建立。

2.10 配置 LDP 和 IGP 同步
通过配置 LDP 和 IGP 同步，可以抑制 IGP 邻居关系建立来推迟路由回切，直至 LDP 完成收敛。

版权所有 © 华为技术有限公司

2.11 配置 LDP 和静态路由同步

LDP 和静态路由同步通过抑制静态路由活跃来迫使正切场景下静态路由切换到备份链路，回切场景下推迟流量回切，使静态路由和 LDP 保持同步来保证流量不中断。

2.12 配置 LDP GTSM

通过配置 LDP GTSM，可以检测 TTL 来防止攻击。

2.13 配置 LDP GR

通过配置 LDP GR，可以实现主备倒换或协议重启的设备（Restarter）转发不中断，从而达到限制控制层协议震荡的目的。

2.14 维护 MPLS LDP

维护 MPLS LDP，包括清除 MPLS 的统计信息、检测 LSP 连通性/可达性、配置 LDP LSP 的 Trap 功能。

2.15 配置举例

介绍 MPLS LDP 配置举例。请结合配置流程图了解配置过程。配置示例中包括组网需求、配置注意事项、配置思路等。

版权所有 © 华为技术有限公司

2.1 MPLS LDP 简介

MPLS LDP 是一种标签发布协议，广泛地应用在 VPN 服务的提供上，具有组网、配置简单、可以提供路由拓扑驱动建立 LSP、支持大容量 LSP 等优点。

2.1.1 MPLS LDP 概述
标签交换路由器 LSR（Label Switched Router）通过 LDP 协议，可以把网络层的路由信息直接映射到数据链路层的交换路径上，建立起网络层的 LSP。

2.1.2 NE20E-X6 支持的 MPLS LDP 特性
系统支持的 MPLS LDP 特性有 LDP 会话、LDP LSP、LDP 多实例、BFD 检测 LDP LSP、LDP FRR、LDP 和 IGP 同步、LDP GTSM、LDP GR。

2.1.1 MPLS LDP 概述

标签交换路由器 LSR（Label Switched Router）通过 LDP 协议，可以把网络层的路由信息直接映射到数据链路层的交换路径上，建立起网络层的 LSP。

90 年代初，随着 Internet 的快速普及，由于当时硬件技术的限制，采用最长匹配查找的 IP 技术已经成为限制网络转发性能的一大瓶颈。而异步传输模式 ATM（Asynchronous Transfer Mode）技术采用定长标签，并且只需要维护比路由表规模小得多的标签表，能够提供比 IP 路由方式高得多的转发性能。

传统的 IP 技术简单，但性能受到限制。ATM 技术性能高，但其复杂的控制信令和高昂的部署成本使得它很难普及。多协议标签交换技术 MPLS（Multiprotocol Label Switching）技术就是在这种背景下产生的，它把 IP 和 ATM 的优势很好地结合在一起。

MPLS 最初是为了提高设备的转发速度而提出的。随着 ASIC（Application Specific Integrated Circuit）技术的发展，路由查找速度已经不是阻碍网络发展的瓶颈。这使得 MPLS 在提高转发速度方面不再具备明显的优势。但是 MPLS 支持多层标签、转发平面面向连接和控制平面面向无连接的特性，使其在 VPN（Virtual Private Network）、流量工程、QoS（Quality of Service）等方面得到广泛应用。

2.1.2 NE20E-X6 支持的 MPLS LDP 特性

系统支持的 MPLS LDP 特性有 LDP 会话、LDP LSP、LDP 多实例、BFD 检测 LDP LSP、LDP FRR、LDP 和 IGP 同步、LDP GTSM、LDP GR。

LDP 会话

LDP（Label Distribution Protocol）会话用于在 LSR（Label Switching Router）之间进行标签交换。LDP 会话分为以下两种：

- 本地 LDP 会话（Local LDP Session）：本地 LDP 会话只能在相邻的 LSR 之间建立。
- 远端 LDP 会话（Remote LDP Session）：远端 LDP 会话主要建立在不相邻的 LSR 之间，也可以建立在相邻的 LSR 之间。

LDP LSP

LDP 协议是创建动态 LSP 的一种方法。如果管理员不需要严格控制 LSP 建立的过程，且不需要在 MPLS 网络中部署流量工程，则推荐采用 LDP 协议来创建 LSP。

版权所有 © 华为技术有限公司

LDP 多实例

LDP 多实例主要应用于 MPLS L3VPN 的运营商的运营商（Carrier's Carrier）组网。关于运营商的运营商组网相关介绍请参见《HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 特性描述-VPN》。

BFD 检测 LDP LSP

BFD 可以用来检测 LDP LSP 转发路径上数据平面的故障，同时 BFD 的报文格式是固定的，非常适合在硬件上实现和穿越防火墙。因此用 BFD 检测 LDP LSP 数据平面的故障具有以下优势：

- 快速检测
- 支持大规模 LSP 的故障检测

在目前的 NE20E-X6 中，BFD 能够检测的 LSP 类型有：

- 静态 LSP
- LDP LSP
- TE Tunnel

BFD for LSP 是对 VPN/PW 公共承载层的故障检测，可以为 VPN FRR、TE FRR、VLL FRR 等各种基于 MPLS 网络应用提供可靠性，达到业务保护的目的。

由于 BFD 检测 LSP 和 TE 这些单向链路时，反向链路只要求 IP 路由可达即可。因此，反向链路可以是 IP、LSP 或 TE 隧道。

LDP FRR

传统的 IP FRR（Fast ReRoute）无法有效保护 MPLS 网络中的流量，NE20E-X6 提供 LDP 快速重路由（LDP FRR）功能，为 MPLS 网络提供端口级的保护方案。

网络运行正常时，使用主用 LSP 转发，如果主用 LSP 的出接口 Down，使用备份 LSP 转发，这样可以在网络收敛之前的短时间内保证流量不中断。NE20E-X6 支持非负载分担方式的主备 LSP 的 LDP FRR 特性。

LDP FRR 支持使用 BFD 实现故障的快速检测。BFD 的详细介绍请参考《HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 配置指南 可靠性》“5 BFD 配置”。

LDP 和 IGP 同步

在存在主备链路的组网中，当主链路故障时，流量从主链路切换到备份链路，这个过程流量的中断时间较短，约几百毫秒。当主链路故障恢复时，流量从备份链路切换到主链路，这个过程流量的中断时间较长，约为 5 秒。

通过配置 LDP 和 IGP 同步功能，能够缩短流量从备份链路切换到主链路时的中断时间，并控制在毫秒级。

LDP 和 IGP 同步的基本原理是：通过抑制 IGP 建立邻居关系来推迟路由的回切，直至 LDP 完成收敛。也就是在主链路的 LSP 建立之前，先保留备份链路，让流量继续从备份链路转发。直至主链路的 LSP 建立成功，再删除备份链路。

LDP 和静态路由同步

在存在主备 LSP 的 MPLS 组网中，LSR 之间依靠静态路由建立 LSP，当主链路故障时，流量从主链路切换到备份链路，这个过程流量的中断时间较短，约几百毫秒。当主

版权所有 © 华为技术有限公司

链路故障恢复时，流量从备份链路切换到主链路，这个过程流量的中断时间较长，约为几秒。

通过配置 LDP 和静态路由同步功能，能够缩短流量从备份链路切换到主链路时的中断时间，并控制在毫秒级。

LDP 和静态路由同步通过抑制静态路由活跃来迫使正切场景下流量切换到备份链路，回切场景下推迟流量回切，使静态路由的转发路径和 LSP 保持同步。

LDP GTSM

GTSM（Generalized TTL Security Mechanism），即通用 TTL 安全保护机制。GTSM 通过检查 IP 报文头中的 TTL 值是否在一个预先定义好的范围内，对 IP 层以上业务进行保护。在实际应用中，主要用于保护建立在 TCP/IP 基础上的控制层面（路由协议等）免受 CPU 利用（CPU-utilization）类型的攻击，如 CPU 过载（CPU overload）。

LDP GR

GR（Graceful Restart）是实现 HA（High Availability）的关键技术。GR 目前已经被广泛的使用在主备倒换和系统升级方面。

NE20E-X6 支持 LDP GR，当系统进行主备倒换时不复位接口板，数据层面上的 LDP LSP 信息被保留，使 LSP 转发不中断，减少对 MPLS 报文转发的影响。

2.2 配置 LDP 会话

只有配置了 LSR ID，并且使能了 MPLS LDP 能力，才能配置 MPLS LDP 会话。

2.2.1 建立配置任务

在配置 MPLS LDP 会话前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

2.2.2 配置 LSR ID

配置 LSR ID 是使能 MPLS 能力的前提条件。

2.2.3 使能 MPLS

使能 MPLS 功能后，才可以使能 MPLS LDP 能力。

2.2.4 使能全局 MPLS LDP

只有使能了 MPLS LDP，才能够建立 MPLS LDP 会话。

2.2.5 （可选）配置 LDP 动态能力通告功能

LDP 动态能力通告功能可以确保在不中断会话的情况下，动态的使能或者去使能 LDP 新的扩展能力，保证 LSP 的稳定性。

2.2.6 配置 LDP 会话

配置 MPLS LDP 会话有两种选择：本地 LDP 会话和远端 LDP 会话。

2.2.7 （可选）配置 LDP 传输地址

LSR 之间建立 LDP 会话之前，需要确认对方的 LDP 传输地址。系统默认的传输地址是 LSR ID。

2.2.8 （可选）配置 LDP 定时器

LDP 定时器分为 Hello 保持定时器、Hello 发送定时器、KeepAlive 保持定时器、KeepAlive 发送定时器以及指数回退（Backoff）定时器，可以根据实际情况选择配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

2.2.9 （可选）配置 LDP MD5 认证
配置 LDP MD5 认证，可以提高 LDP 会话连接的安全性。

2.2.10 （可选）配置 LDP 认证
配置 LDP 认证，可以提高 LDP 会话连接的安全性。需要在会话两端的 LSR 上进行配置。

2.2.11 检查配置结果
MPLS LDP 会话配置成功后，可以查看使能了 MPLS 和 MPLS LDP 的接口信息、LDP 信息、LDP 会话状态信息、LDP 会话的对等体信息以及 LDP 会话的远端对等体信息。

2.2.1 建立配置任务

在配置 MPLS LDP 会话前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

LDP 会话分为本地 LDP 会话和远端 LDP 会话，主要应用于以下环境：

- 通过本地 LDP 会话建立 LDP LSP。

  在创建 LDP LSP 之前，必须在待创建 LSP 上的所有 LSR 之间建立直连 LDP 会话。有关 LDP LSP 的详细信息请参见**配置 LDP LSP**。
- 分配 L2VPN 的内层标签。

  如果需要在两台 LSR 之间采用 Martini 方式建立 VLL 或 VPLS，在相互分配内层标签以前，需要这两台 LSR 之间先建立 LDP 会话。L2VPN 的相关配置请参见《HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 配置指南 VPN》。
- 配置 LDP over TE。

  如果 MPLS 网络中仅有网络的核心部分支持 TE，而在边缘使用 LDP，则需要在两台边缘 LSR 之间配置远端 LDP 会话。通过配置 LDP over TE 功能，把 TE Tunnel 作为整个 LDP LSP 的“一跳”。有关 LDP over TE 的相关信息，请参见**配置 LDP over TE**。

NE20E-X6 还支持配置 LDP 会话的以下属性：

- LDP 传输地址

  LDP 会话基于 TCP 连接，当两台 LSR 之间要建立 LDP 会话前，它们需要先确认对端的 LDP 传输地址，然后才能建立 TCP 连接。

  一般情况下，不建议修改 LDP 传输地址。
- LDP 定时器
  - Hello 保持定时器
  - Hello 发送定时器

    Hello 保持定时器和 Hello 发送定时器用来共同维持 LDP 的 Hello 邻接关系。
  - KeepAlive 保持定时器
  - KeepAlive 发送定时器

    KeepAlive 保持定时器和 KeepAlive 发送定时器用来共同维持 LDP 会话。
  - 指数回退（Backoff）定时器

    指数回退（Backoff）定时器用来控制会话发起的主动端尝试重新建立 LDP 会话的周期。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- MD5 认证

  用于提高 LDP 会话的安全性。只有当待建立会话两端的 LSR 所配置的密码相同时，会话才能成功建立。

- Keychain 认证

  Keychain 是一种增强型加密算法，针对同一段信息计算出对应的信息摘要，实现 LDP 报文防篡改校验。系统可以依据密码使用的有效时间，自动完成有效密码的切换，避免长时间不更改密码导致的密码易破解问题。

前置任务

在配置 MPLS LDP 会话之前，需完成以下任务：

- 配置静态路由或 IGP 协议，使各节点间的 IP 路由可达。

数据准备

在配置 MPLS LDP 会话之前，需要准备以下数据。

序号	数据
1	各节点的 LSR ID
2	建立 LDP 会话的接口名称和编号
3	建立远端 LDP 会话的远端对等体名称和 IP 地址
4	（可选）LDP 传输地址
5	● （可选）Hello 保持定时器的值 ● （可选）Hello 发送定时器的值 ● （可选）KeepAlive 保持定时器的值 ● （可选）KeepAlive 发送定时器的值 ● （可选）指数回退（Backoff）定时器的值
6	● （可选）MD5 认证的对端 IP 地址 ● （可选）MD5 认证密码

2.2.2 配置 LSR ID

配置 LSR ID 是使能 MPLS 能力的前提条件。

背景信息

配置 LSR ID 时，请注意以下事项：

- 配置 LSR ID 是配置其它 MPLS 命令的前提。
- LSR 没有缺省的 LSR ID，必须手工配置。
- 推荐使用 LSR 某个 Loopback 接口的地址作为 LSR ID。

版权所有 © 华为技术有限公司

- 如果要修改已经配置的 LSR ID，必须在系统视图下执行 **undo mpls** 命令删除所有 MPLS 配置。

请在 MPLS 域的所有节点上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls lsr-id** *lsr-id*，配置本节点的 LSR ID。

----结束

2.2.3 使能 MPLS

使能 MPLS 功能后，才可以使能 MPLS LDP 能力。

背景信息

请在 MPLS 域的所有节点上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，使能本节点的 MPLS，并进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **quit**，退回系统视图。

步骤 4 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，配置需要转发 MPLS 报文的接口。

步骤 5 执行命令 **mpls**，使能接口的 MPLS。

----结束

2.2.4 使能全局 MPLS LDP

只有使能了 MPLS LDP，才能够建立 MPLS LDP 会话。

背景信息

说明

在使能全局的 LDP 功能之前，必须使能全局的 MPLS 功能。

请在 LDP 会话两端的 LSR 上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，使能全局的 LDP 功能，并进入 MPLS-LDP 视图。

缺省情况下，全局的 LDP 功能处于禁止状态。

步骤 3 （可选）执行命令 **lsr-id** *lsr-id*，配置 LDP 实例的 LSR ID。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

缺省情况下，LDP 实例的 LSR ID 等于**配置 LSR ID** 中配置的 LSR ID。推荐用户采用缺省值。

通常情况下，LDP 实例使用缺省的 LSR ID 即可，在某些使用 VPN 实例，例如 BGP/MPLS VPN 的组网方案中，如果 VPN 与公网地址空间重叠，则需要为 LDP 另外配置 LSR ID，以保证 TCP 连接能够正常建立。

----结束

2.2.5 （可选）配置 LDP 动态能力通告功能

LDP 动态能力通告功能可以确保在不中断会话的情况下，动态的使能或者去使能 LDP 新的扩展能力，保证 LSP 的稳定性。

背景信息

未使能 LDP 动态协商能力的情况下建立 LDP 会话后，使能 LDP 某项特性时，LDP 会话都会中断，重新协商该功能，造成 LSP 的不稳定。

使能 LDP 动态能力通告功能，可以确保在不中断会话的情况下，动态的使能或者去使能支持 LDP 动态能力通告功能的 LDP 特性，保证 LSP 的稳定性。

说明

建议在使能 LDP 能力后就使能该功能，因为该功能不会对以往的功能造成影响，而且便于新的扩展功能的动态能力通告。

配置 LDP 动态能力通告功能前，需要先全局使能 MPLS 和 MPLS LDP 能力。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS-LDP 视图。

步骤 3 执行命令 **capability-announcement**，使能 LDP 动态能力通告功能。

缺省情况下，没有使能 LDP 动态能力通告功能。

说明

该配置只对支持 LDP 动态能力通告功能的 LDP 特性生效。

----结束

2.2.6 配置 LDP 会话

配置 MPLS LDP 会话有两种选择：本地 LDP 会话和远端 LDP 会话。

背景信息

MPLS LDP 会话分为本地 LDP 会话和远端 LDP 会话两种，请根据需要选择如下配置之一：

- **配置本地 LDP 会话**
- **配置远端 LDP 会话**

  远端 LDP 会话主要在不相邻的 LSR 之间建立，主要用于：

版权所有 © 华为技术有限公司

- 配置 Martini 方式的 VLL 或 VPLS。
- 配置 LDP over TE 功能。

操作步骤

- 配置本地 LDP 会话

  请在两台相邻的 LSR 上进行以下配置。如果两台相邻的 LSR 之间建立了本地 LDP 会话，则这两台 LSR 之间就已经建立了一条 LDP LSP。有关 LDP LSP 的详细信息请参见**配置 LDP LSP**。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入需要建立 LDP 会话的接口视图。

     说明

     在使能接口的 LDP 功能之前，必须使能接口的 MPLS 功能。
  3. 执行命令 **mpls ldp**，使能接口的 LDP 功能。

     缺省情况下，接口的 LDP 功能处于禁止状态。

     说明

     如果去使能接口的 LDP 能力，将会导致接口下的所有 LDP 会话中断，基于这些会话的所有 LSP 也将被删除。

- 配置远端 LDP 会话

  请在远端 LDP 会话两端的 LSR 上进行以下配置。远端 LDP 会话可以建立在不相邻的 LSR 之间，也可以建立在相邻的 LSR 之间。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls ldp remote-peer** *remote-peer-name*，创建 MPLS LDP 远端对等体实体，并进入 MPLS LDP 远端对等体视图。
  3. 执行命令 **remote-ip** *ip-address*，配置 MPLS LDP 远端对等体的 IP 地址。

     推荐用户将**配置 LSR ID** 中配置的 LSR ID 作为 MPLS LDP 远端对等体的 IP 地址。

     说明

     修改或删除已经配置的远端对等体地址会导致相应的远端 LDP 会话被删除。

----结束

2.2.7 （可选）配置 LDP 传输地址

LSR 之间建立 LDP 会话之前，需要确认对方的 LDP 传输地址。系统默认的传输地址是 LSR ID。

背景信息

LDP 会话基于 TCP 连接，当两台 LSR 之间要建立 LDP 会话前，它们需要先确认对端的 LDP 传输地址，然后才能建立 TCP 连接。

一般情况下，建议用户不要修改 LDP 传输地址。

如果需要修改 LDP 传输地址，请在 LDP 会话两端的 LSR 上进行以下配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入建立 LDP 会话的接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls ldp transport-address** { *interface-type interface-number* | **interface** }，配置 LDP 传输地址为指定接口的 IP 地址。

缺省情况下，公网中的 LDP 传输地址等于**配置 LSR ID** 中配置的 LSR ID。

两个 LSR 之间存在多条链路时，若要在多条链路上建立 LDP 会话，会话同一端的接口都应采用默认的传输地址，或者配置相同的传输地址。如果会话的一端接口配置了不同的传输地址，将导致 LDP 会话只能建立在一条链路上。

具体来说，多链路 LDP 会话有两种配置方法：

- 各链路都使用 LSR ID 建立 LDP 会话。
- 各链路都使用 **mpls ldp transport-address** 命令指定的 LDP 传输地址，并指定相同的接口。

说明

在使用 LDP 多实例的情况下，每个实例可以有自己的 TCP 连接。

----结束

2.2.8 （可选）配置 LDP 定时器

LDP 定时器分为 Hello 保持定时器、Hello 发送定时器、KeepAlive 保持定时器、KeepAlive 发送定时器以及指数回退（Backoff）定时器，可以根据实际情况选择配置。

背景信息

注意

建议实际使用的定时器的值大于等于其缺省值。当 LSR 之间的 LDP 会话数较多或 CPU 利用率较高时，如果采用了比缺省值更小的值，则可能引起 LDP 会话在 Up 状态和 Down 状态之间不停地切换。增加定时器的值能够提供 LDP 会话的稳定性。

LDP 的定时器分为 Hello 保持定时器、Hello 发送定时器、KeepAlive 保持定时器、KeepAlive 发送定时器以及指数回退（Backoff）定时器。其中：

- Hello 保持定时器又分为：
  - 链路 Hello 保持定时器（Link hello）
  - 目标 Hello 保持定时器（Targeted Hello）
- Hello 发送定时器又分为：
  - 链路 Hello 发送定时器（Link hello）
  - 目标 Hello 发送定时器（Targeted Hello）
- KeepAlive 保持定时器又分为：
  - 本地 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器。

版权所有 © 华为技术有限公司

- 远端 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器。

- KeepAlive 发送定时器又分为：
  - 本地 LDP 会话的 KeepAlive 发送定时器。
  - 远端 LDP 会话的 KeepAlive 发送定时器。

请用户根据实际情况选择配置即可。

操作步骤

- 配置链路 Hello 保持定时器

  请在本地 LDP 会话两端的 LSR 上进行以下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入建立 LDP 会话的接口视图。
  3. 执行命令 **mpls ldp timer hello-hold** *interval*，配置链路 Hello 保持定时器。

     缺省情况下，链路 Hello 保持定时器的值是 15 秒。

     本 LSR 所配置的 Hello 保持定时器的值并不一定等于实际生效的定时器的值。实际生效的定时器值等于 LDP 对等体两端所配置的定时器的较小值。

- 配置链路 Hello 发送定时器

  请在本地 LDP 会话两端的 LSR 上进行以下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入建立 LDP 会话的接口视图。
  3. 执行命令 **mpls ldp timer hello-send** *interval*，配置链路 Hello 发送定时器。

     缺省情况下，链路 Hello 发送定时器的值是链路 Hello 保持定时器值的 1/3。

     当配置的链路 Hello 发送定时器的值大于链路 Hello 保持定时器的值的 1/3 时，实际生效的值等于链路 Hello 保持定时器的值的 1/3。

- 配置目标 Hello 保持定时器

  请在远端 LDP 会话两端的 LSR 上进行以下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls ldp remote-peer** *remote-peer-name*，进入 MPLS-LDP 远端对等体视图。
  3. 执行命令 **mpls ldp timer hello-hold** *interval*，配置目标 Hello 保持定时器。

     缺省情况下，目标 Hello 保持定时器的值是 45 秒。

     本 LSR 所配置的 Hello 保持定时器的值并不一定等于实际生效的定时器的值。实际生效的定时器值等于 LDP 对等体两端所配置的定时器的较小值。

- 配置目标 Hello 发送定时器

  请在远端 LDP 会话两端的 LSR 上进行以下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

2. 执行命令 **mpls ldp remote-peer** *remote-peer-name*，进入 MPLS-LDP 远端对等体视图。
3. 执行命令 **mpls ldp timer hello-send** *interval*，配置目标 Hello 发送定时器。

   缺省情况下，目标 Hello 发送定时器的值是目标 Hello 保持定时器值的 1/3。

   当配置的目标 Hello 发送定时器的值大于目标 Hello 保持定时器的值的 1/3 时，实际生效的值等于目标 Hello 保持定时器的值的 1/3。

- 配置本地 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器

  请在本地 LDP 会话两端的 LSR 上进行以下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入建立 LDP 会话的接口视图。
  3. 执行命令 **mpls ldp timer keepalive-hold** *interval*，配置本地 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器。

     缺省情况下，本地 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器的值是 45 秒。

     本 LSR 所配置的 KeepAlive 保持定时器的值并不一定等于实际生效的定时器的值。实际生效的定时器值等于 LDP 对等体两端所配置的定时器的较小值。

- 配置本地 LDP 会话的 KeepAlive 发送定时器

  请在本地 LDP 会话两端的 LSR 上进行以下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入建立 LDP 会话的接口视图。
  3. 执行命令 **mpls ldp timer keepalive-send** *interval*，配置本地 LDP 会话的 KeepAlive 发送定时器。

     缺省情况下，本地 LDP 会话的 KeepAlive 发送定时器的值是本地 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器值的 1/3。

     当配置的本地 LDP 会话的 KeepAlive 发送定时器的值大于本地 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器的值的 1/3 时，实际生效的值等于本地 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器的值的 1/3。

- 配置远端 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器

  请在远端 LDP 会话两端的 LSR 上进行以下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls ldp remote-peer** *remote-peer-name*，进入 MPLS-LDP 远端对等体视图。
  3. 执行命令 **mpls ldp timer keepalive-hold** *interval*，配置远端 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器。

     缺省情况下，远端 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器的值是 45 秒。

     本 LSR 所配置的 KeepAlive 保持定时器的值并不一定等于实际生效的定时器的值。实际生效的定时器值等于 LDP 对等体两端所配置的定时器的较小值。

- 配置远端 LDP 会话的 KeepAlive 发送定时器

  请在远端 LDP 会话两端的 LSR 上进行以下配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
2. 执行命令 **mpls ldp remote-peer** *remote-peer-name*，进入 MPLS-LDP 远端对等体视图。
3. 执行命令 **mpls ldp timer keepalive-send** *interval*，配置远端 LDP 会话的 KeepAlive 发送定时器。

   缺省情况下，远端 LDP 会话的 KeepAlive 发送定时器的值是远端 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器值的 1/3。

   当配置的远端 LDP 会话的 KeepAlive 发送定时器的值大于远端 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器的值的 1/3 时，实际生效的值等于远端 LDP 会话的 KeepAlive 保持定时器的值的 1/3。

- 配置指数回退定时器

  请在 LDP 会话两端的 LSR 上进行以下配置。

1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
2. 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。
3. 执行命令 **quit**，退回系统视图。
4. 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS-LDP 视图。
5. 执行命令 **backoff timer** *init max*，配置指数回退定时器。

   缺省情况下，指数回退定时器的初始值是 15 秒，最大值是 120 秒。

   说明
   建议配置指数回退定时器初始值不小于 15s，最大值不小于 120s。

----结束

2.2.9 （可选）配置 LDP MD5 认证

配置 LDP MD5 认证，可以提高 LDP 会话连接的安全性。

背景信息

为了提高 LDP 会话连接的安全性，可以对 LDP 使用的 TCP 连接配置 MD5 认证。LDP 会话的两个对等体可以配置不同的认证方式，但是密码必须相同。

请在 LDP 会话两端的 LSR 上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS-LDP 视图。

步骤 3 执行命令 **md5-password** { **plain** | **cipher** } *peer-lsr-id password*，使能 MD5 认证，并配置认证密码。

缺省情况下，不对 LDP 的 TCP 连接进行 MD5 认证。

说明
由于符号$@$@用于升级时区分新老密码类型，MD5 密码不允许同时以$@$@开始和结束。

----结束

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

2.2.10 （可选）配置 LDP 认证

配置 LDP 认证，可以提高 LDP 会话连接的安全性。需要在会话两端的 LSR 上进行配置。

背景信息

NE20E-X6 支持两种 LDP 认证方式：LDP MD5 认证和 LDP Keychain 认证。

- MD5 的典型应用是针对一段信息（Message）计算出对应的信息摘要（Message-Digest），从而防止信息被篡改。MD5 信息摘要是通过不可逆的字符串变换算法产生的，结果唯一。因此，不管信息内容在传输过程中发生任何形式的改变，只要重新计算就会产生不同的信息摘要，接收端就可以由此判定收到的是一个不正确的报文。

  配置 MD5 认证时，LDP 会话的两个对等体可以配置不同的认证方式：明文方式或者密文方式，但是密码必须相同。

- Keychain 是一种增强型加密算法，类似于 MD5，Keychain 也是针对同一段信息计算出对应的信息摘要，实现 LDP 报文防篡改校验。

  Keychain 允许用户定义一组密码，形成一个密码串，并且分别为每个密码指定加解密算法（包括 MD5，SHA-1 等）及密码使用的有效时间。在收发报文时，系统会按照用户的配置选出一个当前有效的密码，并按照与此密码相匹配的加密解密算法以及密码的有效时间，进行发送时加密和接收时解密报文。此外，系统可以依据密码使用的有效时间，自动完成有效密码的切换，避免了长时间不更改密码导致的密码易破解问题。

  Keychain 的密码、所使用的加解密算法以及密码使用的有效时间可以单独配置，形成一个 Keychain 配置节点，每个 Keychain 配置节点至少需要配置一个密码，并指定加解密算法。

  Keychain 节点配置完成后，在全局 MPLS LDP 视图下指定需要引用 Keychain 节点的对等体和 Keychain 节点名称，对 Keychain 进行引用，即可实现对 LDP 会话的加密。不同的对等体可以引用同一个 Keychain 配置节点。

  在配置 LDP Keychain 认证之前，首先需要配置全局的 Keychain 认证。

可以根据需求的不同选择配置 LDP MD5 认证或者 LDP Keychain 认证。

- MD5 算法配置简单，配置后生成单一密码，需要人为干预才可以切换密码，适用于需要短时间加密的网络。
- Keychain 具有一组密码，可以根据配置自动切换，但是配置过程较为复杂，适用于对安全性能要求比较高的网络。

说明

对于同一邻居，在配置 Keychain 认证后，不能再配置 MD5 认证；同样，在配置 MD5 认证后，不能再配置 Keychain 认证。

操作步骤

- 配置 LDP MD5 认证
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS-LDP 视图。
  3. 执行命令 **md5-password** { **plain** | **cipher** } *peer-lsr-id password*，使能 MD5 认证，并配置认证密码。

版权所有 © 华为技术有限公司

在用户配置认证密码时有明文和密文两种形式选择，这里的明文密文是对用户设置的认证密码在配置文件中的记录形式而言的。明文就是直接记录用户设置的字符串，密文就是记录经过特殊算法加密后的字符串。

缺省情况下，LDP 对等体之间不进行 MD5 认证。

注意

配置 LDP MD5 认证会导致 LDP 会话重建，与原来会话相关的 LSP 将被删除。

- 配置 LDP Keychain 认证

  配置 LDP Keychain 认证之前，首先要配置全局 Keychain。具体配置过程参见《NE20E-X6 配置指南-安全》。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS-LDP 视图。
  3. 执行命令 **authentication key-chain peer** *peer-id* **name** *keychain-name*，使能 LDP Keychain 认证，并引用配置的 Keychain 名称。

     缺省情况下，LDP 对等体之间不进行 LDP Keychain 认证。

注意

配置 LDP Keychain 认证会导致 LDP 会话重建，与原来会话相关的 LSP 将被删除。

----结束

2.2.11 检查配置结果

MPLS LDP 会话配置成功后，可以查看使能了 MPLS 和 MPLS LDP 的接口信息、LDP 信息、LDP 会话状态信息、LDP 会话的对等体信息以及 LDP 会话的远端对等体信息。

前提条件

已完成 MPLS LDP 会话功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls interface** [*interface-type interface-number*] [**verbose**]命令查看使能了 MPLS 的接口信息。
- 使用 **display mpls ldp** [**all**] [**verbose**]命令查看 LDP 信息。
- 使用以下命令查看使能了 LDP 的接口信息：
  - **display mpls ldp interface** [*interface-type interface-number* | **verbose**]
  - **display mpls ldp interface** [**all**] [**verbose**]
- 使用以下命令查看 LDP 会话状态信息：
  - **display mpls ldp session** [**verbose** | *peer-id*]

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- **display mpls ldp session** [**all**] [**verbose**]

- 使用以下命令查看 LDP 会话的对等体信息：
  - **display mpls ldp peer** [**verbose** | *peer-id*]
  - **display mpls ldp peer** [**all**] [**verbose**]
- 使用 **display mpls ldp remote-peer** [*remote-peer-name*]命令查看 LDP 会话的远端对等体信息。

----结束

任务示例

执行命令 **display mpls interface** 命令，可以看到所有使能了 MPLS 的接口信息。

```
<HUAWEI> display mpls interface
Interface             Status    TE Attr   LSP Count  CRLSP Count Effective MTU
Pos1/0/0                 Up         Dis         0            0            1500
```

执行 **display mpls ldp** 命令查看 LDP 全局信息，包括各种定时器信息等。

```
<HUAWEI> display mpls ldp
                        LDP Global Information
------------------------------------------------------------------------------
 Protocol Version        : V1           Neighbor Liveness      : 600 Sec
 Graceful Restart        : Off          FT Reconnect Timer     : 300 Sec
 MTU Signaling           : On           Recovery Timer         : 300 Sec
 Capability-Announcement : On           Longest-match        : On
                         LDP Instance Information
------------------------------------------------------------------------------
 Instance ID             : 0            VPN-Instance           :
 Instance Status         : Active       LSR ID                 : 4.4.4.4
 Loop Detection          : Off          Path Vector Limit      : 32
 Label Distribution Mode : Ordered      Label Retention Mode   : Liberal
 Instance Deleting State : No           Instance Reseting State : No
------------------------------------------------------------------------------
```

执行 **display mpls ldp interface** [**verbose**]命令查看 LDP 接口信息，包括传输地址、各种定时器信息等。

```
<HUAWEI> display mpls ldp interface

 LDP Interface Information in Public Network
 Codes:LAM(Label Advertisement Mode), IFName(Interface name)
 A '*' before an interface means the entity is being deleted.
 ------------------------------------------------------------------------------
 IFName          Status       LAM   TransportAddress   HelloSent/Rcv
 ------------------------------------------------------------------------------
 Pos1/0/0        Active       DU    172.17.1.1         2495/2514
 GE2/0/0         Active       DU    172.17.1.1         1106/1094
 ------------------------------------------------------------------------------
<HUAWEI> display mpls ldp interface verbose

 LDP Interface Information in Public Network
 ------------------------------------------------------------------------------
 Interface Name : Pos1/0/0
 LDP ID         : 1.1.1.1:0              Transport Address : 1.1.1.1
 Entity Status  : Active                 Effective MTU : 1500

 Configured Hello Hold Timer     : 15 Sec
 Negotiated Hello Hold Timer     : 15 Sec
 Configured Hello Send Timer     : 2 Sec
 Configured Keepalive Hold Timer : 45 Sec
 Configured Keepalive Send Timer : 3 Sec
 Configured Delay Timer          : 0 Sec
 Label Advertisement Mode        : Downstream Unsolicited
 Hello Message Sent/Rcvd         : 29913/29878 (Message Count)
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
Entity Deletion Status          : No

--------------------------------------------------------------------------------
```

执行 **display mpls ldp session** [**verbose**]命令查看 LDP 会话状态为 Operational。

```
<HUAWEI> display mpls ldp session
 LDP Session(s) in Public Network
 Codes: LAM(Label Advertisement Mode), SsnAge Unit(DDDD:HH:MM)
 A '*' before a session means the session is being deleted.
 --------------------------------------------------------------------------------
 PeerID             Status      LAM  SsnRole  SsnAge      KASent/Rcv
 --------------------------------------------------------------------------------
 2.2.2.2:0          Operational DU   Passive  0000:01:36  387/386
 3.3.3.3:0          Operational DU   Passive  0000:01:30  361/361
 --------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 2 session(s) Found.
<HUAWEI> display mpls ldp session verbose

 LDP Session(s) in Public Network
 --------------------------------------------------------------------------------
 Peer LDP ID      : 2.2.2.2:0            Local LDP ID    : 1.1.1.1:0
 TCP Connection   : 1.1.1.1 <- 2.2.2.2
 Session State    : Operational          Session Role    : Passive
 Session FT Flag  : Off                  MD5 Flag        : Off
 Reconnect Timer  : ---                  Recovery Timer  : ---
 Keychain Name    : kc1

 Negotiated Keepalive Hold Timer   : 45 Sec
 Configured Keepalive Send Timer   : 3 Sec
 Keepalive Message Sent/Rcvd       : 438/438 (Message Count)
 Label Advertisement Mode          : Downstream Unsolicited
 Label Resource Status(Peer/Local) : Available/Available
 Session Age                       : 0000:01:49 (DDDD:HH:MM)
 Session Deletion Status           : No

 Capability:
 Capability-Announcement           : On

 Outbound&Inbound Policies Applied :
 outbound peer 2.2.2.2 fec none
 outbound peer all split-horizon
 inbound peer 2.2.2.2 fec none

 Addresses received from peer: (Count: 3)
 10.1.1.2            2.2.2.2             10.1.2.1

 --------------------------------------------------------------------------------
```

执行 **display mpls ldp peer** 和 **display mpls ldp remote-peer** 命令查看 LDP 会话对等体信息。

```
<HUAWEI> display mpls ldp peer
 LDP Peer Information in Public network
 A '*' before a peer means the peer is being deleted.
 --------------------------------------------------------------------------------
 PeerID               TransportAddress   DiscoverySource
 --------------------------------------------------------------------------------
 2.2.2.2:0            2.2.2.2            Remote Peer : rtb
                                         Serial0/0/0
 3.3.3.3:0            3.3.3.3            Remote Peer : rtc
 --------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 2 Peer(s) Found.
<HUAWEI> display mpls ldp remote-peer

                      LDP Remote Entity Information
 --------------------------------------------------------------------------------
 Remote Peer Name  : lsrc
 Remote Peer IP    : 3.3.3.9             LDP ID        : 1.1.1.9:0
 Transport Address : 1.1.1.9             Entity Status : Active
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
Configured Keepalive Hold Timer : 45 Sec
Configured Keepalive Send Timer : ---
Configured Hello Hold Timer     : 45 Sec
Negotiated Hello Hold Timer     : 45 Sec
Configured Hello Send Timer     : ---
Configured Delay Timer          : 0 Sec
Hello Packet sent/received      : 61/59
Remote Peer Deletion Status     : No
Auto-config                     : ---
--------------------------------------------------------------------------------
TOTAL: 1 Peer(s) Found.
```

2.3 配置 LDP LSP

LDP 是一种标签发布方式，可以作为 MPLS 域的标签发布协议建立 LSP。

2.3.1 建立配置任务

在配置 LDP LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

2.3.2 建立 LDP LSP

只有建立了 LDP 会话，LDP LSP 才会自动建立。

2.3.3 （可选）配置 LDP 标签发布方式

通过配置 LDP 标签发布方式，可以控制 LSP 的建立。

2.3.4 （可选）配置 LDP 自动触发 DoD 请求功能

配置 LDP 自动触发 DoD 请求功能之前，需要配置 LDP 远端会话。

2.3.5 （可选）配置 LDP 环路检测

配置 LDP 环路检测可以最大程度避免环路的产生，需要在每个节点上配置。

2.3.6 （可选）配置 LDP MTU 信令功能

通过配置 LDP MTU 信令功能，可以使 MPLS 根据 MTU 决定 MPLS 转发报文的大小。

2.3.7 （可选）配置 LDP 水平分割策略

通过配置 LDP 水平分割策略，可以控制 LSR 不给指定的下游 LDP 对等体分配标签。

2.3.8 （可选）配置 LDP Inbound 策略

通过配置 LDP Inbound 策略，可以限制不必要的 LSP 的建立，从而节省内存。

2.3.9 （可选）配置 LDP Outbound 策略

通过配置 LDP Outbound 策略，可以限制不必要的 LSP 的建立，从而节省内存。

2.3.10 （可选）配置 LSP 建立的触发策略

通过配置 LSP 建立的触发策略，可以使符合条件的路由触发 LDP 建立 LSP。

2.3.11 （可选）配置 Transit LSP 建立的触发策略

通过配置 Transit LSP 建立的触发策略，可以使满足特定要求的路由触发 LDP 建立 Transit LSP。

2.3.12 检查配置结果

LDP LSP 配置成功后，可以查看 LDP 的信息、LDP LSP 的建立信息以及 LSP 的建立信息。

版权所有 © 华为技术有限公司

2.3.1 建立配置任务

在配置 LDP LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

如果管理员不需要严格控制 LSP 建立的过程，且不需要在 MPLS 网络中部署流量工程，则可以使用 LDP 作为 MPLS 域的标签发布协议建立 LSP。

设备能够支持的 LSP 数量取决于设备的容量和性能，如果 LSP 数量过多，可能导致设备运行不稳定。

LSP 的建立需要 LSR 上存在符合条件的路由信息，并且在 LSR 上设置相应的触发策略。只有通过策略过滤的路由信息，才能触发 LSP 的建立，从而控制 LSP 的数量。

NE20E-X6 提供两种控制 LSP 数量的策略：

- 建立出口或入口 LSP 可以采用的策略包括：
  - 所有静态路由和 IGP 路由触发建立 LSP。
  - 为带标签的公网 32 位 BGP 路由触发建立 LSP，相关配置请参见《HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 配置指南 VPN》的“BGP/MPLS IP VPN 配置”。
  - 主机路由触发建立 LSP。
  - 根据 IP 前缀列表触发建立 LSP。
  - 所有路由都不触发 LDP 自动建立 LSP。
- 当设备作为 Transit LSR 时，为防止生成过多的 Transit LSP，可以使用 IP 前缀列表对路由进行过滤，只有满足过滤策略的路由才会用于建立 Transit LSP。

RFC5036 定义 LDP 的标签发布方式有：

- 下游自主方式（DU）
- 下游按需方式（DoD）

RFC5036 定义 LDP 的标签分配控制方式有：

- 独立标签分配控制（Independent）
- 有序标签控制方式（Ordered）

RFC5036 定义 LDP 的标签保持方式有：

- 自由标签保持方式（Liberal）
- 保守标签保持方式（Conservative）

NE20E-X6 推荐采用如下组合方式：下游自主方式（DU）＋有序标签控制方式（Ordered）＋自由标签保持方式（Liberal）。

为了正确进行路径 MTU（Path Maximum Transmission Unit）探测，节点需要知道它所连接的每一条链路的 MTU，此时需要配置 LDP MTU 信令功能。

前置任务

在配置 LDP LSP 之前，需完成以下任务：

- **配置本地 LDP 会话**

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

数据准备

在配置 LDP LSP 之前，需要准备以下数据。

序号	数据
1	（可选）标签分配和保持方式
2	（可选）环路检测的最大跳数

2.3.2 建立 LDP LSP

只有建立了 LDP 会话，LDP LSP 才会自动建立。

前提条件

配置 LDP 会话

背景信息

在 LSP 沿途的相邻 LSR 之间配置 MPLS LDP 会话。MPLS LDP 会话建立以后，LDP LSP 就开始自动建立。

2.3.3 （可选）配置 LDP 标签发布方式

通过配置 LDP 标签发布方式，可以控制 LSP 的建立。

背景信息

请在 LSR 上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls ldp advertisement** { **dod** | **du** }，配置标签发布方式。

说明

- 邻居之间存在多链路的时候，所有接口的标签发布方式必须相同。
- 修改标签发布方式会导致 LDP 会话重建。

----结束

2.3.4 （可选）配置 LDP 自动触发 DoD 请求功能

配置 LDP 自动触发 DoD 请求功能之前，需要配置 LDP 远端会话。

背景信息

网络规模比较大，且存在数量较多的 LDP 远端对等体时，由于网络边缘 DSLAM 设备属于低端设备，为了保证网络的稳定，需要尽可能的减少不必要的资源浪费。此时可以

版权所有 © 华为技术有限公司

执行 **remote-ip auto-dod-request** 命令或者 **remote-peer auto-dod-request** 命令，配置自动触发采用 DoD 的标签发布方式向下游请求指定的或者所有的远端对等体的 LSR ID 的标签映射消息，以节省系统资源。

如果需要屏蔽自动触发采用 DoD 的标签发布方式向下游请求指定的远端对等体的 LSR ID 的标签映射消息，可以执行 **remote-ip auto-dod-request block** 命令，屏蔽自动触发采用 DoD 的标签发布方式向下游请求指定的远端对等体的 LSR ID 的标签映射消息。

说明

- 配置 **remote-peer auto-dod-request** 命令或 **remote-ip auto-dod-request** 命令前，需要配置 LDP 远端会话。
- 配置 **remote-peer auto-dod-request** 命令或 **remote-ip auto-dod-request** 命令前，需要执行 **longest-match** 命令，配置 LDP 跨域扩展功能。
- 配置 **remote-peer auto-dod-request** 命令或 **remote-ip auto-dod-request** 命令前，需要首先执行命令 **mpls ldp advertisement dod** 建立和下游的 DoD 会话。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。

步骤 3 执行下面两种方式中的一种或两种，配置自动触发采用 DoD 的标签发布方式向下游请求所有的或者指定的远端对等体的 LSR ID 的标签映射消息。

- 执行命令 **remote-peer auto-dod-request**，配置自动触发采用 DoD 的标签发布方式向下游请求所有的远端对等体的 LSR ID 的标签映射消息。
- 执行下列命令，配置自动触发采用 DoD 的标签发布方式向下游请求指定的远端对等体的 LSR ID 的标签映射消息，以及屏蔽自动触发采用 DoD 的标签发布方式向下游请求指定的远端对等体的 LSR ID 的标签映射消息。

  1. 执行命令 **quit**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls ldp remote-peer** *remote-peer-name*，创建 MPLS LDP 远端对等体，并进入 MPLS LDP 远端对等体视图。
  3. 执行命令 **remote-ip** *ip-address*，配置 MPLS LDP 远端对等体的 IP 地址。

     说明

     - 配置的远端对等体的 IP 地址必须是远端对等体的 LSR ID。LDP LSR-ID 和 MPLS LSR-ID 不一致时，要使用 LDP LSR-ID。
     - 修改或删除已经配置的远端对等体地址会导致相应的远端 LDP 会话被删除。
  4. 执行命令 **remote-ip auto-dod-request**，配置自动触发采用 DoD 的标签发布方式向下游请求指定的远端对等体的 LSR ID 的标签映射消息。

     说明

     当全局已经配置了 **remote-peer auto-dod-request** 命令时，如果需要屏蔽自动触发采用 DoD 的标签发布方式向下游请求指定的远端对等体的 LSR ID 的标签映射消息，可以执行 **remote-ip auto-dod-request block** 命令。

----结束

2.3.5 （可选）配置 LDP 环路检测

配置 LDP 环路检测可以最大程度避免环路的产生，需要在每个节点上配置。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

NE20E-X6 不支持 LDP 环路检测功能，但如果邻居支持环路检测功能且要求双方通告的环路检测功能一致，为了保证与此类邻居建立 LDP 会话，需要进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。

步骤 3 执行命令 **loop-detect**，使能设备在 LDP 会话初始化阶段通告本地具有环路检测能力。

说明

配置 **loop-detect** 命令后，该设备仍然不支持 LDP 环路检测功能，仅具有环路检测功能协商能力。

----结束

2.3.6 （可选）配置 LDP MTU 信令功能

通过配置 LDP MTU 信令功能，可以使 MPLS 根据 MTU 决定 MPLS 转发报文的大小。

背景信息

LDP 可以自动计算出每条 LSP 上所有接口 MTU 的最小值，这样，MPLS 在 Ingress 根据此最小 MTU 来决定 MPLS 转发报文的大小，从而避免在 Ingress 发送的报文较大，导致 Transit 转发失败。

请在 LSP 的所有节点上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。

步骤 3 执行命令 **mtu-signalling** [**apply-tlv**]，使能 MTU TLV 的发送功能。

缺省情况下，系统发送私有的 MTU TLV。

说明

使能或去使能 MTU TLV 发送功能的操作将导致原始会话重建。

----结束

2.3.7 （可选）配置 LDP 水平分割策略

通过配置 LDP 水平分割策略，可以控制 LSR 不给指定的下游 LDP 对等体分配标签。

背景信息

缺省情况下，LSR 会向其上游和下游 LDP 对等体都分配标签，从而提高了 LDP LSP 的收敛速度。对于 MPLS 网络中部署的接入设备 DSLAM，为了节省内存，推荐使用 **outbound peer** { *peer-id* | **all** } **split-horizon** 命令为 LDP 对等体配置水平分割策略，从而控制 LSR 只向其上游 LDP 对等体分配标签。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。

步骤 3 执行命令 **outbound peer** { *peer-id* | **all** } **split-horizon**，为 LDP 对等体配置水平分割策略，即控制 LSR 只向其上游 LDP 对等体分配标签。

缺省情况下，没有为 LDP 对等体配置水平分割策略，即 LSR 会向其上游和下游 LDP 对等体都分配标签。

----结束

2.3.8 （可选）配置 LDP Inbound 策略

通过配置 LDP Inbound 策略，可以限制不必要的 LSP 的建立，从而节省内存。

背景信息

一般情况下，LSR 会接收邻居发送的所有标签映射消息，以提高 LDP LSP 的收敛速度。但是接收所有的标签映射消息会导致大量 LSP 的建立，造成资源的浪费。此时可以配置 LDP Inbound 策略，限制标签映射消息的接收，减少 LSP 的数量，节省内存。

说明

需要删除所有的 Inbound 策略时，如果针对每一个 Inbound 策略执行 undo 命令，比较繁琐，并且花费时间较多，此时可以执行 **undo inbound peer all** 命令，一次性删除所有的 Inbound 策略。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。

步骤 3 执行命令 **inbound peer** { *peer-id* | **peer-group** *peer-group-name* | **all** } **fec** { **none** | **host** | **ip-prefix** *prefix-name* }，配置给指定的对等体针对指定的 IGP 路由应用 Inbound 策略。

如果一组对等体或者全部对等体接收标签映射消息时，对 FEC 的限制范围是相同的，则可以配置关键字 **peer-group** *peer-group-name* 或者 **all**，为这些对等体配置相同的 FEC 范围。

说明

多个 Inbound 策略共存的情况下，针对某一个对等体，实际生效的 Inbound 策略以第一次的配置为准。例如先后进行了如下配置：

```
inbound peer 2.2.2.2 fec host
inbound peer peer-group group1 fec none
```

group1 中包含 *peer-id* 是 2.2.2.2 的对等体，则对于该对等体，实际生效的 Inbound 策略是：

```
inbound peer 2.2.2.2 fec host
```

如果先后配置的两条 Inbound 策略，对于关键字 **peer** 部分的配置完全一样，则新的配置会覆盖旧的配置，即新的配置生效。例如先后进行了如下配置：

```
inbound peer 2.2.2.2 fec host
inbound peer 2.2.2.2 fec none
```

则第二次的配置覆盖第一次的配置，即对于 *peer-id* 是 2.2.2.2 的对等体，实际生效的 Inbound 策略是：

```
inbound peer 2.2.2.2 fec none
```

配置 Inbound 策略前，需要先全局使能 MPLS 和 MPLS LDP 能力。

----结束

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

2.3.9 （可选）配置 LDP Outbound 策略

通过配置 LDP Outbound 策略，可以限制不必要的 LSP 的建立，从而节省内存。

背景信息

一般情况下，LSR 会向其上游和下游 LDP 对等体都发送标签映射消息，以提高 LDP LSP 的收敛速度。但是向所有对等体发送标签映射消息会导致大量 LSP 的建立，造成资源的浪费。此时可以配置 LDP Outbound 策略，限制标签映射消息的发送，减少 LSP 的数量，节省内存。

说明

多个 Outbound 策略共存的情况下，针对某一个对等体，实际生效的 Outbound 策略以第一次的配置为准。例如先后进行了如下配置：

```
outbound peer 2.2.2.2 fec host
outbound peer peer-group group1 fec none
```

group1 中包含 *peer-id* 是 2.2.2.2 的对等体，则对于该对等体，实际生效的 Outbound 策略是：

```
outbound peer 2.2.2.2 fec host
```

如果先后配置的两条 Outbound 策略，对于关键字 **peer** 部分的配置完全一样，则新的配置会覆盖旧的配置，即新的配置生效。例如先后进行了如下配置：

```
outbound peer 2.2.2.2 fec host
outbound peer 2.2.2.2 fec none
```

则第二次的配置覆盖第一次的配置，即对于 *peer-id* 是 2.2.2.2 的对等体，实际生效的 Outbound 策略是：

```
outbound peer 2.2.2.2 fec none
```

配置 Outbound 策略前，需要先全局使能 MPLS 和 MPLS LDP 能力。

需要删除所有的 Outbound 策略时，如果针对每一个 Outbound 策略执行 undo 命令，比较繁琐，并且花费时间较多，此时可以执行 **undo outbound peer all** 命令，一次性删除所有的 Outbound 策略。

操作步骤

- 配置 LDP 水平分割策略
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。
  3. 执行命令 **outbound peer** { *peer-id* | **all** } **split-horizon**，为 LDP 对等体配置水平分割策略，即控制 LSR 只向其上游 LDP 对等体分配标签。

     缺省情况下，没有为 LDP 对等体配置水平分割策略，即 LSR 会向其上游和下游 LDP 对等体都分配标签。
- 配置给指定的对等体针对指定的 IGP 路由应用 Outbound 策略。
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。
  3. 执行命令 **outbound peer** { *peer-id* | **peer-group** *peer-group-name* | **all** } **fec** { **none** | **host** | **ip-prefix** *prefix-name* }，配置给指定的对等体针对指定的 IGP 路由应用 Outbound 策略。

     如果一组对等体或者全部对等体发送标签映射消息时，对 FEC 的限制范围是相同的，则可以配置关键字 **peer-group** *peer-group-name* 或者 **all**，为这些对等体配置相同的 FEC 范围。
- 配置给指定的对等体针对指定的 BGP 标签路由应用 Outbound 策略。
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。

版权所有 © 华为技术有限公司

3. 执行命令 **outbound peer** { *peer-id* | **peer-group** *peer-group-name* | **all** } **bgp-label-route** { **none** | **ip-prefix** *prefix-name* }，配置给指定的对等体针对指定的 BGP 标签路由应用 Outbound 策略。

   如果一组对等体或者全部对等体发送标签映射消息时，对 FEC 的限制范围是相同的，则可以配置关键字 **peer-group** *peer-group-name* 或者 **all**，为这些对等体配置相同的 FEC 范围。

----结束

2.3.10 （可选）配置 LSP 建立的触发策略

通过配置 LSP 建立的触发策略，可以使符合条件的路由触发 LDP 建立 LSP。

背景信息

对于通过 LDP 建立的 LSP，需要设置能够触发 LSP 建立的 FEC 项。

说明

- LSP 的建立需要 LSR 上有精确匹配的路由项，如果使用 32 位掩码的 Loopback 接口，则必须有精确匹配的主机路由才能触发 LSP 的建立。
- LDP GR 期间修改 LSP 触发策略的操作无效。

请在 LSP 的所有节点上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行下面命令，配置 LSP 触发建立策略。

- 执行命令 **lsp-trigger** { **all** | **host** | **ip-prefix** *ip-prefix-name* | **none** }，配置触发静态路由和 IGP 路由建立 LSP 的策略。
- 执行命令 **lsp-trigger bgp-label-route**，配置触发带标签的公网 BGP 路由建立 LSP 的策略。

缺省情况下，触发策略为 **host**，即 32 位地址的主机 IP 路由触发建立 LSP。

- 如果触发策略为 **all**，则所有静态路由和 IGP 路由项触发建立 LSP。BGP 公网路由不能触发建立 LSP。
- 如果触发策略为 **ip-prefix**，则只有通过 IP 地址前缀列表过滤的 FEC 项能够触发建立 LSP。
- 如果触发策略为 **none**，则不触发建立 LSP。
- 如果触发策略为 **bgp-label-route**，则触发带标签的公网 BGP 路由建立 LSP。

----结束

2.3.11 （可选）配置 Transit LSP 建立的触发策略

通过配置 Transit LSP 建立的触发策略，可以使满足特定要求的路由触发 LDP 建立 Transit LSP。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

请在 Transit 进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。

步骤 3 执行命令 **propagate mapping for ip-prefix** *ip-prefix-name*，配置 Transit LSP 建立策略。

缺省情况下，LDP 在建立 Transit LSP 时，不对收到的路由进行过滤。

说明

LDP GR 期间修改 Transit LSP 建立策略的操作无效。

----结束

2.3.12 检查配置结果

LDP LSP 配置成功后，可以查看 LDP 的信息、LDP LSP 的建立信息以及 LSP 的建立信息。

前提条件

已经完成 LDP LSP 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls ldp** [**all**] [**verbose**]命令查看 LDP 的信息。
- 使用 **display mpls ldp lsp** [**all**]命令查看 LDP LSP 的建立信息。
- 使用 **display mpls lsp** [**verbose**]命令查看 LSP 的建立信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，应能得到如下的结果：

执行 **display mpls ldp** 命令查看 LDP 的相关信息。

```
<HUAWEI> display mpls ldp

                        LDP Global Information
------------------------------------------------------------------------------
 Protocol Version        : V1            Neighbor Liveness     : 600 Sec
 Graceful Restart        : Off           FT Reconnect Timer    : 300 Sec
 MTU Signaling           : On            Recovery Timer        : 300 Sec
 Capability-Announcement : Off           Longest-match         : Off
                       LDP Instance Information
------------------------------------------------------------------------------
 Instance ID             : 0             VPN-Instance          :
 Instance Status         : Active        LSR ID                : 4.4.4.4
 Loop Detection          : Off           Path Vector Limit     : 32
 Label Distribution Mode : Ordered       Label Retention Mode  : Liberal
 Instance Deleting State : No            Instance Reseting State : No
------------------------------------------------------------------------------
```

执行命令 **display mpls ldp lsp** 和 **display mpls lsp**，可以看到 LDP LSP 正常建立。

版权所有 © 华为技术有限公司

```
<HUAWEI> display mpls ldp lsp

 LDP LSP Information
 ------------------------------------------------------------------------------
 DestAddress/Mask  In/OutLabel   UpstreamPeer   NextHop       OutInterface
 ------------------------------------------------------------------------------
 3.3.3.9/32        NULL/1025     -              10.1.1.2      Pos1/0/0
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 1 Normal LSP(s) Found.
 TOTAL: 0 Liberal LSP(s) Found.
 TOTAL: 0 Frr LSP(s) Found.
 A '*' before an LSP means the LSP is not established
 A '*' before a Label means the USCB or DSCB is stale
 A '*' before a UpstreamPeer means the session is in GR state
 A '*' before a NextHop means the LSP is FRR LSP
<HUAWEI> display mpls lsp
------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                 In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
1.1.1.1/32          NULL/3        -/Pos1/0/0
```

2.4 配置 LDP 跨域扩展

通过配置 LDP 跨域扩展，可以使能 LDP 按照最长匹配方式查找路由，建立跨越 IGP 域的 LDP LSP。

2.4.1 建立配置任务
在配置 LDP 跨域扩展前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

2.4.2 配置 LDP 跨域扩展
配置 LDP 跨域扩展，需要在 Ingress 或 Transit 节点进行配置。

2.4.3 检查配置结果
LDP 跨域扩展配置成功后，可以查看跨域 LSP 的建立情况。

2.4.1 建立配置任务

在配置 LDP 跨域扩展前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

当网络规模比较大时，通常需要配置多个 IGP 区域来达到灵活部署和快速收敛的目的。在这种情况下，IGP 区域间进行路由通告时，为了避免路由数量多而引起的对资源的过多占用，区域边界路由器（ABR）需要将区域内路由聚合，再通告给相邻的 IGP 区域。然而，缺省情况下，LDP 在建立 LSP 的时候，会在路由表中查找与收到的标签映射消息中携带的 FEC 精确匹配的路由，对于聚合路由，LDP 只能建立 Liberal LSP，无法建立跨越 IGP 区域的 LDP LSP。

此时，可以执行 **longest-match** 命令，使能 LDP 按照最长匹配方式查找路由，建立跨域 LDP LSP。

前置任务

在配置 LDP 跨域扩展之前，需完成以下任务：

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- 配置接口的网络层地址，使相邻节点网络层可达。
- 配置 IGP 协议发布各节点接口所连网段和 LSR ID 的主机路由。
- 配置聚合路由的策略。
- 配置 MPLS 及 MPLS LDP 功能。

数据准备

在配置 LDP 跨域扩展之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	各节点的 IS-IS 区域地址及各节点和接口的 Level 级别

2.4.2 配置 LDP 跨域扩展

配置 LDP 跨域扩展，需要在 Ingress 或 Transit 节点进行配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。

步骤 3 执行命令 **longest-match**，使能 LDP 按照最长匹配方式查找路由建立 LSP。

说明

LDP GR 期间不允许配置此命令。

----结束

2.4.3 检查配置结果

LDP 跨域扩展配置成功后，可以查看跨域 LSP 的建立情况。

前提条件

已经完成 LDP 跨域扩展功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls lsp** 命令查看使能 LDP 按照最长匹配方式查找路由建立 LSP 功能之后的跨域 LSP 的建立信息。

----结束

任务示例

使能 LDP 按照最长匹配方式查找路由建立 LSP，1.3.0.1/32、1.3.0.2/32 是到其他 IGP 域的路由，可以看到跨域 LSP 已经建立。检查配置结果如下：

```
[HUAWEI] display mpls lsp

------------------------------------------------------------------------------
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                 In/Out Label  In/Out IF                       Vrf Name
1.2.0.1/32          NULL/3        -/Pos1/0/0
1.2.0.1/32          1024/3        -/Pos1/0/0
1.3.0.1/32          NULL/1025     -/Pos1/0/0
1.3.0.1/32          1025/1025     -/Pos1/0/0
1.3.0.2/32          NULL/1026     -/Pos1/0/0
1.3.0.2/32          1026/1026     -/Pos1/0/0
```

2.5 配置 LDP 多实例

部署 BGP/MPLS IP VPN 网络时，需要配置 LDP 多实例。

2.5.1 建立配置任务
在配置 LDP 多实例前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

2.5.2 配置 LDP 多实例
配置 LDP 多实例，需要在每个节点上，对指定的 VPN 实例使能 LDP。

2.5.3 检查配置结果
LDP 多实例配置成功后，可以查看指定 VPN 实例的 LDP 信息。

2.5.1 建立配置任务

在配置 LDP 多实例前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

LDP 多实例用于 BGP/MPLS IP VPN。配置时需要将 LDP 绑定到已创建的 VPN 实例。

前置任务

在配置 LDP 多实例之前，需完成以下任务：

- 使能 MPLS
- 配置 MPLS LDP
- 配置 IP VPN 实例

数据准备

在配置 LDP 多实例之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	各节点的 LSR ID
2	参与 MPLS 转发的接口名称
3	需要使能 LDP 的 VPN 实例名称
4	LDP 实例的 LSR ID

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

2.5.2 配置 LDP 多实例

配置 LDP 多实例，需要在每个节点上，对指定的 VPN 实例使能 LDP。

背景信息

为 LDP 实例配置传输地址时，也必须使用绑定到同一 VPN 实例的接口的 IP 地址。

说明

LDP 多实例使用接口地址建立会话。

请在 MPLS 域的所有节点上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp vpn-instance** *vpn-instance-name*，对指定的 VPN 实例使能 LDP，并进入 MPLS-LDP-VPN 实例视图。

对于使能 LDP 的接口，需要注意的是：

- MPLS-LDP-VPN 实例视图下的配置只影响绑定到同一 VPN 实例的接口。
- MPLS LDP 视图下的配置对绑定到 VPN 实例的接口没有影响。

步骤 3 （可选）执行命令 **lsr-id** *lsr-id*，配置 LSR ID。

缺省情况下，LDP 实例的 LSR ID 等于 MPLS 的 LSR ID。

说明

通常情况下，LDP 实例使用缺省的 MPLS 的 LSR ID 即可。在某些使用 VPN 实例，例如 BGP、MPLS VPN 的组网方案中，如果 VPN 与公网地址空间重叠，则需要为 LDP 实例另外配置 LSR ID，以保证 TCP 连接能够正常建立。

----结束

2.5.3 检查配置结果

LDP 多实例配置成功后，可以查看指定 VPN 实例的 LDP 信息。

前提条件

已经完成 LDP 多实例功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls ldp vpn-instance** *vpn-instance-name* 命令查看指定 VPN 实例的 LDP 信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，应该能得到指定 VPN 的 LDP 实例信息。

版权所有 © 华为技术有限公司

2.6 配置静态 BFD 检测 LDP LSP

配置静态 BFD 检测 LDP LSP，可以通过指定的参数检测 LSP 的连通性。

2.6.1 建立配置任务
在配置静态 BFD 检测 LDP LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

2.6.2 使能全局 BFD 能力
只需要在被检测链路的两端节点上使能 BFD 能力。

2.6.3 配置 Ingress BFD 参数
配置静态 BFD 检测 LDP LSP，需要在 Ingress 上进行相关 BFD 参数的配置。

2.6.4 配置 Egress BFD 参数
配置静态 BFD 检测 LDP LSP，需要在 Egress 上进行相关 BFD 参数的配置。

2.6.5 检查配置结果
静态 BFD 检测 LDP LSP 配置成功后，可以指定查看 BFD 配置信息、BFD 会话信息以及 BFD 统计信息。

2.6.1 建立配置任务

在配置静态 BFD 检测 LDP LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

静态 BFD 检测 LDP LSP 时，有以下注意事项：

- 只能在 LDP LSP 的 Ingress 进行 BFD 绑定。
- 一条 LSP 只能与一个 BFD 会话绑定。
- 只支持主机路由触发建立的 LDP LSP。

说明

BFD 检测 LSP 时，往返转发方式可以不一致（如报文从源端到目的端走 LSP，从目的端到源端走 IP 转发），但要求往返路径一致，如果不一致，则检测到故障时，不能确定具体是哪条路径的故障。因此部署 BFD 检测时，要确认往返路径是否一致，以便检测到的故障确实是检测路径故障。

前置任务

在配置静态 BFD 检测 LDP LSP 之前，需完成以下任务：

- 配置网络层参数，使网络可达
- 使能各节点的 MPLS LDP，建立 LDP 会话
- 配置 LDP LSP

数据准备

在配置静态 BFD 检测 LDP LSP 之前，需准备以下数据。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

序号	数据
1	BFD 配置名
2	LDP LSP 的参数： ● LSP 的下一跳地址 ●（可选）出接口类型和编号
3	BFD 会话的本地标识符和远端标识符

2.6.2 使能全局 BFD 能力

只需要在被检测链路的两端节点上使能 BFD 能力。

背景信息

在需要检测的链路两端节点上进行下列配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **bfd**，对本节点使能全局 BFD 能力并进入 BFD 全局视图。

----结束

2.6.3 配置 Ingress BFD 参数

配置静态 BFD 检测 LDP LSP，需要在 Ingress 上进行相关 BFD 参数的配置。

背景信息

在 LSP 的 Ingress 上进行下列配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind ldp-lsp peer-ip** *ip-address* **nexthop** *ip-address* [**interface** *interface-type interface-number*]，配置绑定动态 LSP 的 BFD 会话。

当待检测 LSP 的出接口的 IP 地址是借用其它接口的，或者被其它接口借用时，必须指定出接口。

步骤 3 配置标识符：

- 执行命令 **discriminator local** *discr-value*，配置本地标识符。
- 执行命令 **discriminator remote** *discr-value*，配置远端标识符。

说明

BFD 会话两端设备的本地标识符和远端标识符需要分别对应，即，本端的本地标识符与对端的远端标识符相同，否则会话无法正确建立。并且，本地标识符和远端标识符配置成功后不可修改。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 4 （可选）执行下列命令调整本地发送 BFD 报文的最小时间间隔、本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔和本地 BFD 检测倍数。

1. 执行命令 **quit**，退回系统视图。
2. 执行命令 **mpls**，使能本节点的 MPLS 能力，并进入 MPLS 视图。
3. 执行命令 **mpls bfd min-tx-interval** *interval*，调整本地发送 BFD 报文的最小时间间隔。

   缺省值是 1000 毫秒。

   当反向通道采用 IP 链路时，不能配置本地参数。

   本地 BFD 报文实际发送时间间隔＝ MAX { 本地配置的发送时间间隔，对端配置的接收时间间隔 }；本地实际接收时间间隔＝ MAX { 对端配置的发送时间间隔，本地配置的接收时间间隔 }；本地检测时间＝本地接收时间间隔×对端配置的 BFD 检测倍数。

   例如：

   - 本地配置的发送时间间隔为 200ms，接收时间间隔为 300ms，检测倍数为 4。
   - 对端配置的发送时间间隔为 100ms，接收时间间隔为 600ms，检测倍数为 5。

   则：

   - 本地实际的发送时间间隔为 MAX { 200ms，600ms }＝ 600ms，接收时间间隔为 MAX { 100ms，300ms }＝ 300ms，检测时间间隔为 300ms×5 ＝ 1500ms。
   - 对端实际的发送时间间隔为 MAX { 100ms，300ms }＝ 300ms，接收时间间隔为 MAX { 200ms，600ms }＝ 600ms，检测时间间隔为 600ms×4 ＝ 2400ms。
4. 执行命令 **mpls bfd min-rx-interval** *interval*，调整本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔。

   缺省值是 1000 毫秒。

   当反向通道采用 IP 链路时，不能配置本地参数。
5. 执行命令 **mpls bfd detect-multiplier** *multiplier*，调整本地 BFD 检测倍数。

   缺省值是 3。
6. 执行命令 **quit**，退回系统视图。
7. 执行命令 **bfd** *cfg-name*，进入 BFD 会话视图。

步骤 5 执行命令 **process-pst**，允许 BFD 会话状态改变时通告上层应用。

步骤 6 执行命令 **commit**，提交配置。

----结束

后续处理

BFD 会话创建成功并且状态为 Up 以后，开始对 LDP LSP 进行故障检测。

当 LDP LSP 被删除时，BFD 的状态变为 Down。

当 LDP 会话被删除时，系统才删除 BFD 的配置项和会话项。

2.6.4 配置 Egress BFD 参数

配置静态 BFD 检测 LDP LSP，需要在 Egress 上进行相关 BFD 参数的配置。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

用于向入节点通告故障的反向通道可以是 IP 链路、LSP 或者 TE 隧道，为了避免反向 LSP 故障影响 BFD 的检测，一般情况下优先选用 IP 链路。配置反向通道时，请不要配置 **process-pst** 命令。若此反向通道也需要 BFD 检测，可以再配置一对 BFD 会话进行检测。

在 LSP 的 Egress 上进行下列配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 配置 BFD 会话：

- IP 链路：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind peer-ip** *peer-ip* [**vpn-instance** *vpn-instance-name*] [**interface** *interface-type interface-number*] [**source-ip** *source-ip*]。
- 动态 LSP：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind ldp-lsp peer-ip** *ip-address* **nexthop** *ip-address* [**interface** *interface-type interface-number*]。
- 静态 LSP：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind static-lsp** *lsp-name*
- MPLS TE：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind mpls-te interface tunnel** *tunnel-number* [**te-lsp**]

步骤 3 配置标识符：

- 执行命令 **discriminator local** *discr-value*，配置本地标识符。
- 执行命令 **discriminator remote** *discr-value*，配置远端标识符。

说明

BFD 会话两端设备的本地标识符和远端标识符需要分别对应，即本端的本地标识符与对端的远端标识符相同，否则会话无法正确建立。并且，本地标识符和远端标识符配置成功后不可修改。

步骤 4 （可选）执行下列命令调整本地发送 BFD 报文的最小时间间隔、本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔和本地 BFD 检测倍数。

1. 执行命令 **quit**，退回系统视图。
2. 执行命令 **mpls**，使能本节点的 MPLS 能力，并进入 MPLS 视图。
3. 执行命令 **mpls bfd min-tx-interval** *interval*，调整本地发送 BFD 报文的最小时间间隔。

   缺省值是 1000 毫秒。

   当反向通道采用 IP 链路时，不能配置本地参数。

   本地 BFD 报文实际发送时间间隔＝ MAX { 本地配置的发送时间间隔，对端配置的接收时间间隔 }；本地实际接收时间间隔＝ MAX { 对端配置的发送时间间隔，本地配置的接收时间间隔 }；本地检测时间＝本地接收时间间隔×对端配置的 BFD 检测倍数。

   例如：

   - 本地配置的发送时间间隔为 200ms，接收时间间隔为 300ms，检测倍数为 4。
   - 对端配置的发送时间间隔为 100ms，接收时间间隔为 600ms，检测倍数为 5。

   则：

版权所有 © 华为技术有限公司

- 本地实际的发送时间间隔为 MAX { 200ms，600ms }＝ 600ms，接收时间间隔为 MAX { 100ms，300ms }＝ 300ms，检测时间间隔为 300ms×5 ＝ 1500ms。
- 对端实际的发送时间间隔为 MAX { 100ms，300ms }＝ 300ms，接收时间间隔为 MAX { 200ms，600ms }＝ 600ms，检测时间间隔为 600ms×4 ＝ 2400ms。

4. 执行命令 **mpls bfd min-rx-interval** *interval*，调整本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔。

   缺省值是 1000 毫秒。

   当反向通道采用 IP 链路时，不能配置本地参数。

5. 执行命令 **mpls bfd detect-multiplier** *multiplier*，调整本地 BFD 检测倍数。

   缺省值是 3。

6. 执行命令 **quit**，退回系统视图。
7. 执行命令 **bfd** *cfg-name*，进入 BFD 会话视图。

步骤 5 执行命令 **commit**，提交配置。

----结束

2.6.5 检查配置结果

静态 BFD 检测 LDP LSP 配置成功后，可以指定查看 BFD 配置信息、BFD 会话信息以及 BFD 统计信息。

前提条件

已经完成静态 BFD 检测 LDP LSP 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display bfd configuration** { **all** | **static** } [**for-lsp**]命令查看 BFD 配置信息。
- 使用 **display bfd session** { **all** | **static** } [**for-lsp**]命令查看 BFD 会话信息。
- 使用 **display bfd statistics session** { **all** | **static** } [**for-ip** | **for-lsp**]命令查看 BFD 统计信息。

----结束

2.7 配置动态 BFD 检测 LDP LSP

配置动态 BFD 检测 LDP LSP，不需要指定 BFD 参数，能够提高链路故障检测速度、减少配置工作量。

2.7.1 建立配置任务
在配置动态 BFD 检测 LDP LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

2.7.2 使能全局 BFD 能力
只需要在源端和宿端上全局使能 BFD 能力。

2.7.3 使能 MPLS 动态创建 BFD 会话功能
在源端和宿端上使能 BFD 能力，就可以使能 MPLS 动态创建 BFD 会话功能。

2.7.4 配置动态 BFD 检测 LDP LSP 的触发策略

版权所有 © 华为技术有限公司

配置动态 BFD 检测 LDP LSP 的触发策略有两种：主机触发和 FEC 列表触发，可以根据需要进行配置。

2.7.5 （可选）调整 BFD 检测参数
调整 BFD 检测参数，可以改变 BFD 检测时间和检测倍数。

2.7.6 检查配置结果
动态 BFD 检测 LDP LSP 配置成功后，可以指定查看源端和宿端的 BFD 配置信息、BFD 会话信息。

2.7.1 建立配置任务

在配置动态 BFD 检测 LDP LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

使用动态 BFD 检测 LDP LSP，能够提高链路故障检测速度、减少配置工作量，以支持 LDP FRR 等其他特性，减低链路故障对承载业务的影响。

说明

动态 BFD 检测 LDP LSP 时，只支持主机路由触发建立的 LDP LSP。

BFD 检测 LSP 时，往返转发方式可以不一致（如报文从源端到目的端走 LSP，从目的端到源端走 IP 转发），但要求往返路径一致，如果不一致，则检测到故障时，不能确定具体是哪条路径的故障。因此部署 BFD 检测时，要确认往返路径是否一致，以便检测到的故障确实是检测路径故障。

前置任务

在配置动态 BFD 检测 LDP LSP 之前，需完成以下任务：

- 配置 MPLS 基本能力
- 配置 MPLS LDP
- （可选）创建要使能 BFD 检测的 FEC 列表

数据准备

在配置动态 BFD 检测 LDP LSP 之前，需要准备以下数据。

序号	数据
1	各节点的 LSR ID
2	BFD 的触发方式
3	（可选）FEC 列表
4	（可选）BFD 检测参数

2.7.2 使能全局 BFD 能力

只需要在源端和宿端上全局使能 BFD 能力。

版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

在源端和宿端上进行下列配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **bfd**，使能全局的 BFD 能力。

----结束

2.7.3 使能 MPLS 动态创建 BFD 会话功能

在源端和宿端上使能 BFD 能力，就可以使能 MPLS 动态创建 BFD 会话功能。

操作步骤

- 在源端上进行如下配置。
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。
  3. 执行命令 **mpls bfd enable**，使能 LDP LSP 动态创建 BFD 会话的能力。

     执行完该命令并不创建 BFD 会话。
- 在宿端上进行如下配置。
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **bfd**，进入 BFD 视图。
  3. 执行命令 **mpls-passive**，使能被动创建 BFD 会话功能。

     执行完该命令不创建 BFD 会话，而是等接收到源端发送的携带 BFD TLV 的 LSP Ping 请求报文后才建立 BFD 会话。

----结束

2.7.4 配置动态 BFD 检测 LDP LSP 的触发策略

配置动态 BFD 检测 LDP LSP 的触发策略有两种：主机触发和 FEC 列表触发，可以根据需要进行配置。

背景信息

在被检测 LSP 的源端上进行下列配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls bfd-trigger** [**host** [**nexthop** *next-hop-address* | **outgoing-interface** *interface-type interface-number*] | **fec-list** *list-name*]，配置动态 BFD 检测 LDP LSP 的触发策略。

执行完该命令才真正开始创建 BFD 会话。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

动态 BFD 检测 LDP LSP 的触发策略有两种：

- 主机触发：如果需要所有的主机地址均能触发 BFD 会话的建立，则采用主机触发方式。还可以通过指定 **nexthop** 和 **outgoing-interface** 来约束哪些 LSP 可以建立 BFD 会话。
- FEC 列表触发：如果只需要其中的一部分主机触发 BFD 会话的建立，可以采用 **fec-list** 触发方式，来指定相应的主机地址。

----结束

2.7.5 （可选）调整 BFD 检测参数

调整 BFD 检测参数，可以改变 BFD 检测时间和检测倍数。

背景信息

请在源端进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **bfd**，进入 BFD 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls ping interval** *interval*，调节发送 LSP Ping 报文的时间间隔。

步骤 4 执行命令 **quit**，退出 BFD 视图。

步骤 5 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 6 执行命令 **mpls bfd** { **min-tx-interval** *interval* | **min-rx-interval** *interval* | **detect-multiplier** *multiplier* }*，设置 BFD 检测的时间参数。

BFD 报文的最小发送时间间隔和最小接收时间间隔的缺省值都是 1000 毫秒，检测倍数的缺省值是 3。

本地 BFD 报文实际发送时间间隔＝ MAX { 本地配置的发送时间间隔，对端配置的接收时间间隔 }；本地实际接收时间间隔＝ MAX { 对端配置的发送时间间隔，本地配置的接收时间间隔 }；本地检测时间＝本地接收时间间隔×对端配置的 BFD 检测倍数。

例如：

- 本地配置的发送时间间隔为 200ms，接收时间间隔为 300ms，检测倍数为 4。
- 对端配置的发送时间间隔为 100ms，接收时间间隔为 600ms，检测倍数为 5。

则：

- 本地实际的发送时间间隔为 MAX { 200ms，600ms }＝ 600ms，接收时间间隔为 MAX { 100ms，300ms }＝ 300ms，检测时间间隔为 300ms×5 ＝ 1500ms。
- 对端实际的发送时间间隔为 MAX { 100ms，300ms }＝ 300ms，接收时间间隔为 MAX { 200ms，600ms }＝ 600ms，检测时间间隔为 600ms×4 ＝ 2400ms。

----结束

版权所有 © 华为技术有限公司

2.7.6 检查配置结果

动态 BFD 检测 LDP LSP 配置成功后，可以指定查看源端和宿端的 BFD 配置信息、BFD 会话信息。

前提条件

已经完成动态 BFD 检测 LDP LSP 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display bfd configuration all** [**verbose**]命令查看 BFD 配置信息（源端）。
- 使用 **display bfd configuration passive-dynamic** [**peer-ip** *peer-ip* **remote-discriminator** *discriminator*] [**verbose**]命令查看 BFD 配置信息（宿端）。
- 使用 **display bfd session all** [**verbose**]命令查看 BFD 会话信息（源端）。
- 使用 **display bfd session passive-dynamic** [**peer-ip** *peer-ip* **remote-discriminator** *discriminator*] [**slot** *slot-id*] [**verbose**]命令查看被动创建的 BFD 会话信息（宿端）。
- 使用 **display mpls bfd session** [**statistics** | [**protocol** { **ldp** | **cr-static** | **rsvp-te** }] | [**outgoing-interface** *interface-type interface-number*] | [**nexthop** *ip-address*] | [**fec** *fec-address*] | **verbose** | **monitor**]命令查看 BFD 会话信息（源端）。

----结束

任务示例

在源端执行命令 **display bfd session all** 查看动态创建的 BFD 会话状态，可以看到 BFD 会话状态为 Up，会话绑定的链路类型是 LDP_LSP。

```
<HUAWEI> display bfd session all verbose
--------------------------------------------------------------------------------
Session MIndex : 256       State : Up        Name : dyn_8192
--------------------------------------------------------------------------------
  Local Discriminator    : 8192           Remote Discriminator   : 8192
  Session Detect Mode    : Asynchronous Mode Without Echo Function
  BFD Bind Type          : LDP_LSP
  Bind Session Type      : Dynamic
  Bind Peer Ip Address   : 3.3.3.3
  NextHop Ip Address     : 192.168.1.2
  Bind Interface         : Pos1/0/0
  LSP Token              : 0x3002001
  FSM Board Id           : 3               TOS-EXP                : 6
  Min Tx Interval (ms)   : 100               Min Rx Interval (ms)   : 100
  Actual Tx Interval (ms): 100               Actual Rx Interval (ms): 100
  Local Detect Multi     : 4               Detect Interval (ms)   : 400
  Echo Passive           : Disable         Acl Number             : -
  Proc interface status  : Disable
  WTR Interval (ms)      : --
  Active Multi           : 3
  Last Local Diagnostic  : No Diagnostic
  Bind Application       : VRRP | LSPM | LSPM | L2VPN | OAM_MANAGER
  Session TX TmrID       : --              Session Detect TmrID   : --
  Session Init TmrID     : --              Session WTR TmrID      : --
  Session Echo Tx TmrID  : -
  PDT Index              : FSM-0 | RCV-0 | IF-0 | TOKEN-0
  Session Description    : --
--------------------------------------------------------------------------------
    Total UP/DOWN Session Number : 1/0
```

在宿端上执行 **display bfd session passive-dynamic verbose** 命令查看被动创建 BFD 会话状态。其中 BFD Bind Type 字段的值为“Peer IP Address”，说明该宿端发送的 BFD 报

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

文是通过 IP 路由传输的；由于不能在宿端调整 BFD 检测参数，所以 min-tx-interval 和 min-tx-interval 的缺省值取最小值10，实际采用的发送和接收时间间隔是两端协商的结果。

```
<HUAWEI> display bfd session passive-dynamic verbose
--------------------------------------------------------------------------------
Session MIndex : 256        (Multi Hop) State : Up         Name : dyn_8192
--------------------------------------------------------------------------------
  Local Discriminator    : 8192             Remote Discriminator   : 8192
  Session Detect Mode    : Asynchronous Mode Without Echo Function
  BFD Bind Type          : Peer Ip Address
  Bind Session Type      : Entire_Dynamic
  Bind Peer Ip Address   : 192.168.1.1
  Bind Interface         : --
  FSM Board Id           : 3                TOS-EXP                : 6
  Min Tx Interval (ms)   : 10                Min Rx Interval (ms)   : 10
  Actual Tx Interval (ms): 100                 Actual Rx Interval (ms): 100
  Local Detect Multi     : 3                Detect Interval (ms)   : 300
  Echo Passive           : Disable          Acl Number             : -
  Destination Port       : 3784             TTL                    : 253
  Proc Interface Status  : Disable          Process PST            : Disable
  WTR Interval (ms)      : --               Local Demand Mode      : Disable
  Active Multi           : 3
  Last Local Diagnostic  : No Diagnostic
  Bind Application
  Session TX TmrID       : --               Session Detect TmrID   : --
  Session Init TmrID     : --               Session WTR TmrID      : --
  Session Echo Tx TmrID  : -
  PDT Index              : FSM-0 | RCV-0 | IF-0 | TOKEN-0
  Session Description    : --
--------------------------------------------------------------------------------
     Total UP/DOWN Session Number : 1/0
```

2.8 配置 Manual LDP FRR

配置 Manual LDP FRR，可以使 LDP 在链路发生故障时，将流量快速切换到备份 LSP 上，保证流量不中断。

2.8.1 建立配置任务

在配置 Manual LDP FRR 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

2.8.2 使能 Manual LDP FRR 功能

通过在 Ingress 做相关参数的指定，可以使能 Manual LDP FRR 功能。

2.8.3 （可选）配置 Manual LDP FRR 保护定时器

通过配置 Manual LDP FRR 保护定时器，可以保持主链路的 LDP LSP 不被删除。

2.8.4 （可选）允许 BFD 修改端口状态表

只有配置基于 BFD 的 Manual LDP FRR，才需要进行允许 BFD 修改端口状态表的配置。

2.8.5 检查配置结果

Manual LDP FRR 配置成功后，可以指定查看使能了 Manual LDP FRR 的 LSP 信息以及 BFD 接口信息。

2.8.1 建立配置任务

在配置 Manual LDP FRR 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

版权所有 © 华为技术有限公司

应用环境

LDP 快速重路由（LDP FRR）为 MPLS 网络提供快速重路由功能，实现本地的端口级备份，从而减少了流量丢失。

前置任务

在配置 LDP FRR 之前，需完成以下任务：

- 使能 MPLS
- 配置 MPLS LDP。

如果配置基于 BFD 的 LDP FRR，还需要完成 BFD 单跳检测的配置。BFD 单跳检测请参考《HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 配置指南 可靠性》“BFD 配置”。

数据准备

在配置 LDP FRR 之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	建立备份 LSP 的接口类型和接口编号
2	备份 LSP 的下一跳 IP 地址
3	可以触发生成备份 LSP 的 IP 前缀列表的名称
4	备份 LSP 的优先级
5	（可选）LDP FRR 保护定时器的值
6	（可选）BFD 单跳检测的配置名

2.8.2 使能 Manual LDP FRR 功能

通过在 Ingress 做相关参数的指定，可以使能 Manual LDP FRR 功能。

背景信息

请在 Ingress 进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls ldp frr nexthop** *nexthop-address* [**ip-prefix** *ip-prefix-name*] [**priority** *priority*]，在接口上使能 LDP FRR。

在同一个接口下，最多可以有 10 项不同优先级的 LDP FRR 配置，但最终根据优先级只会生成一条备份 LSP。优先级的值越小，其优先级越高。优先级的缺省值为 50。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

说明

- LDP GR 期间禁止使能或去使能 LDP FRR 功能。
- 混合应用 LDP FRR 和 IP FRR 情况下，优先选择 IP FRR。
- 在系统视图下执行 **undo mpls ldp** 命令或在接口视图下执行 **undo mpls ldp** 命令去使能 LDP 功能时，接口视图下的 LDP FRR 配置不会被自动删除，但 LDP FRR 功能已经失效。
- 在 LDP FRR 的配置中，备份 LSP 必须是 Liberal 状态的 LSP，即备份 LSP 的 ingress 到 egress 的路由状态必须是“Inactive Adv”。

----结束

2.8.3 （可选）配置 Manual LDP FRR 保护定时器

通过配置 Manual LDP FRR 保护定时器，可以保持主链路的 LDP LSP 不被删除。

背景信息

请在 Ingress 进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls ldp frr timer protect-time** *protect-time*，在接口上配置 LDP FRR 保护定时器。

----结束

后续处理

启用 LDP FRR 保护定时器后，当主链路故障导致 LDP 会话状态变为 Down 时，保持主链路的 LDP LSP 不被删除，直到出现以下任意一种情况才删除：

- LDP FRR 保护定时器超时
- 主链路的路由被删除
- 主链路的接口状态变为 Down

2.8.4 （可选）允许 BFD 修改端口状态表

只有配置基于 BFD 的 Manual LDP FRR，才需要进行允许 BFD 修改端口状态表的配置。

背景信息

只有配置基于 BFD 的 LDP FRR，才需要执行此步骤。

请在 Ingress 进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **bfd** *cfg-name*，进入已经创建的 BFD 会话视图。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 3 执行命令 **process-pst**，允许 BFD 修改端口状态表 PST。

步骤 4 执行命令 **commit**，提交配置。

缺省情况下，BFD 不修改端口状态表。

----结束

2.8.5 检查配置结果

Manual LDP FRR 配置成功后，可以指定查看使能了 Manual LDP FRR 的 LSP 信息以及 BFD 接口信息。

前提条件

已经完成 LDP FRR 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls lsp** 命令查看使能了 LDP FRR 的 LSP 信息。
- 使用 **display bfd interface** [*interface-type interface-number*]命令查看 BFD 接口信息。

----结束

2.9 配置 LDP Auto FRR

通过配置建立备份 LSP 的触发策略，可以控制备份 LSP 的建立。

2.9.1 建立配置任务
在配置 LDP Auto FRR 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

2.9.2 使能 LDP Auto FRR 功能
配置 LDP Auto FRR，需要在 Ingress 或 Transit 节点进行配置。

2.9.3 检查配置结果
LDP Auto FRR 配置成功后，可以指定查看使能了 LDP Auto FRR 的 LSP 信息。

2.9.1 建立配置任务

在配置 LDP Auto FRR 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

在配置了 LDP 快速重路由功能的网络中，当链路发生故障时，LDP 快速重路由功能会将流量快速切换到备份 LSP 上，保证流量不中断，实现 50ms 以内倒换。

LDP 快速重路由功能的配置方法有两种：手工配置的 LDP FRR、LDP Auto FRR。

- 手工配置的 LDP FRR 需要通过手工指定出接口或下一跳，配置备份 LSP。配置过程比较复杂，但是可以人为指定备份 LSP，因此比较灵活，适用于结构比较简单的网络。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- LDP Auto FRR 不需要手工指定，会依据触发策略，自动生成备份 LSP，配置过程比较简单，并且避免了手工配置可能出现的环路问题，适用于结构比较复杂的大型网络。

前置任务

在配置 LDP Auto FRR 之前，需完成以下任务：

- 配置接口的网络层地址，使相邻节点网络层可达。
- 配置 IS-IS 协议发布各节点接口所连网段和 LSR ID 的主机路由。
- 配置 MPLS LDP 功能。
- 配置 IS-IS Auto FRR 功能。

数据准备

在配置 LDP Auto FRR 之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	建立备份 LSP 的接口类型和接口编号
2	可以触发 LDP 建立备份 LSP 的策略

2.9.2 使能 LDP Auto FRR 功能

配置 LDP Auto FRR，需要在 Ingress 或 Transit 节点进行配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。

步骤 3 执行命令 **auto-frr lsp-trigger** { **all** | **host** | **ip-prefix** *ip-prefix-name* | **none** }，配置触发 LDP 建立备份 LSP 的策略。

缺省情况下，32 位地址的备份路由触发 LDP 建立备份 LSP。

auto-frr lsp-trigger 命令受 **lsp-trigger** 命令的限制。如果同时配置了 **auto-frr lsp-trigger** 命令和 **lsp-trigger** 命令，那么建立的备份 LSP 会同时满足 LDP 建立 LSP 的触发策略以及 LDP 建立备份 LSP 的触发策略。

说明

LDP GR 期间不允许修改备份 LSP 的触发策略。

----结束

2.9.3 检查配置结果

LDP Auto FRR 配置成功后，可以指定查看使能了 LDP Auto FRR 的 LSP 信息。

版权所有 © 华为技术有限公司

前提条件

已经完成 LDP Auto FRR 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls lsp** 命令查看使能了 LDP Auto FRR 之后的 LSP 的建立信息。

----结束

任务示例

使能 LDP Auto FRR 功能，可以看到目的地址为 2.2.2.9/32 的 LSP 的备份 LSP 已经建立。检查配置结果如下：

```
[HUAWEI] display mpls lsp

------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                 In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
2.2.2.9/32          NULL/3        -/Pos1/0/0
**LDP FRR**          /1025       /Pos1/0/1
2.2.2.9/32          1024/3        -/Pos1/0/0
   **LDP FRR**          /1025       /Pos1/0/1
3.3.3.9/32          NULL/3        -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1025       /Pos1/0/0
3.3.3.9/32          1025/3        -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1025       /Pos1/0/0
4.4.4.9/32          NULL/1026     -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1026       /Pos1/0/0
4.4.4.9/32          1026/1026     -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1026       /Pos1/0/0
10.1.3.0/24         1027/3        -/Pos1/0/1
10.1.4.0/24         1028/3        -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1027       /Pos1/0/0
```

2.10 配置 LDP 和 IGP 同步

通过配置 LDP 和 IGP 同步，可以抑制 IGP 邻居关系建立来推迟路由回切，直至 LDP 完成收敛。

2.10.1 建立配置任务
在配置 LDP 和 IGP 同步前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

2.10.2 使能 LDP 和 IGP 同步功能
使能 LDP 和 IGP 同步功能，需要在主备链路的分叉节点和主链路上的 LDP 邻居节点之间的链路两端接口上进行相关配置。

2.10.3 （可选）设置 hold-down 定时器的值
设置 hold-down 定时器的值，也就是设置接口不建立 OSPF 邻居而等待 LDP 会话建立的时间间隔。

2.10.4 （可选）设置 hold-max-cost 定时器的值
设置 hold-max-cost 定时器的值，也就是设置在本地节点的 LSA 中通告最大 cost 值的时间间隔。

2.10.5 （可选）设置 delay 定时器的值
设置 delay 定时器的值，也就是设置等待 LSP 建立的时间间隔。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

2.10.6 检查配置结果
LDP 和 IGP 同步配置成功后，可以指定查看配置了 LDP 和 IGP 同步功能的接口的同步信息以及接口的路由管理信息。

2.10.1 建立配置任务

在配置 LDP 和 IGP 同步前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

LDP 和 IGP 同步功能主要用来解决在 LSP 存在主备链路的组网中，主 LSP 发生故障，导致的流量丢失问题。具体情况如下：

- 当主链路发生故障时，IGP 流量和 LSP 流量均切换到备份链路上。但当主链路从故障中恢复时，由于 IGP 比 LDP 收敛速度快，IGP 会先于 LDP 切换回主链路，因此造成 LSP 流量丢失。
- 当主链路正常，但主链路节点间的 LDP 会话发生故障时，LSP 流量从主链路切换到备份链路，而 IGP 流量继续从主链路转发，导致 LSP 流量丢失。

前置任务

在配置 LDP 和 IGP 同步之前，需完成以下任务：

- 使能 MPLS 能力
- 配置全局和各接口的 MPLS LDP 能力

数据准备

在配置 LDP 和 IGP 同步之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	配置 LDP 和 IGP 同步的接口类型和接口编号
2	配置定时器的接口类型和接口编号
3	定时器的设定值

2.10.2 使能 LDP 和 IGP 同步功能

使能 LDP 和 IGP 同步功能，需要在主备链路的分叉节点和主链路上的 LDP 邻居节点之间的链路两端接口上进行相关配置。

操作步骤

- 如果 IGP 使用的是 OSPF 协议，则在主备链路的分叉节点和主链路上的 LDP 邻居节点之间的链路两端接口上进行如下配置。
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。

版权所有 © 华为技术有限公司

3. 执行命令 **ospf ldp-sync**，使能被保护接口的 LDP 和 OSPF 同步功能。

- 如果 IGP 使用的是 IS-IS 协议，则在主备链路的分叉节点和主链路上的 LDP 邻居节点之间的链路两端接口上进行如下配置。
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。
  3. 执行命令 **isis enable** *process-id*，使能 IS-IS 协议。
  4. 执行命令 **isis ldp-sync**，使能被保护接口的 LDP 和 IS-IS 同步功能。

----结束

2.10.3 （可选）设置 hold-down 定时器的值

设置 hold-down 定时器的值，也就是设置接口不建立 OSPF 邻居而等待 LDP 会话建立的时间间隔。

背景信息

请在接口上进行以下配置。

操作步骤

- 如果 IGP 使用的是 OSPF 协议，则在主备链路的分叉节点和主链路上的 LDP 邻居节点之间的链路两端接口上进行如下配置。
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。
  3. 执行命令 **ospf timer ldp-sync hold-down** *value*，设置接口不建立 OSPF 邻居而等待 LDP 会话建立的时间间隔。

     缺省情况下，hold-down 定时器的值是 10 秒。
- 如果 IGP 使用的是 IS-IS 协议，则在主备链路的分叉节点和主链路上的 LDP 邻居节点之间的链路两端接口上进行如下配置。
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。
  3. 执行命令 **isis timer ldp-sync hold-down** *value*，设置接口不建立 IS-IS 邻居而等待 LDP 会话建立的时间间隔。

     缺省情况下，hold-down 定时器的值是 10 秒。

----结束

2.10.4 （可选）设置 hold-max-cost 定时器的值

设置 hold-max-cost 定时器的值，也就是设置在本地节点的 LSA 中通告最大 cost 值的时间间隔。

背景信息

请在接口上进行以下配置。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

- 如果 IGP 使用的是 OSPF 协议，则在主备链路的分叉节点，以及主链路 LDP 邻居节点之间链路的两端接口上进行如下配置。
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。
  3. 执行命令 **ospf timer ldp-sync hold-max-cost** { *value* | **infinite** }，设置 OSPF 在本地节点的 LSA 中保持通告最大开销值的时间。

     缺省情况下，hold-max-cost 定时器的值是 10 秒。

     根据不同组网需要，可选择参数进行配置：
     - 如果组网中 OSPF 仅承载 LDP 业务，要使 OSPF 的选路和 LDP LSP 始终保持一致，需配置 **infinite** 参数。
     - 如果组网中 OSPF 承载了包括 LDP 在内的多种业务时，要使 LDP 会话的中断不影响 OSPF 的正常选路和其他业务，可配置 *value* 参数。

     多次配置此命令时，最后一次的配置生效。
- 如果 IGP 使用的是 IS-IS 协议，则在主备链路的分叉节点和主链路上的 LDP 邻居节点之间的链路两端接口上进行如下配置。
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。
  3. 执行命令 **isis timer ldp-sync hold-max-cost** { *value* | **infinite** }，设置 IS-IS 在本地节点的 LSP（Link State PDU）中保持通告最大开销值的时间。

     缺省情况下，hold-max-cost 定时器的值是 10 秒。

     根据不同组网需要，可选择参数进行配置：
     - 如果组网中 IS-IS 仅承载 LDP 业务，要使 IS-IS 的选路和 LDP LSP 始终保持一致，需配置 **infinite** 参数。
     - 如果组网中 IS-IS 承载了包括 LDP 在内的多种业务时，要使 LDP 会话的中断不影响 IS-IS 的正常选路和其他业务，可配置 *value* 参数。

     多次配置此命令时，最后一次的配置生效。

----结束

2.10.5 （可选）设置 delay 定时器的值

设置 delay 定时器的值，也就是设置等待 LSP 建立的时间间隔。

背景信息

在主备链路的分叉节点和主链路上的 LDP 邻居节点之间的链路两端接口上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 3 执行命令 **mpls ldp timer igp-sync-delay** *value*，设置 LDP 会话建立以后，等待 LSP 建立的时间间隔。

缺省情况下，delay 定时器的值是 10 秒。

----结束

2.10.6 检查配置结果

LDP 和 IGP 同步配置成功后，可以指定查看配置了 LDP 和 IGP 同步功能的接口的同步信息以及接口的路由管理信息。

前提条件

已经完成 LDP 和 IGP 同步功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display ospf ldp-sync interface** { **all** | *interface-type interface-number* }命令查看配置了 LDP 和 OSPF 同步功能的接口的同步信息。
- 使用 **display isis** [*process-id* | **vpn-instance** *vpn-instance-name*] **ldp-sync interface** 命令查看配置了 LDP 和 ISIS 同步功能的接口的同步信息。
- 使用 **display rm interface** [*interface-type interface-number* | **vpn-instance** *vpn-instance-name*]命令查看接口的路由管理信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，可得到如下的结果：

- 执行 **display ospf ldp-sync** 或者 **display isis ldp-sync** 命令后，可以看到配置了 LDP 和 IGP 同步功能的接口状态为“Sync-Achieved”。
- 执行 **display rm interface** 命令，可以看到 LDP-ISIS 或 LDP-OSPF 的使能情况为“enabled”。

2.11 配置 LDP 和静态路由同步

LDP 和静态路由同步通过抑制静态路由活跃来迫使正切场景下静态路由切换到备份链路，回切场景下推迟流量回切，使静态路由和 LDP 保持同步来保证流量不中断。

2.11.1 建立配置任务
在配置 LDP 和静态路由同步前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，有助于快速、准确地完成配置任务。

2.11.2 使能 LDP 和静态路由同步功能
在存在主备 LSP 的 MPLS 组网中，LSR 之间依靠静态路由建立 LSP，通过在主备链路的两端使能 LDP 和静态路由同步功能，可以避免 MPLS 流量的中断。

2.11.3 （可选）设置 hold-down 定时器的值
主链路故障恢复，静态路由不立即活跃，而是在 hold-down 定时器的设定值内等待 LDP 会话建立之后，静态路由才活跃，流量才回切到主链路。

2.11.4 检查配置结果

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

LDP 和静态路由同步配置成功后，可以查看所有使能了 LDP 和静态路由同步功能的接口状态信息。

2.11.1 建立配置任务

在配置 LDP 和静态路由同步前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，有助于快速、准确地完成配置任务。

应用环境

LDP 和静态路由同步主要用在存在主备 LSP 的 MPLS 组网中，LSR 之间依靠静态路由建立 LSP，当主链路的 LDP 会话故障（非链路故障导致）时，或者主链路故障后再恢复时，用来解决 LSP 正切和回切导致的流量丢失问题。如图 2-1 所示，LSRA 和 LSRD 之间通过静态路由连通，LDP 在两端基于静态路由建立 LSP，正常情况下优选路径 LSRA→LSRB→LSRD。

- 正切场景：主链路的 LDP 会话发生故障（非链路故障导致）时，静态路由的流量并不会切换到备份路径，从而导致主链路上的 MPLS 流量中断。

  LDP Session 正常建立的情况下，MPLS 流量走主链路（LSRA→LSRB→LSRD）。如果 LSRA 和 LSRB 之间的 LDP 会话中断时，LSP 立即切换到备份链路（LSRA→LSRC→LSRD），但由于 LSRA 和 LSRB 之间的链路正常，静态路由的流量并不切换到备份路径，造成 LDP 和静态路由不同步而导致 MPLS 流量中断。

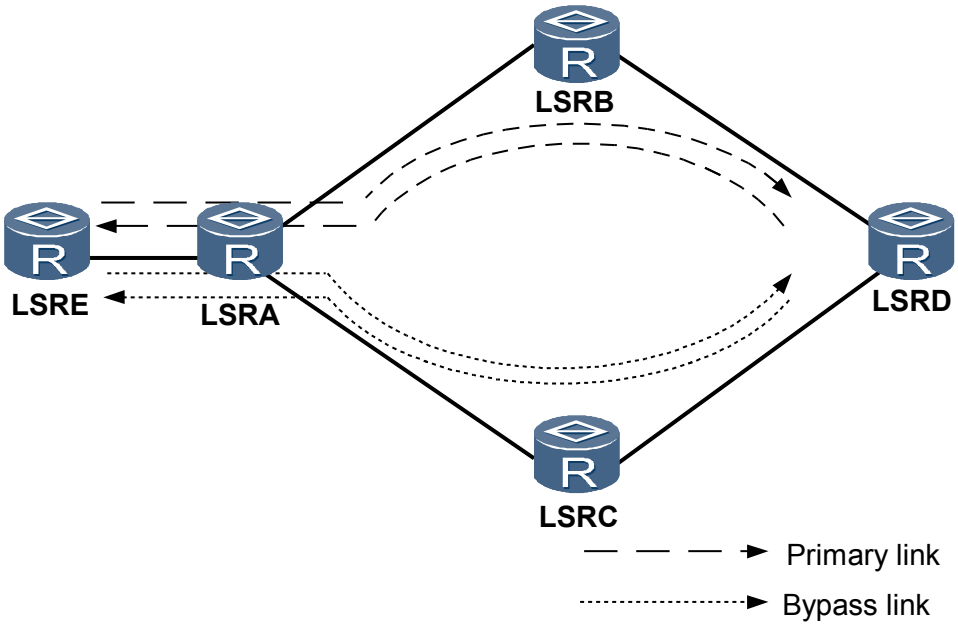
  如果使能 LDP 和静态路由同步后，当 LDP 会话状态为 Down 时，流量自动切换到备份链路，保证流量不中断。
- 回切场景：主链路故障恢复，由于静态路由比 LDP 收敛速度快，静态路由的流量会先于 LDP 切换回主链路，则备份 LSP 路径无法使用，而主 LSP 尚未建立，导致 MPLS 流量中断。

  LSRA 和 LSRB 之间的链路发生故障时，流量立即切换到备份链路（LSRA→LSRC→LSRD）。待 LSRA 和 LSRB 之间的链路恢复后，静态路由的流量会立即切换到主链路（LSRA→LSRB→LSRD），备份 LSP 无法使用，而主 LSP 尚未恢复，流量在此时间差内发生中断。

  如果使能 LDP 和静态路由同步功能后，当主 LSP 建立时，流量再回切到主链路，保证流量不中断。

版权所有 © 华为技术有限公司

图 2-1 LDP 和静态路由同步组网图



前置任务

在配置 LDP 和静态路由同步之前，需完成以下任务：

- 使能 MPLS 能力
- 使能全局和接口下的 MPLS LDP 能力
- 各设备之间建立 LDP 会话

数据准备

在配置 LDP 和静态路由同步之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	配置静态路由出接口的接口类型和接口编号
2	静态路由等待 LDP 会话建立的时间间隔（hold-down 定时器的设定值）

2.11.2 使能 LDP 和静态路由同步功能

在存在主备 LSP 的 MPLS 组网中，LSR 之间依靠静态路由建立 LSP，通过在主备链路的两端使能 LDP 和静态路由同步功能，可以避免 MPLS 流量的中断。

背景信息

LDP 和静态路由同步是一种通过抑制静态路由活跃来迫使正切场景下流量切换到备份链路，回切场景下推迟流量切换到主用链路，使静态路由和 LDP 保持同步状态的技术。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

说明

只有配置了出接口的静态路由才能配置 LDP 和静态路由同步。

在主备链路的两端分别进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **ip route-static** *ip-address* { *mask* | *mask-length* } *interface-type interface-number* [*nexthop-address*] [**preference** *preference* | **tag** *tag*] * **ldp-sync** [**description** *text*]，配置 LDP 和静态路由同步。

缺省情况下，不使能 LDP 和静态路由同步功能。

----结束

2.11.3 （可选）设置 hold-down 定时器的值

主链路故障恢复，静态路由不立即活跃，而是在 hold-down 定时器的设定值内等待 LDP 会话建立之后，静态路由才活跃，流量才回切到主链路。

背景信息

设置接口上 hold-down 定时器的值后，使能 LDP 和静态路由同步功能的静态路由暂时不活跃，而是在 hold-down 定时器的设定值内等待 LDP 会话建立，从而达到 LDP 和静态路由的同步。如果定时器超时，无论 LDP 会话是否建立，静态路由都开始活跃。

说明

系统不支持在 Loopback 和 NULL 接口下配置 hold-down 定时器。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入静态路由主链路的出接口视图。

步骤 3 执行命令 **static-route timer ldp-sync hold-down** { *timer* | **infinite** }，设置静态路由不活跃等待 LDP 会话建立的时间间隔。

缺省情况下，hold-down 定时器的值是 10 秒。

- 当 hold-down 定时器为 0 秒时，关闭该接口下的 LDP 和静态路由联动功能。
- 当 hold-down 定时器为 **infinite** 时，定时器将永不超时，只有等待 LDP 会话建立后静态路由才活跃，MPLS 流量才进行切换。

----结束

2.11.4 检查配置结果

LDP 和静态路由同步配置成功后，可以查看所有使能了 LDP 和静态路由同步功能的接口状态信息。

版权所有 © 华为技术有限公司

前提条件

已经完成 LDP 和静态路由同步的所有配置。

操作步骤

- 使用命令 **display static-route ldp-sync** [**interface** *interface-type interface-number*]查看使能了 LDP 和静态路由同步功能的接口状态信息。

  配置参数 **interface** *interface-type interface-number* 时，将只显示指定接口的状态信息。

----结束

任务示例

配置 LDP 和静态路由同步成功后，执行 **display static-route ldp-sync** 命令，可得到如下的结果：

```
<HUAWEI> display static-route ldp-sync
Total number of routes enable LDP-sync: 1
-------------------------------------------------------------
interface GigabitEthernet1/0/0
Enable ldp-sync static routes number: 1
Static-route ldp-sync holddown timer: 10s
Sync State: Normal
Dest = 1.1.1.1, Mask = 32, NextHop = 2.2.2.2
-------------------------------------------------------------
```

2.12 配置 LDP GTSM

通过配置 LDP GTSM，可以检测 TTL 来防止攻击。

2.12.1 建立配置任务
在配置 LDP GTSM 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

2.12.2 配置 LDP GTSM
配置 LDP GTSM，需要在 LDP 对等体两节点上进行相关配置。

2.12.3 检查配置结果
LDP GTSM 配置成功后，可以指定查看 GTSM 的统计信息。

2.12.1 建立配置任务

在配置 LDP GTSM 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

GTSM 机制通过 TTL 的检测来达到防止攻击的目的。攻击者模拟真实的 LDP 协议单播报文，对节点发送报文。当设备的接口板接收到这些报文后，发现是本机报文，则直接上送控制层面的 LDP 协议处理，而不加辨别其“合法性”。控制层面因为处理这些“合法”报文，导致系统异常繁忙，CPU 占用率高。

配置 GTSM 功能，通过检测 IP 报文头中的 TTL 值是否在一个预先定义好的特定范围内来对节点进行保护，增强系统的安全性。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

前置任务

在配置 LDP GTSM 的基本功能之前，需完成以下任务：

- 使能 MPLS 和 MPLS LDP 能力。

数据准备

在配置 LDP GTSM 的基本功能之前，需要准备以下数据。

序号	数据
1	LDP 对等体的 LSR ID
2	GTSM 功能允许的最大有效跳数

2.12.2 配置 LDP GTSM

配置 LDP GTSM，需要在 LDP 对等体两节点上进行相关配置。

背景信息

请在需要配置 GTSM 功能的 LDP 对等体两端节点上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。

步骤 3 执行命令 **gtsm peer** *ip-address* **valid-ttl-hops** *hops*，配置 LDP GTSM 功能。

如果将 hops 设置为 GTSM 功能允许的最大有效跳数，当 LDP 对等体发来报文的 TTL 值在 255 - hops+1 ～ 255 范围内，则接收该报文，否则丢弃该报文。

----结束

2.12.3 检查配置结果

LDP GTSM 配置成功后，可以指定查看 GTSM 的统计信息。

前提条件

已经完成 LDP GTSM 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display gtsm statistics** { *slot-id* | **all** }命令查看 GTSM 的统计信息。

----结束

版权所有 © 华为技术有限公司

任务示例

执行 **display gtsm statistics** 可以看到各单板上的 GTSM 的统计信息，包括 LDP、BGP、BGP4+和 OSPF 的报文总数、通过的报文数量、丢弃的报文数量。

```
<HUAWEI> display gtsm statistics all
GTSM Statistics Table
------------------------------------------------------------------
SlotId  Protocol  Total Counters  Drop Counters  Pass Counters
------------------------------------------------------------------
 6      BGP       0               0              0
 6      BGPv6     0               0              0
 6      OSPF      0               0              0
 6      LDP       11              0              11
------------------------------------------------------------------
```

2.13 配置 LDP GR

通过配置 LDP GR，可以实现主备倒换或协议重启的设备（Restarter）转发不中断，从而达到限制控制层协议震荡的目的。

2.13.1 建立配置任务
在配置 LDP GR 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

2.13.2 使能 LDP GR 能力
使能 LDP GR 能力，需要在 GR Restarter 及其邻居节点分别使能。

2.13.3 （可选）配置 GR Restarter 的定时器
配置 GR Restarter 的定时器，也就是配置邻居存活定时器的值。

2.13.4 （可选）配置 GR Helper 的定时器
配置 GR Helper 的定时器，也就是 LDP 会话重连接定时器的值以及 LSP 恢复定时器的值。

2.13.5 检查配置结果
LDP GR 配置成功后，可以指定查看 MPLS 相关的所有协议的 GR 信息、LDP 协议的相关信息以及 LDP 会话的相关信息。

2.13.1 建立配置任务

在配置 LDP GR 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

在主备倒换或系统升级过程中，为了保证 MPLS 继续正常转发，并在主备倒换或系统升级完成后恢复 LDP 会话和 LSP 的建立，需要配置 LDP GR。

说明

在实际应用中，为了实现业务转发不受主板故障的影响，通常在双主板的硬件环境下配置系统级 GR 才有意义。

前置任务

在配置 LDP GR 之前，需完成以下任务：

版权所有 © 华为技术有限公司

- 配置 IGP GR 功能。
- 配置 MPLS LDP 本地会话。

数据准备

在配置 LDP GR 之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	MPLS 本节点的 LSR ID
2	LDP 会话重连接定时器的值
3	邻居存活定时器的值
4	LSP 恢复定时器的值

2.13.2 使能 LDP GR 能力

使能 LDP GR 能力，需要在 GR Restarter 及其邻居节点分别使能。

背景信息

请在 GR Restarter 及其邻居节点上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls lsr-id** *lsr-id*，配置本节点的 LSR ID。

步骤 3 执行命令 **mpls**，使能本节点的 MPLS 能力，并进入 MPLS 视图。

步骤 4 执行命令 **quit**，退回系统视图。

步骤 5 执行命令 **mpls ldp**，使能本节点的 LDP 能力，并进入 LDP 视图。

步骤 6 执行命令 **graceful-restart**，使能 LDP GR 能力。

缺省情况下，LDP GR 能力被禁止。

说明

- 使能和去使能 LDP GR 能力都会导致 LDP 会话重建。
- LDP GR 期间禁止执行 **undo mpls ldp** 和 **reset mpls ldp** 命令。
- LDP GR 期间执行 **lsp-trigger**、**propagate mapping** 和 **lsp-trigger bgp-label-route** 命令修改 LSP 触发策略的操作无效。
- LDP GR 期间禁止执行 **mpls ldp frr nexthop** 命令使能 LDP FRR 功能，或执行 **undo mpls ldp frr nexthop** 命令去使能 LDP FRR 功能。

----结束

2.13.3 （可选）配置 GR Restarter 的定时器

配置 GR Restarter 的定时器，也就是配置邻居存活定时器的值。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

请在 GR Restarter 上进行以下配置。

说明

修改 LDP GR 相关定时器的值会导致 LDP 会话重建。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。

步骤 3 执行命令 **graceful-restart timer neighbor-liveness** *time*，配置邻居存活定时器的值。

缺省情况下，邻居存活定时器的值为 600 秒。

----结束

2.13.4 （可选）配置 GR Helper 的定时器

配置 GR Helper 的定时器，也就是 LDP 会话重连接定时器的值以及 LSP 恢复定时器的值。

背景信息

请在 GR Helper 上进行以下配置。

说明

修改 LDP GR 相关定时器的值会导致 LDP 会话重建。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp**，进入 MPLS LDP 视图。

步骤 3 执行命令 **graceful-restart timer reconnect** *time*，配置 LDP 会话重连接定时器的值。

缺省情况下，LDP 会话重连接定时器的值为 300 秒。

步骤 4 执行命令 **graceful-restart timer recovery** *time*，配置 LSP 恢复定时器的值。

缺省情况下，LSP 恢复定时器的值为 300 秒。

----结束

2.13.5 检查配置结果

LDP GR 配置成功后，可以指定查看 MPLS 相关的所有协议的 GR 信息、LDP 协议的相关信息以及 LDP 会话的相关信息。

前提条件

已经完成 LDP GR 功能的所有配置。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

- 使用 **display mpls graceful-restart** 命令查看 MPLS 相关的所有协议的 GR 信息。
- 使用 **display mpls ldp** [**all**] [**verbose**]命令查看 LDP 协议的相关信息。
- 使用 **display mpls ldp session** [**all**] [**verbose**]命令查看 LDP 会话的相关信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，应能得到如下的结果：

- 执行 **display mpls ldp** 命令，可以看到 Graceful Restart 的状态为“On”，即使能了 LDP GR。
- 执行 **display mpls ldp** 或 **display mpls ldp session verbose** 命令，可以查看 LDP 会话重连接定时器、邻居存活定时器和 LSP 恢复定时器的值。

2.14 维护 MPLS LDP

维护 MPLS LDP，包括清除 MPLS 的统计信息、检测 LSP 连通性/可达性、配置 LDP LSP 的 Trap 功能。

2.14.1 重启 LDP
重启 LDP 将导致 LSP 的建立受到影响，请在操作前仔细确认。

2.14.2 清除 MPLS 的统计信息
通过执行 **reset** 命令，清除 MPLS 的统计信息。

2.14.3 检测 LSP 连通性/可达性
通过执行 **ping/tracert** 命令，检测 LSP 连通性/可达性。

2.14.4 配置 LSP 的 Trap 功能
通过配置 LSP 的 Trap 功能，可以将 LSP 的状态变化通知给网管系统。

2.14.1 重启 LDP

重启 LDP 将导致 LSP 的建立受到影响，请在操作前仔细确认。

背景信息

注意

重启 LDP 将导致 LSP 的建立受到影响，务必仔细确认是否必须执行复位 LDP 的操作。

LDP GR 期间禁止重启 LDP。

操作步骤

- 在需要重启全局 LDP 实例的情况下，可以在用户视图下，执行 **reset mpls ldp** 命令来复位全局 LDP 实例，使新的配置生效。

版权所有 © 华为技术有限公司

- 在需要重启指定 LDP 实例的情况下，可以在用户视图下，执行 **reset mpls ldp vpn-instance** *vpn-instance-name* 命令来复位指定 LDP 实例，使新的配置生效。
- 在需要重启所有 LDP 实例的情况下，可以在用户视图下，执行 **reset mpls ldp all** 命令来复位所有 LDP 实例，使新的配置生效。
- 在需要重启指定 LDP 对等体的情况下，可以在用户视图下，执行 **reset mpls ldp peer** *peer-id* 命令来复位指定 LDP 对等体，使新的配置生效。
- 在需要重启指定 VPN 实例的某个对等体的情况下，可以在用户视图下，执行 **reset mpls ldp vpn-instance** *vpn-instance-name* **peer** *peer-id* 命令来复位指定 VPN 实例的某个对等体，使新的配置生效。

----结束

2.14.2 清除 MPLS 的统计信息

通过执行 **reset** 命令，清除 MPLS 的统计信息。

背景信息

注意

清除 MPLS 的统计信息后，以前的信息将无法恢复，务必仔细确认。

操作步骤

- 请在用户视图下执行 **reset mpls statistics interface** { *interface-type interface-number* | **all** }命令清除 MPLS 接口的统计信息。
- 请在用户视图下执行 **reset mpls statistics lsp** { *lsp-name* | **all** }命令清除 LSP 的统计信息。

----结束

2.14.3 检测 LSP 连通性/可达性

通过执行 **ping/tracert** 命令，检测 LSP 连通性/可达性。

背景信息

可以在任意视图下选择执行以下命令，进行 MPLS Ping/Traceroute 测试。

操作步骤

- 执行 **ping lsp** [**-a** *source-ip* | **-c** *count* | **-exp** *exp-value* | **-h** *ttl-value* | **-m** *interval* | **-r** *reply-mode* | **-s** *packet-size* | **-t** *time-out* | **-v**] * **ip** *destination-address mask-length* [*ip-address*] [**nexthop** *nexthop-address* | **draft6**]命令，进行 MPLS Ping 测试。

  如果指定 **draft6** 参数，**ping lsp** 命令按 draft-ietf-mpls-lsp-ping-06 实现。默认情况下按 RFC4379 实现。
- 执行 **tracert lsp** [**-a** *source-ip* | **-exp** *exp-value* | **-h** *ttl-value* | **-r** *reply-mode* | **-t** *time-out*] * **ip** *destination-address mask-length* [*ip-address*] [**nexthop** *nexthop-address* | **draft6**] 命令，进行 MPLS Traceroute 测试。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

如果指定 **draft6** 参数，**tracert** 命令按 draft-ietf-mpls-lsp-ping-06 实现。默认情况下按 RFC4379 实现。

----结束

2.14.4 配置 LSP 的 Trap 功能

通过配置 LSP 的 Trap 功能，可以将 LSP 的状态变化通知给网管系统。

背景信息

如果需要将 LSP 的状态变化通知给网管系统，请在系统视图下进行下列配置。

缺省情况下，LDP LSP 创建过程中不使能 Trap 功能。

操作步骤

步骤 1 使用 **snmp-agent trap suppress feature-name lsp trap-name** { **mplsxcup** | **mplsxcdown** } **trap-interval** *trap-interval* [**max-trap-number** *max-trap-number*]命令，使能 LDP LSP 的 Trap 功能，并打开 mplsxcup 或 mplsxcdown 海量告警开关。

----结束

2.15 配置举例

介绍 MPLS LDP 配置举例。请结合配置流程图了解配置过程。配置示例中包括组网需求、配置注意事项、配置思路等。

2.15.1 配置本地 LDP 会话示例
介绍本地 LDP 会话的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS 以及 MPLS LDP。

2.15.2 配置远端 LDP 会话示例
介绍远端 LDP 会话的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS 以及 MPLS LDP。

2.15.3 使用 LDP 建立 LSP 示例
介绍使用 LDP 建立 LSP 的配置过程，包括配置本地 LDP 会话以及在各 LSR 上修改 LDP LSP 的触发策略。

2.15.4 配置 LDP 自动触发 DoD 请求功能示例
介绍 LDP 自动触发 DoD 请求功能的配置过程，包括全局使能 MPLS 和 MPLS LDP 以及配置 DoD 的标签发布方式。

2.15.5 配置 LDP Inbound 策略示例
介绍 LDP Inbound 策略的配置过程，包括配置全局使能 MPLS 和 MPLS LDP。

2.15.6 配置 LDP Outbound 策略示例
介绍 LDP Outbound 策略的配置过程，包括配置全局使能 MPLS 和 MPLS LDP。

2.15.7 配置 Transit LSP 示例（使用前缀列表）
介绍配置 Transit LSP 的配置过程，包括配置本地 LDP 会话以及在 Transit LSR 上配置 IP 前缀列表对路由进行过滤。

2.15.8 配置 LDP 跨域扩展示例
介绍 LDP 跨域扩展的配置过程，包括配置全局使能 MPLS 和 MPLS LDP 以及配置聚合路由的策略。

版权所有 © 华为技术有限公司

2.15.9 配置静态 BFD 检测 LDP LSP 示例
介绍配置静态 BFD 检测 LDP LSP 的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS、MPLS LDP，以及在被检测链路的两端节点上使能 BFD 能力。

2.15.10 配置动态 BFD 检测 LDP LSP 示例
介绍配置动态 BFD 检测 LDP LSP 的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS、MPLS LDP，以及在源端和宿端上使能 BFD 能力。

2.15.11 配置 Manual LDP FRR 示例
介绍配置 Manual LDP FRR 的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS、MPLS LDP，以及指定备份 LSP 的出接口和下一跳。

2.15.12 配置 LDP Auto FRR 示例
介绍 LDP Auto FRR 的配置过程，包括配置全局使能 MPLS 和 MPLS LDP 以及 IS-IS Auto FRR。

2.15.13 配置 LDP 和 IGP 同步示例
介绍配置 LDP 和 IGP 同步的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS、MPLS LDP，以及在主备链路的分叉节点和主链路上的 LDP 邻居节点之间的链路两端接口上进行相关配置。

2.15.14 配置 LDP 和静态路由同步示例
LDP 和静态路由同步功能主要用来解决依赖静态路由建立的 LSP 存在主备链路的组网中，主链路正切和回切过程中导致的 MPLS 流量丢失问题。

2.15.15 配置 LDP GTSM 示例
介绍配置 LDP GTSM 的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS、MPLS LDP，以及在 LDP 对等体两节点上进行 LDP GTSM 配置。

2.15.16 配置 LDP GR 示例
介绍配置 LDP GR 的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS、MPLS LDP，以及在 GR Restarter 及其邻居节点分别使能 LDP GR。

2.15.17 配置 LDP over GRE 示例

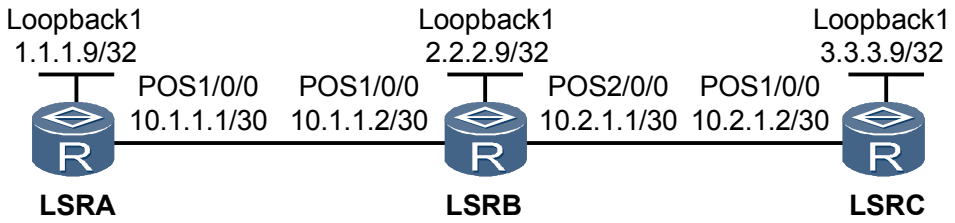
2.15.1 配置本地 LDP 会话示例

介绍本地 LDP 会话的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS 以及 MPLS LDP。

组网需求

如图 2-2 所示，在 LSRA 和 LSRB、LSRB 和 LSRC 之间分别建立本地 LDP 会话。

图 2-2 配置本地 LDP 会话组网图



华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

配置思路

采用如下的思路配置本地 LDP 会话：

1. 在各 LSR 上使能全局的 MPLS 和 MPLS LDP 能力。
2. 在各 LSR 的接口上使能 MPLS 能力。
3. 在本地 LDP 会话两端 LSR 的接口上使能 MPLS LDP 能力。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各 LSR 接口的 IP 地址如图 2-2，OSPF 进程号，所在的区域
- 各节点的 LSR ID

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

按照图 2-2 配置各接口 IP 地址和掩码，包括 Loopback 接口，并使用 OSPF 协议通告各接口所连网段和 LSR ID 主机路由，具体配置过程略。

步骤 2 在各 LSR 上使能全局的 MPLS 和 MPLS LDP 能力

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] quit
```

配置 LSRB。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] quit
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] quit
```

配置 LSRC。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] quit
[LSRC] mpls ldp
[LSRC-mpls-ldp] quit
```

步骤 3 在各 LSR 的接口上使能 MPLS 能力

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] mpls
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRB-Pos1/0/0] quit
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] mpls
[LSRB-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] mpls
[LSRC-Pos1/0/0] quit
```

步骤 4 在本地 LDP 会话两端 LSR 的接口上使能 MPLS LDP 能力

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/0] quit
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] mpls ldp
[LSRB-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRC-Pos1/0/0] quit
```

步骤 5 检查配置结果

配置完成后，在节点上执行 **display mpls ldp session** 命令，可以看到 LSRA 和 LSRB、LSRB 和 LSRC 之间的本地 LDP 会话状态为“Operational”。

以 LSRA 的显示为例：

```
<LSRA> display mpls ldp session
 LDP Session(s) in Public Network
 Codes: LAM(Label Advertisement Mode), SsnAge Unit(DDDD:HH:MM)
 A '*' before a session means the session is being deleted.
 ------------------------------------------------------------------------------
 PeerID            Status      LAM  SsnRole  SsnAge       KASent/Rcv
 ------------------------------------------------------------------------------
 2.2.2.9:0         Operational DU   Passive  0000:00:22   91/91
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 1 session(s) Found.
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
#
return
```

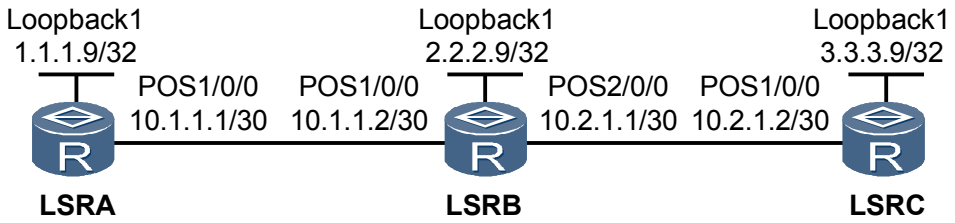
2.15.2 配置远端 LDP 会话示例

介绍远端 LDP 会话的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS 以及 MPLS LDP。

组网需求

如图 2-3 所示，在 LSRA 和 LSRC 之间建立远端 LDP 会话。

图 2-3 配置远端 LDP 会话组网图



配置思路

采用如下的思路配置远端 LDP 会话：

1. 在各 LSR 上使能全局的 MPLS 和 MPLS LDP 能力。
2. 在远端 LDP 会话两端 LSR 上指定远端对等体名称及 IP 地址。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点接口的 IP 地址如图 2-3，OSPF 进程号，所在的区域
- 各节点的 LSR ID
- 远端 LDP 会话的远端对等体名称及 IP 地址

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

按照图 2-3 配置各接口 IP 地址和掩码，包括 Loopback 接口，并使用 OSPF 协议通告各接口所连网段和 LSR ID 主机路由，具体配置过程略。

步骤 2 在各 LSR 上配置全局的 MPLS 和 MPLS LDP 能力

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] quit
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

配置 LSRB。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] quit
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] quit
```

配置 LSRC。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] quit
[LSRC] mpls ldp
[LSRC-mpls-ldp] quit
```

步骤 3 在远端 LDP 会话两端 LSR 上指定远端对等体及 IP 地址

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls ldp remote-peer LSRC
[LSRA-mpls-ldp-remote-lsrc] remote-ip 3.3.3.9
[LSRA-mpls-ldp-remote-lsrc] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] mpls ldp remote-peer LSRA
[LSRC-mpls-ldp-remote-lsra] remote-ip 1.1.1.9
[LSRC-mpls-ldp-remote-lsra] quit
```

步骤 4 检查配置结果

配置完成后，在节点上执行 **display mpls ldp session** 命令，可以看到 LSRA 和 LSRC 之间的远端 LDP 会话状态为“Operational”。

以 LSRA 的显示为例：

```
<LSRA> display mpls ldp session
 LDP Session(s) in Public Network
 Codes: LAM(Label Advertisement Mode), SsnAge Unit(DDDD:HH:MM)
 A '*' before a session means the session is being deleted.
 ------------------------------------------------------------------------------
 PeerID            Status      LAM  SsnRole  SsnAge       KASent/Rcv
 ------------------------------------------------------------------------------
 3.3.3.9:0         Operational DU   Passive  0000:00:01   6/6
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 1 session(s) Found.
```

在远端 LDP 会话两端 LSR 上执行 **display mpls ldp remote-peer** 命令，可以看到 LSR 的远端对等体信息。

以 LSRA 的显示为例：

```
<LSRA> display mpls ldp remote-peer

                        LDP Remote Entity Information
 ------------------------------------------------------------------------------
 Remote Peer Name  : LSRC
 Remote Peer IP    : 3.3.3.9           LDP ID        : 1.1.1.9:0
 Transport Address : 1.1.1.9           Entity Status : Active

 Configured Keepalive Hold Timer : 45 Sec
 Configured Keepalive Send Timer : ---
 Configured Hello Hold Timer     : 45 Sec
 Negotiated Hello Hold Timer     : 45 Sec
 Configured Hello Send Timer     : ---
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
Configured Delay Timer          : 0 Sec
Hello Packet sent/received      : 10/7
Remote Peer Deletion Status     : No
Auto-config                     : ---
------------------------------------------------------------------------------
TOTAL: 1 Peer(s) Found.
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
#
mpls ldp
#
 mpls ldp remote-peer LSRC
 remote-ip 3.3.3.9
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
#
interface Pos2/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
#
return
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
#
mpls ldp
#
 mpls ldp remote-peer LSRA
 remote-ip 1.1.1.9
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
#
return
```

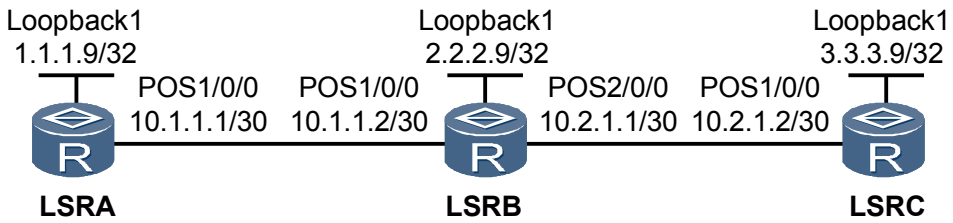
2.15.3 使用 LDP 建立 LSP 示例

介绍使用 LDP 建立 LSP 的配置过程，包括配置本地 LDP 会话以及在各 LSR 上修改 LDP LSP 的触发策略。

组网需求

如图 2-4 所示，在 LSRA 到 LSRC 之间使用 LDP 建立 LSP。

图 2-4 配置 LDP LSP 组网图



配置思路

采用如下的思路实现使用 LDP 建立 LSP：

1. 配置本地 LDP 会话。
2. （可选）在各 LSR 上修改 LDP LSP 的触发策略。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

版权所有 © 华为技术有限公司

- 各 LSR 接口的 IP 地址如图 2-4，OSPF 进程号，所在的区域
- （可选）修改 LDP LSP 的触发策略

操作步骤

步骤 1 配置 LDP LSP

在完成**配置本地 LDP 会话示例**后，各 LSR 已根据默认的 LDP LSP 触发策略，即所有主机路由触发建立 LDP LSP。

在各 LSR 上执行 **display mpls ldp lsp** 命令，可以看到所有主机路由都触发建立了 LDP LSP。

以 LSRA 的显示为例：

```
[LSRA] display mpls ldp lsp
 LDP LSP Information
 ------------------------------------------------------------------------------
 DestAddress/Mask   In/OutLabel   UpstreamPeer     NextHop       OutInterface
 ------------------------------------------------------------------------------
 1.1.1.9/32         3/NULL        2.2.2.9          127.0.0.1     InLoop0
*1.1.1.9/32         Liberal
 2.2.2.9/32         NULL/3        -                10.1.1.2      Pos1/0/0
 2.2.2.9/32         1024/3        2.2.2.9          10.1.1.2      Pos1/0/0
 3.3.3.9/32         NULL/1025     -                10.1.1.2      Pos1/0/0
 3.3.3.9/32         1025/1025     2.2.2.9          10.1.1.2      Pos1/0/0
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 5 Normal LSP(s) Found.
 TOTAL: 1 Liberal LSP(s) Found.
 TOTAL: 0 Frr LSP(s) Found.
 A '*' before an LSP means the LSP is not established
 A '*' before a Label means the USCB or DSCB is stale
 A '*' before a UpstreamPeer means the session is in GR state
 A '*' before a NextHop means the LSP is FRR LSP
```

说明

通常情况下，使用缺省的触发策略，即“host”方式触发建立 LDP LSP 即可。也可以根据实际需要，执行以下步骤修改 LDP LSP 的触发策略。

步骤 2 （可选）修改 LDP LSP 的触发策略

在各 LSR 上将 LDP LSP 的触发策略修改为 **all**，使路由表中的所有静态路由和 IGP 表项都可以触发建立 LDP LSP。

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] lsp-trigger all
[LSRA-mpls] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] lsp-trigger all
[LSRB-mpls] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] lsp-trigger all
[LSRC-mpls] quit
```

步骤 3 检查配置结果

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

配置完成后，在各节点上执行 **display mpls ldp lsp** 命令，可以看到 LDP LSP 的建立情况。以 LSRA 的显示为例。

```
[LSRA] display mpls ldp lsp
 LDP LSP Information
 ------------------------------------------------------------------------------
 DestAddress/Mask   In/OutLabel   UpstreamPeer    NextHop      OutInterface
 ------------------------------------------------------------------------------
 1.1.1.9/32         3/NULL        2.2.2.9         127.0.0.1    InLoop0
*1.1.1.9/32         Liberal
 2.2.2.9/32         NULL/3        -               10.1.1.2     Pos1/0/0
 2.2.2.9/32         1024/3        2.2.2.9         10.1.1.2     Pos1/0/0
 3.3.3.9/32         NULL/1025     -               10.1.1.2     Pos1/0/0
 3.3.3.9/32         1025/1025     2.2.2.9         10.1.1.2     Pos1/0/0
 10.1.1.0/30        3/NULL        2.2.2.9         10.1.1.1     Pos1/0/0
*10.1.1.0/30        Liberal
 10.1.2.0/30        NULL/3        -               10.1.1.2     Pos1/0/0
 10.1.2.0/30        1026/3        2.2.2.9         10.1.1.2     Pos1/0/0
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 8 Normal LSP(s) Found.
 TOTAL: 2 Liberal LSP(s) Found.
 TOTAL: 0 Frr LSP(s) Found.
 A '*' before an LSP means the LSP is not established
 A '*' before a Label means the USCB or DSCB is stale
 A '*' before a UpstreamPeer means the session is in GR state
 A '*' before a NextHop means the LSP is FRR LSP
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
  lsp-trigger all
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
  lsp-trigger all
#
mpls ldp
#
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
  lsp-trigger all
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
#
return
```

2.15.4 配置 LDP 自动触发 DoD 请求功能示例

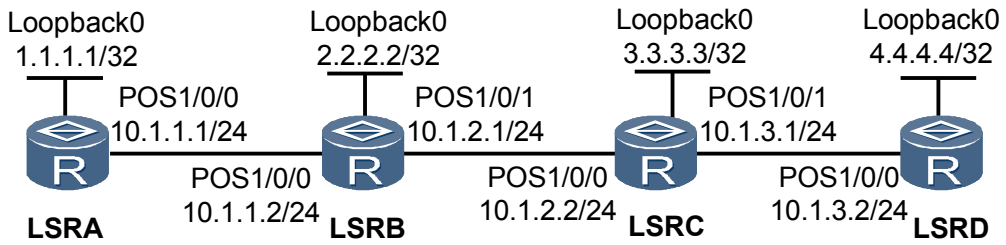
介绍 LDP 自动触发 DoD 请求功能的配置过程，包括全局使能 MPLS 和 MPLS LDP 以及配置 DoD 的标签发布方式。

组网需求

如图 2-5 所示，LSRA、LSRD 是两台网络边缘设备。为了建立 PW，必须在 LSRA 和 LSRD 之间建立 LDP 远端会话，从而建立公网隧道。由于网络规模宏大，为了尽可能的节省网络资源，需要配置自动触发采用 DoD 的标签发布方式向下游请求远端对等体的 LSR ID 的标签映射消息，以减少不必要的 IP 和 MPLS 表项。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

图 2-5 配置 LDP 跨域扩展组网图



配置思路

采用如下的思路实现 LDP 自动触发 DoD 请求功能：

1. 配置各节点接口的 IP 地址及作为 LSR ID 的 Loopback 地址。
2. 配置骨干网设备的 IS-IS 协议的基本功能，以及边缘设备和邻居的静态路由。
3. 使能各节点全局和接口的 MPLS 和 MPLS LDP 能力。
4. 配置 DoD 的标签发布方式。
5. 配置 LDP 跨域扩展。
6. 配置 LDP 远端会话，并使能 LDP 自动触发 DoD 请求功能。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点接口的 IP 地址如图 2-5
- 各节点的 IS-IS 级别

操作步骤

步骤 1 配置各节点接口的 IP 地址及作为 LSR ID 的 Loopback 地址

按照图 2-5 配置各接口 IP 地址和掩码，包括 Loopback 接口，具体配置过程略。

步骤 2 配置骨干网设备的 IS-IS 协议的基本功能，以及边缘设备和邻居的静态路由

配置 LSRB 的 IS-IS 基本功能。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] isis 1
[LSRB-isis-1] network-entity 10.0000.0000.0001.00
[LSRB-isis-1] quit
[LSRB] interface pos 1/0/1
[LSRB-Pos1/0/1] isis enable 1
[LSRB-Pos1/0/1] quit
[LSRB] interface loopback 0
[LSRB-LoopBack0] isis enable 1
[LSRB-LoopBack0] quit
```

配置 LSRC 的 IS-IS 基本功能，并引入静态路由。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] isis 1
[LSRC-isis-1] network-entity 10.0000.0000.0002.00
[LSRC-isis-1] import-route static
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRC-isis-1] quit
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRC-Pos1/0/0] quit
[LSRC] interface loopback 0
[LSRC-LoopBack0] isis enable 1
[LSRC-LoopBack0] quit
```

在 LSRA 上配置下一跳为 10.1.1.2 的缺省路由。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.1.2
```

在 LSRB 上配置到 LSRA 的静态路由。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] ip route-static 1.1.1.1 255.255.255.0 10.1.1.1
```

在 LSRC 上配置到 LSRD 的静态路由。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] ip route-static 4.4.4.4 255.255.255.0 10.1.3.2
```

在 LSRD 上配置下一跳为 10.1.3.1 的缺省路由。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.3.1
```

在 LSRA 上执行 **display ip routing-table** 命令查看路由信息。

```
[LSRA] display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 7        Routes : 7

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost       Flags NextHop         Interface

        0.0.0.0/0   Static 60   0            RD   10.1.1.2        Pos1/0/0
        1.1.1.1/32  Direct 0    0             D   127.0.0.1       InLoopBack0
       10.1.1.0/24  Direct 0    0             D   10.1.1.1        Pos1/0/0
       10.1.1.1/32  Direct 0    0             D   127.0.0.1       InLoopBack0
       10.1.1.2/32  Direct 0    0             D   10.1.1.2        Pos1/0/0
      127.0.0.0/8   Direct 0    0             D   127.0.0.1       InLoopBack0
      127.0.0.1/32  Direct 0    0             D   127.0.0.1       InLoopBack0
```

可以看到 LSRA 上已存在配置的缺省路由。

在 LSRB 上执行 **display ip routing-table** 命令查看路由信息。

```
[LSRB] display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 12       Routes : 12

Destination/Mask    Proto    Pre  Cost       Flags NextHop         Interface

        1.1.1.1/24  Static   60   0            RD   10.1.1.1        Pos1/0/0
        2.2.2.2/32  Direct   0    0             D   127.0.0.1       InLoopBack0
        3.3.3.3/32  ISIS-L1  15   10            D   10.1.2.2        Pos1/0/1
        4.4.4.4/32  ISIS-L1  15   74            D   10.1.2.2        Pos1/0/1
       10.1.1.0/24  Direct   0    0             D   10.1.1.2        Pos1/0/0
       10.1.1.1/32  Direct   0    0             D   10.1.1.1        Pos1/0/0
       10.1.1.2/32  Direct   0    0             D   127.0.0.1       InLoopBack0
       10.1.2.0/24  Direct   0    0             D   10.1.2.1        Pos1/0/1
       10.1.2.1/32  Direct   0    0             D   127.0.0.1       InLoopBack0
       10.1.2.2/32  Direct   0    0             D   10.1.2.2        Pos1/0/1
      127.0.0.0/8   Direct   0    0             D   127.0.0.1       InLoopBack0
      127.0.0.1/32  Direct   0    0             D   127.0.0.1       InLoopBack0
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

可以看到 LSRB 上已存在配置的到 LSRA 的静态路由。

步骤 3 使能各节点全局和接口的 MPLS 和 MPLS LDP 能力

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

LSRB、LSRC、LSRD 的配置同 LSRA，此处不做赘述。

步骤 4 配置 DoD 的标签发布方式

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls ldp advertisement dod
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] mpls ldp advertisement dod
[LSRB-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] interface pos 1/0/1
[LSRC-Pos1/0/1] mpls ldp advertisement dod
[LSRC-Pos1/0/1] quit
```

配置 LSRD。

```
<LSRD> system-view
[LSRD] interface pos 1/0/0
[LSRD-Pos1/0/0] mpls ldp advertisement dod
[LSRD-Pos1/0/0] quit
```

步骤 5 配置 LDP 跨域扩展

在 LSRA 上执行 **longest-match** 命令，使能 LDP 按照最长匹配方式查找路由建立 LSP。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] longest-match
[LSRA-mpls-ldp] quit
```

在 LSRD 上执行 **longest-match** 命令，使能 LDP 按照最长匹配方式查找路由建立 LSP。

```
<LSRD> system-view
[LSRD] mpls ldp
[LSRD-mpls-ldp] longest-match
[LSRD-mpls-ldp] quit
```

步骤 6 配置 LDP 远端会话，并使能 LDP 自动触发 DoD 请求功能

配置 LSRA。

版权所有 © 华为技术有限公司

```
<LSRA> system-view
[LSRA] mpls ldp remote-peer lsrd
[LSRA-mpls-ldp-remote-lsrd] remote-ip 4.4.4.4
[LSRA-mpls-ldp-remote-lsrd] remote-ip auto-dod-request
[LSRA-mpls-ldp-remote-lsrd] quit
```

配置 LSRD。

```
<LSRD> system-view
[LSRD] mpls ldp remote-peer lsra
[LSRD-mpls-ldp-remote-lsra] remote-ip 1.1.1.1
[LSRD-mpls-ldp-remote-lsra] remote-ip auto-dod-request
[LSRD-mpls-ldp-remote-lsra] quit
```

步骤 7 检查配置结果

上述配置完成后，在 LSRA 上执行 **display ip routing-table 4.4.4.4** 命令，查看路由。

```
<LSRA> display ip routing-table 4.4.4.4
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Table : Public
Summary Count : 1
Destination/Mask    Proto  Pre  Cost       Flags NextHop         Interface

        0.0.0.0/0   Static 60   0            RD   10.1.1.2        Pos1/0/0
```

从显示信息可以看到，路由表中没有到 4.4.4.4 的精确路由，只有一条缺省路由。

在 LSRA 上执行 **display mpls ldp lsp** 命令，查看已经建立的 LSP。

```
<LSRA> display mpls ldp lsp

 LDP LSP Information
 ------------------------------------------------------------------------------
 DestAddress/Mask   In/OutLabel    UpstreamPeer    NextHop         OutInterface
 ------------------------------------------------------------------------------
 4.4.4.4/32         NULL/1026      -               10.1.1.2        Pos1/0/0
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 1 Normal LSP(s) Found.
 TOTAL: 0 Liberal LSP(s) Found.
 TOTAL: 0 Frr LSP(s) Found.
 A '*' before an LSP means the LSP is not established
 A '*' before a Label means the USCB or DSCB is stale
 A '*' before a UpstreamPeer means the session is in GR state
 A '*' before a NextHop means the LSP is FRR LSP
```

从显示信息可以看到，已经建立了到 4.4.4.4 的 LSP。可见 LSRA 已经自动向 LSRB 请求了到 4.4.4.4 的标签映射消息，从而建立了 LSP。

在 LSRA 上执行 **display tunnel-info all** 命令，查看已经建立的隧道。

```
<LSRA> display tunnel-info all
 * -> Allocated VC Token
Tunnel ID           Type                 Destination          Token
------------------------------------------------------------------------
0x1000              lsp                   4.4.4.4               0
```

从显示信息可以看到，LSRA 到 LSRD 的隧道已经建立。

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
#
mpls ldp
 longest-match
#
#
 mpls ldp remote-peer lsrd
 remote-ip 4.4.4.4
 undo remote-ip pwe3
 remote-ip auto-dod-request
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
 mpls ldp advertisement dod
#
interface NULL0
#
interface LoopBack0
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
 ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.1.2
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
#
mpls ldp
#
#
isis 1
 network-entity 10.0000.0000.0001.00
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
 mpls ldp advertisement dod
#
interface Pos1/0/1
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.2.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack0
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
 ip route-static 1.1.1.1 255.255.255.0 10.1.1.1
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
#
mpls ldp
#
#
isis 1
 network-entity 10.0000.0000.0002.00
 import-route static
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.2.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/1
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.3.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
 mpls ldp advertisement dod
#
interface NULL0
#
interface LoopBack0
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
 isis enable 1
#
 ip route-static 4.4.4.0 255.255.255.0 10.1.3.2
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
#
mpls ldp
 longest-match
#
#
 mpls ldp remote-peer lsra
 remote-ip 1.1.1.1
 undo remote-ip pwe3
 remote-ip auto-dod-request
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.3.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
 mpls ldp advertisement dod
#
interface NULL0
#
interface LoopBack0
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
#
 ip route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.3.1
#
return
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

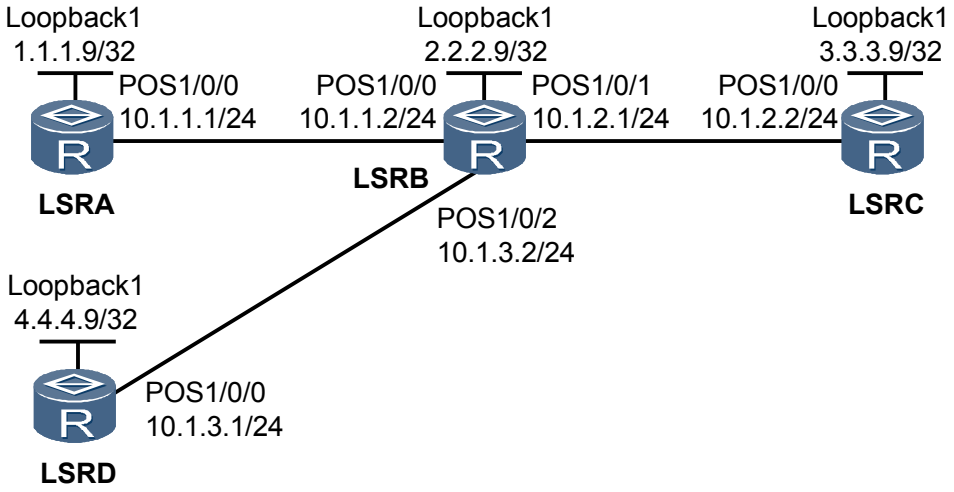
2.15.5 配置 LDP Inbound 策略示例

介绍 LDP Inbound 策略的配置过程，包括配置全局使能 MPLS 和 MPLS LDP。

组网需求

如图 2-6 所示网络中，部署了 MPLS LDP 业务。LSRD 是接入设备 DSLAM，性能较低。如果不对 LSRD 收到的标签进行控制，则会建立大量的 LSP，消耗大量内存，LSRD 无法承受。配置 LDP Inbound 策略，LSRD 只接收到达 LSRC 的标签映射消息，使 LSRD 只建立到 LSRC 的 LSP，从而减少资源的浪费。

图 2-6 配置 LDP Inbound 策略组网图



配置思路

采用如下的思路配置 LDP Inbound 策略：

1. 配置各节点接口的 IP 地址和 Loopback 地址。
2. 配置 OSPF 协议发布各节点接口所连网段和 LSR ID 的主机路由。
3. 使能各节点全局和接口的 MPLS 和 MPLS LDP。
4. 配置 LDP Inbound 策略。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各 LSR 接口的 IP 地址如图 2-6，OSPF 进程号，所在的区域
- 各节点的 LSR ID

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址和 IGP 路由协议

版权所有 © 华为技术有限公司

按照图 2-6 配置各接口 IP 地址和掩码，包括 Loopback 接口，并使用 OSPF 协议通告各接口所连网段和 LSR ID 主机路由，具体配置过程略。

步骤 2 使能各节点全局和接口的 MPLS 和 MPLS LDP 能力

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] quit
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] quit
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] mpls
[LSRB-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/0] quit
[LSRB] interface pos 1/0/1
[LSRB-Pos1/0/1] mpls
[LSRB-Pos1/0/1] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/1] quit
[LSRB] interface pos 1/0/2
[LSRB-Pos1/0/2] mpls
[LSRB-Pos1/0/2] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/2] quit
```

配置 LSRC。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] quit
[LSRC] mpls ldp
[LSRC-mpls-ldp] quit
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] mpls
[LSRC-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRC-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRD。

```
<LSRD> system-view
[LSRD] mpls lsr-id 4.4.4.9
[LSRD] mpls
[LSRD-mpls] quit
[LSRD] mpls ldp
[LSRD-mpls-ldp] quit
[LSRD] interface pos 1/0/0
[LSRD-Pos1/0/0] mpls
[LSRD-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRD-Pos1/0/0] quit
```

配置完成后，在 LSRD 上执行 **display mpls lsp** 命令，查看已经建立的 LSP。

```
<LSRD> display mpls lsp
```

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
                LSP Information: LDP LSP
--------------------------------------------------------------------------------
FEC                In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
1.1.1.9/32         NULL/1024     -/Pos1/0/0
1.1.1.9/32         1024/1024     -/Pos1/0/0
2.2.2.9/32         NULL/3        -/Pos1/0/0
2.2.2.9/32         1025/3        -/Pos1/0/0
3.3.3.9/32         NULL/1025     -/Pos1/0/0
3.3.3.9/32         1026/1025     -/Pos1/0/0
```

从显示信息可以看到，LSRD 上建立了到 LSRA、LSRB、LSRC 的 LSP。

步骤 3 配置 LDP Inbound 策略

在 LSRD 上配置 IP 地址前缀列表，只允许到 LSRC 的路由通过。

```
<LSRD> system-view
[LSRD] ip ip-prefix prefix1 permit 3.3.3.9 32
```

在 LSRD 上配置 Inbound 策略，只接收由 LSRD 发送的到 LSRC 的标签映射消息。

```
<LSRD> system-view
[LSRD] mpls ldp
[LSRD-mpls-ldp] inbound peer 2.2.2.9 fec ip-prefix prefix1
[LSRB-mpls-ldp] quit
```

步骤 4 检查配置结果

配置完成后，在 LSRD 上执行 **display mpls lsp** 命令，可以看到只建立了到 LSRC 的 LSP。

```
<LSRD> display mpls lsp

--------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
--------------------------------------------------------------------------------
FEC                In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
3.3.3.9/32         NULL/1025     -/Pos1/0/0
3.3.3.9/32         1026/1025     -/Pos1/0/0
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
user-interface vty 16 20
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/1
 ip address 10.1.2.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/2
 ip address 10.1.3.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
  network 10.1.3.0 0.0.0.255
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
user-interface vty 16 20
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 ip address 10.1.2.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
user-interface vty 16 20
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.9
 mpls
#
mpls ldp
 inbound peer 2.2.2.9 fec ip-prefix prefix1
#
interface Pos1/0/0
 ip address 10.1.3.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 4.4.4.9 0.0.0.0
  network 10.1.3.0 0.0.0.255
#
 ip ip-prefix prefix1 index 10 permit 3.3.3.9 32
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
user-interface vty 16 20
#
return
```

2.15.6 配置 LDP Outbound 策略示例

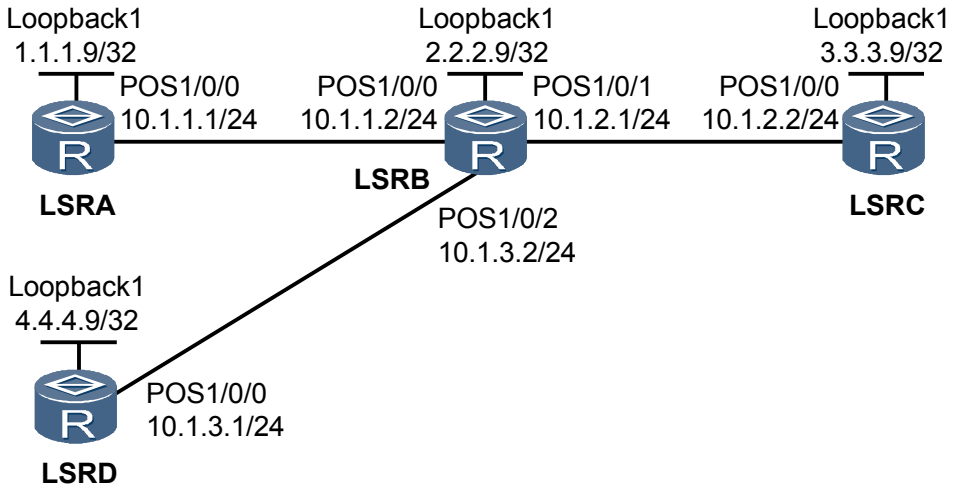
介绍 LDP Outbound 策略的配置过程，包括配置全局使能 MPLS 和 MPLS LDP。

组网需求

如图 2-7 所示网络中，部署了 MPLS LDP 业务。LSRD 是接入设备 DSLAM，性能较低。如果不对 LSRD 收到的标签进行控制，则会建立大量的 LSP，消耗大量内存，LSRD 无法承受。配置 LDP Outbound 策略，只给 LSRD 发送到 LSRC 的标签映射消息，使 LSRD 只建立到 LSRC 的 LSP，从而减少资源的浪费。

版权所有 © 华为技术有限公司

图 2-7 配置 LDP Outbound 策略组网图



配置思路

采用如下的思路配置 LDP Outbound 策略：

1. 配置各节点接口的 IP 地址和 Loopback 地址。
2. 配置 OSPF 协议发布各节点接口所连网段和 LSR ID 的主机路由。
3. 使能各节点全局和接口的 MPLS 和 MPLS LDP。
4. 配置 LDP Outbound 策略。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各 LSR 接口的 IP 地址如图 2-7，OSPF 进程号，所在的区域
- 各节点的 LSR ID

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址和 IGP 路由协议

按照图 2-7 配置各接口 IP 地址和掩码，包括 Loopback 接口，并使用 OSPF 协议通告各接口所连网段和 LSR ID 主机路由，具体配置过程略。

步骤 2 使能各节点全局和接口的 MPLS 和 MPLS LDP 能力

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls ldp
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] quit
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] quit
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] mpls
[LSRB-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/0] quit
[LSRB] interface pos 1/0/1
[LSRB-Pos1/0/1] mpls
[LSRB-Pos1/0/1] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/1] quit
[LSRB] interface pos 1/0/2
[LSRB-Pos1/0/2] mpls
[LSRB-Pos1/0/2] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/2] quit
```

配置 LSRC。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] quit
[LSRC] mpls ldp
[LSRC-mpls-ldp] quit
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] mpls
[LSRC-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRC-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRD。

```
<LSRD> system-view
[LSRD] mpls lsr-id 4.4.4.9
[LSRD] mpls
[LSRD-mpls] quit
[LSRD] mpls ldp
[LSRD-mpls-ldp] quit
[LSRD] interface pos 1/0/0
[LSRD-Pos1/0/0] mpls
[LSRD-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRD-Pos1/0/0] quit
```

配置完成后，在 LSRD 上执行 **display mpls lsp** 命令，查看已经建立的 LSP。

```
<LSRD> display mpls lsp

------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                 In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
1.1.1.9/32          NULL/1024     -/Pos1/0/0
1.1.1.9/32          1024/1024     -/Pos1/0/0
2.2.2.9/32          NULL/3        -/Pos1/0/0
2.2.2.9/32          1025/3        -/Pos1/0/0
3.3.3.9/32          NULL/1025     -/Pos1/0/0
3.3.3.9/32          1026/1025     -/Pos1/0/0
```

从显示信息可以看到，LSRD 上建立了到 LSRA、LSRB、LSRC 的 LSP。

步骤 3 配置 LDP Outbound 策略

在 LSRB 上配置 IP 地址前缀列表，只允许到 LSRC 的路由通过。

版权所有 © 华为技术有限公司

```
<LSRB> system-view
[LSRB] ip ip-prefix prefix1 permit 3.3.3.9 32
```

在 LSRB 上配置 Outbound 策略，只给 LSRD 发送到 LSRC 的标签映射消息。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] outbound peer 4.4.4.9 fec ip-prefix prefix1
[LSRB-mpls-ldp] quit
```

步骤 4 检查配置结果

配置完成后，在 LSRD 上执行 **display mpls lsp** 命令，可以看到只建立了到 LSRC 的 LSP。

```
<LSRD> display mpls lsp

------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
3.3.3.9/32         NULL/1025     -/Pos1/0/0
3.3.3.9/32         1026/1025     -/Pos1/0/0
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
user-interface vty 16 20
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
#
mpls ldp
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 outbound peer 4.4.4.9 fec ip-prefix prefix1
#
interface Pos1/0/0
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/1
 ip address 10.1.2.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/2
 ip address 10.1.3.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
  network 10.1.3.0 0.0.0.255
#
 ip ip-prefix prefix1 index 10 permit 3.3.3.9 32
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
user-interface vty 16 20
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 ip address 10.1.2.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
user-interface vty 16 20
#
return
```

- LSRD 的配置文件

版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 ip address 10.1.3.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 4.4.4.9 0.0.0.0
  network 10.1.3.0 0.0.0.255
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
user-interface vty 16 20
#
return
```

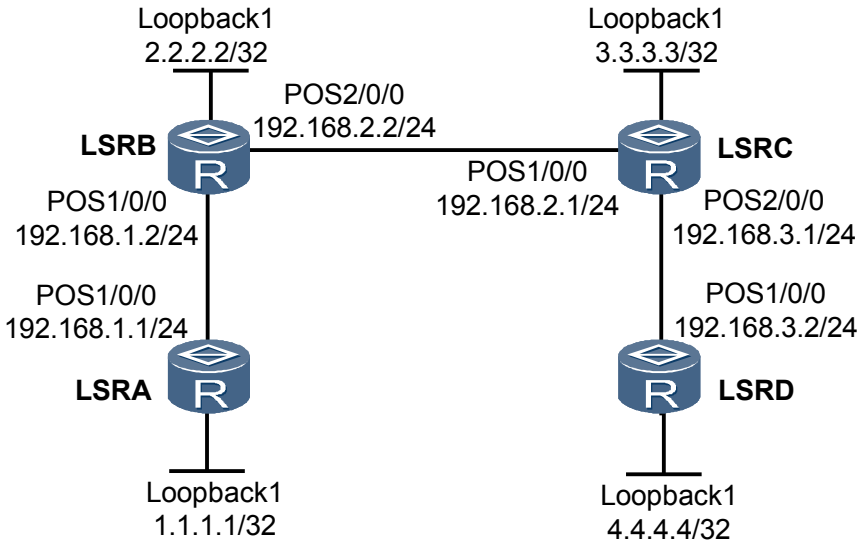
2.15.7 配置 Transit LSP 示例（使用前缀列表）

介绍配置 Transit LSP 的配置过程，包括配置本地 LDP 会话以及在 Transit LSR 上配置 IP 前缀列表对路由进行过滤。

组网需求

如图 2-8 所示，在各节点之间建立 LDP LSP，但在 LSRB 上只允许 4.4.4.4/32 的 FEC 建立 Transit LSP。

图 2-8 配置 Transit LSP 组网图



华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

配置思路

采用如下的思路使用前缀列表配置 LDP LSP：

1. 配置各节点接口的 IP 地址及作为 LSR ID 的 Loopback 地址，并用 OSPF 协议通告各接口所连网段和 LSR ID 主机路由。
2. 全局使能各节点的 MPLS 和 MPLS LDP，并配置 LSP 的触发建立策略。
3. 根据 LSP 控制需求来配置 IP 前缀列表。
4. 在 Transit LSRB 使用此 IP 前缀列表对用于 Transit LSP 的路由进行过滤。
5. 使能各接口的 MPLS 和 MPLS LDP。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点接口的 IP 地址如图 2-8，OSPF 进程号，所在的区域
- LSP 的触发建立策略
- 前缀列表名，以及 Transit 上需要过滤的路由

操作步骤

步骤 1 配置各节点接口的 IP 地址，并用 OSPF 协议通告各接口所连网段和 LSR ID 主机路由。

按照图 2-8 配置各接口 IP 地址和掩码，包括 Loopback 接口，并使用 OSPF 协议通告各接口所连网段和 LSR ID 主机路由，具体配置过程略。

步骤 2 在 Transit LSRB 上配置 IP 前缀列表

在 Transit LSRB 配置 IP 前缀列表，只允许 LSRD 上的 4.4.4.4/32 来建立 Transit LSP。

```
[LSRB]ip ip-prefix FilterOnTransit permit 4.4.4.4 32
```

步骤 3 配置节点和接口的 MPLS 基本能力，并使能 LDP

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] lsp-trigger all
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls lsr-id 2.2.2.2
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] lsp-trigger all
[LSRB-mpls] quit
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] propagate mapping for ip-prefix FilterOnTransit
[LSRB-mpls-ldp] quit
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] mpls
[LSRB-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/0] quit
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] mpls
[LSRB-Pos2/0/0] mpls ldp
[LSRB-Pos2/0/0] quit
```

LSRC、LSRD 的配置与 LSRA、LSRB 类似，不再赘述。

步骤 4 检查配置结果

可以用 **display mpls ldp lsp** 命令来查看 LSP 的建立情况。

查看 LSRA 上的 LDP LSP。

```
[LSRA] display mpls ldp lsp

 LDP LSP Information
 ------------------------------------------------------------------------------
 DestAddress/Mask   In/OutLabel    UpstreamPeer     NextHop         OutInterface
 ------------------------------------------------------------------------------
 1.1.1.1/32         3/NULL         2.2.2.2          127.0.0.1       InLoop0
 2.2.2.2/32         NULL/3         -                192.168.1.2     Pos1/0/0
 2.2.2.2/32         1024/3         2.2.2.2          192.168.1.2     Pos1/0/0
 4.4.4.4/32         NULL/1026      -                192.168.1.2     Pos1/0/0
 4.4.4.4/32         1026/1026      2.2.2.2          192.168.1.2     Pos1/0/0
 192.168.1.0/24     3/NULL         2.2.2.2          192.168.1.1     Pos1/0/0
*192.168.1.0/24     Liberal
 192.168.2.0/24     NULL/3         -                192.168.1.2     Pos1/0/0
 192.168.2.0/24     1027/3         2.2.2.2          192.168.1.2     Pos1/0/0
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 8 Normal LSP(s) Found.
 TOTAL: 1 Liberal LSP(s) Found.
 TOTAL: 0 Frr LSP(s) Found.
 A '*' before an LSP means the LSP is not established
 A '*' before a Label means the USCB or DSCB is stale
 A '*' before a UpstreamPeer means the session is in GR state
 A '*' before a NextHop means the LSP is FRR LSP
```

查看 LSRB 上的 LDP LSP。

```
[LSRB] display mpls ldp lsp

 LDP LSP Information
 ------------------------------------------------------------------------------
 DestAddress/Mask   In/OutLabel  UpstreamPeer    NextHop         OutInterface
 ------------------------------------------------------------------------------
 1.1.1.1/32         NULL/3       -               192.168.1.1     Pos1/0/0
 2.2.2.2/32         3/NULL       1.1.1.1         127.0.0.1       InLoop0
 2.2.2.2/32         3/NULL       3.3.3.3         127.0.0.1       InLoop0
*2.2.2.2/32         Liberal
*2.2.2.2/32         Liberal
 3.3.3.3/32         NULL/3       -               192.168.2.1     Pos2/0/0
 4.4.4.4/32         NULL/1026    -               192.168.2.1     Pos2/0/0
 4.4.4.4/32         1026/1026    1.1.1.1         192.168.2.1     Pos2/0/0
 4.4.4.4/32         1026/1026    3.3.3.3         192.168.2.1     Pos2/0/0
*4.4.4.4/32         Liberal
 192.168.1.0/24     3/NULL       1.1.1.1         192.168.1.2     Pos1/0/0
 192.168.1.0/24     3/NULL       3.3.3.3         192.168.1.2     Pos1/0/0
*192.168.1.0/24     Liberal
*192.168.1.0/24     Liberal
 192.168.2.0/24     3/NULL       1.1.1.1         192.168.2.2     Pos2/0/0
 192.168.2.0/24     3/NULL       3.3.3.3         192.168.2.2     Pos2/0/0
*192.168.2.0/24     Liberal
*192.168.2.0/24     Liberal
 192.168.3.0/24     NULL/3       -               192.168.2.1     Pos2/0/0
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 12 Normal LSP(s) Found.
 TOTAL: 7 Liberal LSP(s) Found.
 TOTAL: 0 Frr LSP(s) Found.
 A '*' before an LSP means the LSP is not established
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 A '*' before a Label means the USCB or DSCB is stale
 A '*' before a UpstreamPeer means the session is in GR state
 A '*' before a NextHop means the LSP is FRR LSP
```

查看 LSRC 上的 LDP LSP。

```
[LSRC] display mpls ldp lsp

 LDP LSP Information
 ------------------------------------------------------------------------------
 DestAddress/Mask   In/OutLabel   UpstreamPeer    NextHop         OutInterface
 ------------------------------------------------------------------------------
 2.2.2.2/32         NULL/3        -               192.168.2.2     Pos1/0/0
 2.2.2.2/32         1025/3        2.2.2.2         192.168.2.2     Pos1/0/0
 2.2.2.2/32         1025/3        4.4.4.4         192.168.2.2     Pos1/0/0
*2.2.2.2/32         Liberal
 3.3.3.3/32         3/NULL        2.2.2.2         127.0.0.1       InLoop0
 3.3.3.3/32         3/NULL        4.4.4.4         127.0.0.1       InLoop0
*3.3.3.3/32         Liberal
 4.4.4.4/32         NULL/3        -               192.168.3.2     Pos2/0/0
 4.4.4.4/32         1026/3        2.2.2.2         192.168.3.2     Pos2/0/0
 4.4.4.4/32         1026/3        4.4.4.4         192.168.3.2     Pos2/0/0
*4.4.4.4/32         Liberal
 192.168.1.0/24     NULL/3        -               192.168.2.2     Pos1/0/0
 192.168.1.0/24     1027/3        2.2.2.2         192.168.2.2     Pos1/0/0
 192.168.1.0/24     1027/3        4.4.4.4         192.168.2.2     Pos1/0/0
*192.168.1.0/24     Liberal
 192.168.2.0/24     3/NULL        2.2.2.2         192.168.2.1     Pos1/0/0
 192.168.2.0/24     3/NULL        4.4.4.4         192.168.2.1     Pos1/0/0
*192.168.2.0/24     Liberal
*192.168.2.0/24     Liberal
 192.168.3.0/24     3/NULL        2.2.2.2         192.168.3.1     Pos2/0/0
 192.168.3.0/24     3/NULL        4.4.4.4         192.168.3.1     Pos2/0/0
*192.168.3.0/24     Liberal
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 15 Normal LSP(s) Found.
 TOTAL: 7 Liberal LSP(s) Found.
 TOTAL: 0 Frr LSP(s) Found.
 A '*' before an LSP means the LSP is not established
 A '*' before a Label means the USCB or DSCB is stale
 A '*' before a UpstreamPeer means the session is in GR state
 A '*' before a NextHop means the LSP is FRR LSP
```

查看 LSRD 上的 LDP LSP。

```
[LSRD] display mpls ldp lsp

 LDP LSP Information
 ------------------------------------------------------------------------------
 DestAddress/Mask   In/OutLabel    UpstreamPeer    NextHop         OutInterface
 ------------------------------------------------------------------------------
 2.2.2.2/32         NULL/1025      -               192.168.3.1     Pos1/0/0
 2.2.2.2/32         1025/1025      3.3.3.3         192.168.3.1     Pos1/0/0
 3.3.3.3/32         NULL/3         -               192.168.3.1     Pos1/0/0
 3.3.3.3/32         1026/3         3.3.3.3         192.168.3.1     Pos1/0/0
 4.4.4.4/32         3/NULL         3.3.3.3         127.0.0.1       InLoop0
*4.4.4.4/32         Liberal
 192.168.1.0/24     NULL/1027      -               192.168.3.1     Pos1/0/0
 192.168.1.0/24     1027/1027      3.3.3.3         192.168.3.1     Pos1/0/0
 192.168.2.0/24     NULL/3         -               192.168.3.1     Pos1/0/0
 192.168.2.0/24     1028/3         3.3.3.3         192.168.3.1     Pos1/0/0
 192.168.3.0/24     3/NULL         3.3.3.3         192.168.3.2     Pos1/0/0
*192.168.3.0/24     Liberal
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 10 Normal LSP(s) Found.
 TOTAL: 2 Liberal LSP(s) Found.
 TOTAL: 0 Frr LSP(s) Found.
 A '*' before an LSP means the LSP is not established
 A '*' before a Label means the USCB or DSCB is stale
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
A '*' before a UpstreamPeer means the session is in GR state
A '*' before a NextHop means the LSP is FRR LSP
```

从以上显示信息可以看到，由于配置了 LSP 的控制策略，各节点上只存在以 LSRB 为 Transit 的关于 4.4.4.4/32 的 LDP LSP，以及其他不是以 LSRB 为 Transit 的 LDP LSP。

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  lsp-trigger all
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 192.168.1.0 0.0.0.255
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  lsp-trigger all
#
mpls ldp
 propagate mapping for ip-prefix FilterOnTransit
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 192.168.1.0 0.0.0.255
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
  network 192.168.2.0 0.0.0.255
  network 2.2.2.2 0.0.0.0
#
ip ip-prefix FilterOnTransit index 10 permit 4.4.4.4 32
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  lsp-trigger all
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 192.168.2.0 0.0.0.255
  network 192.168.3.0 0.0.0.255
  network 3.3.3.3 0.0.0.0
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  lsp-trigger all
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 192.168.3.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 192.168.3.0 0.0.0.255
  network 4.4.4.4 0.0.0.0
#
Return
```


版权所有 © 华为技术有限公司

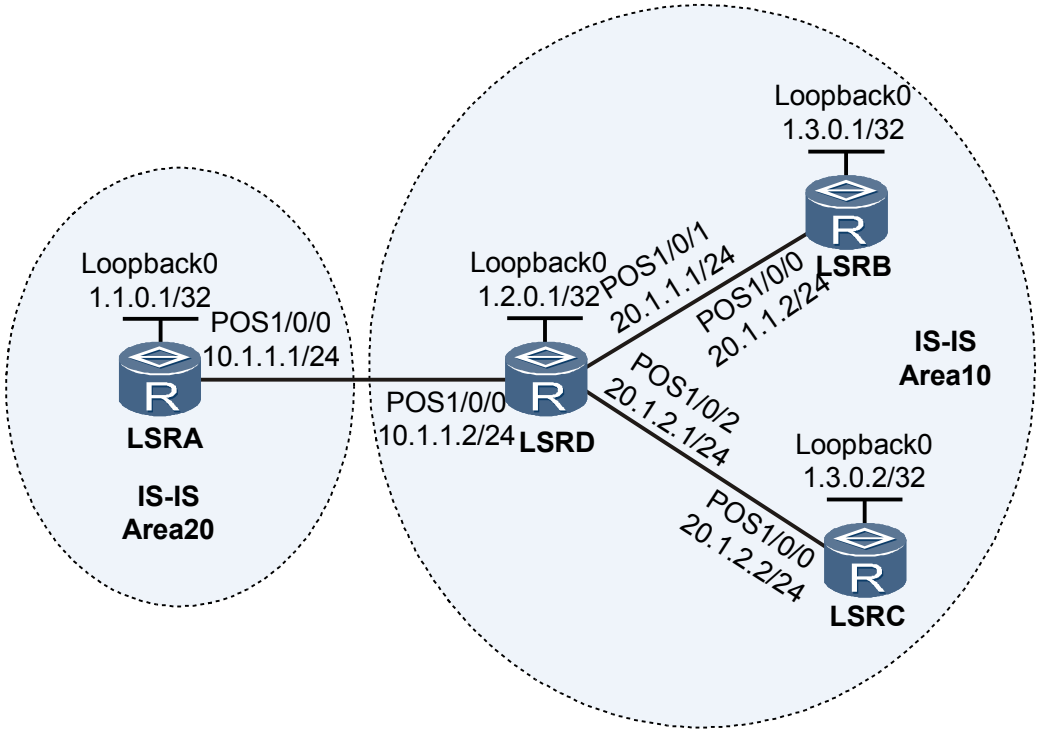
2.15.8 配置 LDP 跨域扩展示例

介绍 LDP 跨域扩展的配置过程，包括配置全局使能 MPLS 和 MPLS LDP 以及配置聚合路由的策略。

组网需求

如图 2-9 所示，存在 Area 10 和 Area 20 两个 IGP 域。需要建立 LSRA 到 LSRB 以及 LSRA 到 LSRC 的跨越两个 IGP 域的 LSP。要求在 LSRA 上配置 LDP 跨域扩展功能，使 LSRA 查找最长匹配路由建立 LSP。

图 2-9 配置 LDP 跨域扩展组网图



配置思路

采用如下的思路实现 LDP 跨域扩展：

1. 配置各节点接口的 IP 地址及作为 LSR ID 的 Loopback 地址。
2. 配置 IS-IS 协议的基本功能。
3. 配置聚合路由的策略。
4. 使能各节点全局和接口的 MPLS 和 MPLS LDP。
5. 配置 LDP 跨域扩展。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- 各节点接口的 IP 地址如图 2-9
- 各节点的 IS-IS 区域地址及各节点和接口的 Level 级别

操作步骤

步骤 1 配置各节点接口的 IP 地址及作为 LSR ID 的 Loopback 地址

按照图 2-9 配置各接口 IP 地址和掩码，包括 Loopback 接口，具体配置过程略。

步骤 2 配置 IS-IS 协议的基本功能

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] isis 1
[LSRA-isis-1] is-level level-2
[LSRA-isis-1] network-entity 20.0010.0100.0001.00
[LSRA-isis-1] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRA-Pos1/0/0] quit
[LSRA] interface loopback 0
[LSRA-LoopBack0] isis enable 1
[LSRA-LoopBack0] quit
```

配置 LSRD。

```
<LSRD> system-view
[LSRD] isis 1
[LSRD-isis-1] network-entity 10.0010.0200.0001.00
[LSRD-isis-1] quit
[LSRD] interface pos 1/0/0
[LSRD-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRD-Pos1/0/0] isis circuit-level level-2
[LSRD-Pos1/0/0] quit
[LSRD] interface pos 1/0/1
[LSRD-Pos1/0/1] isis enable 1
[LSRD-Pos1/0/1] isis circuit-level level-1
[LSRD-Pos1/0/1] quit
[LSRD] interface pos 1/0/2
[LSRD-Pos1/0/2] isis enable 1
[LSRD-Pos1/0/2] isis circuit-level level-1
[LSRD-Pos1/0/2] quit
[LSRD] interface loopback 0
[LSRD-LoopBack0] isis enable 1
[LSRD-LoopBack0] quit
```

配置 LSRB。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] isis 1
[LSRB-isis-1] is-level level-1
[LSRB-isis-1] network-entity 10.0010.0300.0001.00
[LSRB-isis-1] quit
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRB-Pos1/0/0] quit
[LSRB] interface loopback 0
[LSRB-LoopBack0] isis enable 1
[LSRB-LoopBack0] quit
```

配置 LSRC。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] isis 1
[LSRC-isis-1] is-level level-1
[LSRC-isis-1] network-entity 10.0010.0300.0002.00
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRC-isis-1] quit
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRC-Pos1/0/0] quit
[LSRC] interface loopback 0
[LSRC-LoopBack0] isis enable 1
[LSRC-LoopBack0] quit
```

在 LSRA 上执行 **display ip routing-table** 命令查看路由信息。

```
[LSRA] display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 11        Routes : 11

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost        Flags NextHop         Interface

        1.1.0.1/32  Direct  0    0             D  127.0.0.1       InLoopBack0
        1.2.0.1/32  ISIS-L1 15   10            D  10.1.1.2        Pos1/0/0
        1.3.0.1/32  ISIS-L1 15   20            D  10.1.1.2        Pos1/0/0
        1.3.0.2/32  ISIS-L1 15   20            D  10.1.1.2        Pos1/0/0
       10.1.1.0/24  Direct  0    0             D  10.1.1.1        Pos1/0/0
       10.1.1.1/32  Direct  0    0             D  127.0.0.1       InLoopBack0
       10.1.1.2/32  Direct  0    0             D  10.1.1.2        Pos10/0/0
       20.1.1.0/24  ISIS-L1 15   20            D  10.1.1.2        Pos1/0/0
       20.1.2.0/24  ISIS-L1 15   20            D  10.1.1.2        Pos1/0/0
      127.0.0.0/8   Direct  0    0             D  127.0.0.1       InLoopBack0
      127.0.0.1/32  Direct  0    0             D  127.0.0.1       InLoopBack0
```

步骤 3 配置聚合路由的策略

在 LSRD 上执行 **summary** 命令将到 LSRB 和 LSRC 的主机路由聚合。

```
[LSRD] isis 1
[LSRD-isis-1] summary 1.3.0.0 255.255.255.0 avoid-feedback
```

在 LSRA 上执行 **display ip routing-table** 命令查看路由信息。

```
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 10        Routes : 10

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost        Flags NextHop         Interface

        1.1.0.1/32  Direct  0    0             D  127.0.0.1       InLoopBack0
        1.2.0.1/32  ISIS-L1 15   10            D  10.1.1.2        Pos1/0/0
        1.3.0.0/24  ISIS-L1 15   20            D  10.1.1.2        Pos1/0/0
       10.1.1.0/24  Direct  0    0             D  10.1.1.1        Pos1/0/0
       10.1.1.1/32  Direct  0    0             D  127.0.0.1       InLoopBack0
       10.1.1.2/32  Direct  0    0             D  10.1.1.2        Pos1/0/0
       20.1.1.0/24  ISIS-L1 15   20            D  10.1.1.2        Pos1/0/0
       20.1.2.0/24  ISIS-L1 15   20            D  10.1.1.2        Pos1/0/0
      127.0.0.0/8   Direct  0    0             D  127.0.0.1       InLoopBack0
      127.0.0.1/32  Direct  0    0             D  127.0.0.1       InLoopBack0
```

从显示信息可以看到，到 LSRB 和 LSRC 的主机路由已经聚合。

步骤 4 配置各节点全局和接口的 MPLS 和 MPLS LDP 能力，使网络能够转发 MPLS 流量，并查看 LSP 建立情况

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.0.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRA-mpls-ldp] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] mpls lsr-id 1.2.0.1
[LSRD] mpls
[LSRD-mpls] quit
[LSRD] mpls ldp
[LSRD-mpls-ldp] quit
[LSRD] interface pos 1/0/0
[LSRD-Pos1/0/0] mpls
[LSRD-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRD-Pos1/0/0] quit
[LSRD] interface pos 1/0/1
[LSRD-Pos1/0/1] mpls
[LSRD-Pos1/0/1] mpls ldp
[LSRD-Pos1/0/1] quit
[LSRD] interface pos 1/0/2
[LSRD-Pos1/0/2] mpls
[LSRD-Pos1/0/2] mpls ldp
[LSRD-Pos1/0/2] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls lsr-id 1.3.0.1
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] quit
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] quit
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] mpls
[LSRB-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] mpls lsr-id 1.3.0.2
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] quit
[LSRC] mpls ldp
[LSRC-mpls-ldp] quit
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] mpls
[LSRC-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRC-Pos1/0/0] quit
```

配置完成后，在 LSRA 上执行 **display mpls lsp** 命令，查看已经建立的 LSP。

```
[LSRA] display mpls lsp

------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                 In/Out Label  In/Out IF                     Vrf Name
1.2.0.1/32          NULL/3        -/Pos1/0/0
1.2.0.1/32          1024/3        -/Pos1/0/0
```

从显示信息可以看到，缺省情况下，LDP 没有建立从 LSRA 到 LSRB 和 LSRC 的跨域 LSP。

步骤 5 配置 LDP 跨域扩展

在 LSRA 上执行 **longest-match** 命令，使能 LDP 按照最长匹配方式查找路由建立 LSP。

```
[LSRA] mpls ldp
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRA-mpls-ldp] longest-match
[LSRA-mpls-ldp] quit
```

步骤 6 检查配置结果

上述配置完成后，在 LSRA 上执行 **display mpls lsp** 命令，查看已经建立的 LSP。

```
[LSRA] display mpls lsp

------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                 In/Out Label  In/Out IF                     Vrf Name
1.2.0.1/32          NULL/3        -/Pos1/0/0
1.2.0.1/32          1024/3        -/Pos1/0/0
1.3.0.1/32          NULL/1025     -/Pos1/0/0
1.3.0.1/32          1025/1025     -/Pos1/0/0
1.3.0.2/32          NULL/1026     -/Pos1/0/0
1.3.0.2/32          1026/1026     -/Pos1/0/0
```

从显示信息可以看到，LDP 建立了从 LSRA 到 LSRB 和 LSRC 的跨越两个 IGP 域的 LSP。

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.0.1
 mpls
#
mpls ldp
 longest-match
#
isis 1
 is-level level-2
 network-entity 20.0010.0100.0001.00
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack0
 ip address 1.1.0.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 1.2.0.1
 mpls
#
mpls ldp
#
isis 1
 network-entity 10.0010.0200.0001.00
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 import-route isis level-1 into level-2 filter-policy ip-prefix permit-host
 summary 1.3.0.0 255.255.255.0 avoid-feedback
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 isis circuit-level level-2
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/1
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 20.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 isis circuit-level level-1
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/2
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 20.1.2.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 isis circuit-level level-1
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack0
 ip address 1.2.0.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
 ip ip-prefix permit-host index 10 permit 0.0.0.0 32
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 1.3.0.1
 mpls
#
mpls ldp
#
isis 1
 is-level level-1
 network-entity 10.0010.0300.0001.00
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 20.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack0
 ip address 1.3.0.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRC 的配置文件

版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 1.3.0.2
 mpls
#
mpls ldp
#
isis 1
 is-level level-1
 network-entity 10.0010.0300.0002.00
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 20.1.2.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack0
 ip address 1.3.0.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

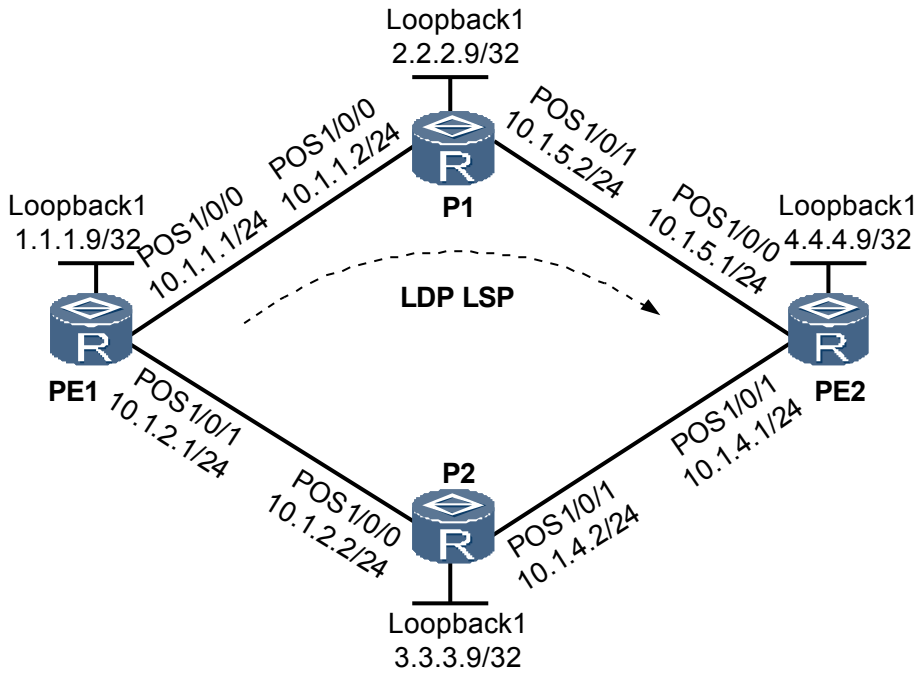
2.15.9 配置静态 BFD 检测 LDP LSP 示例

介绍配置静态 BFD 检测 LDP LSP 的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS、MPLS LDP，以及在被检测链路的两端节点上使能 BFD 能力。

组网需求

如图 2-10 所示，在 PE1－>P1－>PE2 上建立 LDP LSP，PE2－>P2－>PE1 为 IP 链路，要求使用静态 BFD 检测 LDP LSP 的连通性。

图 2-10 配置静态 BFD 检测 LDP LSP 组网图



华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

配置思路

采用如下思路配置本示例：

1. 整个 MPLS 域采用 OSPF 协议，各节点之间 IP 可达。
2. 在 PE1－>P1－>PE2 上建立 LDP LSP。
3. 在 PE1 上配置绑定 LDP LSP 的 BFD 会话。
4. 在 PE2 上配置绑定 IP 链路的 BFD 会话，将检测到的 LDP LSP 的故障通告给 PE1。

数据准备

要完成此配置示例，需准备以下数据：

- 各接口的 IP 地址
- OSPF 进程号
- BFD 配置名、本地标识符、远端标识符

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址和 OSPF 协议

按照图 2-10 配置各接口的 IP 地址和掩码，包括各 Loopback 接口。

在所有节点上配置 OSPF 协议，发布各自 Loopback 接口的主机路由，具体配置过程略。

配置完成后，各 LSR 可以互相 Ping 通对方的 LSR-ID，在各 LSR 上执行 **display ip routing-table** 命令可以看到到达各 LSR 的路由表项。

```
<PE1> display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 14        Routes : 15

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost      Flags NextHop         Interface

        1.1.1.9/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
        2.2.2.9/32  OSPF    10   2           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
        3.3.3.9/32  OSPF    10   2           D   10.1.2.2        Pos1/0/1
        4.4.4.9/32  OSPF    10   3           D   10.1.2.2        Pos1/0/1
                    OSPF    10   3           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
      10.1.1.0/24   Direct  0    0           D   10.1.1.1        Pos1/0/0
      10.1.1.1/32   Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
      10.1.1.2/32   Direct  0    0           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
      10.1.2.0/24   Direct  0    0           D   10.1.2.1        Pos1/0/1
      10.1.2.1/32   Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
      10.1.2.2/32   Direct  0    0           D   10.1.2.2        Pos1/0/1
      10.1.4.0/24   OSPF    10   2           D   10.1.2.2        Pos1/0/1
      10.1.5.0/24   OSPF    10   2           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
     127.0.0.0/8    Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
     127.0.0.1/32   Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
```

步骤 2 在 PE1－>P1－>PE2 上建立 LDP LSP。

配置 PE1。

```
<PE1> system-view
[PE1] mpls lsr-id 1.1.1.9
[PE1] mpls
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1-mpls] quit
[PE1] mpls ldp
[PE1-mpls] quit
[PE1]interface pos 1/0/0
[PE1-Pos1/0/0] mpls
[PE1-Pos1/0/0] mpls ldp
[PE1-Pos1/0/0] quit
```

配置 P1。

```
<P1> system-view
[P1] mpls lsr-id 2.2.2.9
[P1] mpls
[P1-mpls] quit
[P1] mpls ldp
[P1-mpls] quit
[P1]interface pos 1/0/0
[P1-Pos1/0/0] mpls
[P1-Pos1/0/0] mpls ldp
[P1-Pos1/0/0] quit
[P1]interface pos 1/0/1
[P1-Pos1/0/1] mpls
[P1-Pos1/0/1] mpls ldp
[P1-Pos1/0/1] quit
```

配置 PE2。

```
<PE2> system-view
[PE2] mpls lsr-id 4.4.4.9
[PE2] mpls
[PE2-mpls] quit
[PE2] mpls ldp
[PE2-mpls] quit
[PE2]interface pos 1/0/0
[PE2-Pos1/0/0] mpls
[PE2-Pos1/0/0] mpls ldp
[PE2-Pos1/0/0] quit
```

执行命令 **display mpls ldp lsp**，可以看到在 PE1 上建立了到目的地址为 4.4.4.9/32 的 LDP LSP。

```
<PE1> display mpls ldp lsp

 LDP LSP Information
 ------------------------------------------------------------------------------
 DestAddress/Mask   In/OutLabel     UpstreamPeer    NextHop      OutInterface
 ------------------------------------------------------------------------------
 1.1.1.9/32         3/NULL          2.2.2.9         127.0.0.1    InLoop0
*1.1.1.9/32         Liberal
 2.2.2.9/32         NULL/3          -               10.1.1.2     Pos1/0/0
 2.2.2.9/32         1024/3          2.2.2.9         10.1.1.2     Pos1/0/00
 4.4.4.9/32         NULL/1025       -               10.1.1.2     Pos1/0/0
 4.4.4.9/32         1025/1025       2.2.2.9         10.1.1.2     Pos1/0/0
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 5 Normal LSP(s) Found.
 TOTAL: 1 Liberal LSP(s) Found.
 TOTAL: 0 Frr LSP(s) Found.
 A '*' before an LSP means the LSP is not established
 A '*' before a Label means the USCB or DSCB is stale
 A '*' before a UpstreamPeer means the session is in GR state
 A '*' before a NextHop means the LSP is FRR LSP
```

步骤 3 在被检测链路两端节点上使能全局 BFD 能力

配置 PE1。

```
<PE1> system-view
[PE1] bfd
[PE1-bfd] quit
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

配置 PE2。

```
<PE2> system-view
[PE2] bfd
[PE2-bfd] quit
```

步骤 4 在 Ingress 上配置绑定到 LDP LSP 的 BFD 会话。

配置 PE1。

```
<PE1> system-view
[PE1] bfd 1to4 bind ldp-lsp peer-ip 4.4.4.9 nexthop 10.1.1.2 interface pos 1/0/0
[PE1-bfd-lsp-session-1to4] discriminator local 1
[PE1-bfd-lsp-session-1to4] discriminator remote 2
[PE1-bfd-lsp-session-1to4] process-pst
[PE1-bfd-lsp-session-1to4] commit
[PE1-bfd-lsp-session-1to4] quit
```

步骤 5 在 Egress 上配置绑定到 IP 链路的 BFD 会话，用来将 LDP LSP 的故障通告给 Ingress。

配置 PE2。

```
<PE2> system-view
[PE2] bfd 4to1 bind  peer-ip 1.1.1.9
[PE2-bfd-session-4ot1] discriminator local 2
[PE2-bfd-session-4ot1] discriminator remote 1
[PE2-bfd-session-4ot1] commit
[PE2-bfd-session-4ot1] quit
```

步骤 6 检测配置结果

配置完成后，在 Ingress 上执行命令 **display bfd session all verbose**，可以看到“State”字段的值为“Up”,且“BFD Bind Type”字段的值为“LDP_LSP”。

```
<PE1> display bfd session all verbose
-------------------------------------------------------------------------------
Session MIndex : 256          State : Up           Name : 1to4
-------------------------------------------------------------------------------
  Local Discriminator    : 1               Remote Discriminator   : 2
  Session Detect Mode    : Asynchronous Mode Without Echo Function
  BFD Bind Type          : LDP_LSP
  Bind Session Type      : Static
  Bind Peer IP Address   : 4.4.4.9
  NextHop Ip Address     : 10.1.1.2
  Bind Interface         : Pos1/0/0
  FSM Board Id           : 6               TOS-EXP                : 6

  Min Tx Interval (ms)   : 10              Min Rx Interval (ms)   : 10
  Actual Tx Interval (ms): 10              Actual Rx Interval (ms): 10
  Local Detect Multi     : 3               Detect Interval (ms)   : 3000
  Echo Passive           : Disable         Acl Number             : -
  Destination Port       : 3784            TTL                    : 1
  Proc Interface Status  : Disable         Process PST            : Enable
  WTR Interval (ms)      : -
  Active Multi           : 3
  Last Local Diagnostic  : Neighbor Signaled Session Down(Receive AdminDown)
  Bind Application       : LSPM | L2VPN | OAM_MANAGER
  Session TX TmrID       : 94              Session Detect TmrID   : 95
  Session Init TmrID     : -               Session WTR TmrID      : -
  Session Echo Tx TmrID  : -
  PDT Index              : FSM-0 | RCV-0 | IF-0 | TOKEN-0
  Session Description    : -
-------------------------------------------------------------------------------

    Total UP/DOWN Session Number : 1/0
```

在 Egress 上执行命令 **display bfd session all verbose**，可以看到“(Multi Hop) State”字段的值为“Up”,且“BFD Bind Type”字段的值为“Peer IP Address”。

版权所有 © 华为技术有限公司

```
<PE2> display bfd session all verbose
--------------------------------------------------------------------------------
Session MIndex : 256       (Multi Hop) State : Up        Name : 4to1
--------------------------------------------------------------------------------
  Local Discriminator    : 2               Remote Discriminator   : 1
  Session Detect Mode    : Asynchronous Mode Without Echo Function
  BFD Bind Type          : Peer IP Address
  Bind Session Type      : Static
  Bind Peer IP Address   : 1.1.1.9
  Bind Interface         : -
  FSM Board Id           : 6               TOS-EXP                : 6
  Min Tx Interval (ms)   : 10              Min Rx Interval (ms)   : 10
  Actual Tx Interval (ms): 10              Actual Rx Interval (ms): 10
  Local Detect Multi     : 3               Detect Interval (ms)   : 3000
  Echo Passive           : Disable         Acl Number             : -
  Proc Interface Status  : Disable         Process PST            : Disable
  WTR Interval (ms)      : -               Local Demand Mode      : Disable
  Active Multi           : 3
  Last Local Diagnostic  : No Diagnostic
  Bind Application       : No Application Bind
  Session TX TmrID       : 75              Session Detect TmrID   : 76
  Session Init TmrID     : -               Session WTR TmrID      : -
  Session Echo Tx TmrID  : -
  PDT Index              : FSM-0 | RCV-0 | IF-0 | TOKEN-0
  Session Description    : -
--------------------------------------------------------------------------------

    Total UP/DOWN Session Number : 1/0
```

----结束

配置文件

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
 bfd
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/1
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.2.1 255.255.255.0
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
#
bfd 1to4 bind ldp-lsp peer-ip 4.4.4.9 nexthop 10.1.1.2 interface Pos1/0/0
 discriminator local 1
 discriminator remote 2
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 process-pst
 commit
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
 bfd
#
 mpls lsr-id 4.4.4.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.5.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/1
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.4.1 255.255.255.0
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.9 255.255.255.255
#
bfd 4to1 bind peer-ip 1.1.1.9
 discriminator local 2
 discriminator remote 1
 commit
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 10.1.5.0 0.0.0.255
  network 10.1.4.0 0.0.0.255
  network 4.4.4.9 0.0.0.0
#
return
```

- P1 的配置文件

```
#
 sysname P1
#
 mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/1
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.5.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.5.0 0.0.0.255
#
return
```

- P2 的配置文件

```
#
 sysname P2
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.2.2 255.255.255.0
#
interface Pos1/0/1
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.4.2 255.255.255.0
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  network 10.1.4.0 0.0.0.255
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
#
return
```

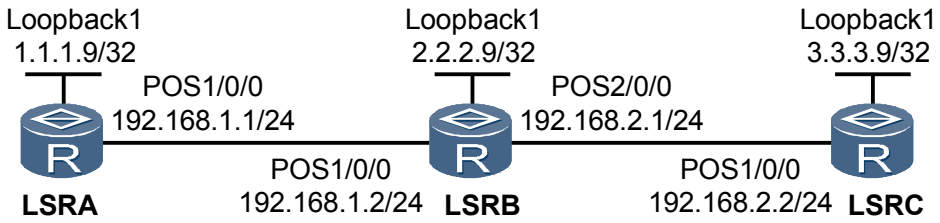
2.15.10 配置动态 BFD 检测 LDP LSP 示例

介绍配置动态 BFD 检测 LDP LSP 的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS、MPLS LDP，以及在源端和宿端上使能 BFD 能力。

组网需求

如图 2-11 所示，节点 LSRA、LSRB 和 LSRC 属于同一 MPLS 域，LSRA 和 LSRC 之间创建 LDP LSP 链路，要求使用动态 BFD 检测 LDP LSP 的连通性。

图 2-11 配置动态 BFD 检测 LDP LSP 示例组网图



配置思路

采用如下的思路配置动态 BFD 检测 LDP LSP 示例。

1. 在 LSRA 和 LSRC 之间创建 LDP LSP 链路；

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

2. 配置 BFD 基本能力；
3. 调整 BFD 检测参数。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据。

- 各节点的 LSR ID 和接口 IP 地址
- BFD 检测参数

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址（略）

步骤 2 配置 OSPF（略）

步骤 3 创建 LSRA 和 LSRC 之间的 LDP LSP

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

LSRB 和 LSRC 的配置和 LSRA 相似（略）。

配置完成后，在 LSRA 上执行 **display mpls ldp lsp** 命令，可以看到 LSRA 到 LSRC 之间的 LDP LSP 已经建立，以 LSRA 的显示为例。

```
<LSRA> display mpls ldp lsp

 LDP LSP Information
 ------------------------------------------------------------------------------
 DestAddress/Mask   In/OutLabel    UpstreamPeer    NextHop        OutInterface
 ------------------------------------------------------------------------------
 1.1.1.9/32         3/NULL         2.2.2.9         127.0.0.1      InLoop0
*1.1.1.9/32         Liberal
 2.2.2.9/32         NULL/3         -               192.168.1.2    Pos1/0/0
 2.2.2.9/32         1024/3         2.2.2.9         192.168.1.2    Pos1/0/0
 3.3.3.9/32         NULL/1025      -               192.168.1.2    Pos1/0/0
 3.3.3.9/32         1025/1025      2.2.2.9         192.168.1.2    Pos1/0/0
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 5 Normal LSP(s) Found.
 TOTAL: 1 Liberal LSP(s) Found.
 TOTAL: 0 Frr LSP(s) Found.
 A '*' before an LSP means the LSP is not established
 A '*' before a Label means the USCB or DSCB is stale
 A '*' before a UpstreamPeer means the session is in GR state
 A '*' before a NextHop means the LSP is FRR LSP
```

步骤 4 配置动态 BFD 会话检测 LSRA 到 LSRC 之间的 LDP LSP

在 LSRA 上配置 FEC 列表，这样就可以保障只触发 BFD 检测 LSRA 到 LSRC 之间的 LDP LSP。

```
[LSRA] fec-list tortc
[LSRA-fec-list-tortc] fec-node 3.3.3.9
```


版权所有 © 华为技术有限公司

在 LSRA 上使能 BFD，指定动态触发 BFD 会话的 FEC 列表，并调整 BFD 检测参数。

```
[LSRA] bfd
[LSRA-bfd] quit
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls bfd-trigger fec-list tortc
[LSRA-mpls] mpls bfd enable
[LSRA-mpls] mpls bfd min-tx-interval 100 min-rx-interval 600 detect-multiplier 4
```

在 LSRC 上配置被动使能 BFD for LSP 能力。

```
[LSRC] bfd
[LSRC-bfd] mpls-passive
```

步骤 5 验证配置结果

执行 **display bfd session all verbose** 命令查看动态创建的 BFD 会话状态。

```
<LSRA> display bfd session all verbose
-------------------------------------------------------------
Session MIndex : 256      State : Up       Name : dyn_8192
-------------------------------------------------------------
  Local Discriminator: 8192          Remote Discriminator  : 8193
  Session Detect Mode  : Asynchronous Mode Without Echo Function
  BFD Bind Type          : LDP_LSP
  Bind Session Type      : Dynamic
  Bind Peer Ip Address   : 3.3.3.9
  NextHop Ip Address     : 192.168.1.2
  Bind Interface         : Pos1/0/0
  FSM Board Id           : 1         TOS-EXP            : 6
  Min Tx Interval (ms)   : 100       Min Rx Interval (ms)   : 600
  Actual Tx Interval (ms): 100       Actual Rx Interval (ms): 600
  Local Detect Multi     : 4         Detect Interval (ms)   : 1800
  Echo Passive           : Disable   Acl Number         : --
  Destination Port       : 3784      TTL                : 1
  Proc interface status  : Disable   Process PST          : Enable
  WTR Interval (ms)      : --
  Active Multi           : 3
  Last Local Diagnostic  : No Diagnostic
  Bind Application       : LSPM | L2VPN | OAM_MANAGER
  Session TX TmrID       : 77        Session Detect TmrID   : 78
  Session Init TmrID     : --        Session WTR TmrID      : --
  Session Echo Tx TmrID  : --
  PDT Index              : FSM-0 | RCV-0 | IF-0 | TOKEN-0
  Session Description    : --
-------------------------------------------------------------
     Total UP/DOWN Session Number : 1/0
```

查看 LSRC 上的被动创建的 BFD 会话状态，其中 BFD Bind Type 字段的值为“Peer IP Address”，说明 LSRC 发送的 BFD 报文是通过 IP 路由传输的。

```
<LSRC> display bfd session passive-dynamic verbose
-------------------------------------------------------------
Session MIndex : 257    (Multi Hop) State : Up       Name : dyn_8193
-------------------------------------------------------------
  Local Discriminator    : 8193    Remote Discriminator   : 8192
  Session Detect Mode  : Asynchronous Mode Without Echo Function
  BFD Bind Type          : Peer Ip Address
  Bind Session Type      : Entire_Dynamic
  Bind Peer Ip Address   : 1.1.1.9
  Bind Interface         : --
  FSM Board Id           : 1      TOS-EXP                : 6
  Min Tx Interval (ms)   : 100    Min Rx Interval (ms)   : 100
  Actual Tx Interval (ms): 600     Actual Rx Interval (ms): 100
  Local Detect Multi     : 3       Detect Interval (ms)   : 400
  Echo Passive           : Disabl  Acl Number             : --
  Proc interface status  : Disable   Process PST        : Disable
  WTR Interval (ms)      : --      Local Demand Mode      : Disable
  Active Multi           : 4
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
  Last Local Diagnostic  : No Diagnostic
  Bind Application
  Session TX TmrID       : 75      Session Detect TmrID   : 76
  Session Init TmrID     : --      Session WTR TmrID      : --
  Session Echo Tx TmrID  : --
  PDT Index              : FSM-0 | RCV-0 | IF-0 | TOKEN-0
  Session Description    : --
--------------------------------------------------------------

    Total UP/DOWN Session Number : 1/0
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 bfd
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
  mpls bfd enable
  mpls bfd-trigger fec-list tortc
  mpls bfd min-tx-interval 100 min-rx-interval 600 detect-multiplier 4
#
 fec-list tortc
   fec-node 3.3.3.9
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
ospf 100
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  network 192.168.1.0 0.0.0.255
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 100
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  network 192.168.1.0 0.0.0.255
  network 192.168.2.0 0.0.0.255
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 bfd
 mpls-passive
#
 mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
ospf 100
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  network 192.168.2.0 0.0.0.255
#
return
```

2.15.11 配置 Manual LDP FRR 示例

介绍配置 Manual LDP FRR 的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS、MPLS LDP，以及指定备份 LSP 的出接口和下一跳。

组网需求

如图 2-12 所示，要求 LSRA 到 LSRC 之间存在两条主备 LSP，其中 LSRA－>LSRC 为主用 LSP，LSRA－>LSRB－>LSRC 为备份 LSP。要求在 LSRA 上配置 Manual LDP FRR 功能，实现 LSRA 本地的端口级备份，从而减少流量丢失。

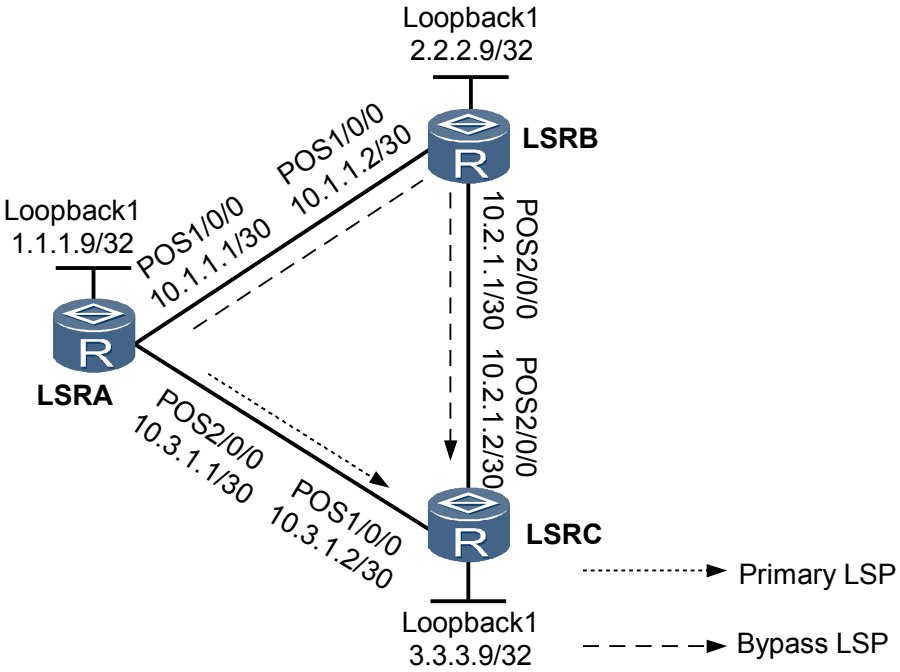
这里只需 LSRA 支持 Manual LDP FRR。

说明

在 Manual LDP FRR 的组网中，备份 LSP 必须是 Liberal 状态的 LSP，即在使能 FRR 的节点上执行 **display ip routing-table** *ip-address* **verbose** 命令可以发现备份 LSP 的路由状态是“Inactive Adv”。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

图 2-12 配置 Manual LDP FRR 组网图



配置思路

采用如下的思路实现 Manual LDP FRR：

1. 配置各节点接口的 IP 地址及作为 LSR ID 的 Loopback 地址，并用 OSPF 协议通告各接口所连网段和 LSR ID 主机路由。
2. 全局使能各节点的 MPLS 和 MPLS LDP。
3. 使能各接口的 MPLS 和 MPLS LDP。
4. 在被保护的接口上指定 Manual LDP FRR 用于生成备用 LSP 的下一跳地址。
5. 在被保护的接口上配置 Manual LDP FRR 保护定时器。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点接口的 IP 地址如图 2-12，OSPF 进程号，所在的区域
- LSP 的触发建立策略
- Manual LDP FRR 用于生成备用 LSP 的下一跳地址
- Manual LDP FRR 保护定时器的值

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

按照图 2-12 配置各接口 IP 地址和掩码，包括 Loopback 接口，具体配置过程略。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 2 配置 OSPF 协议发布各节点接口所连网段和 LSR ID 的主机路由

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] ospf 1
[LSRA-ospf-1] area 0
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 1.1.1.9 0.0.0.0
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.1.1.0 0.0.0.3
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.3.1.0 0.0.0.3
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[LSRA-ospf-1] quit
```

配置 LSRB。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] ospf 1
[LSRB-ospf-1] area 0
[LSRB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 2.2.2.9 0.0.0.0
[LSRB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.1.1.0 0.0.0.3
[LSRB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.2.1.0 0.0.0.3
[LSRB-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[LSRB-ospf-1] quit
```

配置 LSRC。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] ospf 1
[LSRC-ospf-1] area 0
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 3.3.3.9 0.0.0.0
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.3.1.0 0.0.0.3
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.2.1.0 0.0.0.3
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[LSRC-ospf-1] quit
```

配置完成后，在各节点上执行 **display ip routing-table** 命令，可以看到相互之间都学到了彼此的路由。以 LSRA 的显示为例：

```
<LSRA> display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 12        Routes : 13

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost      Flags NextHop         Interface

        1.1.1.9/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
        2.2.2.9/32  OSPF    10   2           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
        3.3.3.9/32  OSPF    10   2           D   10.3.1.2        Pos2/0/0
       10.1.1.0/30  Direct  0    0           D   10.1.1.1        Pos1/0/0
       10.1.1.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
       10.1.1.2/32  Direct  0    0           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
       10.2.1.0/30  OSPF    10   2           D   10.3.1.2        Pos2/0/0
                    OSPF    10   2           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
       10.3.1.0/30  Direct  0    0           D   10.3.1.1        Pos2/0/0
       10.3.1.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
       10.3.1.2/32  Direct  0    0           D   10.3.1.2        Pos2/0/0
      127.0.0.0/8   Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
      127.0.0.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
```

步骤 3 配置各节点全局和接口的 MPLS 和 MPLS LDP 能力，使网络能够转发 MPLS 流量

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRA-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRA-Pos1/0/0]  quit
[LSRA] interface pos 2/0/0
[LSRA-Pos2/0/0] mpls
[LSRA-Pos2/0/0] mpls ldp
[LSRA-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] quit
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] quit
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] mpls
[LSRB-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/0] quit
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] mpls
[LSRB-Pos2/0/0] mpls ldp
[LSRB-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] quit
[LSRC] mpls ldp
[LSRC-mpls-ldp] quit
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] mpls
[LSRC-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRC-Pos1/0/0] quit
[LSRC] interface pos 2/0/0
[LSRC-Pos2/0/0] mpls
[LSRC-Pos2/0/0] mpls ldp
[LSRC-Pos2/0/0] quit
```

上述配置完成后，相邻节点之间应该建立起 LDP 会话。在各节点上执行 **display mpls ldp session** 命令可以看到显示结果中 Status 项为“Operational”。以 LSRA 的显示为例：

```
<LSRA> display mpls ldp session
 LDP Session(s) in Public Network
 Codes: LAM(Label Advertisement Mode), SsnAge Unit(DDDD:HH:MM)
 A '*' before a session means the session is being deleted.
 ------------------------------------------------------------------------------
 PeerID            Status      LAM  SsnRole  SsnAge       KASent/Rcv
 ------------------------------------------------------------------------------
 2.2.2.9:0         Operational DU   Passive  0000:00:01   8/8
 3.3.3.9:0         Operational DU   Passive  0000:00:01   6/6
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 2 session(s) Found.
```

步骤 4 在 LSRA 的接口 POS2/0/0 下使能 Manual LDP FRR，指定用于生成备用 LSP 的下一跳地址

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface pos 2/0/0
[LSRA-Pos2/0/0] mpls ldp frr nexthop 10.1.1.2
[LSRA-Pos2/0/0] quit
```

步骤 5 在 LSRA 的接口 POS2/0/0 下配置 Manual LDP FRR 保护定时器

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface pos 2/0/0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRA-Pos2/0/0] mpls ldp frr timer protect-time 11
[LSRA-Pos2/0/0] quit
```

步骤 6 检查配置结果

上述配置完成后，在 LSRA 节点上执行 **display mpls lsp** 命令，可以看到到达 LSRC 的 LSP 上存在 Manual LDP FRR。

```
<LSRA> display mpls lsp
------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------
FEC                In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
3.3.3.9/32         NULL/3        -/Pos2/0/0
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/0
3.3.3.9/32         1025/3        -/Pos2/0/0
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/0
2.2.2.9/32         NULL/3        -/Pos1/0/0
2.2.2.9/32         1024/3        -/Pos1/0/0
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.3.1.1 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
mpls ldp frr timer protect-time 11
mpls ldp frr nexthop 10.1.1.2
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 10.3.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
sysname LSRB
#
mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
#
mpls ldp
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
sysname LSRC
#
mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.3.1.2 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  network 10.3.1.0 0.0.0.3
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
#
return
```

2.15.12 配置 LDP Auto FRR 示例

介绍 LDP Auto FRR 的配置过程，包括配置全局使能 MPLS 和 MPLS LDP 以及 IS-IS Auto FRR。

版权所有 © 华为技术有限公司

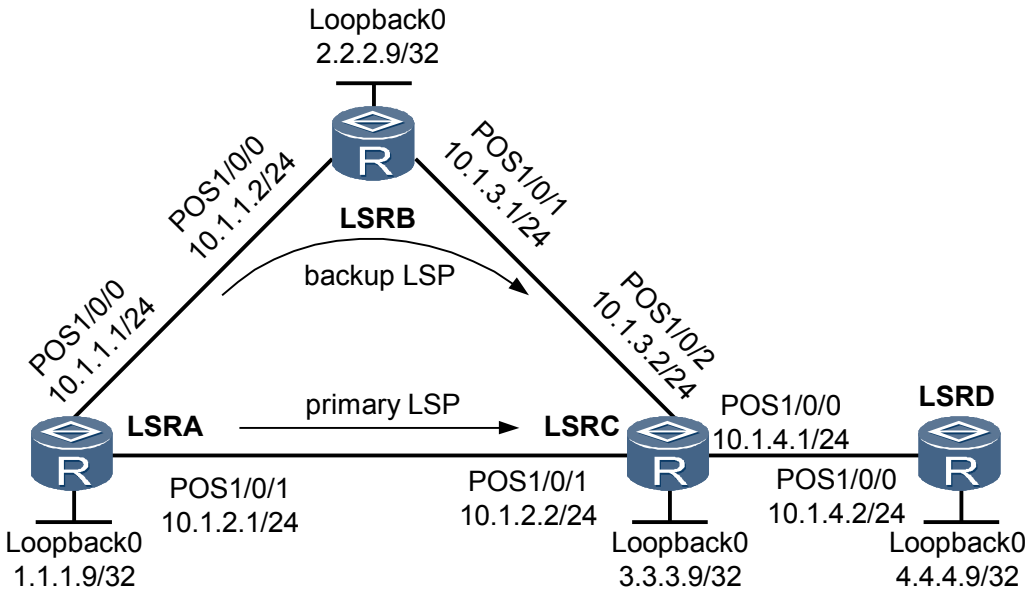
组网需求

现代业务对实时性的要求越来越高，例如 VoIP，在线游戏，在线视频业务等，很多业务都基于 VPN，而 VPN 业务目前通常使用 LDP 隧道。链路发生故障导致的数据丢失对这些业务造成比较严重的影响。

使用手工配置的 LDP FRR 技术，在故障发生时，可以使得公网业务流量在路由重新收敛、新的主 LSP 重新生成之前，沿着备份 LSP 转发。整个流量中断时间仅限于故障检测和切换到备份 LSP 的时间，从而使得丢包时间低于 50ms。但是路由重新收敛结束后，VPN 切换到新的主 LSP 的时间依赖于 VPN 的实现。因此 VPN 业务的流量中断时间要达到 50ms 以内，还需提高 VPN 切换到新的主 LSP 的速度。配置 LDP Auto FRR 可以解决这一问题。

如图 2-13 所示，LSRA 到 LSRC 之间存在主备 LSP，其中 LSRA－>LSRC 为主用 LSP，LSRA－>LSRB－>LSRC 为备份 LSP。要求在主用 LSP 发生故障的时候，流量能够快速切换到备份 LSP。在 LSRA 上配置 LDP Auto FRR 功能，使能 LSRA 自动建立备份 LSP，从而实现故障时流量的快速切换，减少流量丢失。

图 2-13 配置 LDP Auto FRR 组网图



配置思路

采用如下的思路实现 LDP Auto FRR：

1. 配置各节点接口的 IP 地址作为 LSR ID 的 Loopback 地址。
2. 配置 IS-IS 协议发布各节点接口所连网段和 LSR ID 的主机路由。
3. 使能各节点全局和接口的 MPLS 和 MPLS LDP。
4. 在被保护流量的始发 LSR 上使能 IS-IS Auto FRR。
5. 改变 LSP 的触发策略，所有路由触发 LDP 建立 LSP。
6. 在被保护流量的始发 LSR 上配置备份 LSP 的触发策略。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点接口的 IP 地址如图 2-13，IS-IS 进程号，所在的区域
- 备份 LSP 的触发建立策略

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

按照图 2-13 配置各接口 IP 地址和掩码，包括 Loopback 接口，具体配置过程略。

步骤 2 配置 IS-IS 协议发布各节点接口所连网段和 LSR ID 的主机路由

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] isis 1
[LSRA-isis-1] network-entity 10.0000.0000.0001.00
[LSRA-isis-1] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRA-Pos1/0/0] quit
[LSRA] interface pos 1/0/1
[LSRA-Pos1/0/1] isis enable 1
[LSRA-Pos1/0/1] quit
[LSRA] interface loopBack 0
[LSRA-LoopBack0] isis enable 1
[LSRA-LoopBack0] quit
```

配置 LSRB。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] isis 1
[LSRB-isis-1] network-entity 10.0000.0000.0002.00
[LSRB-isis-1] quit
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRB-Pos1/0/0] quit
[LSRB] interface pos 1/0/1
[LSRB-Pos1/0/1] isis enable 1
[LSRB-Pos1/0/1] quit
[LSRB] interface loopBack 0
[LSRB-LoopBack0] isis enable 1
[LSRB-LoopBack0] quit
```

配置 LSRC。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] isis 1
[LSRC-isis-1] network-entity 10.0000.0000.0003.00
[LSRC-isis-1] quit
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRC-Pos1/0/0] quit
[LSRC] interface pos 1/0/1
[LSRC-Pos1/0/1] isis enable 1
[LSRC-Pos1/0/1] quit
[LSRC] interface pos 1/0/2
[LSRC-Pos1/0/2] isis enable 1
[LSRC-Pos1/0/2] quit
[LSRC] interface loopBack 0
[LSRC-LoopBack0] isis enable 1
[LSRC-LoopBack0] quit
```

配置 LSRD。

版权所有 © 华为技术有限公司

```
<LSRD> system-view
[LSRD] isis 1
[LSRD-isis-1] network-entity 10.0000.0000.0004.00
[LSRD-isis-1] quit
[LSRD] interface pos 1/0/0
[LSRD-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRD-Pos1/0/0] quit
[LSRD] interface loopBack 0
[LSRD-LoopBack0] isis enable 1
[LSRD-LoopBack0] quit
```

步骤 3 配置各节点全局和接口的 MPLS 和 MPLS LDP 能力，使网络能够转发 MPLS 流量，并查看 LSP 建立情况

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRA-Pos1/0/0] quit
[LSRA] interface pos 1/0/1
[LSRA-Pos1/0/1] mpls
[LSRA-Pos1/0/1] mpls ldp
[LSRA-Pos1/0/1] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] quit
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] quit
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] mpls
[LSRB-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/0] quit
[LSRB] interface pos 1/0/1
[LSRB-Pos1/0/1] mpls
[LSRB-Pos1/0/1] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/1] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] quit
[LSRC] mpls ldp
[LSRC-mpls-ldp] quit
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] mpls
[LSRC-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRC-Pos1/0/0] quit
[LSRC] interface pos 1/0/1
[LSRC-Pos1/0/1] mpls
[LSRC-Pos1/0/1] mpls ldp
[LSRC-Pos1/0/1] quit
[LSRC] interface pos 1/0/2
[LSRC-Pos1/0/2] mpls
[LSRC-Pos1/0/2] mpls ldp
[LSRC-Pos1/0/2] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] mpls lsr-id 4.4.4.9
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRD] mpls
[LSRD-mpls] quit
[LSRD] mpls ldp
[LSRD-mpls-ldp] quit
[LSRD] interface pos 1/0/0
[LSRD-Pos1/0/0] mpls
[LSRD-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRD-Pos1/0/0] quit
```

配置完成后，在 LSRA 上执行 **display mpls lsp** 命令，查看已经建立的 LSP。

```
[LSRA] display mpls lsp

------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                In/Out Label  In/Out IF                     Vrf Name
2.2.2.9/32         NULL/3        -/Pos1/0/0
2.2.2.9/32         1024/3        -/Pos1/0/0
3.3.3.9/32         NULL/3        -/Pos1/0/1
3.3.3.9/32         1025/3        -/Pos1/0/1
4.4.4.9/32         NULL/1026     -/Pos1/0/1
4.4.4.9/32         1026/1026     -/Pos1/0/1
```

从显示信息可以看到，缺省情况下，32 位的路由触发 LDP 建立了 LSP。

步骤 4 在 LSRA 上使能 IS-IS Auto FRR，并查看路由信息，以及 LSP 的建立情况。

在 LSRA 上使能 IS-IS Auto FRR。

```
[LSRA] isis
[LSRA-isis-1] frr
[LSRA-isis-1-frr] loop-free-alternate
[LSRA-isis-1-frr] quit
[LSRA-isis-1] quit
```

查看 LSRA 到 LSRC 和 LSRD 之间直连链路的路由信息。

```
[LSRA] display ip routing-table 10.1.4.0 verbose

Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Table : Public
Summary Count : 1

Destination: 10.1.4.0/24
     Protocol: ISIS            Process ID: 1
   Preference: 15                    Cost: 20
      NextHop: 10.1.2.2        Neighbour: 0.0.0.0
        State: Active Adv            Age: 00h05m38s
          Tag: 0                Priority: low
        Label: NULL              QoSInfo: 0x0
   IndirectID: 0x0
 RelayNextHop: 0.0.0.0          Interface: Pos1/0/1
     TunnelID: 0x0                  Flags: D
    BkNextHop: 10.1.1.2       BkInterface: Pos1/0/0
      BkLabel: NULL           SecTunnelID: 0x0
 BkPETunnelID: 0x0        BkPESecTunnelID: 0x0
 BkIndirectID: 0x0
```

从显示信息可以看到，由于使能了 IS-IS Auto FRR，IS-IS 生成了一条备份路由。

在 LSRA 上执行 **display mpls lsp** 命令，查看 LSP 的建立情况。

```
[LSRA] display mpls lsp

------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------------
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
FEC                In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
2.2.2.9/32         NULL/3        -/Pos1/0/0
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/1
2.2.2.9/32         1024/3        -/Pos1/0/0
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/1
3.3.3.9/32         NULL/3        -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/0
3.3.3.9/32         1025/3        -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/0
4.4.4.9/32         NULL/1026     -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1026      /Pos1/0/0
4.4.4.9/32         1026/1026     -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1026      /Pos1/0/0
```

从显示信息可以看到，缺省情况下，32 位的备份路由触发 LDP 建立了备份 LSP。

步骤 5 在 LSRC 上执行 **lsp-trigger** 命令，改变 LSP 触发策略，所有路由触发 LDP 建立 LSP，并查看 LSP 建立情况

在 LSRC 上执行 **lsp-trigger** 命令，改变 LSP 触发策略，所有路由触发 LDP 建立 LSP。

```
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] lsp-trigger all
[LSRC-mpls] quit
```

在 LSRA 上执行 **display mpls lsp** 命令，查看已经建立的 LSP。

```
[LSRA] display mpls lsp

------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
2.2.2.9/32         NULL/3        -/Pos1/0/0
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/1
2.2.2.9/32         1024/3        -/Pos1/0/0
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/1
3.3.3.9/32         NULL/3        -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/0
3.3.3.9/32         1025/3        -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/0
4.4.4.9/32         NULL/1026     -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1026      /Pos1/0/0
4.4.4.9/32         1026/1026     -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1026      /Pos1/0/0
10.1.3.0/24        1027/3        -/Pos1/0/1
10.1.4.0/24        1028/3        -/Pos1/0/1
```

从显示信息可以看到，24 位的路由触发建立了 LSP。

步骤 6 配置备份 LSP 的触发策略，所有备份路由触发 LDP 建立备份 LSP

在 LSRA 上执行 **auto-frr lsp-trigger** 命令，为所有备份路由生成备份 LSP。

```
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] auto-frr lsp-trigger all
[LSRA-mpls-ldp] quit
```

步骤 7 检查配置结果

上述配置完成后，在 LSRA 节点上执行 **display mpls lsp** 命令，查看备份 LSP 的建立情况。

```
[LSRA] display mpls lsp

------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------------
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
FEC                In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
2.2.2.9/32         NULL/3        -/Pos1/0/0
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/1
2.2.2.9/32         1024/3        -/Pos1/0/0
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/1
3.3.3.9/32         NULL/3        -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/0
3.3.3.9/32         1025/3        -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1025      /Pos1/0/0
4.4.4.9/32         NULL/1026     -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1026      /Pos1/0/0
4.4.4.9/32         1026/1026     -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1026      /Pos1/0/0
10.1.3.0/24        1027/3        -/Pos1/0/1
10.1.4.0/24        1028/3        -/Pos1/0/1
   **LDP FRR**          /1027      /Pos1/0/0
```

从显示信息可以看到，已经建立了从 LSRA 到达 LSRC 和 LSRD 之间直连链路的主 LSP 的备份 LSP。

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
#
mpls ldp
 auto-frr lsp-trigger all
#
aaa
 authentication-scheme default
 #
 authorization-scheme default
 #
 accounting-scheme default
 #
 domain default
 #
#
isis 1
 frr
  loop-free-alternate level-1
  loop-free-alternate level-2
 network-entity 10.0000.0000.0001.00
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/1
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.2.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
interface LoopBack0
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
 isis enable 1
#
oam-mgr
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
user-interface vty 16 20
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
#
mpls ldp
#
aaa
 authentication-scheme default
 #
 authorization-scheme default
 #
 accounting-scheme default
 #
 domain default
 #
#
isis 1
 network-entity 10.0000.0000.0002.00
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/1
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.3.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack0
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
 isis enable 1
#
oam-mgr
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
user-interface vty 16 20
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
  lsp-trigger all
#
mpls ldp
#
aaa
 authentication-scheme default
 #
 authorization-scheme default
 #
 accounting-scheme default
 #
 domain default
 #
#
isis 1
 network-entity 10.0000.0000.0003.00
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.4.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/1
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.2.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos1/0/2
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.3.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack0
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
 isis enable 1
#
oam-mgr
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
user-interface vty 16 20
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.9
 mpls
#
mpls ldp
#
aaa
 authentication-scheme default
 #
 authorization-scheme default
 #
 accounting-scheme default
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 #
 domain default
 #
#
isis 1
 network-entity 10.0000.0000.0004.00
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.4.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface NULL0
#
interface LoopBack0
 ip address 4.4.4.9 255.255.255.255
 isis enable 1
#
oam-mgr
#
user-interface con 0
user-interface vty 0 4
user-interface vty 16 20
#
return
```

2.15.13 配置 LDP 和 IGP 同步示例

介绍配置 LDP 和 IGP 同步的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS、MPLS LDP，以及在主备链路的分叉节点和主链路上的 LDP 邻居节点之间的链路两端接口上进行相关配置。

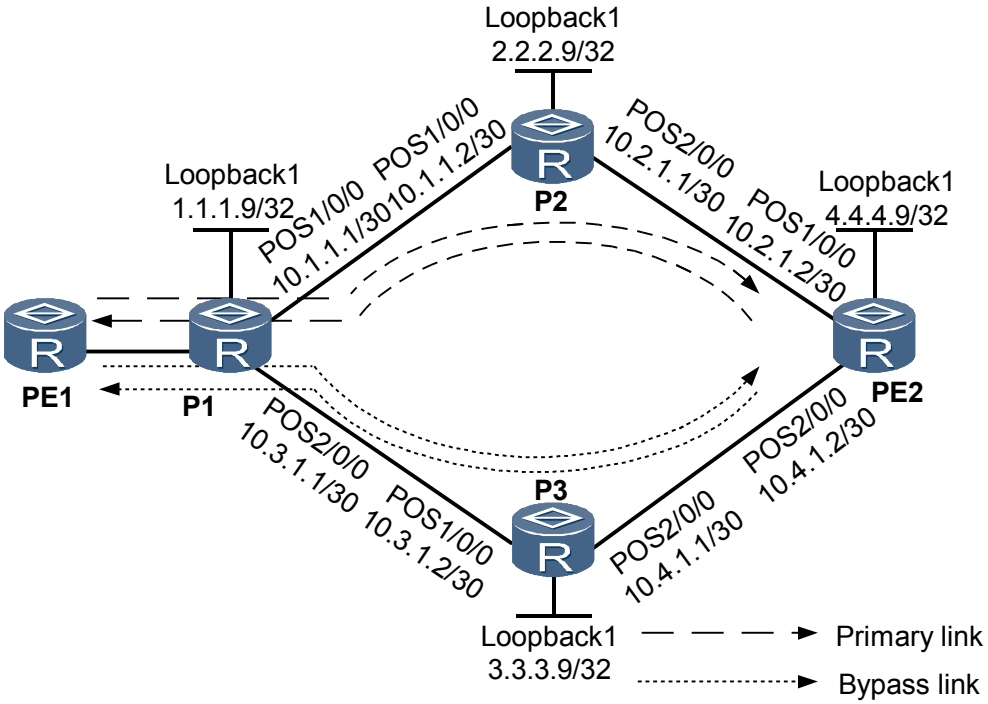
组网需求

如图 2-14 所示，在 PE1 到 PE2 之间建立两条链路，PE1－>P1－>P2－>PE2 为主链路，PE1－>P1－>P3－>PE2 为备份链路。

在主备链路的分叉节点 P1 和主链路上的 LDP 邻居节点 P2 之间的链路两端接口上配置 LDP 和 IGP 同步功能。当主链路故障后恢复时，能够缩短流量从备份链路切换到主链路的时间间隔，将该中断时间控制在毫秒级。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

图 2-14 配置 LDP 和 IGP 同步组网图



配置思路

采用如下的思路实现 LDP 和 IGP 同步：

1. 在相邻节点之间及 P1 到 PE2 之间建立 LDP 会话。
2. 在主备链路的分叉节点 P1 和主链路上的 LDP 邻居节点 P2 之间的链路两端接口上使能 LDP 和 IGP 同步功能。
3. 在主备链路的分叉节点 P1 和主链路上的 LDP 邻居节点 P2 之间的链路两端接口上设置定时器 hold-down、hold-max-cost 和 delay 的值。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点接口的 IP 地址如图 2-14，OSPF 进程号，所在的区域
- 定时器 hold-down、hold-max-cost 和 delay 的值

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

按照图 2-14 配置各接口 IP 地址和掩码，包括 Loopback 接口，并使用 OSPF 协议通告各接口所连网段和 LSR ID 主机路由，具体配置过程略。

其中 PE1－>P1－>P2－>PE2 为主链路，PE1－>P1－>P3－>PE2 为备份链路，P1 的接口 POS2/0/0 的 cost 值为 1000。

版权所有 © 华为技术有限公司

上述配置完成后，在各节点上执行 **display ip routing-table** 命令，可以看到相互之间都学到了到达彼此的路由，且 P1 的路由的出接口为 POS1/0/0。以 P1 的显示为例：

```
<P1> display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 14        Routes : 14

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost      Flags NextHop         Interface

        1.1.1.9/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
        2.2.2.9/32  OSPF    10   2           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
        3.3.3.9/32  OSPF    10   4           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
        4.4.4.9/32  OSPF    10   3           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
       10.1.1.0/30  Direct  0    0           D   10.1.1.1        Pos1/0/0
       10.1.1.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
       10.1.1.2/32  Direct  0    0           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
       10.2.1.0/30  OSPF    10   2           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
       10.3.1.0/30  Direct  0    0           D   10.3.1.1        Pos2/0/0
       10.3.1.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
       10.3.1.2/32  Direct  0    0           D   10.3.1.2        Pos2/0/0
       10.4.1.0/30  OSPF    10   3           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
      127.0.0.0/20  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
      127.0.0.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
```

步骤 2 使能各节点全局和各接口的 MPLS 和 MPLS LDP

配置 P1。

```
<P1> system-view
[P1] mpls lsr-id 1.1.1.9
[P1] mpls
[P1-mpls] quit
[P1] mpls ldp
[P1-mpls-ldp] quit
[P1] interface pos 1/0/0
[P1-Pos1/0/0] mpls
[P1-Pos1/0/0] mpls ldp
[P1-Pos1/0/0] quit
[P1] interface pos 2/0/0
[P1-Pos2/0/0] mpls
[P1-Pos2/0/0] mpls ldp
[P1-Pos2/0/0] quit
```

配置 P2。

```
<P2> system-view
[P2] mpls lsr-id 2.2.2.9
[P2] mpls
[P2-mpls] quit
[P2] mpls ldp
[P2-mpls-ldp] quit
[P2] interface pos 1/0/0
[P2-Pos1/0/0] mpls
[P2-Pos1/0/0] mpls ldp
[P2-Pos1/0/0] quit
[P2] interface pos 2/0/0
[P2-Pos2/0/0] mpls
[P2-Pos2/0/0] mpls ldp
[P2-Pos2/0/0] quit
```

配置 P3。

```
<P3> system-view
[P3] mpls lsr-id 3.3.3.9
[P3] mpls
[P3-mpls] quit
[P3] mpls ldp
[P3-mpls-ldp] quit
[P3] interface pos 1/0/0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[P3-Pos1/0/0] mpls
[P3-Pos1/0/0] mpls ldp
[P3-Pos1/0/0] quit
[P3] interface pos 2/0/0
[P3-Pos2/0/0] mpls
[P3-Pos2/0/0] mpls ldp
[P3-Pos2/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
<PE2> system-view
[PE2] mpls lsr-id 4.4.4.9
[PE2] mpls
[PE2-mpls] quit
[PE2] mpls ldp
[PE2-mpls-ldp] quit
[PE2] interface pos 1/0/0
[PE2-Pos1/0/0] mpls
[PE2-Pos1/0/0] mpls ldp
[PE2-Pos1/0/0] quit
[PE2] interface pos 2/0/0
[PE2-Pos2/0/0] mpls
[PE2-Pos2/0/0] mpls ldp
[PE2-Pos2/0/0] quit
```

上述配置完成后，相邻节点之间应该建立起 LDP 会话。在各节点上执行 **display mpls ldp session** 命令可以看到显示结果中 Status 项为“Operational”。以 P1 的显示为例：

```
<P1> display mpls ldp session
 LDP Session(s) in Public Network
 Codes: LAM(Label Advertisement Mode), SsnAge Unit(DDDD:HH:MM)
 A '*' before a session means the session is being deleted.
 ------------------------------------------------------------------------------
 PeerID            Status      LAM  SsnRole  SsnAge      KASent/Rcv
 ------------------------------------------------------------------------------
 2.2.2.9:0         Operational DU   Passive  0000:00:56  227/227
 3.3.3.9:0         Operational DU   Passive  0000:00:56  227/227
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 2 session(s) Found.
```

步骤 3 在主备链路的分叉节点 P1 和主链路上的 LDP 邻居节点 P2 之间的链路两端接口上使能 LDP 和 IGP 同步功能

配置 P1。

```
<P1> system-view
[P1] interface pos 1/0/0
[P1-Pos1/0/0] ospf ldp-sync
[P1-Pos1/0/0] quit
```

配置 P2。

```
<P2> system-view
[P2] interface pos 1/0/0
[P2-Pos1/0/0] ospf ldp-sync
[P2-Pos1/0/0] quit
```

步骤 4 在主备链路的分叉节点 P1 和主链路上的 LDP 邻居节点 P2 之间的链路两端接口上配置定时器 hold-down 的值

配置 P1。

```
<P1> system-view
[P1] interface pos 1/0/0
[P1-Pos1/0/0] ospf timer ldp-sync hold-down 8
[P1-Pos1/0/0] quit
```

配置 P2。

版权所有 © 华为技术有限公司

```
<P2> system-view
[P2] interface pos 1/0/0
[P2-Pos1/0/0] ospf timer ldp-sync hold-down 8
[P2-Pos1/0/0] quit
```

步骤 5 在主备链路的分叉节点 P1 和主链路上的 LDP 邻居节点 P2 之间的链路两端接口上配置定时器 hold-max-cost 的值

配置 P1。

```
<P1> system-view
[P1] interface pos 1/0/0
[P1-Pos1/0/0] ospf timer ldp-sync hold-max-cost 9
[P1-Pos1/0/0] quit
```

配置 P2。

```
<P2> system-view
[P2] interface pos 1/0/0
[P2-Pos1/0/0] ospf timer ldp-sync hold-max-cost 9
[P2-Pos1/0/0] quit
```

步骤 6 在主备链路的分叉节点 P1 和主链路上的 LDP 邻居节点 P2 之间的链路两端接口上配置定时器 delay 的值

配置 P1。

```
<P1> system-view
[P1] interface pos 1/0/0
[P1-Pos1/0/0] mpls ldp timer igp-sync-delay 6
[P1-Pos1/0/0] quit
```

配置 P2。

```
<P2> system-view
[P2] interface pos 1/0/0
[P2-Pos1/0/0] mpls ldp timer igp-sync-delay 6
[P2-Pos1/0/0] quit
```

步骤 7 检查配置结果

上述配置完成后，在 P1 节点上执行 **display ospf ldp-sync** 命令，可以看到接口状态为“Sync-Achieved”。

```
<P1> display ospf ldp-sync interface Pos 1/0/0
Interface Pos1/0/0
HoldDown Timer: 8          HoldMaxCost Timer: 9
LDP State: Up              OSPF Sync State: Sync-Achieved
```

----结束

配置文件

- P1 的配置文件

```
#
 sysname P1
#
mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 ospf ldp-sync
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ospf timer ldp-sync hold-down 8
 ospf timer ldp-sync hold-max-cost 9
 mpls
 mpls ldp
 mpls ldp timer igp-sync-delay 6
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.3.1.1 255.255.255.252
 ospf cost 1000
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 10.3.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- P2 的配置文件

```
#
 sysname P2
#
 mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 ospf ldp-sync
 ospf timer ldp-sync hold-down 8
 ospf timer ldp-sync hold-max-cost 9
 mpls
 mpls ldp
 mpls ldp timer igp-sync-delay 6
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- P3 的配置文件

```
#
 sysname P3
#
mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
#
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.3.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.4.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  network 10.3.1.0 0.0.0.3
  network 10.4.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
mpls lsr-id 4.4.4.9
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
 ip address 10.4.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.9 255.255.255.255
#
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 4.4.4.9 0.0.0.0
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
  network 10.4.1.0 0.0.0.3
#
return
```

2.15.14 配置 LDP 和静态路由同步示例

LDP 和静态路由同步功能主要用来解决依赖静态路由建立的 LSP 存在主备链路的组网中，主链路正切和回切过程中导致的 MPLS 流量丢失问题。

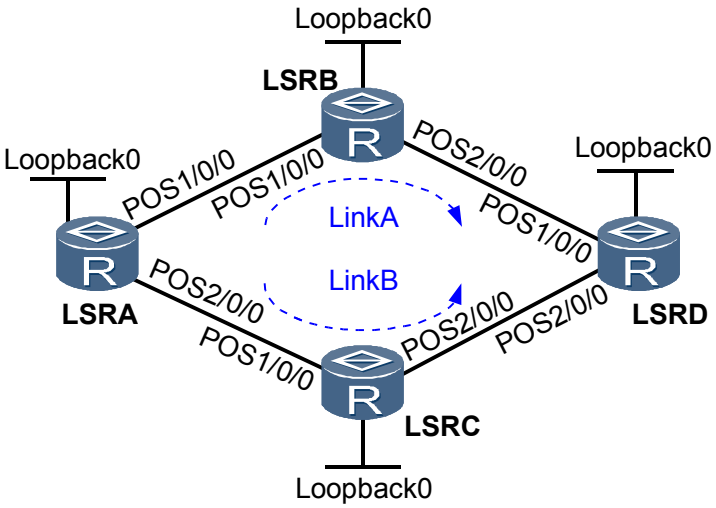
华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

组网需求

在存在主备 LSP 的 MPLS 组网中，LSR 之间依靠静态路由建立 LSP，当主链路的 LDP 会话故障（非链路故障导致）时，或者主链路故障后再恢复时，由于静态路由和 LDP 的不同步，都会导致 MPLS 流量的中断（短时中断）。

如图 2-15 所示，LSRA 有分别经过 LSRB 和 LSRC 到 LSRD 的静态路由，并基于静态路由建立了 LDP 会话，其中 LinkA 为主用链路，LinkB 为备用链路。现通过配置 LDP 和静态路由同步功能，使得 LinkA 上的 LDP 会话中断或者 LinkA 发生故障再恢复的情况下，保证 MPLS 流量不中断。

图 2-15 配置 LDP 和静态路由同步组网图



Device	接口	IP 地址	Device	接口	IP 地址
LSRA	POS 1/0/0	10.1.1.1/30	LSRC	POS 1/0/0	20.1.1.2/30
	POS 2/0/0	20.1.1.1/30		POS 2/0/0	40.1.1.2/30
	Loopback0	1.1.1.1/32		Loopback0	3.3.3.3/32
LSRB	POS 1/0/0	10.1.1.2/30	LSRD	POS 1/0/0	30.1.1.2/30
	POS 2/0/0	30.1.1.1/30		POS 2/0/0	40.1.1.2/30
	Loopback0	2.2.2.2/32		Loopback0	4.4.4.4/32

配置思路

采用如下的思路配置 LDP 和静态路由同步：

1. 各 LSR 上配置到其他 LSR 的静态路由，使网络互通。
2. LSR 的全局及接口下使能 MPLS、MPLS LDP 能力。
3. 使能 LDP 和静态路由同步能力，并检查配置结果。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

版权所有 © 华为技术有限公司

- LSR 各接口的 IP 地址。
- LSR 的 MPLS LSR-ID。
- hold-down 定时器的值。

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

根据图 2-15 配置各接口的 IP 地址，具体配置过程略。

步骤 2 在各节点上配置静态路由，使网络互通

LSRA 上配置到 LSRD 的两条优先级不同的静态路由，同时 LSRD 上也相应配置到 LSRA 的两条优先级不同的静态路由。

配置 LSRA。

```
[LSRA] ip route-static 2.2.2.2 32 pos1/0/0
[LSRA] ip route-static 3.3.3.3 32 pos2/0/0
[LSRA] ip route-static 30.1.1.1 30 pos1/0/0
[LSRA] ip route-static 40.1.1.1 30 pos2/0/0
[LSRA] ip route-static 4.4.4.4 32 pos1/0/0 preference 40
[LSRA] ip route-static 4.4.4.4 32 pos2/0/0 preference 60
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] ip route-static 1.1.1.1 32 pos1/0/0
[LSRB] ip route-static 4.4.4.4 32 pos2/0/0
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] ip route-static 1.1.1.1 32 pos1/0/0
[LSRC] ip route-static 4.4.4.4 32 pos2/0/0
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] ip route-static 2.2.2.2 32 pos1/0/0
[LSRD] ip route-static 3.3.3.3 32 pos2/0/0
[LSRD] ip route-static 10.1.1.2 30 pos1/0/0
[LSRD] ip route-static 20.1.1.2 30 pos2/0/0
[LSRD] ip route-static 1.1.1.1 32 pos1/0/0 preference 40
[LSRD] ip route-static 1.1.1.1 32 pos2/0/0 preference 60
```

配置完成后，在各节点上执行 **display ip routing-table protocol static** 命令可以查看到配置的静态路由。以 LSRA 为例：

```
[LSRA] display ip routing-table protocol static
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Public routing table : Static
         Destinations : 5        Routes : 6        Configured Routes : 6

Static routing table status : <Active>
         Destinations : 5        Routes : 5

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost      Flags NextHop         Interface

        2.2.2.2/32  Static  60   0           D   10.1.1.1        Pos1/0/0
        3.3.3.3/32  Static  60   0           D   20.1.1.1        Pos2/0/0
        4.4.4.4/32  Static  40   0           D   10.1.1.1        Pos1/0/0
       30.1.1.0/30  Static  60   0           D   10.1.1.1        Pos1/0/0
       40.1.1.0/30  Static  60   0           D   20.1.1.1        Pos2/0/0

Static routing table status : <Inactive>
         Destinations : 1        Routes : 1
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
Destination/Mask    Proto   Pre  Cost      Flags NextHop         Interface

        4.4.4.4/32  Static  60   0                 20.1.1.1        Pos2/0/0
```

步骤 3 在各 LSR 上使能 MPLS LDP 能力，建立 LDP LSP

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] quit
[LSRA] interface pos1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRA-Pos1/0/0] quit
[LSRA] interface pos2/0/0
[LSRA-Pos2/0/0] mpls
[LSRA-Pos2/0/0] mpls ldp
[LSRA-Pos2/0/0] quit
```

LSRB、LSRC 和 LSRD 的配置与 LSRA 类似，具体配置过程请参见配置文件。

在各节点上执行 **display mpls ldp session** 命令可以看到 LDP Session 已经建立（状态为 **Operational**）。以 LSRA 为例：

```
[LSRA] display mpls ldp session
 LDP Session(s) in Public Network
 Codes: LAM(Label Advertisement Mode), SsnAge Unit(DDDD:HH:MM)
 A '*' before a session means the session is being deleted.
 ------------------------------------------------------------------------------
 PeerID            Status      LAM  SsnRole  SsnAge      KASent/Rcv
 ------------------------------------------------------------------------------
 2.2.2.2:0         Operational DU   Passive  0000:00:00  1/1
 3.3.3.3:0         Operational DU   Passive  0000:00:02  12/12
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 2 session(s) Found.
```

步骤 4 在 LSRA 和 LSRD 上分别配置 LDP 和静态路由同步功能

配置 LSRA。

```
[LSRA] ip route-static 4.4.4.4 32 pos1/0/0 ldp-sync
[LSRA] interface pos1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] static-route timer ldp-sync hold-down 20
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] ip route-static 1.1.1.1 32 pos1/0/0 ldp-sync
[LSRD] interface pos1/0/0
[LSRD-Pos1/0/0] static-route timer ldp-sync hold-down 20
[LSRD-Pos1/0/0] quit
```

步骤 5 检查配置结果

在 LSRA 上查看使能了 LDP 和静态路由同步功能的静态路由出接口的状态信息。

```
[LSRA] display static-route ldp-sync
Total number of routes enable Ldp-Sync: 1
-------------------------------------------------
Interface Pos1/0/0
Enable ldp-sync static routes number: 1
Static-route ldp-sync holddown timer: 20s
Sync state: Normal
Dest = 4.4.4.4, Mask = 32, NextHop = 10.1.1.1.
-------------------------------------------------
```


版权所有 © 华为技术有限公司

可以看到，LDP 和静态路由同步功能已经配置（状态为 **Normal**）。

- 当主链路的 LDP 会话中断时，为了保证静态路由与 LSP 的同步，流量立即切换到备份链路(LinkB)来保证流量不中断。
- 当主链路(LinkA)发生故障再恢复时，下一跳为 10.1.1.1 的静态路由并不会马上被优选。只有等到 hold-down 定时器超时（20 秒），主链路的 LDP 会话建立后，才会看到下一跳为 10.1.1.1 的静态路由活跃，达到静态路由和 LDP 的同步，从而保证 MPLS 流量不中断。

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 static-route timer ldp-sync hold-down 20
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 20.1.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface loopback0
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
 ip route-static 2.2.2.2 255.255.255.255 Pos1/0/0
 ip route-static 3.3.3.3 255.255.255.255 Pos2/0/0
 ip route-static 4.4.4.4 255.255.255.255 Pos1/0/0 preference 40 ldp-sync
 ip route-static 4.4.4.4 255.255.255.255 Pos2/0/0 preference 60
 ip route-static 30.1.1.0 255.255.255.252 Pos1/0/0
 ip route-static 40.1.1.0 255.255.255.252 Pos2/0/0
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 30.1.1.1 255.255.255.252
 mpls
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls ldp
#
interface loopback0
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
 ip route-static 1.1.1.1 255.255.255.255 Pos1/0/0
 ip route-static 4.4.4.4 255.255.255.255 Pos2/0/0
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 20.1.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 40.1.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface loopback0
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
 ip route-static 1.1.1.1 255.255.255.255 Pos1/0/0
 ip route-static 4.4.4.4 255.255.255.255 Pos2/0/0
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
#
mpls ldp
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 30.1.1.2 255.255.255.252
 static-route timer ldp-sync hold-down 20
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 40.1.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls ldp
#
interface loopback0
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
#
 ip route-static 1.1.1.1 255.255.255.255 Pos1/0/0 preference 40 ldp-sync
 ip route-static 1.1.1.1 255.255.255.255 Pos2/0/0 preference 60
 ip route-static 2.2.2.2 255.255.255.255 Pos1/0/0
 ip route-static 3.3.3.3 255.255.255.255 Pos2/0/0
 ip route-static 10.1.1.0 255.255.255.252 Pos1/0/0
 ip route-static 20.1.1.0 255.255.255.252 Pos2/0/0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
return
```

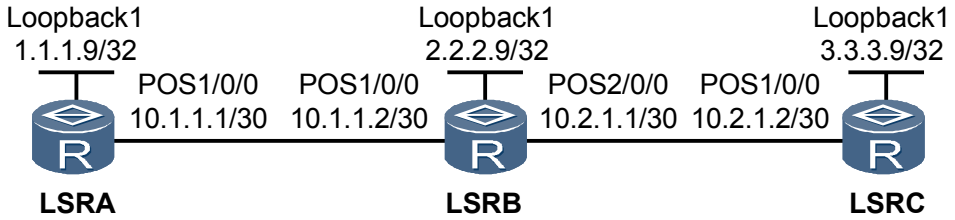
2.15.15 配置 LDP GTSM 示例

介绍配置 LDP GTSM 的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS、MPLS LDP，以及在 LDP 对等体两节点上进行 LDP GTSM 配置。

组网需求

如图 2-16 所示。各节点间运行 MPLS 和 MPLS LDP 协议，在 LSRB 上启用 GTSM 保护功能。

图 2-16 配置 LDP GTSM 组网图



配置思路

采用如下思路配置 LDP GTSM 功能：

1. 配置 MPLS 和 MPLS LDP 基本功能
2. 在 LDP 对等体两端节点上配置 GTSM 功能

数据准备

为完成此配置示例，需要准备如下数据：

- LDP 对等体的 LSR ID
- GTSM 功能允许的最大有效跳数

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址（略）

步骤 2 配置 OSPF 协议发布各节点接口所连网段和 LSR ID 的主机路由（略）

步骤 3 配置各节点和接口的 MPLS 和 MPLS LDP 能力（略）

完成上述配置后，在各节点上执行 display mpls ldp session 命令，可以看到 LDP 会话的建立情况。以 LSRA 的显示为例：

```
<LSRA> display mpls ldp session
 LDP Session(s) in Public Network
 Codes: LAM(Label Advertisement Mode), SsnAge Unit(DDDD:HH:MM)
 A '*' before a session means the session is being deleted.
 ------------------------------------------------------------------------------
 PeerID            Status      LAM  SsnRole  SsnAge       KASent/Rcv
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
--------------------------------------------------------------------------------
2.2.2.9:0          Operational DU   Passive  0000:00:02  9/9
--------------------------------------------------------------------------------
TOTAL: 1 session(s) Found.
```

步骤 4 配置 LDP GTSM

在 LSRA 上配置：LSRB 发送给 LSRA 的 LDP 报文的有效 TTL 范围是 253 到 255。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] gtsm peer 2.2.2.9 valid-ttl-hops 3
```

在 LSRB 上配置：LSRA 发送给 LSRB 的 LDP 报文的有效 TTL 范围是 252 到 255；LSRC 发送给 LSRB 的 LDP 报文的有效 TTL 范围是 251 到 255。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] gtsm peer 1.1.1.9 valid-ttl-hops 4
[LSRB-mpls-ldp] gtsm peer 3.3.3.9 valid-ttl-hops 5
```

在 LSRC 上配置：LSRB 发送给 LSRC 的 LDP 报文的有效 TTL 范围是 250 到 255。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] mpls ldp
[LSRC-mpls-ldp] gtsm peer 2.2.2.9 valid-ttl-hops 6
```

此时如果主机 PC 模拟 LSRA 的 LDP 协议报文对 LSRB 进行攻击，由于该报文到达 LSRB 时，TTL 值不在 252 ～ 255 范围内，所以被丢弃。在 LSRB 的 GTSM 统计信息中丢弃的报文数也会相应的增加。

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
#
mpls ldp
gtsm peer 2.2.2.9 valid-ttl-hops 3
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
ospf 1
area 0.0.0.0
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.9
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls
#
mpls ldp
gtsm peer 1.1.1.9 valid-ttl-hops 4
gtsm peer 3.3.3.9 valid-ttl-hops 5
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 1
area 0.0.0.0
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
#
mpls ldp
gtsm peer 2.2.2.9 valid-ttl-hops 6
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
ospf 1
area 0.0.0.0
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
#
return
```

2.15.16 配置 LDP GR 示例

介绍配置 LDP GR 的配置过程，包括在各设备以及各接口使能 MPLS、MPLS LDP，以及在 GR Restarter 及其邻居节点分别使能 LDP GR。

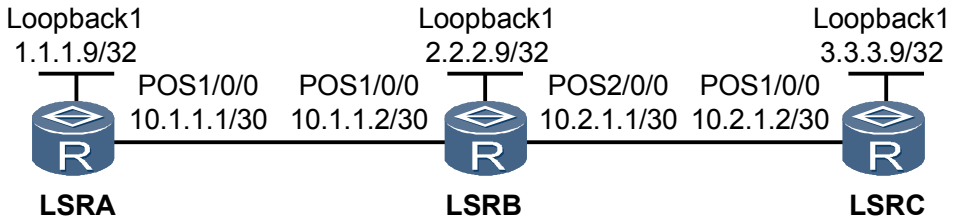
组网需求

如图 2-17 所示。节点 LSRA、LSRB 和 LSRC 都为双主控设备。3 个节点属于同一 OSPF 域，通过 OSPF 协议实现网络互连，并提供 GR 机制。

版权所有 © 华为技术有限公司

在 LSRA、LSRB 和 LSRC 之间建立 LDP 会话，当 LSRB 的主板发生故障并切换时，通过 LDP GR 机制与邻居节点进行同步。

图 2-17 配置 LDP GR 组网图



配置思路

采用如下思路配置 LDP GR：

1. 配置各节点接口的 IP 地址及作为 LSR ID 的 Loopback 地址，并用 OSPF 协议通告各接口所连网段和 LSR ID 主机路由。
2. 在各节点上配置 OSPF GR 功能。
3. 全局使能各节点的 MPLS 和 MPLS LDP。
4. 使能各接口的 MPLS 和 MPLS LDP。
5. 在 LSRB 上配置 LDP 会话协商过程中的参数。
6. 在各节点上使能 MPLS LDP 协议的 GR 能力。
7. 在 LSRB 上配置 MPLS LDP 协议的 GR 会话和邻居参数。

数据准备

为完成此配置示例，需要准备如下数据：

- 各节点接口的 IP 地址如图 2-17，OSPF 进程号，所在的区域
- OSPF GR 的时间间隔
- LDP 会话容错重连接时间（本例采用缺省值 300 秒）
- LDP 会话邻居存活时间（本例采用缺省值 600 秒）
- LSP 会话恢复时间（本例采用缺省值 300 秒）

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址（略）

步骤 2 配置 OSPF 协议发布各节点接口所连网段和 LSR ID 的主机路由（略）

步骤 3 配置 OSPF GR 功能

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] ospf 1
[LSRA-ospf-1] opaque-capability enable
[LSRA-ospf-1] graceful-restart
[LSRA-ospf-1] quit
```


版权所有 © 华为技术有限公司

配置 LSRB。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] ospf 1
[LSRB-ospf-1] opaque-capability enable
[LSRB-ospf-1] graceful-restart
[LSRB-ospf-1] quit
```

配置 LSRC。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] ospf 1
[LSRC-ospf-1] opaque-capability enable
[LSRC-ospf-1] graceful-restart
[LSRC-ospf-1] quit
```

步骤 4 配置各节点全局的 MPLS 和 MPLS LDP 能力

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] quit
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] quit
[LSRC] mpls ldp
[LSRC-mpls-ldp] quit
```

步骤 5 配置各接口的 MPLS 和 MPLS LDP 能力

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] mpls
[LSRB-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/0] quit
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] mpls
[LSRB-Pos2/0/0] mpls ldp
[LSRB-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] mpls
[LSRC-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRC-Pos1/0/0] quit
```

完成上述配置后，LSRA 和 LSRB、LSRB 和 LSRC 之间的本地 LDP 会话建立成功。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

在各节点上执行 **display mpls ldp session** 命令，可以看到 LDP 会话的建立情况。以 LSRA 的显示为例：

```
[LSRA] display mpls ldp session
 LDP Session(s) in Public Network
 Codes: LAM(Label Advertisement Mode), SsnAge Unit(DDDD:HH:MM)
 A '*' before a session means the session is being deleted.
 ------------------------------------------------------------------------------
 PeerID            Status      LAM  SsnRole  SsnAge      KASent/Rcv
 ------------------------------------------------------------------------------
 2.2.2.9:0         Operational DU   Passive   000:00:02  9/9
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 1 session(s) Found.
```

步骤 6 配置 LDP GR 功能

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] graceful-restart
Warning: All the related sessions will be deleted if the operation is performed
!Continue? (y/n)y
[LSRA-mpls-ldp] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] graceful-restart
Warning: All the related sessions will be deleted if the operation is performed
!Continue? (y/n)y
[LSRB-mpls-ldp] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] mpls ldp
[LSRC-mpls-ldp] graceful-restart
Warning: All the related sessions will be deleted if the operation is performed
!Continue? (y/n)y
[LSRC-mpls-ldp] quit
```

步骤 7 在 GR 重启节点配置 LDP GR 的相关参数

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] graceful-restart timer reconnect 300
Warning: All the related sessions will be deleted if the operation is performed
!Continue? (y/n)y
[LSRB-mpls-ldp] graceful-restart timer neighbor-liveness 600
Warning: All the related sessions will be deleted if the operation is performed
!Continue? (y/n)y
[LSRB-mpls-ldp] graceful-restart timer recovery 300
Warning: All the related sessions will be deleted if the operation is performed
!Continue? (y/n)y
[LSRB-mpls-ldp] quit
```

步骤 8 检查配置结果

完成上述配置后，在 LSR 上执行 **display mpls ldp session verbose** 命令，可以看到“Session FT Flag”字段的值为“On”。以 LSRA 的显示为例。

```
[LSRA]display mpls ldp session verbose
 LDP Session(s) in Public Network
 ------------------------------------------------------------------------------
 Peer LDP ID      : 2.2.2.9:0             Local LDP ID    : 1.1.1.9:0
 TCP Connection   : 1.1.1.9 <- 2.2.2.9
 Session State    : Operational           Session Role    : Passive
 Session FT Flag  : On                    MD5 Flag        : Off
 Reconnect Timer  : 300 Sec               Recovery Timer  : 300 Sec
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 Keychain Name    : ---

 Negotiated Keepalive Hold Timer   : 45 Sec
 Configured Keepalive Send Timer   : 3 Sec
 Keepalive Message Sent/Rcvd       : 1/1 (Message Count)
 Label Advertisement Mode          : Downstream Unsolicited
 Label Resource Status(Peer/Local) : Available/Available
 Session Age                       : 0000:00:00 (DDDD:HH:MM)
 Session Deletion Status           : No

Capability:
 Capability-Announcement           : Off

Outbound&Inbound Policies applied  : NULL

Addresses received from peer: (Count: 3)
 10.1.1.2            10.2.1.1             2.2.2.9

 ------------------------------------------------------------------------------
```

或者在 LSR 上执行 **display mpls ldp peer verbose** 命令，可以看到“Peer FT Flag”字段的值为“On”。以 LSRA 的显示为例。

```
[LSRA]display mpls ldp peer verbose
 LDP Peer Information in Public network
 ------------------------------------------------------------------------------
 Peer LDP ID         : 2.2.2.9:0
 Peer Max PDU Length : 4096          Peer Transport Address   : 2.2.2.9
 Peer Loop Detection : Off           Peer Path Vector Limit   : ----
 Peer FT Flag        : On            Peer Keepalive Timer     : 45 Sec
 Recovery Timer      : 300 Sec       Reconnect Timer          : 300 Sec
 Peer Type           : Local

 Peer Label Advertisement Mode : Downstream Unsolicited
 Peer Discovery Source         : Pos1/0/0
 Peer Deletion Status          : No
 Capability-Announcement       : Off
 ------------------------------------------------------------------------------
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
#
mpls ldp
 graceful-restart
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
ospf 1
opaque-capability enable
 graceful-restart
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
#
mpls ldp
 graceful-restart
 graceful-restart timer reconnect 300
 graceful-restart timer neighbor-liveness 600
 graceful-restart timer recovery 300
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 1
opaque-capability enable
 graceful-restart
area 0.0.0.0
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
#
mpls ldp
 graceful-restart
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 undo shutdown
ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
ospf 1
opaque-capability enable
 graceful-restart
area 0.0.0.0
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  network 10.2.1.0 0.0.0.3
```


版权所有 © 华为技术有限公司

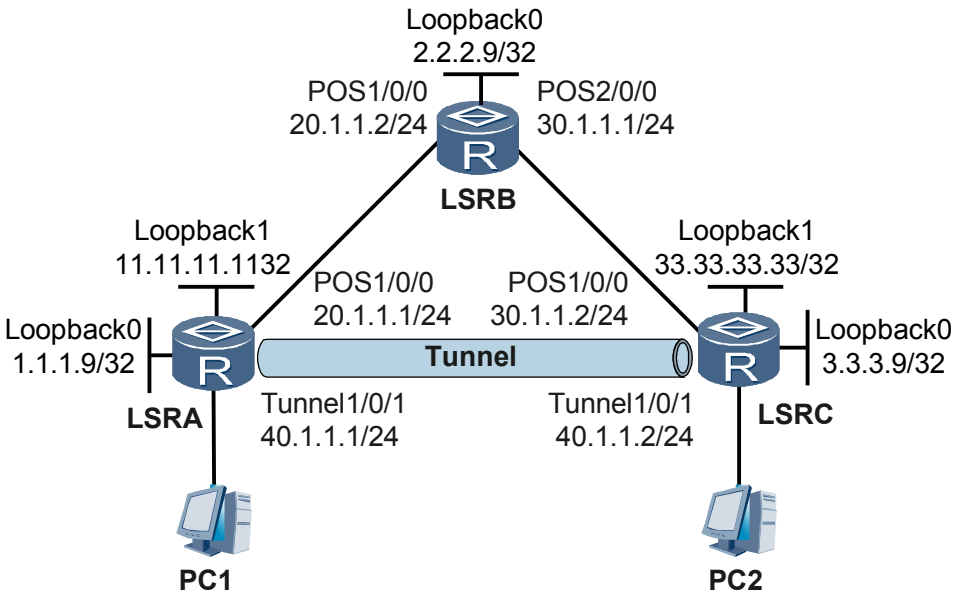
```
#
Return
```

2.15.17 配置 LDP over GRE 示例

组网需求

如图 2-18，LSRA、LSRB、LSRC 属于 VPN 骨干网，它们之间运行 IS-IS 协议。LSRA 和 LSRC 之间使用三层隧道协议 GRE，实现 PC1 和 PC2 互联。为了给 L2VPN 提供服务，需要在 LSRA 和 LSRC 之间建立一条跨越 GRE 隧道的 LDP LSP，实现 LDP over GRE。

图 2-18 配置 LDP over GRE 组网图



配置思路

配置 LDP over GRE 的思路如下：

1. 配置各节点的接口 IP 地址及 Loopback 地址，并配置 IGP 协议发布路由。
2. 配置 MPLS 基本功能。
3. 在 LSRA 和 LSRC 上创建 Tunnel 接口，指定 Tunnel 的源地址和目的地址。
4. 在 Tunnel 接口使能 MPLS LDP。

说明

配置过程中，采用 Loopback0 的地址作为 LSR ID，即 LDP 采用 Loopback0 建立会话。GRE 的 Tunnel 接口需要配置 IP 地址，并采用 Loopback1 的地址作为源地址和目的地址。GRE 的源和目的地址以及物理接口使用同一个 IGP 协议发布，Loopback0 的地址和 Tunnel 接口地址使用另一个 IGP 协议或静态路由发布（静态路由需要指定 Tunnel 接口为出接口）。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- GRE 隧道两端的源地址、目的地址、Tunnel 接口 IP 地址

操作步骤

步骤 1 配置各接口 IP 地址

按照图 2-18 配置各接口的 IP 地址，包括 LSRA 和 LSRC 的 Loopback0 和 Loopback1 的地址。具体配置过程略。

步骤 2 配置 IS-IS 协议发布路由

配置 LSRA。

```
[LSRA] isis 1
[LSRA-isis-1] network-entity 10.0000.0000.0001.00
[LSRA-isis-1] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] isis 1
[LSRB-isis-1] network-entity 10.0000.0000.0002.00
[LSRB-isis-1] quit
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRB-Pos1/0/0] quit
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] isis enable 1
[LSRB-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] isis 1
[LSRC-isis-1] network-entity 10.0000.0000.0003.00
[LSRC-isis-1] quit
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRC-Pos1/0/0] quit
```

步骤 3 在 LSRA 和 LSRC 上使能全局的 MPLS 和 MPLS LDP 能力

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] quit
```

配置 LSRC。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] quit
[LSRC] mpls ldp
[LSRC-mpls-ldp] quit
```

步骤 4 配置 Tunnel 接口

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface loopback1
[LSRA-LoopBack1] target-board 1
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRA-LoopBack1] binding tunnel gre
[LSRA-LoopBack1] isis enable 1
[LSRA-LoopBack1] quit
[LSRA] interface tunnel 1/0/1
[LSRA-Tunnel1/0/1] tunnel-protocol gre
[LSRA-Tunnel1/0/1] ip address 40.1.1.1 255.255.255.0
[LSRA-Tunnel1/0/1] source loopback1
[LSRA-Tunnel1/0/1] destination 33.33.33.33
[LSRA-Tunnel1/0/1] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] interface loopback1
[LSRC-LoopBack1] target-board 1
[LSRC-LoopBack1] binding tunnel gre
[LSRC-LoopBack1] isis enable 1
[LSRC-LoopBack1] quit
[LSRC] interface tunnel 1/0/1
[LSRC-Tunnel1/0/1] tunnel-protocol gre
[LSRC-Tunnel1/0/1] ip address 40.1.1.2 255.255.255.0
[LSRC-Tunnel1/0/1] source loopback1
[LSRC-Tunnel1/0/1] destination 11.11.11.11
[LSRC-Tunnel1/0/1] quit
```

步骤 5 配置使用的 OSPF 协议发布路由

配置 LSRA。

```
[LSRA] ospf 1
[LSRA-ospf-1] area 0
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 40.1.1.0 0.0.0.255
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 1.1.1.9 0.0.0.0
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[LSRA-ospf-1] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] ospf 1
[LSRC-ospf-1] area 0
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 40.1.1.0 0.0.0.255
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 3.3.3.9 0.0.0.0
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[LSRC-ospf-1] quit
```

步骤 6 使能 Tunnel 接口的 MPLS LDP 能力

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface tunnel 1/0/1
[LSRA-Tunnel1/0/1] mpls
[LSRA-Tunnel1/0/1] mpls ldp
[LSRA-Tunnel1/0/1] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] interface tunnel 1/0/1
[LSRC-Tunnel1/0/1] mpls
[LSRC-Tunnel1/0/1] mpls ldp
[LSRC-Tunnel1/0/1] quit
```

步骤 7 检查配置结果

配置完成后，在 LSRA 上执行 **display mpls lsp** 命令，可以看到 LSRA 到 LSRC 之间有出接口为 Tunnel1/0/1 的 LDP LSP。

```
[LSRA] display mpls lsp include 3.3.3.9 32
------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------------
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
FEC                 In/Out Label  In/Out IF                    Vrf Name
3.3.3.9/32          NULL/3        -/Tun1/0/1
3.3.3.9/32          1028/3        -/Tun1/0/1
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
#
mpls ldp
#
isis 1
 network-entity 10.0000.0000.0001.00
#
interface Pos1/0/0
link-protocol ppp
undo shutdown
ip address 20.1.1.1 255.255.255.0
isis enable 1
mpls
mpls ldp
#
interface LoopBack0
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
interface LoopBack1
 ip address 11.11.11.11 255.255.255.255
 target-board 1
 binding tunnel gre
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/1
 ip address 40.1.1.1 255.255.255.0
 tunnel-protocol gre
 source LoopBack1
 destination 33.33.33.33
 mpls
 mpls ldp
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 40.1.1.0 0.0.0.255
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
isis 1
 network-entity 10.0000.0000.0002.00
#
interface LoopBack0
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
interface Pos1/0/0
link-protocol ppp
undo shutdown
ip address 20.1.1.2 255.255.255.0
isis enable 1
#
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
interface Pos2/0/0
link-protocol ppp
undo shutdown
ip address 30.1.1.1 255.255.255.0
isis enable 1
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
#
mpls ldp
#
isis 1
 network-entity 10.0000.0000.0003.00
#
interface Pos1/0/0
link-protocol ppp
undo shutdown
ip address 30.1.1.2 255.255.255.0
isis enable 1
mpls
mpls ldp
#
interface LoopBack0
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
interface LoopBack1
 ip address 33.33.33.33 255.255.255.255
 target-board 1
 binding tunnel gre
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/1
 ip address 40.1.1.2 255.255.255.0
 tunnel-protocol gre
 source LoopBack1
 destination 11.11.11.11
 mpls
 mpls ldp
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 40.1.1.0 0.0.0.255
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
#
return
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

3 MPLS TE 配置

关于本章

MPLS TE 隧道主要用于承载 MPLS L2VPN（VLL 和 VPLS）和 MPLS L3VPN 业务，使得 VPN 业务不仅有良好的安全性，而且有可靠的 QoS 保证。

3.1 MPLS TE 简介
MPLS TE 结合了 MPLS 技术与流量工程，从而解决由于负载不均衡导致的拥塞。

3.2 配置静态 CR-LSP
配置静态 CR-LSP 的过程比较简单，手工分配标签，不使用信令协议，不需要交互控制报文，因此消耗资源比较小。

3.3 配置 RSVP-TE 隧道
只有配置了基本的 RSVP-TE 隧道，才能配置 TE 的其他属性。

3.4 引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP
通过配置属性模板建立 CR-LSP，可以极大地简化配置并增加了 CR-LSP 配置的灵活性。

3.5 调整 RSVP 信令参数
RSVP-TE 提供了丰富的信令参数，能够满足用户对于可靠性、网络资源、以及一些 MPLS TE 高级特性的应用。

3.6 配置 RSVP 认证
RSVP 认证用来防止非授权的节点与本节点进行 RSVP 邻居的建立和防止通过构造报文来达到欺骗的目的。

3.7 调整 CR-LSP 的路径选择
介绍调整 CR-LSP 路径计算和选择的几种方式。

3.8 调整 MPLS TE 隧道的建立
MPLS TE 提供多种属性，用于灵活调整 TE 隧道的建立。

3.9 调整流量的转发
调整 MPLS TE 流量的转发，可能导致 IP 流量或 MPLS 流量经过的路径变化、或限制 TE 隧道流量类型的配置。

3.10 调整带宽的泛洪阈值
通过调整带宽的泛洪阈值，可以抑制更新 TEDB 和泛洪的频率，避免对网络资源造成浪费。

版权所有 © 华为技术有限公司

3.11 配置隧道自动带宽调整
通过配置自动带宽调整，可使隧道根据实际流量大小自动调整带宽。

3.12 配置 TE 隧道流量限速
如果要使 TE 流量被限定在实际配置的隧道带宽范围内，则需要对该 TE 隧道配置 TE 流量限速。

3.13 配置 DS-TE
DS-TE 将传统的 TE 隧道和差分服务模型相结合，从而实现根据业务类型提供相应的 QoS 保障。

3.14 配置 MPLS TE FRR
MPLS TE FRR 是 MPLS TE 中的一种局部性保护机制，用于保护 CR-LSP 的链路和节点故障，需要用户手工配置。

3.15 配置 MPLS TE Auto FRR
MPLS TE Auto FRR 是 MPLS TE 中的一种局部性保护机制，用于保护 CR-LSP 的链路和节点故障，用户无需手工配置。

3.16 配置 CR-LSP 备份
通过配置 CR-LSP 备份，可以实现对 CR-LSP 端到端的保护。

3.17 配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步
介绍当主 CR-LSP 故障后，系统启用 TE FRR 旁路保护隧道并尝试恢复主 CR-LSP 的同时，也尝试创建备份 CR-LSP 的配置方法。

3.18 配置 RSVP GR
介绍 RSVP TE GR 的配置方法，即介绍使 TE 隧道节点在主备倒换时维持 RSVP 邻居会话的配置方法。

3.19 配置静态 BFD for CR-LSP
介绍静态 BFD 检测静态 CR-LSP 或 RSVP CR-LSP 链路故障的配置方法。

3.20 配置静态 BFD for TE
介绍了静态 BFD 检测 TE 隧道故障的配置方法。

3.21 配置动态 BFD for CR-LSP
介绍动态 BFD 检测静态 CR_LSP 或 RSVP CR-LSP 链路故障的配置方法。

3.22 配置动态 BFD for RSVP
介绍动态 BFD 检测 RSVP 邻居之间的链路故障的配置方法。

3.23 配置 LDP over TE
介绍 LDP over TE 的配置。

3.24 维护 MPLS TE
介绍如何清除 MPLS TE 运行信息、复位自动带宽调整特性。

3.25 配置举例
介绍 MPLS TE 的各种组网举例。配置示例中包括组网需求、配置注意事项、配置思路等。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

3.1 MPLS TE 简介

MPLS TE 结合了 MPLS 技术与流量工程，从而解决由于负载不均衡导致的拥塞。

3.1.1 MPLS TE 概述
MPLS TE 通过在建立隧道时进行资源预留，使网络流量绕开拥塞节点，达到平衡网络流量的目的。

3.1.2 NE20E-X6 支持的 MPLS TE 特性
系统中支持的 MPLS TE 特性包括：RSVP-TE 隧道、MPLS TE 可靠性、MPLS TE QoS 和 MPLS TE 安全。

3.1.1 MPLS TE 概述

MPLS TE 通过在建立隧道时进行资源预留，使网络流量绕开拥塞节点，达到平衡网络流量的目的。

流量工程

网络拥塞是影响骨干网络性能的主要问题。拥塞的原因可能是网络资源不足，也可能是网络资源负载不均衡。流量工程解决的是由于负载不均衡导致的拥塞。

流量工程通过动态监控网络的流量和网络单元的负载，实时调整流量管理参数、路由参数和资源约束参数等，优化网络资源的使用，避免负载不均衡导致的拥塞。

MPLS TE

MPLS TE（Multiprotocol Label Switching Traffic Engineering）结合了 MPLS（Multiprotocol Label Switching）技术与流量工程，通过建立到达指定路径的 LSP（Label Switched Path）隧道进行资源预留，使网络流量绕开拥塞节点，达到平衡网络流量的目的。

在资源紧张的情况下，高优先级 LSP 可以抢占低优先级 LSP 的带宽等资源，优先满足高优先级业务的需求。

同时，当 LSP 隧道故障或网络的某一节点发生拥塞时，MPLS TE 可以通过快速重路由 FRR（Fast ReRoute）和备份路径，提供保护。

使用 MPLS TE，网络管理员只需要建立一些 LSP 和旁路拥塞节点，就可以消除网络拥塞。随着 LSP 数量的增长，还可以使用特定的离线工具进行流量分析。

3.1.2 NE20E-X6 支持的 MPLS TE 特性

系统中支持的 MPLS TE 特性包括：RSVP-TE 隧道、MPLS TE 可靠性、MPLS TE QoS 和 MPLS TE 安全。

说明

本文简单介绍 NE20E-X6 支持的 MPLS TE 特性。MPLS TE 特性详细介绍请参见《HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 特性描述-MPLS》中的“MPLS TE”一章。

静态 MPLS TE 隧道

静态 TE 隧道中的标签是由手工分配，不使用信令协议，不需要交互控制报文。如果设备性能较低，网络相对稳定，可考虑部署静态 MPLS TE 隧道。

版权所有 © 华为技术有限公司

静态 MPLS TE 隧道的 CR-LSP 优先级最高，因此带宽不会被抢占。同时静态 TE 隧道的 CR-LSP 也不会抢占其他任何类型的 LSP。

RSVP-TE 隧道

RSVP-TE 隧道使用 RSVP-TE 信令协议建立，可以根据网络变化动态改变。

下面分类介绍 NE20E-X6 实现的 RSVP-TE 特性：

- 链路信息收集和发布

  RSVP-TE 使用扩展的 IGP（OSPF-TE 和 ISIS-TE）来收集和发布 TE 链路信息，建立 TEDB 数据库。扩展的 IGP 除了周期性对链路进行泛洪，在链路生效或失效时、链路属性发生变化时，以及链路可预留带宽变化达到一定程度时都会进行泛洪。用户可通过命令调整泛洪阈值。

- 路径计算

  NE20E-X6 支持使用 CSPF 计算 TE 隧道的路径。当遇到多条权值相同的路径时，根据用户配置的仲裁策略，选择其中的一条。

  用户可以配置链路的可预留带宽、管理组属性等，并可以指定隧道的如下属性：

  - 隧道带宽
  - 亲和属性
  - 显式路径
  - 最大跳数限制值
  - SRLG （Shared Risk Link Group）

- 隧道的建立

  用户可以通过配置决定 RSVP-TE 隧道在建立过程中是否记录路由和标签，是否进行环路检测；如果资源不足，根据建立优先级（Setup Priority）和保持优先级（Holding Priority）决定是否抢占。

  如果隧道建立不成功，系统会每隔一定时间尝试重建。

- 信令机制

  NE20E-X6 支持使用 RSVP-TE 进行资源预留，支持 FF（Fixed Filter）和 SE（Shared-Explicit）两种预留风格。NE20E-X6 支持 RSVP 扩展机制，例如，RSVP 消息的确认和重传机制、摘要刷新、Hello 机制，用于减轻网络负载、提供网络可靠性。此外，NE20E-X6 支持 RSVP 认证，用于提高网络安全性。

- 流量转发

  用户可通过配置策略路由将 VPN 流量引入 TE 隧道，通过配置静态路由、策略路由、IGP Shortcut 或转发邻接，将非 VPN 流量引入 TE 隧道。

- 隧道的调整和优化

  隧道建立成功之后，可用如下特性调整和优化隧道：

  - 隧道重优化：定期计算 CR-LSP 的路径。如果发现更优路径，则按照更优的路径创建 CR-LSP，并将流量切换到新 CR-LSP 上。
  - 路由锁定：隧道建立后，锁定隧道的路径。即使有更优的路径，也不改变隧道的路径。

可靠性

NE20E-X6 支持以下 TE 隧道的可靠性保护措施：

版权所有 © 华为技术有限公司

- 快速重路由

  RSVP-TE 的一种局部性保护机制，用于保护 CR-LSP 的链路和节点故障。快速重路由分为手工重路由和自动重路由两种。

- CR-LSP 备份

  RSVP-TE 的一种端到端的路径保护，用于保护整条 CR-LSP。当主 CR-LSP 故障时，支持建立备份 CR-LSP；当备份 CR-LSP 也故障时，支持建立逃生路径。

- BFD

  BFD 能对 CR-LSP 链路实现毫秒级别的缺陷检测。在没有硬件检测机制而需要提供快速故障检测的情况下，可考虑使用 BFD 检测，减少故障感知时间。

- RSVP GR

  RSVP GR 是 RSVP TE 的一种状态恢复机制。当控制平面因故障和人为的操作进行主备倒换时，RSVP GR 可以保证转发平面上的数据传输不会中断，并恢复控制平面的 RSVP-TE LSP 的正常状态。NE20E-X6 支持 GR 期间进行快速重路由。

- MPLS 隧道保护组

  MPLS 隧道保护组是 MPLS TE 隧道中的端到端的保护机制，其应用场景不限于 RSVP-TE。MPLS 隧道保护组使用一个隧道保护另一个隧道。

  说明

  关于 MPLS 隧道保护组的配置请参见本手册的“MPLS OAM”一章的介绍。

- NSR

  在系统控制平面发生故障（软件故障或硬件故障）时，NSR 技术除了能够保证转发不中断，还能够保证控制平面的连接不中断，且邻居控制平面不感知。

DS-TE

DS-TE 将不同服务类型的业务流（如语音、视频、数据）与 LSP 进行映射，使流量经过的路径符合对其服务类型的流量工程约束条件。

NE20E-X6 实现的 DS-TE 支持 Non-IETF 模式和 IETF 模式：

- Non-IETF（非标准）模式支持两种 CT（CT0 和 CT1）和 8 种优先级（0 ～ 7），带宽约束模型支持 RDM 和 MAM。

  这里的 CT（Class-Type）对应业务流的服务等级。优先级是指 LSP 的抢占优先级。

- IETF 模式（标准）支持 8 种 CT（CT0 ～ CT7）和 8 种优先级（0 ～ 7）。带宽约束支持 RDM、MAM 和 Extended 三种模型。

DS-TE 支持 TE FRR、Hot-Standby、保护组倒换，以及基于 CT 的流量统计。

3.2 配置静态 CR-LSP

配置静态 CR-LSP 的过程比较简单，手工分配标签，不使用信令协议，不需要交互控制报文，因此消耗资源比较小。

3.2.1 建立配置任务
在配置静态 CR-LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.2.2 使能 MPLS TE
使能 MPLS TE 是配置静态 CR-LSP 的首要步骤。

3.2.3 （可选）配置链路的带宽

版权所有 © 华为技术有限公司

通过配置链路的带宽可以限定 CR-LSP 的带宽。

3.2.4 配置 MPLS TE 隧道接口
要创建 MPLS TE 隧道，必须先创建一个 tunnel 接口。

3.2.5 配置静态 CR-LSP 的入节点
配置静态 CR-LSP 时，需要手工指定 CR-LSP 的入节点。

3.2.6 配置静态 CR-LSP 的中间节点
配置静态 CR-LSP 时，需要手工指定 CR-LSP 的中间节点。此步骤不是必配的，因为 CR-LSP 可以没有中间节点。

3.2.7 配置静态 CR-LSP 的出节点
配置静态 CR-LSP 时，需要手工指定 CR-LSP 的出节点。

3.2.8 检查配置结果
静态 CR-LSP 配置成功后，您可以查看静态 CR-LSP 的状态信息。

3.2.1 建立配置任务

在配置静态 CR-LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

配置静态 CR-LSP 的过程比较简单，手工分配标签，不使用信令协议，不需要交互控制报文，因此消耗资源比较小，且不涉及 IGP TE 扩展或 CSPF。但静态 CR-LSP 不能根据网络的变化动态调整，因此实际应用有限。

静态 CR-LSP 作为一种特殊的静态 LSP，其配置限制条件与静态 LSP 相同，使用相同的标签空间（16 ～ 1023）。

前置任务

在配置静态 CR-LSP 之前，需完成以下任务：

- 配置单播静态路由或 IGP 协议，保证各 LSR 在网络层互通
- 配置各 LSR 的 LSR-ID
- 在各 LSR 节点上全局和接口下使能 MPLS

数据准备

在配置静态 CR-LSP 之前，需要准备以下数据。

序号	数据
1	参与 MPLS TE 流量转发的物理链路，即，确定静态 CR-LSP 使用的链路
2	静态 CR-LSP 经过的节点
3	静态 CR-LSP 沿途各 LSR 上的出标签的值
4	隧道接口的接口编号、Tunnel ID、目的地址
5	静态 CR-LSP 的目的地址

版权所有 © 华为技术有限公司

序号	数据
6	静态 CR-LSP 入节点的下一跳地址或出接口
7	静态 CR-LSP 中间节点的入接口、下一跳地址或出接口
8	静态 CR-LSP 出节点的入接口
9	静态 CR-LSP 入节点和中间节点链路上的带宽

说明

- 每个节点出标签的值就是其下一个节点入标签的值。
- 静态 CR-LSP 的目的地址取 Tunnel 接口的目的地址。

3.2.2 使能 MPLS TE

使能 MPLS TE 是配置静态 CR-LSP 的首要步骤。

背景信息

在静态 CR-LSP 的各节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te**，全局使能本节点的 MPLS TE。

需先在 MPLS 视图下全局使能 MPLS TE，然后才能在各个相应接口下使能 MPLS TE。

步骤 4 执行命令 **quit**，退回系统视图。

步骤 5 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。

步骤 6 执行命令 **mpls**，在接口上使能 MPLS。

步骤 7 执行命令 **mpls te**，在接口上使能 MPLS TE。

说明

接口视图下，去使能 MPLS TE，当前接口上的所有 CR-LSP 将变为 Down。

MPLS 视图下，去使能 MPLS TE，接口的 MPLS TE 也同时被去使能，所有的 CR-LSP 将被删除。

----结束

3.2.3 （可选）配置链路的带宽

通过配置链路的带宽可以限定 CR-LSP 的带宽。

版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

说明

如果要限定 CR-LSP 的带宽，必须配置此步骤。并且需要保证对应的 Tunnel 接口配置了 **mpls te lsp-tp outbound** 命令。

缺省情况下，链路的最大可预留带宽为 0bit/s。如果不配置链路的带宽，则限定 CR-LSP 的带宽时，CR-LSP 的带宽大于链路最大可预留带宽，因此 CR-LSP 无法建立。

在隧道的各节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入使能了 MPLS TE 的接口的视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth** *bw-value*，配置链路最大可预留带宽。

步骤 4 执行命令 **mpls te bandwidth** { **bc0** *bc0-bw-value* | **bc1** *bc1-bw-value* }*，配置链路的 BC 带宽。

说明

- 链路的最大可预留带宽不能大于链路的实际带宽，建议配置链路的可预留最大带宽不超过链路实际带宽的 80 %。
- 链路的 BC0 带宽和 BC1 带宽都不能大于链路最大可预留带宽。
- 当配置 MPLS TE 隧道所需的带宽值大于 67105kbps 时，建议配置隧道时多预留出配置带宽千分之一的带宽值。

----结束

3.2.4 配置 MPLS TE 隧道接口

要创建 MPLS TE 隧道，必须先创建一个 tunnel 接口。

背景信息

在 TE 隧道入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，创建 Tunnel 接口，并进入 Tunnel 接口视图。

步骤 3 配置隧道接口的 IP 地址，选择如下方式之一：

- 执行命令 **ip address** *ip-address* { *mask* | *mask-length* } [**sub**]，配置 Tunnel 接口的 IP 地址。

  必须先配置主 IP 地址，才能为 Tunnel 接口配置从 IP 地址。

- 执行命令 **ip address unnumbered interface** *interface-type interface-number*，配置隧道接口借用其他接口的 IP 地址。

为实现流量转发，Tunnel 接口必须具有 IP 地址，但 MPLS TE 隧道是单向的，不存在对端地址的问题，没有必要为 Tunnel 接口单独配置 IP 地址，通常的做法是 Tunnel 接口借用入节点的 LSR ID 作为地址。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

说明

由于 MPLS TE 隧道转发的是 MPLS 报文，因此，在隧道接口下配置 IP 报文转发相关的命令是无效的。例如单播逆向路径转发 URPF 检查命令 **ip urpf**。

步骤 4 执行命令 **tunnel-protocol mpls te**，配置隧道协议为 MPLS TE。

步骤 5 执行命令 **destination** *ip-address*，配置隧道的目的地址，一般配置为出节点的 LSR ID。

由于不同类型的隧道对于目的地址要求不同，当隧道协议从其他类型改变为 MPLS TE 时，原先配置的 **destination** 将被自动删除，需要重新配置。

步骤 6 执行命令 **mpls te tunnel-id** *tunnel-id*，配置隧道 ID。

步骤 7 执行命令 **mpls te signal-protocol cr-static**，配置隧道使用静态 CR-LSP。

步骤 8 （可选）执行命令 **mpls te signalled tunnel-name**，配置 TE 隧道的名称。

步骤 9 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

说明

每次更改 Tunnel 接口上的 MPLS TE 参数后，都需要使用 **mpls te commit** 命令提交配置。

----结束

3.2.5 配置静态 CR-LSP 的入节点

配置静态 CR-LSP 时，需要手工指定 CR-LSP 的入节点。

背景信息

在静态 CR-LSP 的入节点进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **static-cr-lsp ingress** { **tunnel-interface tunnel** *interface-number* | *tunnel-name* } **destination** *destination-address* { **nexthop** *next-hop-address* | **outgoing-interface** *interface-type interface-number* } **out-label** *out-label* [**bandwidth** [**ct0** | **ct1**] *bandwidth*]，配置静态 CR-LSP 的入节点。

参数 *tunnel-number* 的取值是使用此静态 CR-LSP 的 MPLS TE 隧道的接口编号。带宽约束类型的缺省值为 **ct0**，带宽的缺省值为 0。隧道使用的带宽不能超过链路最大可预留带宽。

参数 *tunnel-name* 不支持空格和缩写。假设使用命令 **interface tunnel2/0/0** 为静态 CR-LSP 创建了一个 Tunnel 接口，则静态 CR-LSP 入节点中的 *tunnel-name* 应该写作“Tunnel2/0/0”或者“tunnel2/0/0”，否则隧道将不能正确建立。中间节点和出节点无此限制。

下一跳或出接口由入节点到出节点的路由决定。关于下一跳地址及出接口的区别，请参见《HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 配置指南-IP 路由》中“静态路由配置”。

----结束

版权所有 © 华为技术有限公司

3.2.6 配置静态 CR-LSP 的中间节点

配置静态 CR-LSP 时，需要手工指定 CR-LSP 的中间节点。此步骤不是必配的，因为 CR-LSP 可以没有中间节点。

背景信息

如果静态 CR-LSP 只有入节点和出节点，则无需进行此配置。如果静态 CR-LSP 有中间节点，则在中间节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **static-cr-lsp transit** *lsp-name* **incoming-interface** *interface-type interface-number* **in-label** *in-label-value* { **nexthop** *next-hop-address* | **outgoing-interface** *interface-type interface-number* } **out-label** *out-label-value* [**bandwidth** [**ct0** | **ct1**] *bandwidth*]，配置静态 CR-LSP 的中间节点。

在中间节点和出节点上，参数 *tunnel-name* 的取值名称没有限制，但不能与节点上已存在的名称相同。

----结束

3.2.7 配置静态 CR-LSP 的出节点

配置静态 CR-LSP 时，需要手工指定 CR-LSP 的出节点。

背景信息

在静态 CR-LSP 的出节点进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **static-cr-lsp egress** *lsp-name* **incoming-interface** *interface-type interface-number* **in-label** *in-label* [**lsrid** *ingress-lsr-id* **tunnel-id** *tunnel-id*]，配置静态 CR-LSP 的出节点。

----结束

3.2.8 检查配置结果

静态 CR-LSP 配置成功后，您可以查看静态 CR-LSP 的状态信息。

前提条件

已经完成静态 CR-LSP 的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls static-cr-lsp** [*lsp-name*] [{ **include** | **exclude** } *ip-address mask-length*] [**verbose**]命令查看静态 CR-LSP 信息。
- 使用 **display mpls te tunnel** [**destination** *ip-address*] [**lsp-id** *ingress-lsr-id session-id local-lsp-id* | **lsr-role** { **all** | **egress** | **ingress** | **remote** | **transit** }] [**name** *tunnel-name*]

版权所有 © 华为技术有限公司

[{ **incoming-interface** | **interface** | **outgoing-interface** } *interface-type interface-number*] [**te-class0** | **te-class1** | **te-class2** | **te-class3** | **te-class4** | **te-class5** | **te-class6** | **te-class7**] [**verbose**]命令查看隧道信息。

- 使用命令 **display mpls te tunnel statistics** 或者 **display mpls lsp statistics** 查看隧道统计信息。
- 使用 **display mpls te tunnel-interface** [**tunnel** *tunnel-number*]命令在静态 CR-LSP 入节点查看隧道接口信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，应能得到如下的结果：

- 静态隧道名称、入/出标签、入/出接口等相关信息，并且其状态应为 Up。
- 节点上各隧道的状态统计信息。
- 隧道接口的详细信息，包括隧道名、隧道状态描述和隧道属性等相关信息，其中隧道属性包括 LSP ID、隧道入节点、出节点、信令类型等。

3.3 配置 RSVP-TE 隧道

只有配置了基本的 RSVP-TE 隧道，才能配置 TE 的其他属性。

3.3.1 建立配置任务
在配置 RSVP-TE 隧道前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.3.2 使能 MPLS TE 和 RSVP-TE
使能 MPLS TE 和 RSVP-TE 是配置所有 MPLS TE 特性的首要步骤。

3.3.3 （可选）配置链路的带宽
通过配置链路的带宽可以限定 CR-LSP 的带宽。

3.3.4 配置 OSPF TE
如果不配置 OSPF TE，网络中就不能形成 TEDB。这种情况下生成的 CR-LSP 是由 OSPF 路由得到的，而不是 CSPF 计算出来的。

3.3.5 配置 IS-IS TE
如果不配置 ISIS TE，网络中就不能形成 TEDB。这种情况下生成的 CR-LSP 是由 ISIS 路由得到的，而不是 CSPF 计算出来的。

3.3.6 （可选）配置 MPLS TE 显式路径
通过配置显式路径，能够使 CR-LSP 按照指定的路径建立。

3.3.7 配置 MPLS TE 隧道接口
创建一条 RSVP-TE 隧道，需要先创建一个 Tunnel 接口，然后在 Tunnel 接口下完成隧道的其他配置。

3.3.8 配置 MPLS TE 隧道的约束条件
用户可以通过配置显式路径等约束条件来精确控制 RSVP-TE 隧道的建立路径。

3.3.9 （可选）配置 RSVP 资源预留风格
通过配置资源预留风格，可以设置同一链路的不同 LSP 享有相同的或者不同的资源预留。

版权所有 © 华为技术有限公司

3.3.10 配置 CSPF
IGP 通过 SPF 计算出到达网络各个节点的最短路径，MPLS TE 则是使用 CSPF 算法计算出到达某个节点的路径。

3.3.11 检查配置结果
RSVP-TE 隧道配置成功后，您可以查看 RSVP-TE 隧道的信息和隧道的状态统计信息。

3.3.1 建立配置任务

在配置 RSVP-TE 隧道前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

RSVP-TE 动态信令协议可以根据网络的动态变化调整 TE 隧道的路径。如果需要实现 TE FRR、CR-LSP 备份等高级特性，则建议使用 RSVP-TE 信令协议建立 MPLS TE 隧道。

前置任务

在配置 RSVP-TE 隧道之前，需完成以下任务：

- 配置单播 OSPF 或者 IS-IS 协议，保证各 LSR 在网络层互通
- 配置各 LSR 的 LSR-ID
- 在各 LSR 节点上全局和接口下使能 MPLS

数据准备

在配置 RSVP-TE 隧道之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	CR-LSP 经过的节点
2	参与 MPLS TE 流量转发的物理链路，即确定 MPLS TE 使用的链路
3	链路的最大带宽和最大可预留带宽
4	使能 TE 的 OSPF 区域或 IS-IS 级别
5	Tunnel ID
6	隧道目的地址
7	建立隧道的约束条件，如显式路径、隧道带宽值
8	（可选）RSVP 的资源预留风格（默认风格是共享显式类型 SE（Shared-Explicit））

3.3.2 使能 MPLS TE 和 RSVP-TE

使能 MPLS TE 和 RSVP-TE 是配置所有 MPLS TE 特性的首要步骤。

版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

说明

- MPLS 视图下，去使能 MPLS TE，接口的 MPLS TE 也同时被去使能，所有的 CR-LSP 变为 Down。
- 接口视图下，去使能 MPLS TE，当前接口上所有的 CR-LSP 变为 Down。
- 如果禁止节点的 RSVP-TE 功能，将会同时禁止该节点所有接口的 RSVP-TE。

在 TE 隧道的各节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te**，全局使能本节点的 MPLS TE。

步骤 4 执行命令 **mpls rsvp-te**，在本节点使能 RSVP-TE。

步骤 5 执行命令 **quit**，退回系统视图。

步骤 6 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入 MPLS TE 链路的接口视图。

步骤 7 执行命令 **mpls te**，使能接口的 MPLS TE。

步骤 8 执行命令 **mpls rsvp-te**，在接口上使能 RSVP-TE。

----结束

3.3.3 （可选）配置链路的带宽

通过配置链路的带宽可以限定 CR-LSP 的带宽。

背景信息

说明

如果要限定 CR-LSP 的带宽，必须配置此步骤。并且需要保证对应的 Tunnel 接口配置了 **mpls te lsp-tp outbound** 命令。

缺省情况下，链路的最大可预留带宽为 0bit/s。如果不配置链路的带宽，则限定 CR-LSP 的带宽时，CR-LSP 的带宽大于链路最大可预留带宽，因此 CR-LSP 无法建立。

在隧道的各节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入使能了 MPLS TE 的接口的视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth** *bw-value*，配置链路最大可预留带宽。

步骤 4 执行命令 **mpls te bandwidth** { **bc0** *bc0-bw-value* | **bc1** *bc1-bw-value* }*，配置链路的 BC 带宽。

版权所有 © 华为技术有限公司

说明

- 链路的最大可预留带宽不能大于链路的实际带宽，建议配置链路的可预留最大带宽不超过链路实际带宽的 80％。
- 链路的 BC0 带宽和 BC1 带宽都不能大于链路最大可预留带宽。
- 当配置 MPLS TE 隧道所需的带宽值大于 67105kbps 时，建议配置隧道时多预留出配置带宽千分之一的带宽值。

----结束

3.3.4 配置 OSPF TE

如果不配置 OSPF TE，网络中就不能形成 TEDB。这种情况下生成的 CR-LSP 是由 OSPF 路由得到的，而不是 CSPF 计算出来的。

背景信息

缺省情况下，OSPF 区域不支持 TE。

OSPF TE 扩展使用 Opaque Type 10 LSA 携带链路的 TE 属性信息，因此，必须使能 OSPF 的 Opaque。并且，只有当至少有一个邻居处于 FULL 状态时，才会产生 TE LSA。

说明

如果不配置 OSPF TE，网络中就不会有 TE LSA，不能形成 TEDB（Traffic Engineering DataBase）。这种情况下生成的 CR-LSP 是由 IGP 路由得到的，而不是 CSPF 计算出来的。

在隧道的各节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **ospf** [*process-id*]，进入 OSPF 视图。

步骤 3 执行命令 **opaque-capability enable**，使能 OSPF 的 Opaque 能力。

步骤 4 （可选）执行命令 **advertise mpls-lsr-id**，配置多区域发布 MPLS LSR-ID。

该步骤只在 OSPF 多区域的场景中才需要配置，且只需在 ABR 上配置。

步骤 5 执行命令 **area** *area-id*，进入 OSPF 的区域视图。

步骤 6 执行命令 **mpls-te enable** [**standard-complying**]，在当前 OSPF 区域使能 TE。

----结束

3.3.5 配置 IS-IS TE

如果不配置 ISIS TE，网络中就不能形成 TEDB。这种情况下生成的 CR-LSP 是由 ISIS 路由得到的，而不是 CSPF 计算出来的。

背景信息

在隧道的各节点上进行如下配置。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **isis** [*process-id*]，进入 IS-IS 协议视图。

步骤 3 执行命令 **cost-style** { **compatible** [**relax-spf-limit**] | **wide** | **wide-compatible** }，配置 IS-IS 的 Wide Metric 属性。

IS-IS TE 扩展使用 IS 可达性 TLV（22）的子 TLV 携带 TE 属性信息。因此，必须使能 IS-IS 的 WideMetric 特性，可以设置 wide、compatible 或 wide-compatible。缺省情况下，IS-IS 只收发 narrow 方式表示路由权值的报文。

步骤 4 执行命令 **traffic-eng** [**level-1** | **level-2** | **level-1-2**]，使能 IS-IS TE。

缺省情况下，IS-IS 进程不支持 TE。

如果在使能 IS-IS TE 时不指定 Level，则同时对 Level-1 和 Level-2 生效。

步骤 5 （可选）执行命令 **te-set-subtlv** { **bw-constraint** *value* | **lo-multiplier** *value* | **unreserve-bw-sub-pool** *value* }*，设置携带 DS-TE 参数的子 TLV 的类型。

缺省情况下，带宽约束（BW-Constraint）的子 TLV 为 252；本地过预订倍数 LOM（Local Overbooking Multipliers）的子 TLV 为 253；子池未预订带宽（Unreserve-BW-Sub-Pool）的子 TLV 为 251。

----结束

3.3.6 （可选）配置 MPLS TE 显式路径

通过配置显式路径，能够使 CR-LSP 按照指定的路径建立。

背景信息

显式路径由一系列节点构成，按配置的先后顺序组成一条向量路径。显式路径中的 IP 地址是指节点上接口的 IP 地址，通常采用 Egress 节点上 Loopback 接口的地址作为显式路径的目的地址。

显式路径上的两个相邻节点之间存在两种关系：

- 严格下一跳（strict）：两个节点必须直接相连。
- 松散下一跳（loose）：两个节点之间可以存在其他节点。

严格方式与松散方式可以单独使用，也可以混合使用。

缺省情况下，采用 **include strict** 模式，即加入的下一跳与上一节点必须是直连的。作为一种约束条件，显式路径也可以指定必须经过的节点或者不能经过的节点。

参数 **include** 表示建立的 LSP 必须经过指定节点；参数 **exclude** 表示建立的 LSP 不能经过指定节点。

TE 隧道分为区域内隧道和区域间隧道。

- 区域内隧道是指 TE 隧道起止于一个区域内，区域包括 OSPF 区域和 IS-IS 区域，不包括 BGP 的 AS。
- 区域间隧道是指 TE 隧道跨越多个区域。区域包括 OSPF 区域和 IS-IS 区域，不包括 BGP 的 AS。

版权所有 © 华为技术有限公司

建立区域间 TE 隧道必须使用松散显式路径，并且指定显式路径的下一个节点为 ABR 或 ASBR。

在隧道入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **explicit-path** *path-name*，创建显式路径，进入显式路径视图。

步骤 3 执行命令 **next hop** *ip-address* [**include** [**strict** | **loose**] | **exclude**]，指定显式路径的下一个节点。

步骤 4 执行命令 **add hop** *ip-address1* [**include** [**strict** | **loose**] | **exclude**] { **after** | **before** } *ip-address2*，向显式路径中插入一个节点。

步骤 5 执行命令 **modify hop** *ip-address1 ip-address2* [**include** [**strict** | **loose**] | **exclude**]，修改显式路径中的节点地址。

步骤 6 执行命令 **delete hop** *ip-address*，从显式路径中删除一个节点。

步骤 7 执行命令 **list hop** [*ip-address*]，查看显式路径节点信息。

----结束

3.3.7 配置 MPLS TE 隧道接口

创建一条 RSVP-TE 隧道，需要先创建一个 Tunnel 接口，然后在 Tunnel 接口下完成隧道的其他配置。

背景信息

在 TE 隧道入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，创建 Tunnel 接口，并进入 Tunnel 接口视图。

注意

推荐将 Tunnel 接口配置在主控板上，即将 *tunnel-number* 的槽位号指定为主控板所在槽位号，一般情况为 0。当 Tunnel 接口配置在接口板上时，如果重启接口板，依赖于接口板建立的 Tunnel 会被删除。

步骤 3 配置隧道接口的 IP 地址，选择如下方式之一：

- 执行命令 **ip address** *ip-address* { *mask* | *mask-length* } [**sub**]，配置 Tunnel 接口的 IP 地址。

  必须先配置主 IP 地址，才能为 Tunnel 接口配置从 IP 地址。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- 执行命令 **ip address unnumbered interface** *interface-type interface-number*，配置隧道接口借用其他接口的 IP 地址。

为实现流量转发，Tunnel 接口必须具有 IP 地址，但 MPLS TE 隧道是单向的，不存在对端地址的问题，没有必要为 Tunnel 接口单独配置 IP 地址，通常的做法是 Tunnel 接口借用 Ingress 节点的 LSR ID 作为地址。

说明

由于 MPLS TE 隧道转发的是 MPLS 报文，因此，在隧道接口下配置 IP 报文转发相关的命令是无效的。例如单播逆向路径转发 URPF 检查命令 **ip urpf**。

步骤 4 执行命令 **tunnel-protocol mpls te**，配置隧道协议为 MPLS TE。

步骤 5 执行命令 **destination** *ip-address*，配置隧道的目的地址，一般配置为出节点的 LSR ID。

由于不同类型的隧道对于目的地址要求不同，当隧道协议从其他类型改变为 MPLS TE 时，原先配置的 **destination** 将被自动删除，需要重新配置。

步骤 6 执行命令 **mpls te tunnel-id** *tunnel-id*，配置隧道 ID。

步骤 7 执行命令 **mpls te signal-protocol rsvp-te**，配置隧道使用 RSVP-TE 作为信令协议。

步骤 8 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

说明

每次更改 Tunnel 接口上的 MPLS TE 参数后，都需要使用 **mpls te commit** 命令提交配置。

----结束

3.3.8 配置 MPLS TE 隧道的约束条件

用户可以通过配置显式路径等约束条件来精确控制 RSVP-TE 隧道的建立路径。

背景信息

在隧道入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te bandwidth** [**ct0** *ct0-bw-value* | **ct1** *ct1-bw-value*] [**flow-queue** *flow-queue*]，配置隧道使用的带宽。

隧道使用的带宽不能超过链路最大可预留带宽。

缺省情况下，隧道带宽类型为 ct0。

如果 TE 隧道只用于改变数据的传输路径，则可以不配置隧道使用的带宽。

步骤 4 执行命令 **mpls te path explicit-path** *path-name*，配置隧道应用的显式路径。

如果只想限制隧道使用的带宽，不限制传输路径，则可以不配置隧道应用的显式路径。

步骤 5 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

当配置 MPLS TE 隧道带宽值大于 28630kbit/s 时，可能导致实际分配的隧道带宽不够精确。但是 MPLS TE 隧道仍然能够建立成功。

----结束

3.3.9 （可选）配置 RSVP 资源预留风格

通过配置资源预留风格，可以设置同一链路的不同 LSP 享有相同的或者不同的资源预留。

背景信息

在隧道入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te resv-style** { **ff** | **se** }，配置隧道的资源预留风格。

缺省情况下，资源预留风格为共享显式类型 SE（Shared-Explicit）。

在目前的 TE 应用中，SE 方式主要用于 make-before-break，固定过滤器类型 FF（Fixed-Filter）方式则很少使用。

步骤 4 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

----结束

3.3.10 配置 CSPF

IGP 通过 SPF 计算出到达网络各个节点的最短路径，MPLS TE 则是使用 CSPF 算法计算出到达某个节点的路径。

背景信息

在隧道入节点上进行如下配置。

说明

推荐在所有的 Transit 节点都配置 CSPF，防止 Ingress 节点没法算完整条路径。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te cspf**，使能本节点的 CSPF。

步骤 4 （可选）执行命令 **mpls te cspf preferred-igp** { **isis** | **ospf** }，配置优先 IGP 协议。

缺省情况下，未启动 CSPF。

----结束

版权所有 © 华为技术有限公司

3.3.11 检查配置结果

RSVP-TE 隧道配置成功后，您可以查看 RSVP-TE 隧道的信息和隧道的状态统计信息。

前提条件

已经完成 RSVP-TE 隧道功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls te link-administration bandwidth-allocation** [**interface** *interface-type interface-number*]命令查看链路带宽分配信息。
- 使用 **display ospf** [*process-id*] **mpls-te** [**area** *area-id*] [**self-originated**]命令查看 OSPF TE 信息。
- 使用以下命令查看 IS-IS TE 状态：
  - **display isis traffic-eng advertisements** [{ **level-1** | **level-2** | **level-1-2** } | { *lsp-id* | **local** }] * [*process-id* | **vpn-instance** *vpn-instance-name*]
  - **display isis traffic-eng link** [{ **level-1** | **level-2** | **level-1-2** } | **verbose**] * [*process-id* | **vpn-instance** *vpn-instance-name*]
  - **display isis traffic-eng network** [**level-1** | **level-2** | **level-1-2**] [*process-id* | **vpn-instance** *vpn-instance-name*]
  - **display isis traffic-eng statistics** [*process-id* | **vpn-instance** *vpn-instance-name*]
  - **display isis traffic-eng sub-tlvs** [*process-id* | **vpn-instance** *vpn-instance-name*]
- 使用 **display explicit-path** [*path-name*] [**verbose**]命令查看已经配置的显式路径。
- 使用 **display mpls te cspf destination** *ip-address* [**affinity** *properties* [**mask** *mask-value*] | **bandwidth** { **ct0** *ct0-bandwidth* | **ct1** *ct1-bandwidth* | **ct2** *ct2-bandwidth* | **ct3** *ct3-bandwidth* | **ct4** *ct4-bandwidth* | **ct5** *ct5-bandwidth* | **ct6** *ct6-bandwidth* | **ct7** *ct7-bandwidth* }* | **explicit-path** *path-name* | **hop-limit** *hop-limit-number* | **metric-type** { **igp** | **te** } | **priority** *setup-priority* | **srlg-strict** *exclude-path-name* | **tie-breaking** { **random** | **most-fill** | **least-fill** }]*命令查看满足指定条件的 CSPF 计算的路径。
- 使用 **display mpls te cspf tedb** { **all** | **area** *area-id* | **interface** *ip-address* | **network-lsa** | **node** [*router-id*] }命令查看满足指定条件的用于 CSPF 计算的 TEDB 信息。
- 使用 **display mpls rsvp-te** [**interface** [*interface-type interface-number*]]命令查看 RSVP 的相关信息。
- 使用 **display mpls rsvp-te established** [**interface** *interface-type interface-number peer-ip-address*]命令查看已建立的 RSVP LSP 信息。
- 使用 **display mpls rsvp-te peer** [**interface** *interface-type interface-number*]命令查看 RSVP 邻居参数。
- 使用 **display mpls rsvp-te reservation** [**interface** *interface-type interface-number peer-ip-address*]命令查看 RSVP 资源预留信息。
- 使用 **display mpls rsvp-te request** [**interface** *interface-type interface-number peer-ip-address*]命令查看 RSVP LSP 发送方请求的资源预留信息。
- 使用 **display mpls rsvp-te sender** [**interface** *interface-type interface-number peer-ip-address*]命令查看 RSVP 发送方信息。
- 使用 **display mpls rsvp-te statistics** { **global** | **interface** [*interface-type interface-number*] }命令查看 RSVP-TE 运行统计信息。

版权所有 © 华为技术有限公司

- 使用 **display mpls te link-administration admission-control** [**interface** *interface-type interface-number* | **stale-interface** *interface-index*]命令查看本地接纳的隧道。
- 使用 **display mpls te tunnel** [**destination** *ip-address*] [**lsp-id** *ingress-lsr-id session-id local-lsp-id* | **lsr-role** { **all** | **egress** | **ingress** | **remote** | **transit** }] [**name** *tunnel-name*] [{ **incoming-interface** | **interface** | **outgoing-interface** } *interface-type interface-number*] [**verbose**]命令查看隧道信息。
- 使用 **display mpls te tunnel statistics** 或者 **display mpls lsp statistics** 命令查看隧道统计信息。
- 使用 **display mpls te tunnel-interface** [**tunnel** *tunnel-number*]命令在隧道入节点查看隧道接口信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，应能得到如下的结果：

- 物理带宽、可用带宽等链路信息。
- 各节点生成的 OSPF TE LSA 相关信息。
- 各节点的 IS-IS TE 相关信息。
- MPLS RSVP-TE 的各种计时器信息以及使能了 RSVP-TE 的接口状态、带宽信息；RSVP 邻居参数、发送方以及各种统计信息。
- 隧道名称、入/出标签、入/出接口等相关信息。
- 节点上各隧道的状态统计信息。
- 隧道入节点接口的详细信息，包括隧道名、隧道状态描述和隧道属性等相关信息，其中隧道属性包括 LSP ID、隧道入节点、出节点。

3.4 引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP

通过配置属性模板建立 CR-LSP，可以极大地简化配置并增加了 CR-LSP 配置的灵活性。

3.4.1 建立配置任务
在引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.4.2 配置 CR-LSP 属性模板
在引用属性模板建立 CR-LSP 之前需要配置属性模板。

3.4.3 引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP
通过引用属性模板的方式创建主 CR-LSP，热备份 CR-LSP 和普通备份 CR-LSP。

3.4.4 检查配置结果
引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 成功后，您可以查看 MPLS TE 隧道的建立信息。

3.4.1 建立配置任务

在引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

用户可以采用以下两种方式创建 CR-LSP：

版权所有 © 华为技术有限公司

- 不引用 CR-LSP 属性模板创建 CR-LSP
- 引用 CR-LSP 属性模板创建 CR-LSP

  推荐采用第二种方式，其优势如下：
  - 可以通过属性模板配置主 CR-LSP、热备份 CR-LSP 和普通备份 CR-LSP，从而极大地简化配置。
  - 可以为热备份 CR-LSP 和普通备份 CR-LSP 可以分别配置不同的属性模板。热备份 CR-LSP 和普通备份 CR-LSP 分别支持配置三个属性模板，并从中选取一种用于建立 CR-LSP，从而为 CR-LSP 的建立提供多种不同的路径选择。
  - 通过修改 CR-LSP 属性模板的配置，使引用属性模板的 CR-LSP 得到更新，从而增加了 CR-LSP 配置的灵活性。

说明

以上两种方式可以同时配置。对于同一隧道接口视图下配置的 TE 属性，如果隧道接口视图下配置的 TE 属性和通过 CR-LSP 属性模板配置的 TE 属性同时存在，则前者的优先级高于后者。

前置任务

在配置引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 之前，需完成以下任务：

- 对 MPLS 骨干网设备（PE、P）配置 IGP，实现骨干网的 IP 连通性
- 对 MPLS 骨干网设备（PE、P）配置 MPLS 基本能力、MPLS TE 和 RSVP-TE

数据准备

在配置引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 之前，需要准备以下数据:

序号	数据
1	主 CR-LSP、热备份 CR-LSP 和普通备份 CR-LSP 属性模板的名称
2	（可选）CR-LSP 属性模板的带宽
3	（可选）CR-LSP 属性模板引用的显式路径名称
4	（可选）CR-LSP 属性模板的亲和属性值和亲和属性掩码值
5	（可选）CR-LSP 属性模板建立和保持优先级
6	（可选）CR-LSP 属性模板的跳数限制
7	引用 CR-LSP 属性模板的隧道接口名称
8	热备份 CR-LSP 和普通备份 CR-LSP 引用 CR-LSP 属性模板的顺序

3.4.2 配置 CR-LSP 属性模板

在引用属性模板建立 CR-LSP 之前需要配置属性模板。

背景信息

请在 CR-LSP 的入节点上进行以下配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

其中步骤 3 ～步骤 10 是可选的，请根据需要选择其中的一条或多条进行配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **lsp-attribute** *lsp-attribute-name*，创建 CR-LSP 属性模板，进入 LSP 属性信息视图。

说明

属性模板创建成功后，如果要删除属性模板，需要确定该属性模板当前没有被任何隧道接口引用。

步骤 3 （可选）执行命令 **bandwidth** { **ct0** *bandwidth* | **ct1** *bandwidth* | **ct2** *bandwidth* | **ct3** *bandwidth* | **ct4** *bandwidth* | **ct5** *bandwidth* | **ct6** *bandwidth* | **ct7** *bandwidth* }*，配置属性模板的带宽。其中可选的带宽类型根据 DS-TE 的模式的不同而不同：如果是 Non-IETF 模式，则只支持 CT0 和 CT1；如果配置的是 IETF 模式且未配置 TE-Class 映射表，则只支持 CT0、CT1、CT2 和 CT3，如果配置了 TE-Class 映射表，则根据 TE-Class 映射表中配置的 CT 类型而决定可选的带宽类型。

说明

当配置 MPLS TE 隧道所需的带宽值大于 67105kbps 时，建议配置隧道时多预留出配置带宽千分之一的带宽值。

步骤 4 （可选）执行命令 **explicit-path** *path-name*，配置属性模板的显式路径。

步骤 5 （可选）执行命令 **affinity property** *affinity-value* [**mask** *mask-value*]，配置属性模板的亲和属性。

缺省情况下，亲和属性值为 0x0，亲和属性掩码值为 0x0。

步骤 6 （可选）执行命令 **priority** *setup_priority_value* [*hold_priority_value*]，配置属性模板建立和保持优先级。

缺省情况下，属性模板的建立优先级和保持优先级都为 7。

步骤 7 （可选）执行命令 **hop-limit** *hop-limit*，配置属性模板的跳数限制。

缺省情况下，跳数限制为 32。

步骤 8 （可选）执行命令 **fast-reroute** [**bandwidth**]，配置属性模板的快速重路由功能。

缺省情况下，没有配置快速重路由功能。

说明

配置属性模板的快速重路由功能需要注意：

- 配置快速重路由功能，将自动配置隧道支持路由和标签记录的功能。
- 删除快速重路由功能，将自动删除旁路隧道的属性。

步骤 9 （可选）执行命令 **record-route** [**label**]，配置属性模板的记录路由功能。

缺省情况下，没有配置记录路由功能。

说明

如果需要执行 **undo mpls te record-route** 命令，必须先禁用属性模板的快速重路由功能。

步骤 10 （可选）执行命令 **bypass-attributes** { **bandwidth** *bandwidth* | **priority** *setup_priority_value* [*hold_priority_value*] }，配置属性模板的旁路保护隧道属性。

缺省情况下，没有配置旁路保护隧道属性。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

说明

执行此命令前，必须满足以下条件：

- 属性模板已经配置快速重路由功能，并且允许带宽保护。
- 旁路保护隧道配置的带宽值必须小于等于属性模板配置的带宽值。
- 旁路保护隧道配置的建立和保持优先级必须低于属性模板的建立和保持优先级。

步骤 11 执行命令 **commit**，提交属性模板配置。

说明

当属性模板被 CR-LSP 引用时：

- 如果修改属性模板的 Break-Before-Make 属性（优先级），则引用该模板的 CR-LSP 会被拆除，然后重新创建一条新的 CR-LSP。
- 如果修改属性模板的 Make-Before-Break 属性，则引用该模板的 CR-LSP 暂时不会被拆除，而是先创建一条符合条件的 CR-LSP，将流量切换到新的 CR-LSP 后再拆除旧的 CR-LSP。

----结束

3.4.3 引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP

通过引用属性模板的方式创建主 CR-LSP，热备份 CR-LSP 和普通备份 CR-LSP。

背景信息

请在 CR-LSP 的入节点上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 Tunnel 接口视图。

配置 TE 隧道接口的基本信息，具体请参见**配置 MPLS TE 隧道接口**。

步骤 3 执行命令 **mpls te primary-lsp-constraint** { **dynamic** | **lsp-attribute** *lsp-attribute-name* }，配置引用属性模板建立主 CR-LSP。

如果选择参数 **dynamic**，则引用属性模板建立主 CR-LSP 时，CR-LSP 属性模板中的所有属性均采用缺省值。

步骤 4 （可选）执行命令 **mpls te hotstandby-lsp-constraint** *number* { **dynamic** | **lsp-attribute** *lsp-attribute-name* }，配置引用属性模板建立热备份 CR-LSP。

引用属性模板建立热备份 CR-LSP 时，最多允许配置三个属性模板，并且必须确保建立优先级、保持优先级和带宽类型与主 CR-LSP 一致。建立热备份 CR-LSP 时，按照编号从小到大的顺序尝试引用每一个属性模板，直到引用某个属性模板创建热备份 CR-LSP 成功。

如果选择参数 **dynamic**，则引用属性模板热备份 CR-LSP 时，继承主 CR-LSP 的带宽和优先级，并且排除主 CR-LSP 的路径。

步骤 5 （可选）执行命令 **mpls te backup hotstandby-lsp-constraint wtr** *interval*，配置热备份回切的时间间隔。

缺省情况下，热备份回切的时间间隔是 10 秒。

版权所有 © 华为技术有限公司

说明

配置此命令之前，必须先执行 **mpls te hotstandby-lsp-constraint** 命令配置引用属性模板建立热备份 CR-LSP。

步骤 6 （可选）执行命令 **mpls te ordinary-lsp-constraint** *number* { **dynamic** | **lsp-attribute** *lsp-attribute-name* }，配置引用属性模板建立普通备份 CR-LSP。

引用属性模板建立普通备份 CR-LSP 时，最多允许配置三个属性模板，并且必须确保建立优先级、保持优先级和带宽类型与主 CR-LSP 一致。建立普通备份 CR-LSP 时，按照编号从小到大的顺序尝试引用每一个属性模板，直到引用某个属性模板创建普通备份 CR-LSP 成功。

如果选择参数 **dynamic**，则引用属性模板建立普通备份 CR-LSP 时，继承主 CR-LSP 的带宽和优先级。

步骤 7 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道配置。

----结束

3.4.4 检查配置结果

引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 成功后，您可以查看 MPLS TE 隧道的建立信息。

前提条件

已完成引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 的所有配置。

操作步骤

步骤 1 使用命令 **display explicit-path** [*path-name*][**tunnel-interface** | **lsp-attribute** | **verbose**]查看 CR-LSP 属性模板引用显式路径的信息。

步骤 2 使用命令 **display mpls te tunnel-interface lsp-constraint** [**tunnel** *tunnel-number*]查看隧道接口下配置的 CR-LSP 属性模板信息。

步骤 3 使用命令 **display mpls te tunnel-interface** [**auto-bypass-tunnel** *tunnel-name* | **tunnel** *tunnel-number*]查看 MPLS TE 隧道的建立信息。

----结束

任务示例

配置成功时，执行上面的命令，应能得到如下的结果:

- 引用显式路径的 CR-LSP 属性模板列表。
- 隧道接口下配置的 CR-LSP 属性模板信息。
- 引用 CR-LSP 属性模板建立的 CR-LSP 信息。

3.5 调整 RSVP 信令参数

RSVP-TE 提供了丰富的信令参数，能够满足用户对于可靠性、网络资源、以及一些 MPLS TE 高级特性的应用。

3.5.1 建立配置任务

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

在调整 RSVP 信令参数前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.5.2 配置 RSVP 的 Hello 扩展
RSVP 的 Hello 扩展机制用于快速检测 RSVP 邻居节点的可达性。

3.5.3 配置 RSVP 的状态定时器
通过配置 RSVP 的状态定时器，可以设置 Path 消息和 Resv 消息的刷新周期、处于阻塞状态的超时倍数。

3.5.4 配置 RSVP-TE 摘要刷新
在连接两个邻居节点的接口上使能摘要刷新（Srefresh）可以减少开销，提高性能。使能摘要刷新后，接口上同时启动对 Srefresh 的可靠性重传。

3.5.5 配置 RSVP-TE 预留确认
收到 ResvConf 消息并不表示成功建立了资源预留，只能说明在此 Resv 消息到达的最远上游节点处成功保留了资源，这些资源接下来仍可能被其它应用抢占。

3.5.6 检查配置结果
RSVP 信令参数调整完成后，您可以查看接口的刷新信息参数、RSVP 的预留确认和 Hello 扩展的使能状态、状态定时器配置信息。

3.5.1 建立配置任务

在调整 RSVP 信令参数前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

RSVP-TE 提供了丰富的信令参数，能够满足用户对于可靠性、网络资源、以及一些 MPLS TE 高级特性的应用。

在实施本节介绍的配置任务之前，需要仔细了解各配置任务的目的和可能对网络造成的影响。

前置任务

在优化 RSVP-TE 隧道之前，需完成以下任务：

- **配置 RSVP-TE 隧道**

数据准备

在优化 RSVP-TE 隧道之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	RSVP 的刷新周期
2	RSVP 的 PSB、RSB、BSB 超时倍数
3	RSVP 的重传定时器和增量值
4	Hello 消息的发送间隔和允许丢失的最大数目

版权所有 © 华为技术有限公司

3.5.2 配置 RSVP 的 Hello 扩展

RSVP 的 Hello 扩展机制用于快速检测 RSVP 邻居节点的可达性。

背景信息

在隧道各节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te hello**，使能本节点的 RSVP Hello 扩展。

缺省情况下，不启用 Hello 扩展机制。

步骤 4 执行命令 **mpls rsvp-te hello-lost** *times*，配置允许 Hello 消息丢失的最大次数。

启用 Hello 扩展机制后，缺省情况下，连续未收到 3 次 Hello 应答消息认为节点发生故障，相关的 TE 隧道将被拆除。

步骤 5 执行命令 **mpls rsvp-te timer hello** *interval*，配置 Hello 消息刷新时间间隔。

启用 Hello 扩展机制后，缺省的 Hello 消息刷新时间间隔为 3 秒。

如果修改刷新周期，该刷新周期的修改结果需要等到上次定时器超时以后才生效。

步骤 6 执行命令 **quit**，退回系统视图。

步骤 7 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入 MPLS TE 链路的接口视图。

步骤 8 执行命令 **mpls rsvp-te hello**，使能接口的 RSVP Hello 扩展。

RSVP 的 Hello 扩展机制用于快速检测 RSVP 邻居节点的可达性，在 RFC3209 中有详细的介绍。

----结束

3.5.3 配置 RSVP 的状态定时器

通过配置 RSVP 的状态定时器，可以设置 Path 消息和 Resv 消息的刷新周期、处于阻塞状态的超时倍数。

背景信息

在隧道各节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te timer refresh** *interval*，设置节点 Path、Resv 的刷新周期。

缺省情况下，节点的 Path、Resv 刷新周期为 30 秒。

版权所有 © 华为技术有限公司

如果修改刷新周期，该刷新周期的修改需要等到上次定时器超时以后才生效。建议不要设置超长刷新周期或反复修改刷新周期。

步骤 4 执行命令 **mpls rsvp-te keep-multiplier** *number*，设置 PSB 和 RSB 的超时倍数。

缺省情况下，PSB 和 RSB 的超时倍数为 3。

----结束

3.5.4 配置 RSVP-TE 摘要刷新

在连接两个邻居节点的接口上使能摘要刷新（Srefresh）可以减少开销，提高性能。使能摘要刷新后，接口上同时启动对 Srefresh 的可靠性重传。

背景信息

在两个邻居节点的接口视图下或 MPLS 视图下使能摘要刷新（Srefresh）可以减少开销，提高性能。在接口视图下只能使能该接口的摘要刷新功能；在 MPLS 视图下，将使整台设备所有接口使能摘要刷新。使能摘要刷新后，将同时在单一或全部接口上启动对 Srefresh 的可靠性重传。

如果在重传时间间隔内（假设为 Rf 秒），没有收到应答 ACK，经过（1 ＋ Delta）×Rf 秒后，将重传此消息。Delta 决定发送方增加重传间隔的速率。重传将一直持续到收到一个 ACK 消息或重传次数达到增量值 RI。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令进入接口视图或者 MPLS 视图。

- 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入 MPLS TE 链路的接口视图。

  在接口视图下配置摘要刷新功能，仅在当前接口生效。
- 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

  在 MPLS 视图下配置摘要刷新功能对全局生效。在 MPLS 视图下配置摘要刷新的方式主要应用于 TE FRR 场景。在 FRR 的 PLR 和 MP 上配置全局的摘要刷新功能，不仅可以提高网络资源的使用率，还可以提高摘要刷新功能的可靠性。

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te srefresh**，使能摘要刷新功能。

缺省情况下，关闭接口与全局的摘要刷新功能。

步骤 4 （可选）在接口视图下执行命令 **mpls rsvp-te timer retransmission** { **increment-value** *increment* | **retransmit-value** *interval* } *，配置重传参数。

缺省情况下，重传定时器值（*interval*）和增量值（*increment*）分别为 500 毫秒和 1。

----结束

3.5.5 配置 RSVP-TE 预留确认

收到 ResvConf 消息并不表示成功建立了资源预留，只能说明在此 Resv 消息到达的最远上游节点处成功保留了资源，这些资源接下来仍可能被其它应用抢占。

版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

在隧道出节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te resvconfirm**，启动预留确认机制。

预留确认机制由 Path 消息的接收者发起，接收者在发送 Resv 消息时，携带一个要求对预留进行确认的对象。

说明

收到 ResvConf 消息并不表示成功建立了资源预留，只能说明在此 Resv 消息到达的最远上游节点处成功保留了资源，这些资源接下来仍可能被其它应用抢占。

----结束

3.5.6 检查配置结果

RSVP 信令参数调整完成后，您可以查看接口的刷新信息参数、RSVP 的预留确认和 Hello 扩展的使能状态、状态定时器配置信息。

前提条件

已经完成调整 RSVP 信令参数功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls rsvp-te** [**interface** [*interface-type interface-number*]]命令查看 RSVP-TE 的相关信息。
- 使用 **display mpls rsvp-te psb-content** [*ingress-lsr-id tunnel-id lsp-id*] 命令查看 RSVP-TE PSB 信息。
- 使用 **display mpls rsvp-te rsb-content** [*ingress-lsr-id tunnel-id lsp-id*] 命令查看 RSVP-TE RSB 信息。
- 使用 **display mpls rsvp-te statistics** { **global** | **interface** [*interface-type interface-number*] }命令查看 RSVP-TE 运行统计信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，应能得到如下的结果：

- 接口的刷新信息参数。
- RSVP 的预留确认和 Hello 扩展的使能状态，以及状态定时器配置信息。

3.6 配置 RSVP 认证

RSVP 认证用来防止非授权的节点与本节点进行 RSVP 邻居的建立和防止通过构造报文来达到欺骗的目的。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

3.6.1 建立配置任务
在配置 RSVP 认证前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.6.2 配置 RSVP 密钥验证
RSVP 密钥验证是在两个 RSVP 邻居之间的接口进行的。邻居之间的接口的密钥必须相同，否则验证不能通过，该接口收到的 RSVP 报文都会被丢弃。

3.6.3 （可选）配置 RSVP 认证生存时间
通过配置认证生存时间，可以设置 RSVP 邻居之间不存在 CR-LSP 时可以保持 RSVP 邻居关系的时间间隔。

3.6.4 （可选）配置 handshake 功能
必须先配置 RSVP 密钥验证，才能配置 handshake 功能。

3.6.5 （可选）配置 message window 功能
Message window 功能主要是用来解决报文失序问题。

3.6.6 检查配置结果
RSVP 认证配置成功后，您可以查看隧道物理出接口的 RSVP-TE 信息。

3.6.1 建立配置任务

在配置 RSVP 认证前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

RSVP 认证通过使用密钥验证的方法来防止非授权的节点与本节点进行 RSVP 邻居的建立和防止通过构造报文来达到欺骗的目的。

RSVP 密钥验证可防止以下两种不合法的 RSVP 邻居的建立，避免对本地节点的攻击（如恶意的预留大量带宽）：

- 防止对端在没有授权的情况下和本节点建立邻居关系；
- 防止通过伪造 RSVP 报文的方式和本节点建立 RSVP 邻居。

但只用 RSVP 密钥验证不能防止回放攻击，也不能解决因网络拥塞导致 RSVP 报文失序从而引发 RSVP 邻居之间认证关系终止的问题。这两个问题可以通过配置 handshake 功能和 message window 功能来解决。

为了防止 RSVP 认证无法终止，可配置 RSVP 认证生存时间。配置 RSVP 认证生存后，当 RSVP 邻居之间不存在 CR-LSP 时可保持 RSVP 邻居关系，直到 RSVP 认证生存时间超时。

前置任务

在优化 RSVP-TE 隧道之前，需完成以下任务：

- **配置 RSVP-TE 隧道**

数据准备

在配置 RSVP 认证之前，需准备以下数据。

版权所有 © 华为技术有限公司

序号	数据
1	RSVP 的验证密钥
2	（可选）Handshake 验证使用的本地密码
3	（可选）RSVP 消息窗口大小（默认值为 1）

3.6.2 配置 RSVP 密钥验证

RSVP 密钥验证是在两个 RSVP 邻居之间的接口进行的。邻居之间的接口的密钥必须相同，否则验证不能通过，该接口收到的 RSVP 报文都会被丢弃。

背景信息

RSVP 消息通过增加认证对象，并验证对象的正确性，来防止消息被篡改或伪造的恶意攻击，增强网络的可靠性和安全性。

RSVP 密钥验证可以在接口视图或者 MPLS RSVP-TE 邻居视图下进行配置。

- 接口视图下的密钥验证功能应用于两个直连节点。
- MPLS RSVP-TE 邻居视图下配置的 RSVP 密钥验证可以应用于任意两个互相配置为邻居的节点。推荐使用这种配置方式。

可以根据选用的参数，配置 HMAC-MD5 认证或者 Keychain 认证。

- **cipher**：配置 HMAC-MD5 认证，并使用密文方式显示认证密钥。
- **plain**：配置 HMAC-MD5 认证，并使用明文方式显示认证密钥。
- **keychain**：配置 Keychain 认证，引用全局配置的 Keychain。

说明

由于符号$@$@用于升级时区分新老密码类型，MD5 密码不允许同时以$@$@开始和结束。

操作步骤

- 在接口视图下配置 RSVP 密钥验证功能

  在两个直连节点间的接口上进行如下配置。

  说明

  要求在三个刷新周期内，在直连的两个接口都完成配置。如果在三个刷新周期内没有在两个接口都完成配置，则会导致会话 Down。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入 MPLS TE 链路的接口视图。
  3. 执行命令 **mpls rsvp-te authentication** { { { **cipher** | **plain** } *auth-key* } | **keychain** *keychain-name* }，配置验证密钥。

     在接口视图下配置的 RSVP 密钥验证功能，仅在当前接口下生效且优先级最低。

- 在 MPLS RSVP-TE 邻居视图下配置 RSVP 密钥验证功能

  在两个邻居节点上进行如下配置。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

说明

要求在三个刷新周期内，在两个邻居节点都完成配置。如果在三个刷新周期内没有在两个邻居节点都完成配置，则会导致会话 Down。

1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
2. 执行命令 **mpls rsvp-te peer** *ip-address*，进入 MPLS RSVP-TE 邻居视图。
   - 当 *ip-address* 为邻居的接口地址，且与其 LSR-ID 不相同时，则该密钥认证是基于邻居接口地址的配置。这种配置方式只对该邻居的该接口生效，具有较高安全性，所以优先级最高。
   - 当 *ip-address* 与邻居 LSR-ID 相同时，则该密钥认证是基于邻居 LSR-ID 的配置。这种配置方式将使密钥验证功能在该邻居上生效，而不限定邻居的接口，其优先级低于基于邻居接口地址配置的密钥验证的优先级，但高于接口视图下配制的验证功能的优先级。
3. 执行命令 **mpls rsvp-te authentication** { { { **cipher** | **plain** } *auth-key* } | **keychain** *keychain-name* }，配置验证密钥。

----结束

3.6.3 （可选）配置 RSVP 认证生存时间

通过配置认证生存时间，可以设置 RSVP 邻居之间不存在 CR-LSP 时可以保持 RSVP 邻居关系的时间间隔。

背景信息

RSVP 认证时间的功能是：当 RSVP 邻居之间不存在 CR-LSP 时可以保持 RSVP 邻居关系，直到 RSVP 认证生存时间超时。RSVP 认证时间不影响已存在的 CR-LSP 的状态。

在隧道各节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 进入接口视图或者 MPLS RSVP-TE 邻居视图。

- 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入 MPLS TE 链路的接口视图。

  在接口视图下进行配置，则配置的 RSVP 认证生存时间仅在当前接口下生效。
- 执行命令 **mpls rsvp-te peer** *ip-address*，进入 MPLS RSVP-TE 邻居视图。
  - 当 *ip-address* 为邻居的接口地址，且与其 LSR-ID 不相同时，则配置的 RSVP 认证生存时间是基于邻居接口地址的配置。这种配置方式只对该接口生效。
  - 当 *ip-address* 与邻居 LSR-ID 相同时，则配置的 RSVP 认证生存时间是基于邻居 LSR-ID 的配置。这种配置方式将使这个配置在整台设备上生效。

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te authentication lifetime** *lifetime*，设置 RSVP 认证生存时间。

lifetime 表示认证生存时间，HH：MM：SS 格式，取值范围是 00：00：01 ～ 23：59：59，缺省值为 00：30：00，即 30 分钟。

----结束

3.6.4 （可选）配置 handshake 功能

必须先配置 RSVP 密钥验证，才能配置 handshake 功能。

版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

在隧道各节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 进入接口视图或者 MPLS RSVP-TE 邻居视图。

- 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入 MPLS TE 链路的接口视图。

  在接口视图下进行配置，则配置 handshake 功能仅在当前接口下生效。

- 执行命令 **mpls rsvp-te peer** *ip-address*，进入 MPLS RSVP-TE 邻居视图。
  - 当 *ip-address* 为邻居的接口地址，且与其 LSR-ID 不相同时，则配置的 handshake 功能是基于邻居接口地址的配置。这种配置方式只对该接口生效。
  - 当 *ip-address* 与邻居 LSR-ID 相同时，则配置的 handshake 功能是基于邻居 LSR-ID 的配置。这种配置方式将使 handshake 功能在整台设备上生效。

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te authentication handshake** *local-secret*，配置 handshake 功能。

local-secret 只是本地有效，不需要与邻居配置的 *local-secret* 一致。

在本端配置 handshake 功能后，如果本端收到一个没有与自己建立 RSVP 认证关系的邻居所发送的 RSVP 消息，则本端会发送携带 *local-secret* 参数的 Challenge 消息给该邻居，邻居收到 Challenge 消息后回应一个 Response 消息。Response 消息中携带了收到的 Challenge 消息的 *local-secret*。本端收到邻居发来的 Response 消息，如果其中携带的 *local-secret* 与本端配置的一致，就确定可以与该邻居建立 RSVP 认证关系。

说明

如果在邻居之间配置了 Handshake 功能，并且需要执行 **mpls rsvp-te authentication lifetime** 命令配置认证生存时间，那么认证生存时间的时长需要大于 RSVP 刷新消息的发送时间间隔。

如果认证生存时间小于 RSVP 刷新消息的发送时间间隔，就可能造成在认证生存时间内收不到 RSVP 刷新消息而删除认证关系。这样，当下一个刷新消息到来的时候就需要重新进行 Handshake 机制的检测，如此反复可能会造成 TE 隧道无法建立或者被删除。

----结束

3.6.5 （可选）配置 message window 功能

Message window 功能主要是用来解决报文失序问题。

背景信息

缺省情况下，RSVP 消息窗口大小是 1，即本地设备只能保存邻居 RSVP 消息的一个最近的最大的序列号。

当配置的 window-size 大于 1 时，本地就可以保存邻居 RSVP 消息的最近多个有效序列号。

在隧道各节点上进行如下配置。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 进入接口视图或者 MPLS RSVP-TE 邻居视图。

- 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入 MPLS TE 链路的接口视图。

  在接口视图下进行配置，则配置的 Message window 功能仅在当前接口下生效。
- 执行命令 **mpls rsvp-te peer** *ip-address*，进入 MPLS RSVP-TE 邻居视图。
  - 当 *ip-address* 为邻居的接口地址，且与其 LSR-ID 不相同时，则配置的 Message window 功能是基于邻居接口地址的配置。这种配置方式只对该接口生效。
  - 当 *ip-address* 与邻居 LSR-ID 相同时，则配置的 Message window 功能是基于邻居 LSR-ID 的配置。这种配置方式将使该配置在整台设备上生效。

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te authentication window-size** *window-size*，配置 message window 功能，即指定本地设备可保存的邻居 RSVP 消息有效序列号的个数。

必须先**配置 RSVP 密钥验证**，才能配置 message window 功能。

说明

当 RSVP 接口类型为 Eth-Trunk 或 IP-Trunk 时，RSVP 邻居之间只在 Trunk 链路上建立一个邻居关系。RSVP 消息可以从 Trunk 的任意一个成员接口接收，且各个成员口不是按顺序接收报文的，这样可能造成 RSVP 消息失序，因此必须配置 RSVP 消息滑动窗口。建议将滑动窗口大小配置为大于 32。如果滑动窗口设置过小，收到的失序的 RSVP 消息有些可能不在窗口范围内而被丢弃，这样会导致 RSVP 邻居关系终止。

----结束

3.6.6 检查配置结果

RSVP 认证配置成功后，您可以查看隧道物理出接口的 RSVP-TE 信息。

前提条件

已经完成 RSVP 认证功能的所有配置。

操作步骤

步骤 1 使用 **display mpls rsvp-te peer** [**interface** *interface-type interface-number*] 命令查看使能 RSVP-TE 的接口的 RSVP-TE 邻居信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，可发现该接口上的 RSVP-TE 邻居信息中 RSB 数量不为 0。

3.7 调整 CR-LSP 的路径选择

介绍调整 CR-LSP 路径计算和选择的几种方式。

3.7.1 建立配置任务

版权所有 © 华为技术有限公司

在进行调整 CR-LSP 的路径选择配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.7.2 配置管理组和亲和属性
进行管理组属性配置，可以影响新创建的 LSP；而进行亲和属性配置，可以影响该隧道已建立的 LSP，系统将为该隧道重新计算路径。

3.7.3 配置 SRLG
在热备份或 TE FRR 的应用场景中，需要为入节点的隧道出接口以及该接口所属的 SRLG 的其它成员链路配置 SRLG 属性。

3.7.4 配置 CR-LSP 的跳数限制值
数限制值作为 CR-LSP 建立时的选路条件之一，就像管理组和亲和属性一样，可以限制一条 CR-LSP 允许选择的路径跳数不超过某个值。

3.7.5 配置选路使用的度量
通过配置选路使用的度量，可以指定隧道使用的度量类型。

3.7.6 配置 CSPF 的仲裁方法
当 CSPF 在计算路径的过程中遇到多条权值相同的路径时，通过配置 CSPF 仲裁可以从中选择出一条路径。

3.7.7 配置失效链路定时器
通过配置失效链路定时器，可以避免反复对包含故障链路的路径进行 CSPF 计算。

3.7.8 配置环路检测
通过配置环路检测，可以防止产生环路。

3.7.9 配置路由锁定
通过配置路由锁定，CR-LSP 能够保持初始选定的路径，而不会按照新的可能的路径重新建立。

3.7.10 检查配置结果
调整 CR-LSP 的路径选择配置成功后，您可以看到 CSPF 的仲裁方法、路由锁定的状态、重优化的频率间隔及亲和属性及其掩码。

3.7.1 建立配置任务

在进行调整 CR-LSP 的路径选择配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

CSPF 使用 TEDB 和约束条件计算出符合要求的路径，并通过信令协议建立 CR-LSP。MPLS TE 提供多种方式影响 CSPF 的计算，从而调整 CR-LSP 的建立，包括：

- 仲裁

  CSPF 只计算到达隧道终点的最短路径，当在计算路径的过程中遇到多条权值相同的路径时，只需要选择其中一条就可以了。

  可供选择的仲裁方法包括：

  - Most-fill：选择已用带宽和最大可预留带宽的比值最大的链路，使链路带宽资源高效使用；
  - Least-fill：选择已用带宽和最大可预留带宽的比值最小的链路，使各条链路的带宽资源均匀使用；

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- Random：随机选取，使每条链路上的 LSP 数量均匀分布，不考虑带宽因素。

说明

由于仲裁依据比率来选择链路，那么在比率相同的情况下，比如没有利用保留带宽，或者利用的份额都是一样，此时不管配置的是 **least-fill** 还是 **most-fill**，选择的就是首先发现的链路。

- 路由锁定

  CR-LSP 创建成功后不随路由变化而变化的特性叫做路由锁定。

- 管理组和亲和属性

  MPLS TE 隧道的亲和属性决定隧道使用的链路属性，亲和属性与链路管理组配合，确定隧道可以使用哪些链路。

- SRLG

  共享风险链路组 SRLG（Shared Risk Link Group）是一组共享一个公共的物理资源（或是共享一根光纤）的链路。同一个 SRLG 的链路具有相同的风险等级，即如果 SRLG 中的一条链路失效，组内的其他链路也失效。

  SRLG 主要用在 CR-LSP 热备份和 TE FRR 组网中增强 TE 隧道的可靠性。共享相同物理资源的多个链路具有相同的风险。例如，当主接口 Down 时，其子接口也通常变为 Down，所以子接口和主接口通常具有相同的风险。如果主隧道所在的链路和其备份隧道所在链路具有相同的风险，则主隧道变为 Down 时，备份隧道也很可能变为 Down。

- 跳数限制值

  跳数限制值作为 CR-LSP 建立时的选路条件之一，可以限制一条 CR-LSP 允许选择的路径跳数不超过某个值。

- 重优化

  动态优化 CR-LSP 即定期重计算 CR-LSP 穿越的路由。如果重计算的路由优于当前路由，则创建一条新的 CR-LSP，为之分配新路由，并将业务从旧的 CR-LSP 切换至新的 CR-LSP，删除旧 CR-LSP。

前置任务

本节介绍的配置任务是 MPLS TE 中 CSPF 的一些专门配置，在实施本节的配置任务之前，您需要明确理解这些配置对系统可能造成的影响。

在调整 CR-LSP 的建立之前，需进行以下配置：

- **配置 RSVP-TE 隧道**

数据准备

在调整 CR-LSP 的建立之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	节点和隧道的仲裁方法
2	链路的管理组属性和隧道的亲和属性
3	CR-LSP 的重优化周期
4	SLRG 组号、SRLG 路径计算模式(preferred 或 strict)

版权所有 © 华为技术有限公司

3.7.2 配置管理组和亲和属性

进行管理组属性配置，可以影响新创建的 LSP；而进行亲和属性配置，可以影响该隧道已建立的 LSP，系统将为该隧道重新计算路径。

背景信息

在 CR-LSP 隧道的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入 MPLS TE 链路的接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te link administrative group** *value*，配置链路的管理组。

步骤 4 执行命令 **quit**，退回系统视图。

步骤 5 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 6 执行命令 **mpls te affinity property** *properties* [**mask** *mask-value*] [**best-effort** | **secondary**]，配置隧道的亲和属性。缺省情况下，链路管理组的值为 0x0；隧道的亲和属性为 0x0，掩码 0x0。

步骤 7 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

----结束

后续处理

更改链路的管理组属性配置，仅对新创建的 LSP 生效，不影响已建立的 LSP。

更改隧道的亲和属性配置，提交后会影响该隧道已建立的 LSP，系统将为该隧道重新计算路径。

3.7.3 配置 SRLG

在热备份或 TE FRR 的应用场景中，需要为入节点的隧道出接口以及该接口所属的 SRLG 的其它成员链路配置 SRLG 属性。

背景信息

SRLG 配置包括：

- **配置链路 SRLG 属性**
- **配置全局 SRLG 路径计算模式**

操作步骤

- 配置链路 SRLG 属性

  在 SRLG 成员链路的接口下进行如下配置：

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。
3. 执行命令 **mpls te srlg** *srlg-number*，将该接口加入 SRLG。

   在热备份或 TE FRR 的应用场景中，需要为入节点的隧道出接口以及该接口所属的 SRLG 的其它成员链路配置 SRLG 属性。将链路加入 SRLG 时，只需要在这条链路的任意一个出接口上配置 SRLG 属性即可。

- 配置全局 SRLG 路径计算模式

  在热备份或 TE FRR 隧道的入节点上进行如下配置：

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。
  3. 执行命令 **mpls te srlg path-calculation** [**preferred** | **strict**]，配置 SRLG 路径计算模式。

     说明

     - 如果指定参数 **strict**，则 CSPF 在计算旁路 CR-LSP 或备份 CR-LSP 的路径时，总会将 SRLG 作为约束条件之一。
     - 如果指定参数 **preferred**，则 CSPF 在首次计算旁路 CR-LSP 或备份 CR-LSP 的路径时，将 SRLG 作为约束条件之一；如果计算不成功，则不再将 SRLG 作为约束条件。

----结束

3.7.4 配置 CR-LSP 的跳数限制值

数限制值作为 CR-LSP 建立时的选路条件之一，就像管理组和亲和属性一样，可以限制一条 CR-LSP 允许选择的路径跳数不超过某个值。

背景信息

在 CR-LSP 隧道的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te hop-limit** *hop-limit-value* [**best-effort** | **secondary**]，限制该 Tunnel 的 CR-LSP 的路径跳数。

步骤 4 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

----结束

3.7.5 配置选路使用的度量

通过配置选路使用的度量，可以指定隧道使用的度量类型。

操作步骤

- 指定隧道使用的度量类型

  在 CR-LSP 隧道入节点进行如下配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
2. 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 TE 隧道的 Tunnel 接口视图。
3. 执行命令 **mpls te path metric-type** { **igp** | **te** }，配置当前隧道选路时使用的度量类型。
4. 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。
5. 执行命令 **quit**，退回系统视图。
6. （可选）执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。
7. （可选）执行命令 **mpls te path metric-type** { **igp** | **te** }，配置选路时使用的度量类型。

   如果在隧道接口视图下没有配置 **mpls te path metric-type**，则使用 MPLS 视图下的度量类型；否则使用隧道接口视图下的度量类型。

   缺省情况下，TE 隧道选路时使用的度量类型为 TE。

- （可选）配置链路的 TE 度量值

  如果指定隧道的度量类型为 TE 时，则可在 Ingress 节点和 Transmit 节点的数据流出接口上通过以下配置修改链路的 TE 度量值。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入 MPLS TE 链路的接口视图。
  3. 执行命令 **mpls te metric** *value*，配置链路的 TE 度量值。

     缺省情况下，链路使用其 IGP 度量作为 TE 的度量。

----结束

3.7.6 配置 CSPF 的仲裁方法

当 CSPF 在计算路径的过程中遇到多条权值相同的路径时，通过配置 CSPF 仲裁可以从中选择出一条路径。

背景信息

在 CR-LSP 隧道的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te tie-breaking** { **least-fill** | **most-fill** | **random** }，配置本节点的 CR-LSP 仲裁方法。

缺省情况下，本节点的仲裁方法为随机选择方式 **random**。

步骤 4 执行命令 **quit**，退回系统视图。

步骤 5 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 6 执行命令 **mpls te tie-breaking** { **least-fill** | **most-fill** | **random** }，配置当前隧道的 CR-LSP 仲裁方法。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 7 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

隧道优先使用本隧道视图下配置的仲裁方法；如果隧道视图下没有配置，将使用 MPLS 视图下的配置。

----结束

3.7.7 配置失效链路定时器

通过配置失效链路定时器，可以避免反复对包含故障链路的路径进行 CSPF 计算。

背景信息

CSPF 计算到目的地址的最短路径时，是根据本地维护的 TE 数据库。信令协议将根据 CSPF 计算的路径请求和预留资源。如果网络某链路发生故障，路由协议有时可能没有及时通知 CSPF 更新 TE 数据库，信令协议从 CSPF 得到的路径可能包含故障的链路。因链路故障，信令协议的控制报文（如 RSVP 的 Path 消息）将在故障的链路丢失。因此信令协议将返回错误消息通知上游节点。上游节点收到链路错误消息时，触发 CSPF 重新计算路径。又因为 TE 数据库没有更新，CSPF 返回给信令协议的路径仍然包含了故障的链路。因此，信令协议的控制报文又将被丢弃，信令协议又返回错误消息，触发 CSPF 重新计算路径。如此反复，直到 TE 数据库得到更新。

为了避免上述情况的发生，当收到信令协议返回错误消息通知链路故障时，CSPF 将故障链路的状态置为 INACTIVE，并启动失效链路定时器。这样，故障链路将不再参与 CSPF 的路径计算，直到 CSPF 收到数据库更新事件或者链路失效定时器超时。

在链路失效定时器超时前，如果收到数据库更新事件，CSPF 将删除链路失效定时器。

在 CR-LSP 隧道入节点进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te cspf timer failed-link** *interval*，配置 CSPF 失效链路定时器。

缺省情况下，失效链路定时器的值为 10 秒。

失效链路定时器的值只具有本地意义，如果各个节点上配置的定时器值不同，则可能存在同一条链路在某些节点上的状态是 ACTIVE，而另一些节点上是 INACTIVE 的情况。

----结束

3.7.8 配置环路检测

通过配置环路检测，可以防止产生环路。

背景信息

TE 中的环路检测机制最大跳数为 32。路径信息记录表中已有本 LSR 的记录，或路径的跳数超过此最大跳数时，均认为出现环路，LSP 建立失败。

在 CR-LSP 隧道入节点进行如下配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te loop-detection**，配置隧道建立时进行环路检测。

缺省情况下，不进行环路检测。

步骤 4 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

----结束

3.7.9 配置路由锁定

通过配置路由锁定，CR-LSP 能够保持初始选定的路径，而不会按照新的可能的路径重新建立。

背景信息

缺省情况下，关闭路由锁定功能。

说明

如果使用路由锁定特性，则不能同时使用 CR-LSP 重优化。

在 CR-LSP 隧道的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te record-route** [**label**]，建立隧道时记录路由和标签。

步骤 4 执行命令 **mpls te route-pinning**，配置路由锁定。

步骤 5 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

----结束

3.7.10 检查配置结果

调整 CR-LSP 的路径选择配置成功后，您可以看到 CSPF 的仲裁方法、路由锁定的状态、重优化的频率间隔及亲和属性及其掩码。

前提条件

已经完成调整 CR-LSP 路径选择功能的所有配置。

操作步骤

步骤 1 使用 **display mpls te tunnel-interface** [**tunnel** *tunnel-number*]命令查看隧道接口信息。

----结束

版权所有 © 华为技术有限公司

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，应能得到如下的结果：

- CSPF 的仲裁方法
- 若配置路由锁定，则显示其状态为 Enabled
- 若配置重优化，则显示其状态为 Enabled 以及重优化的频率间隔
- 亲和属性及其掩码

3.8 调整 MPLS TE 隧道的建立

MPLS TE 提供多种属性，用于灵活调整 TE 隧道的建立。

3.8.1 建立配置任务
在调整 MPLS TE 隧道的建立前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.8.2 配置隧道的优先级
如果在建立 CR-LSP 的过程中，无法找到满足所需带宽要求的路径，可以根据建立优先级和保持优先级进行抢占。

3.8.3 配置 CR-LSP 重优化
通过配置隧道重优化，可以定期重计算 CR-LSP 穿越的路由。如果重计算的路由优于当前路由，则创建一条新的 CR-LSP，为之分配新路由，并将业务从旧的 CR-LSP 切换至新的 CR-LSP，删除旧 CR-LSP。

3.8.4 配置隧道重建
通过配置隧道重建，可以定期重计算 CR-LSP 穿越的路由。如果重计算的路由优于当前路由，则创建一条新的 CR-LSP，为之分配新路由，并将业务从旧的 CR-LSP 切换至新的 CR-LSP，删除旧 CR-LSP。

3.8.5 配置记录路由和标签
通过配置记录路由和标签功能，用户可以决定 RSVP-TE 隧道在建立过程中是否记录路由和标签。

3.8.6 配置 RSVP 信令延迟触发功能
当 MPLS 网络出现故障，需要重新创建大量 RSVP CR-LSP 时，重建大量 RSVP CR-LSP 需要占用不少系统资源。如果配置信令延时触发，则可以降低创建 RSVP CR-LSP 所占用的系统资源。

3.8.7 检查配置结果
调整完成 MPLS TE 隧道的建立后，您可以查看 TE 隧道的属性。

3.8.1 建立配置任务

在调整 MPLS TE 隧道的建立前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

在建立 MPLS TE 隧道的过程中，根据实际应用，可能还需要进行一些专门的配置来调整隧道的建立。本节介绍这些特殊的配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

前置任务

需要理解的是，本节介绍的任务是 MPLS TE 中的一些专门配置，在实施本节的配置任务之前，需要明确理解这些配置对系统可能造成的影响。

在调整 MPLS TE 隧道的建立之前，需完成以下任务：

- **配置 RSVP-TE 隧道**

数据准备

在调整 MPLS TE 隧道前，需准备以下数据：

序号	数据
1	隧道重建的次数和重建间隔
2	隧道的建立优先级和保持优先级

3.8.2 配置隧道的优先级

如果在建立 CR-LSP 的过程中，无法找到满足所需带宽要求的路径，可以根据建立优先级和保持优先级进行抢占。

背景信息

在 CR-LSP 隧道入节点进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te priority** *setup-priority* [*hold-priority*]，配置隧道的优先级。

建立优先级和保持优先级的取值范围都是 0 ～ 7，数值越小则优先级越高。

缺省情况下，建立优先级和保持优先级的值都为 7。当只配置建立优先级时，保持优先级与建立优先级相同。

说明

建立优先级的值不应该小于保持优先级的值，即建立优先级不能高于保持优先级。

步骤 4 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

----结束

3.8.3 配置 CR-LSP 重优化

通过配置隧道重优化，可以定期重计算 CR-LSP 穿越的路由。如果重计算的路由优于当前路由，则创建一条新的 CR-LSP，为之分配新路由，并将业务从旧的 CR-LSP 切换至新的 CR-LSP，删除旧 CR-LSP。

版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

说明

- 如果使用 CR-LSP 重优化，则不能同时使用路由锁定特性。
- 如果隧道的资源预留为固定过滤器类型 FF，则不能配置 CR-LSP 重优化。

在 CR-LSP 隧道的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te reoptimization** [**frequency** *interval*]，配置定时重优化。

缺省情况下，不进行重优化。定时重优化的缺省间隔是 3600 秒。

步骤 4 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

步骤 5 执行命令 **return**，退回用户视图。

步骤 6 （可选）执行命令 **mpls te reoptimization**，对 TE 隧道进行立即重优化。

在隧道视图下配置定时重优化后，可以退回用户视图执行 **mpls te reoptimization** 命令，对所有配置了重优化的隧道立即进行重优化。并且，执行了立即重优化后，定时重优化的定时器将被清零，重新计时。

----结束

3.8.4 配置隧道重建

通过配置隧道重建，可以定期重计算 CR-LSP 穿越的路由。如果重计算的路由优于当前路由，则创建一条新的 CR-LSP，为之分配新路由，并将业务从旧的 CR-LSP 切换至新的 CR-LSP，删除旧 CR-LSP。

背景信息

在 CR-LSP 隧道入节点进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te retry** *times*，配置隧道尝试重建的次数。

缺省情况下，尝试重建次数为 5。

步骤 4 执行命令 **mpls te timer retry** *interval*，配置重建隧道的间隔时间。

缺省情况下，重建隧道的时间间隔为 2 秒。

步骤 5 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

如果隧道建立不成功，系统会每隔一定时间（即配置的重建隧道的间隔）开始新一轮重建，每轮的最大重建次数为配置的重建次数。

----结束

3.8.5 配置记录路由和标签

通过配置记录路由和标签功能，用户可以决定 RSVP-TE 隧道在建立过程中是否记录路由和标签。

背景信息

缺省情况下，不记录路由和标签。

在 CR-LSP 隧道入节点进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te record-route** [**label**]，建立隧道时记录路由和标签。

步骤 4 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

----结束

3.8.6 配置 RSVP 信令延迟触发功能

当 MPLS 网络出现故障，需要重新创建大量 RSVP CR-LSP 时，重建大量 RSVP CR-LSP 需要占用不少系统资源。如果配置信令延时触发，则可以降低创建 RSVP CR-LSP 所占用的系统资源。

背景信息

当 MPLS 网络出现故障，需要重新创建大量 RSVP CR-LSP 时，重建大量 RSVP CR-LSP 需要占用不少系统资源。如果配置信令延时触发，则可以降低创建 RSVP CR-LSP 所占用的系统资源。

在有大量 CR-LSP 经过的节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te signaling-delay-trigger enable**，使能 RSVP 信令延迟触发。

缺省情况下，不使能 RSVP 信令延迟触发。

----结束

3.8.7 检查配置结果

调整完成 MPLS TE 隧道的建立后，您可以查看 TE 隧道的属性。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

前提条件

已经完成调整 MPLS TE 隧道建立功能的所有配置。

操作步骤

步骤 1 使用 **display mpls te tunnel-interface** [**tunnel** *tunnel-number*]命令查看隧道接口信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，应能得到如下的结果：

- 隧道的记录路由和标签分别为 Enabled
- 隧道重建次数和重建时间间隔
- 隧道的建立和保持优先级

3.9 调整流量的转发

调整 MPLS TE 流量的转发，可能导致 IP 流量或 MPLS 流量经过的路径变化、或限制 TE 隧道流量类型的配置。

3.9.1 建立配置任务
在调整流量的转发前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.9.2 配置 IGP Shortcut
通过配置 IGP Shortcut，则不将这条 LSP 链路发布给邻居节点，因此其他节点不能使用此 LSP。

3.9.3 配置转发邻接
通过配置转发邻接，则将这条 LSP 发布给邻居节点，因此其他节点能够使用此 LSP。

3.9.4 配置切换延迟时间和删除延迟时间
为了避免在新 CR-LSP 建立前删除原 CR-LSP，需要配置切换延迟时间和删除延迟时间，从而避免流量中断。

3.9.1 建立配置任务

在调整流量的转发前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

在 MPLS TE 中，影响流量转发是指可能导致 IP 流量或 MPLS 流量经过的路径变化、或限制 TE 隧道流量类型的配置。

本节介绍 MPLS TE 中影响流量转发的几种主要措施。

前置任务

本节介绍的配置需要与 CSPF、动态信令协议（如 RSVP-TE）配合使用。

在配置影响流量的转发之前，需完成以下任务：

版权所有 © 华为技术有限公司

- 配置 RSVP-TE 隧道

数据准备

在调整 MPLS 流量转发前，需准备以下数据。

序号	数据
1	TE 隧道接口的编号
2	MPLS TE 链路的 TE 度量值
3	TE 隧道的 IGP 度量值

3.9.2 配置 IGP Shortcut

通过配置 IGP Shortcut，则不将这条 LSP 链路发布给邻居节点，因此其他节点不能使用此 LSP。

背景信息

说明

如果配置了 IGP Shortcut，则不能同时配置转发邻接。

在 CR-LSP 隧道入节点进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te igp shortcut** [**isis** | **ospf**]，配置 IGP Shortcut。

说明

缺省情况下，不使能 IGP Shortcut。

如果配置 IGP Shortcut 时不指定 IGP 类型，则缺省为 OSPF 和 IS-IS 都支持。

步骤 4 执行命令 **mpls te igp metric** { **absolute** | **relative** } *value*，配置 TE 隧道的 IGP 度量值。

缺省情况下，TE 隧道使用的度量值与 IGP 路径相同。

IS-IS 不支持相对度量。

用户可以指定在 IGP Shortcut 特性中计算路径时 TE 隧道使用的度量值：

- 如果使用绝对度量 **absolute**，则 TE 隧道的度量值就是配置的值；
- 如果使用相对度量 **relative**，则 TE 隧道的度量值是相应 IGP 路径度量值加上相对度量值。

步骤 5 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

步骤 6 对于 IS-IS，执行命令 **isis enable** [*process-id*]，使能隧道接口的 IS-IS 进程。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 7 对于 OSPF，执行以下三个命令：

- 执行命令 **quit**，退回系统视图。
- 执行命令 **ospf** [*process-id*]，进入 OSPF 协议视图。
- 执行命令 **enable traffic-adjustment**，使能 IGP Shortcut。

----结束

3.9.3 配置转发邻接

通过配置转发邻接，则将这条 LSP 发布给邻居节点，因此其他节点能够使用此 LSP。

背景信息

路由协议需要对链路进行双向检查。转发邻接将 LSP 链路发布给其他节点，所以在使用时，需要再配置一条返回的 Tunnel，构成双向 Tunnel，并分别使能这两条隧道的转发邻接。

说明

缺省情况下，关闭转发邻接特性。

如果配置了转发邻接，则不能同时配置 IGP Shortcut。

在 CR-LSP 隧道入节点进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te igp advertise** [**hold-time** *interval*]，配置转发邻接。

步骤 4 执行命令 **mpls te igp metric** { **absolute** | **relative** } *value*，配置 TE 隧道的 IGP 度量。

说明

IS-IS 不支持相对度量。

仔细选择 TE 隧道的 IGP 度量值，以保证 LSP 链路可以被正确发布和使用。例如，TE 隧道的度量值应该小于不希望流量使用的 IGP 路由的度量值。

步骤 5 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

步骤 6 对于 IS-IS，执行命令 **isis enable** [*process-id*]，使能隧道接口的 IS-IS 进程。

步骤 7 对于 OSPF，执行以下三个命令：

- 执行命令 **quit**，退回系统视图。
- 执行命令 **ospf** [*process-id*]，进入 OSPF 协议视图。
- 执行命令 **enable traffic-adjustment advertise**，在 OSPF 中使能转发邻接。

----结束

3.9.4 配置切换延迟时间和删除延迟时间

为了避免在新 CR-LSP 建立前删除原 CR-LSP，需要配置切换延迟时间和删除延迟时间，从而避免流量中断。

版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

MPLS TE 采用 Make-before-break 机制。当 MPLS TE 隧道属性（例如，带宽和路径）改变时，需要建立符合新属性的 CR-LSP（也称为 Modified LSP）。为了在流量切换时尽可能不丢失数据，需要在原 CR-LSP（也称为 Primary LSP）被拆除前先建立新 CR-LSP。通过 Make-before-break 机制，预留给新 CR-LSP 的带宽不被重复计算，即新 CR-LSP 与原 CR-LSP 共用带宽。

在实际应用中，当上游和下游节点的繁忙程度相差比较大时，有可能出现原 CR-LSP 被提前删除，导致流量短暂中断的现象。

为了避免这一问题，可以在隧道入节点上配置切换延迟时间和删除延迟时间。

请在隧道入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入隧道入节点的系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te switch-delay** *switch-time* **delete-delay** *delete-time*，配置切换延迟时间和删除延迟时间。

缺省情况下，切换延迟时间是 5 秒，删除延迟时间是 7 秒。

----结束

3.10 调整带宽的泛洪阈值

通过调整带宽的泛洪阈值，可以抑制更新 TEDB 和泛洪的频率，避免对网络资源造成浪费。

3.10.1 建立配置任务
在调整带宽的泛洪阈值前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.10.2 配置带宽的泛洪阈值
带宽的泛洪值是指 TE 隧道占用或释放的链路带宽与 TEDB 中剩余的链路带宽的比值。

3.10.1 建立配置任务

在调整带宽的泛洪阈值前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

为了形成本 IGP 区域内统一的流量工程数据库，当 MPLS 接口的剩余带宽发生变化时，OSPF TE 和 IS-IS TE 需要更新 TEDB 并进行泛洪。

当节点上创建大量需要预留带宽的隧道时，系统会频繁更新 TEDB（Traffic Engineering DataBase）并泛洪。例如某条链路带宽为 100Mbit/s，在此链路上建立 100 条 1Mbit/s 的 TE 隧道时，则需要进行 100 次泛洪。

为了抑制更新 TEDB 和泛洪的频率，系统提供以下机制：

版权所有 © 华为技术有限公司

- 当一条链路上为 MPLS TE 隧道保留的带宽与 TEDB 中的链路剩余带宽的比值等于或大于设定的阈值（称为带宽的泛洪阈值）时，OSPF TE 和 IS-IS TE 将该链路信息泛洪到域内的所有节点，并更新 TEDB。
- MPLS TE 隧道释放的带宽与 TEDB 中剩余带宽的比值等于或大于设定的阈值时，OSPF TE 和 IS-IS TE 将该链路信息泛洪到域内的所有节点，并更新 TEDB。

该阈值缺省值为 10%，用户可以通过命令行进行手工调整。

前置任务

在调整带宽的泛洪阈值之前，需完成以下任务：

- **配置 RSVP-TE 隧道**

数据准备

在调整带宽的泛洪阈值之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	带宽的泛洪阈值

3.10.2 配置带宽的泛洪阈值

带宽的泛洪值是指 TE 隧道占用或释放的链路带宽与 TEDB 中剩余的链路带宽的比值。

背景信息

带宽的泛洪值是指 TE 隧道占用或释放的链路带宽与 TEDB 中剩余的链路带宽的比值。

链路带宽变化很小时对带宽进行泛洪会浪费网络资源。例如某条链路带宽为 100M，在此链路上建立 100 条 1M 的 TE 隧道时，则需要进行 100 次泛洪。

如果设置泛洪阈值为 10%，则建立第 1 ～ 9 条时不进行泛洪；当建立第 10 条时才对第 1 ～ 10 条所占用的 10M 带宽进行泛洪。当建立第 11 ～ 18 条隧道时不进行泛洪，当建立第 19 条时才泛洪。依此类推。因此配置带宽泛洪阈值可减少泛洪次数，节约网络资源。

缺省情况下，当一条链路上为 MPLS TE 隧道保留的带宽与 TEDB 中的链路剩余带宽的比值等于或大于 10%，或 MPLS TE 隧道释放的带宽与 TEDB 中剩余带宽的比值等于或大于 10%时，IGP 将对该链路信息进行泛洪，CSPF 更新 TEDB。

在 CR-LSP 隧道 Ingress 或 Transit 节点进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入使能了 MPLS TE 的链路接口的视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te bandwidth change thresholds** { **down** | **up** } *percent*，配置带宽的泛洪阈值。

版权所有 © 华为技术有限公司

泛洪阈值只能在物理接口下配置。

----结束

3.11 配置隧道自动带宽调整

通过配置自动带宽调整，可使隧道根据实际流量大小自动调整带宽。

3.11.1 建立配置任务
在配置隧道自动带宽调整前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.11.2 配置自动带宽调整
如果使用自动带宽调整，则不能同时使用 CR-LSP 重优化或路由锁定特性。

3.11.3 检查配置结果
隧道自动带宽调整配置成功后，您可以查看隧道的带宽信息。

3.11.1 建立配置任务

在配置隧道自动带宽调整前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

配置自动带宽调整，可使隧道根据实际流量大小自动调整带宽。

系统周期性采集 TE 隧道出接口的流量速率，计算出该隧道在一定时间内的实际平均带宽；将这段时间内多次采样的最大值作为带宽约束条件请求建立新的 LSP。新 LSP 建立成功后，利用 Make-before-break 特性，拆除旧的 LSP，将流量切换到新 LSP 上。

前置任务

在调整带宽的泛洪阈值之前，需完成以下任务：

- **配置 RSVP-TE 隧道**

数据准备

在配置隧道自动带宽调整之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	采样周期
2	隧道自动带宽调整间隔
3	允许调整到的最大带宽值
4	允许调整到的最小带宽值

版权所有 © 华为技术有限公司

3.11.2 配置自动带宽调整

如果使用自动带宽调整，则不能同时使用 CR-LSP 重优化或路由锁定特性。

背景信息

缺省情况下，不使用自动带宽调整。

采样周期在 MPLS 视图下配置，对所有 MPLS TE 隧道有效。MPLS TE 隧道的出接口速率每经过一个采样周期就会被记录下来，这样可以获得该 MPLS TE 隧道在一个采样周期内的实际平均带宽。

配置自动带宽调整功能后，通过定时的采样（由 **mpls te timer auto-bandwidth** 命令配置），可以获得通过该隧道在一个采样周期的平均带宽。通过在一段时间的多次采样后，根据平均的采样值来计算新带宽，并按照该带宽新建一条隧道。建立成功后，将流量切换到新的 LSP 上，同时拆除原来的 LSP；如果建立不成功，则流量继续从原来的 LSP 通过，在下一个采样周期结束后再做下一次调节。

可以通过配置关键字 **threshold**，来控制是否进行带宽调整。

系统将采样周期内计算出的平均带宽和实际带宽进行比较，如果变化值和实际带宽的比值大于 **threshold**，则进行自动带宽调整。

因此，如果网络流量变化较频繁，却不需要进行频繁的带宽调整时，可以将 **threshold** 配置为一个较大值。

说明

同一个 TE 隧道接口下，**mpls te auto-bandwidth** 命令与如下命令互斥：

- **mpls te reoptimization（Tunnel 接口视图）**命令。
- **mpls te route-pinning** 命令。
- **mpls te backup** 命令。
- **mpls te resv-style ff** 命令。
- 指定了多个 CT 的 **mpls te bandwidth（Tunnel 接口视图）**命令。

在 CR-LSP 隧道入节点进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te timer auto-bandwidth** [*interval*]，启动自动带宽调整，配置采样周期。

缺省情况下，如果不指定采样周期参数 *inteval*，则系统每 24 小时进行一次自动带宽调整，允许的带宽调整范围不受限制。

步骤 4 执行命令 **quit**，退回系统视图。

步骤 5 执行命令 **interface tunnel** *interface-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 6 配置隧道的自动带宽调整，选择如下配置之一：

- 执行命令 **mpls te auto-bandwidth adjustment** [**threshold** *percent*] [**frequency** *interval*] [**max-bw** *max-bandwidth* **min-bw** *min-bandwidth*]，配置隧道进行调整的频率和允许的调整范围。

版权所有 © 华为技术有限公司

- 执行命令 **mpls te auto-bandwidth collect-bw** [**frequency** *interval*] [**max-bw** *max-bandwidth* **min-bw** *min-bandwidth*]，配置隧道收集出接口带宽的频率和允许的带宽范围。

步骤 7 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

----结束

3.11.3 检查配置结果

隧道自动带宽调整配置成功后，您可以查看隧道的带宽信息。

前提条件

已经完成隧道自动带宽调整功能的所有配置。

操作步骤

步骤 1 使用 **display current-configuration** 命令查看隧道的自动带宽调整相关配置信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，在隧道的入节点上执行 **display current-configuration** 命令，可查看到该隧道的如下配置信息：

- 自动调整带宽的频率
- 允许调整的最小带宽
- 允许调整的最大带宽

3.12 配置 TE 隧道流量限速

如果要使 TE 流量被限定在实际配置的隧道带宽范围内，则需要对该 TE 隧道配置 TE 流量限速。

3.12.1 建立配置任务
在配置 TE 隧道流量限速前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.12.2 配置 TE 流量限速
配置 TE 流量限速之前，需要保证对应的隧道接口配置了带宽。

3.12.3 检查配置结果
TE 隧道流量限速配置成功后，您可以查看 TE 流量监管信息。

3.12.1 建立配置任务

在配置 TE 隧道流量限速前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

应用环境

某条 TE 隧道的实际物理链路中，除了承载该 TE 隧道的流量，可能还同时承载了其他 TE 隧道的流量、其他非 CR-LSP 的 MPLS 流量，甚至 IP 流量。如果要使 TE 流量被限定在实际配置的隧道带宽范围内，则需要对该 TE 隧道配置 TE 流量限速。

配置 TE 流量限速后，TE 流量被限定在实际配置的隧道带宽范围内；超出隧道带宽的 TE 流量被丢弃。

前置任务

在配置 TE 流量限速之前，需完成以下任务：

- **配置静态 CR-LSP** 或者**配置 RSVP-TE 隧道**

数据准备

在配置 TE 流量限速之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	需要进行流量限速的 TE 隧道

3.12.2 配置 TE 流量限速

配置 TE 流量限速之前，需要保证对应的隧道接口配置了带宽。

背景信息

说明

配置 TE 流量限速之前，需要保证对应的 Tunnel 接口配置了 **mpls te bandwidth** 命令。如果 Tunnel 接口没有配置 **mpls te bandwidth** 命令，则不进行 TE 流量限速。

在隧道入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te lsp-tp outbound**，配置 TE 流量监管。

步骤 4 执行命令 **mpls te commit**，使配置生效。

----结束

3.12.3 检查配置结果

TE 隧道流量限速配置成功后，您可以查看 TE 流量监管信息。

前提条件

已经完成 TE 流量限速功能的所有配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

- 使用 **display mpls te tunnel-interface** [**tunnel** *tunnel-number*]命令查看隧道接口信息。

----结束

任务示例

执行命令 **display mpls te tunnel-interface**，可看到显示结果中，“Car Policy”字段对应的值为“Enable”。

3.13 配置 DS-TE

DS-TE 将传统的 TE 隧道和差分服务模型相结合，从而实现根据业务类型提供相应的 QoS 保障。

3.13.1 建立配置任务
在配置 DS-TE 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.13.2 配置 DS-TE 模式
通过配置 DS-TE 模式，可以将 MPLS TE 隧道设置为 Non-IETF 或 IETF 方式。

3.13.3 配置 DS-TE 带宽约束模型
如果网络允许 CT 之间的抢占，建议选择 RDM 模型，以实现带宽的有效利用。如果网络不允许 CT 之间的抢占，建议选择 MAM 或 Extended-MAM 模型。

3.13.4 （可选）配置 TE-Class 映射表
建议整个 DS-TE 域配置相同的 TE-Class 映射表，否则 LSP 可能不能正确建立。

3.13.5 配置链路带宽
通过配置链路的带宽可以限定 DS-TE 隧道的带宽。

3.13.6 配置 Tunnel 接口
要创建 DS-TE，需要先创建一个 Tunnel 接口，然后在 Tunnel 接口下完成隧道的其他属性配置。

3.13.7 配置静态 CR-LSP 并指定带宽
配置静态 CR-LSP 时，对于标准 DS-TE，静态 CR-LSP 支持 8 种 CT；对于非标准 DS-TE，静态 CR-LSP 只支持 CT0 和 CT1。

3.13.8 配置 RSVP CR-LSP 并指定带宽
配置 RSVP CR-LSP 并指定带宽时，所有 CT 的带宽总和不超过 BC 的带宽总和。

3.13.9 配置 CT 与流队列的映射关系

3.13.10 （可选）配置端口类队列

3.13.11 检查配置结果
DS-TE 配置成功后，您可以查看 DS-TE 信息和隧道各 CT 流量信息。

3.13.1 建立配置任务

在配置 DS-TE 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

应用环境

MPLS TE 隧道应用场景可能有以下几种：

- 一条 MPLS TE 隧道同时承载非 VPN 的各类业务（如视频、语音、数据业务）。
- 一条 MPLS TE 隧道同时承载一个 VPN 的各类业务。
- 一条 MPLS TE 隧道同时承载多个 VPN 的各类业务。
- 一条 MPLS TE 隧道同时承载 VPN 和非 VPN 的各类业务。

传统的 MPLS TE 隧道（即非标准的 DS-TE 隧道）无法根据业务类型提供相应的 QoS。例如，同一条 TE 隧道同时承载语音流和视频流。视频流可能比语音流具有更多的重复帧。因此，视频流的丢弃优先级可以比语音流高。而传统的 MPLS TE 隧道不区分业务类型，对语音流和数据流分配相同的丢弃优先级。

为了防止同一隧道的各类业务互相干扰，可以为 VPN 或非 VPN 的每类业务建立一个隧道。这种方案可能浪费资源，因为当有大量 VPN 承载各种不同的业务时，需要建立大量的隧道。

以上列举的 MPLS TE 隧道应用场景中，部署 DS-TE 隧道是最佳方案。DS-TE 域的边界节点对业务划分类型，并在报文的 DSCP 域中添加类型信息。中间结点只要根据 DSCP 域选择合适的 PHB 来转发报文。

DS-TE 隧道对业务划分类型，并对每种业务类型预留资源，提高了对网络资源的利用率。一条 DS-TE 隧道中最多可同时承载八种业务类型的流量。

说明

- 标准 DS-TE 隧道业务的配置，需要 Ingress 和 Egress 节点硬件上支持 HQoS。非标准 DS-TE 隧道无此要求。
- 当多个 VPN 的同一类型业务承载在 DS-TE 隧道的同一 CT 上时，可以通过在接入 CE 上限制每个 VPN 中每种业务的带宽来避免多个 VPN 的同一类型业务间竞争资源。
- 若用户不希望非 VPN 业务和 VPN 业务间资源竞争，可以通过 DS-TE 只承载 VPN 业务或静态配置 DS-TE 中非 VPN 业务的带宽来进行保证。

前置任务

在配置 DS-TE 之前，需完成以下任务：

- 在各 LSR 节点上配置单播静态路由或 IGP 协议，保证各 LSR 在网络层互通
- 在各 LSR 节点上配置 LSR-ID
- 在各 LSR 节点上全局和接口下使能 MPLS
- 在各 LSR 节点上全局和接口下使能 MPLS TE 和 MPLS RSVP-TE
- 在各 LSR 节点的沿途接口上使能简单流分类

数据准备

在配置 DS-TE 之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	DS-TE 模式
2	带宽约束模型

版权所有 © 华为技术有限公司

序号	数据
3	TE-Class 映射表
4	链路带宽
5	Tunnel 接口带宽
6	CT 与流队列的映射关系
7	各 CT 间的带宽共享模式

3.13.2 配置 DS-TE 模式

通过配置 DS-TE 模式，可以将 MPLS TE 隧道设置为 Non-IETF 或 IETF 方式。

背景信息

在 DS-TE 域的所有 LSR 上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te ds-te mode** { **ietf** | **non-ietf** }，配置 DS-TE 模式。

缺省情况下，DS-TE 模式为非标准（Non-IETF）模式。

----结束

后续处理

NE20E-X6 支持非标准（Non-IETF）模式向标准（IETF）模式的切换，也支持 IETF 向 Non-IETF 模式的切换。但由 IETF 向 Non-IETF 模式切换后，部分 LSP 有可能被删除，还可能造成互通问题，请谨慎配置。

说明

DS-TE 由非标准模式切换到标准模式不会造成用户配置的丢失或被更改；而由标准模式切换到非标准模式时，标准模式下支持但在非标准模式下不支持的那部分用户配置会丢失或被更改。丢失或被更改的用户配置包括：

- 标准模式下配置的 Extend-MAM 模型，在切换到非标准时，会自动转换成 MAM 模型，可能造成互通问题；
- 标准模式下配置的接口 BC2 ~ BC7 带宽值，在切换到非标准时，会被删除；
- Tunnel 接口下的 **mpls te commit** 命令被删除。

DS-TE 模式切换前后的变化情况请参见**表 3-1**，其中“—>”表示“切换为”。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

表 3-1 DS-TE 模式切换

项目	Non-IETF—>IETF	IETF—>Non-IETF
带宽模型变化情况	带宽模型不变	Extended-MAM—>MAM； RDM—>RDM； MAM—>MAM。
带宽变化情况	BC0 和 BC1 的带宽值保持不变。	除 BC0 和 BC1 保持不变外，其它 BC 的值被清零。
TE-Class 映射表	如果配置了 TE-Class 映射表，则使用配置的 TE-Class 映射表，否则采用缺省的 TE-Class 映射表。 **说明** 缺省的 TE-Class 映射表请参见表 3-2。	不使用 TE-Class 映射表。 ● 如果用户配置了 TE-Class 映射表，则不删除映射表； ● 如果用户没有配置 TE-Class 映射表，则删除缺省的 TE-Class 映射表。
LSP 删除情况	删除<CT,set-priority>组合和<CT,hold-priority>组合不在 TE-Class 映射表中的 CR-LSP。	删除以下类型的 LSP： ● 多 CT LSP； ● CT2 ～ CT7 的单 CT LSP。

3.13.3 配置 DS-TE 带宽约束模型

如果网络允许 CT 之间的抢占，建议选择 RDM 模型，以实现带宽的有效利用。如果网络不允许 CT 之间的抢占，建议选择 MAM 或 Extended-MAM 模型。

背景信息

在 DS-TE 域的所有 LSR 上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te ds-te bcm** { **extend-mam** | **mam** | **rdm** }，配置 DS-TE 带宽约束模型。

缺省情况下，DS-TE 带宽约束模型为 RDM（Russian Dolls Model）。

非标准的 DS-TE 模式不支持 Extended-MAM 模型。

----结束

3.13.4 （可选）配置 TE-Class 映射表

建议整个 DS-TE 域配置相同的 TE-Class 映射表，否则 LSP 可能不能正确建立。

背景信息

对于非标准 DS-TE 模式，无需此步骤配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

对于标准 DS-TE 模式，需要预先规划好 TE-Class 映射表。建议整个 DS-TE 域配置相同的 TE-Class 映射表，否则 LSP 可能不能正确建立。

请在 DS-TE 域的所有 LSR 上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **te-class-mapping**，创建 TE-Class 映射表并进入 TE-Class Mapping 视图。

步骤 3 选择如下的一条或多条命令，配置各个 TE-Class：

- 配置 TE-Class0，执行命令 **te-class 0 class-type** { **ct0** | **ct1** | **ct2** | **ct3** | **ct4** | **ct5** | **ct6** | **ct7** } **priority** *priority* [**description** *description-info*]。
- 配置 TE-Class1，执行命令 **te-class 1 class-type** { **ct0** | **ct1** | **ct2** | **ct3** | **ct4** | **ct5** | **ct6** | **ct7** } **priority** *priority* [**description** *description-info*]。
- 配置 TE-Class2，执行命令 **te-class 2 class-type** { **ct0** | **ct1** | **ct2** | **ct3** | **ct4** | **ct5** | **ct6** | **ct7** } **priority** *priority* [**description** *description-info*]。
- 配置 TE-Class3，执行命令 **te-class 3 class-type** { **ct0** | **ct1** | **ct2** | **ct3** | **ct4** | **ct5** | **ct6** | **ct7** } **priority** *priority* [**description** *description-info*]。
- 配置 TE-Class4，执行命令 **te-class 4 class-type** { **ct0** | **ct1** | **ct2** | **ct3** | **ct4** | **ct5** | **ct6** | **ct7** } **priority** *priority* [**description** *description-info*]。
- 配置 TE-Class5，执行命令 **te-class 5 class-type** { **ct0** | **ct1** | **ct2** | **ct3** | **ct4** | **ct5** | **ct6** | **ct7** } **priority** *priority* [**description** *description-info*]。
- 配置 TE-Class6，执行命令 **te-class 6 class-type** { **ct0** | **ct1** | **ct2** | **ct3** | **ct4** | **ct5** | **ct6** | **ct7** } **priority** *priority* [**description** *description-info*]。
- 配置 TE-Class7，执行命令 **te-class 7 class-type** { **ct0** | **ct1** | **ct2** | **ct3** | **ct4** | **ct5** | **ct6** | **ct7** } **priority** *priority* [**description** *description-info*]。

配置 TE-Class 映射表时需了解以下内容：

- TE-Class 映射表的配置在每台设备上是唯一的。
- TE-Class 映射表是全局概念，TE-Class 映射表应用到该 LSR 的所有 DS-TE 隧道中。
- TE-Class 是 CT 和优先级 *priority* 的组合<CT，*priority*>。这里的 *priority* 是指 CR-LSP 的抢占优先级，而不是 MPLS 首部的 EXP 值。抢占优先级的取值范围是 0 ～ 7，数值越小，优先级越高。只有当一条 CR-LSP 的 CT 和建立优先级的组合<CT，setup-priority>组合以及 CT 和保持优先级的组合<CT，hold-priority>同时存在于 TE-Class 映射表中，该 CR-LSP 才能建立成功。例如，假设某节点的 TE-Class 映射表中仅有 TE-Class[0]＝<CT0，6>和 TE-Class[1]＝<CT0，7>，则只有以下三类 CR-LSP 能建立成功：
  - Class-Type ＝ CT0，setup-priority ＝ 6，hold-priority ＝ 6；
  - Class-Type ＝ CT0，setup-priority ＝ 7，hold-priority ＝ 6；
  - Class-Type ＝ CT0，setup-priority ＝ 7，hold-priority ＝ 7。

  说明

  CR-LSP 的建立优先级不能高于保持优先级，所以没有 setup-priority = 6，hold-priority = 7 的组合
- MAM 和 Extended MAM 模型中，高优先级的 CT 只能抢占相同类型值的 CT 的带宽；不同 CT 之间不发生带宽抢占。
- RDM 模型中，各 CT 之间的带宽抢占同时受抢占优先级及对应 BC 的限制。假设 m、n 为抢占优先级，i、j 为 CT 类型值，其中 0≤m<n≤7，且 0≤i<j≤7，则：

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- 优先级为 m 的 CTi 可以抢占优先级为 n 的 CTi 带宽或优先级为 n 的 CTj 带宽；
- 所有 CTi 的带宽总和≤BCi 的带宽值。

- 只有当一条 LSP 的所有 CT 的带宽都满足要求，抢占才能发生，待建立的 LSP 才能建立成功。

标准 DS-TE 模式中，如果用户没有配置 TE-Class 映射表，系统存在一个缺省的 TE-Class 映射表，请参见表 3-2。

表 3-2 缺省的 TE-Class 映射表

TE-Class	CT	优先级
TE-Class[0]	0	0
TE-Class[1]	1	0
TE-Class[2]	2	0
TE-Class[3]	3	0
TE-Class[4]	0	7
TE-Class[5]	1	7
TE-Class[6]	2	7
TE-Class[7]	3	7

说明

配置 TE-Class 后，如果要修改 TE-Class 的描述信息，可执行命令{ **te-class0** | **te-class1** | **te-class2** | **te-class3** | **te-class4** | **te-class5** | **te-class6** | **te-class7** } **description** *description-info*。

----结束

3.13.5 配置链路带宽

通过配置链路的带宽可以限定 DS-TE 隧道的带宽。

背景信息

在 DS-TE 域中 LSP 途经的所有出接口上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入链路的出接口的视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth** *bw-value*，配置链路最大可预留带宽。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 4 执行命令 **mpls te bandwidth** { **bc0** *bc0-bw-value* | **bc1** *bc1-bw-value* | **bc2** *bc2-bw-value* | **bc3** *bc3-bw-value* | **bc4** *bc4-bw-value* | **bc5** *bc5-bw-value* | **bc6** *bc6-bw-value* | **bc7** *bc7-bw-value* }*，配置链路的 BC 带宽。

----结束

后续处理

带宽约束模型不同，链路的可预留带宽与各 BC 的带宽之间的关系不同：

- RDM 模型：*max-reservable-bandwidth*≥*bc0-bw-value*≥*bc1-bw-value*≥*bc2-bw-value*≥*bc3-bw-value*≥*bc4-bw-value*≥*bc5-bw-value*≥*bc6-bw-value*≥*bc7-bw-value*
- MAM 模型：*max-reservable-bandwidth*≥*bc0-bw-value* ＋ *bc1-bw-value* ＋ *bc2-bw-value* ＋ *bc3-bw-value* ＋ *bc4-bw-value* ＋ *bc5-bw-value* ＋ *bc6-bw-value* ＋ *bc7-bw-value*
- Extend-MAM 模型：同 MAM 模型

BC 是链路上的带宽约束条件，而 CT 带宽则对应每条 DS-TE 隧道中各类业务流量的带宽约束条件。因此，链路上的 BCi 带宽值不小于经过该链路的 DS-TE 隧道上所有 CTi 的带宽总和（0≤i≤7）。例如，经过某链路的 CT1 LSP 共有 3 条，带宽值分别为 x、y 和 z，则该链路接口的 BC1 带宽值≥x ＋ y ＋ z。

3.13.6 配置 Tunnel 接口

要创建 DS-TE，需要先创建一个 Tunnel 接口，然后在 Tunnel 接口下完成隧道的其他属性配置。

背景信息

在 TE 隧道入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *interface-number*，创建 Tunnel 接口并进入 Tunnel 接口视图。

步骤 3 （可选）执行命令 **description** *text*，配置隧道描述信息。

步骤 4 配置隧道接口的 IP 地址，选择如下方式之一：

- 执行命令 **ip address** *ip-address* { *mask* | *mask-length* } [**sub**]，配置 Tunnel 接口的 IP 地址。

  必须先配置主 IP 地址，才能为 Tunnel 接口配置从 IP 地址。
- 执行命令 **ip address unnumbered interface** *interface-type interface-number*，配置隧道接口借用其他接口的 IP 地址。

为实现流量转发，Tunnel 接口必须具有 IP 地址，但 MPLS TE 隧道是单向的，不存在对端地址的问题，没有必要为 Tunnel 接口单独配置 IP 地址，通常的做法是 Tunnel 接口借用本节点作为 LSR ID 的 Loopback 接口的地址。

步骤 5 执行命令 **tunnel-protocol mpls te**，配置隧道协议为 MPLS TE。

步骤 6 执行命令 **destination** *ip-address*，配置隧道的目的地址为出节点的 LSR ID。

版权所有 © 华为技术有限公司

隧道的缺省类型为 GRE 隧道，由于不同类型的隧道对于目的地址要求不同，当隧道协议从其他类型改变为 MPLS TE 时，原先配置的 **destination** 将被自动删除，需要重新配置。

步骤 7 执行命令 **mpls te tunnel-id** *tunnel-id*，配置隧道 ID。

步骤 8 执行命令 **mpls te signal-protocol** { **cr-static** | **rsvp-te** }，配置隧道的信令协议。

步骤 9 （可选）执行命令 **mpls te priority** *setup-priority* [*hold-priority*]，配置隧道的优先级。

缺省情况下，隧道的建立优先级和保持优先级都是 7。建立优先级和保持优先级的取值范围是 0 ～ 7，值越小，优先级越高。

说明

建立优先级不能高于保持优先级。如果不指定保持优先级，则保持优先级和建立优先级一致。

步骤 10 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

每次更改 Tunnel 接口上的 MPLS TE 参数后，都需要使用 **mpls te commit** 命令提交配置。

----结束

3.13.7 配置静态 CR-LSP 并指定带宽

配置静态 CR-LSP 时，对于标准 DS-TE，静态 CR-LSP 支持 8 种 CT；对于非标准 DS-TE，静态 CR-LSP 只支持 CT0 和 CT1。

操作步骤

- 配置静态 CR-LSP 的入节点

  在静态 CR-LSP 的入节点进行如下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **static-cr-lsp ingress** { **tunnel-interface tunnel** *interface-number* | *tunnel-name* } **destination** *destination-address* { **nexthop** *next-hop-address* | **outgoing-interface** *interface-type interface-number* } **out-label** *out-label* **bandwidth** { **ct0** | **ct1** | **ct2** | **ct3** | **ct4** | **ct5** | **ct6** | **ct7** } *bandwidth*，配置静态 CR-LSP 的入节点，并指定 CT 及其带宽值。

     说明

     - 参数 **tunnel** *interface-number* 的取值是使用此静态 CR-LSP 的 MPLS TE 隧道的接口编号。
     - 对于标准 DS-TE，静态 CR-LSP 支持 8 种 CT；对于非标准 DS-TE，静态 CR-LSP 只支持 CT0 和 CT1。即配置该命令行时，标准 DS-TE，静态 CR-LSP 可以选择 CT0 ~ CT7 中的任意一个取值（静态 CR-LSP 只支持单 CT 类型，因此一条静态 CR-LSP 只可以取一个值）。非标准 DS-TE，静态 CR-LSP 可以选择则 CT0 和 CT1 中的任意一个取值。
     - 隧道的带宽不能超过链路最大可预留带宽。
     - 参数 *tunnel-name* 必须与命令 **interface tunnel** *tunnel-number* 创建的隧道接口名称一致，且区分大小写，不支持空格和缩写。假设使用命令 **interface tunnel 2/0/0** 创建了一个的 Tunnel 接口，则隧道接口名称为 Tunnel2/0/0，其静态 CR-LSP 入节点中的参数应该写作 “Tunnel2/0/0”，否则隧道将不能正确建立。中间节点和出节点无此限制。

版权所有 © 华为技术有限公司

静态 CR-LSP 只支持单 CT。静态 CR-LSP 优先级最高（优先级数值为 0），不支持抢占，即静态 CR-LSP 创建时不能抢占其它 LSP 的资源，且静态 CR-LSP 创建成功后不能被其它 LSP 抢占。

此外，同一个节点，不论是 Ingress、Transit 还是 Egress，也无论使用哪种带宽约束模型，所有 CTi 的带宽总和不超过 BCi 的带宽值（0≤i≤7），即 CTi 只能使用 BCi 的带宽。

例如，某 PE 节点的 BC1 带宽值为 x，该节点一共有两条 CT1 的静态 CR-LSP，带宽分别为 y 和 z，则 y ＋ z≤x。

说明

当配置 MPLS TE 隧道所需的带宽值大于 28630kbps 时，可能导致 MPLS TE 隧道的带宽分配不够精确。但是 MPLS TE 隧道仍然能够建立成功。

- 配置静态 CR-LSP 的中间节点

  如果静态 CR-LSP 只有入节点和出节点，则无需进行此配置。如果静态 CR-LSP 有中间节点，则在中间节点上进行如下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **static-cr-lsp transit** *lsp-name* **incoming-interface** *interface-type interface-number* **in-label** *in-label-value* { **nexthop** *next-hop-address* | **outgoing-interface** *interface-type interface-number* } **out-label** *out-label-value* **bandwidth** { **ct0** | **ct1** | **ct2** | **ct3** | **ct4** | **ct5** | **ct6** | **ct7** } *bandwidth*，配置静态 CR-LSP 的中间节点。

     在中间节点和出节点上，参数 *tunnel-name* 的取值名称没有限制，但不能与该节点上已存在的名称相同。为了清晰，可以使用此静态 CR-LSP 的 MPLS TE 隧道的接口名称，如 tunnel1/0/0。

- 配置静态 CR-LSP 的出节点

  在静态 CR-LSP 的出节点进行如下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **static-cr-lsp egress** *lsp-name* **incoming-interface** *interface-type interface-number* **in-label** *in-label* [**lsrid** *ingress-lsr-id* **tunnel-id** *tunnel-id*]，配置静态 CR-LSP 的出节点。

----结束

3.13.8 配置 RSVP CR-LSP 并指定带宽

配置 RSVP CR-LSP 并指定带宽时，所有 CT 的带宽总和不超过 BC 的带宽总和。

操作步骤

- 配置 IGP TE

  具体配置过程请参见**配置 OSPF TE** 或**配置 IS-IS TE**。

- 配置 CSPF

  具体配置过程请参见**配置 CSPF**。

- 配置 MPLS TE 隧道的带宽

  在隧道入节点上进行如下配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
2. 执行命令 **interface tunnel** *interface-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。
3. 配置 Tunnel 接口带宽，选择如下配置之一：
   - 配置单 CT，执行命令 **mpls te bandwidth** { **ct0** *bw-value* [**flow-queue**] | **ct1** *bw-value* [**flow-queue**] | **ct2** *bw-value* | **ct3** *bw-value* | **ct4** *bw-value* | **ct5** *bw-value* | **ct6** *bw-value* | **ct7** *bw-value* }

     说明

     - 如果用户在该命令中指定了引用的流队列模板名称，则隧道中的流量会按照用户配置的流队列模板进行队列调度和带宽限制。
     - 如果用户在该命令中未指定隧道引用的流队列模板名称，则系统会根据用户 ct-flow-mapping 视图中配置的 CT 与流队列映射关系自动生成该隧道使用的流队列模板。
   - 配置多 CT，执行命令 **mpls te bandwidth** { **ct0** *bw-value* | **ct1** *bw-value* | **ct2** *bw-value* | **ct3** *bw-value* | **ct4** *bw-value* | **ct5** *bw-value* | **ct6** *bw-value* | **ct7** *bw-value* }*

   说明

   如果配置单 CT 时需要引用流队列模板（flow-queue），则需要先配置流队列模板，相关配置请参见《HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 配置指南-QoS》。

   在隧道策略中，多 CT 的 CR-LSP 只支持绑定策略，不支持 tunnel select 方式的隧道策略。
4. 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

同一个节点，无论使用哪种带宽约束模型，所有 CTi 的带宽总和不超过 BCi 的带宽值（0≤i≤7），即 CTi 只能使用 BCi 的带宽。

例如，某 PE 节点的 BC1 带宽值为 x，该节点一共有两条 CT1 的 LSP，带宽分别为 y 和 z，则 y ＋ z≤x。

说明

当配置 MPLS TE 隧道所需的带宽值大于 28630kbps 时，可能导致 MPLS TE 隧道的带宽分配不够精确。但是 MPLS TE 隧道仍然能够建立成功。

- （可选）配置隧道的显式路径

  如果要限制隧道使用的路径，则在隧道入节点上进行如下配置。

  1. 创建并配置显式路径。请参见**（可选）配置 MPLS TE 显式路径**。
  2. 执行命令 **quit**，退回系统视图。
  3. 执行命令 **interface tunnel** *interface-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。
  4. 执行命令 **mpls te path explicit-path** *path-name*，配置隧道使用的显式路径。
  5. 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

----结束

3.13.9 配置 CT 与流队列的映射关系

背景信息

在 DS-TE 隧道入节点上进行如下配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **ct-flow-mapping template** *name*，创建 CT 与流队列映射模板，并进入 ct-flow-mapping 视图。

步骤 3 执行命令 **map ct** *ct-number* **to** { **cs7** | **cs6** | **ef** | **af4** | **af3** | **af2** | **af1** | **be** } [**pq** | **wfq** | **lpq**]，配置 CT 与流队列映射关系。

说明

- 支持 CT 与流队列间的灵活映射。
- 系统支持 8 个 CT 与流队列映射模板，其中 7 个用户可以自己配置，1 个为系统缺省的 default 模板，用户不可以更改 default 模板的缺省配置。
- 缺省情况下系统采用 default 模板，default 模版定义如下：
  - map CT 0 to be lpq
  - map CT 1 to af1 wfq
  - map CT 2 to af2 wfq
  - map CT 3 to af3 wfq
  - map CT 4 to af4 wfq
  - map CT 5 to ef pq
  - map CT 6 to cs6 pq
  - map CT 7 to cs7 pq
- 用户通过该条命令已经配置了流队列的参数，系统会根据用户的配置自动生成该 DS-TE 隧道使用的流队列模板。

步骤 4 执行命令 **ct-flow-mapping commit**，提交 CT 与流队列映射模板中定义的 CT 与流队列映射关系，使之生效。

步骤 5 执行命令 **quit**，退出 ct-flow-mapping 视图，进入系统视图。

步骤 6 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。

说明

该接口为 DS-TE 隧道入节点上绑定 DS-TE 隧道的物理接口。

步骤 7 执行命令 **mpls te ct-flow-mapping** *mapping-name*，在接口上应用 CT 与流队列映射模板。

步骤 8 (可选)执行命令 **mpls te ct-bandwidth unshared**，配置使能了 DS-TE 的接口不共享各 CT 带宽。

说明

- 使能了 DS-TE 的接口属性为各 CT 带宽可以共享（shared），是指一个 DS-TE 隧道下的 8 个 CT 彼此之间可以共享带宽，这样可以有效利用 DS-TE 隧道带宽，因此，建议用户采用缺省的共享属性。
- 如果使能了 DS-TE 的接口可以共享各 CT 带宽，在配置 flow-queue 的参数时，shaping 为队列调度为 WFQ 的各 CT 带宽之和。
- 如果使能了 DS-TE 的接口不可以共享各 CT 带宽，在配置 flow-queue 的参数时，shaping 为该 CT 的 bandwidth。
- 当某接口支持 DS-TE，且有 UP 状态的 Tunnel 选中此接口作为隧道出接口时，更改此接口的各 CT 带宽共享和非共享属性后需要重至隧道使之生效。

----结束

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

3.13.10 （可选）配置端口类队列

背景信息

在 DS-TE 隧道入节点的网络侧接口上进行如下配置。

说明

- 端口类队列为端口一级的调度策略，用户可以根据自己的网络规划进行配置。
- 配置中建议同一种业务类型的流量在流队列和类队列中采用相同的队列调度方式。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **port-wred** *port-wred-name*，创建 port-wred 对象，进入 port-wred 视图。

步骤 3 执行命令 **color** { **green** | **yellow** | **red** } **low-limit** *low-limit-value* **high-limit** *high-limit-value* **discard-percentage** *discard-percentage-value*，配置类队列 WRED 对象，设置不同颜色的报文的高低门限和丢弃概率。

说明

- 如果用户不配置类队列的 WRED 对象，系统采用缺省的尾丢弃策略。
- 用户可以根据需要创建多个 port-wred 对象，供类队列引用。系统最多可以配置 7 个 port-wred 对象，另外还有一个系统默认的 port-wred 对象。

步骤 4 执行命令 **quit**，退回系统视图。

步骤 5 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入接口视图。

步骤 6 执行命令 **port-queue** *cos-value* { { **pq** | **wfq weight** *weight-value* | **lpq**} | **shaping** { *shaping-value* | **shaping-percentage** *shaping-percentage-value* } | **port-wred** *wred-name* } * **outbound**，配置类队列，设置不同等级的队列的调度策略。

可以在一个接口中，分别配置 8 个 port-queue 的调度参数。

如果用户不配置类队列模板，系统将采用缺省的类队列模板。缺省的类队列模板如下：

- 优先级为 ef、cs6 和 cs7 的类队列系统缺省为 PQ 调度。
- 优先级为 be、af1、af2、af3、af4 的类队列系统缺省为 WFQ 调度，调度权重为 10：10：10：15：15。
- shaping 值系统缺省为接口的最大带宽。
- 丢弃策略系统缺省为尾丢弃。

----结束

3.13.11 检查配置结果

DS-TE 配置成功后，您可以查看 DS-TE 信息和隧道各 CT 流量信息。

前提条件

已经完成 DS-TE 功能的所有配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

- 使用 **display mpls te ds-te** { **summary** | **te-class-mapping** [**default** | **config** | **verbose**] } 命令查看 DS-TE 相关信息。
- 使用 **display mpls te te-class-tunnel** { **all** | { **ct0** | **ct1** | **ct2** | **ct3** | **ct4** | **ct5** | **ct6** | **ct7** } **priority** *priority* }命令查看 TE-CLASS 关联的 TE 隧道。
- 使用 **display interface tunnel** *interface-number* 命令查看隧道接口下各 CT 的流量信息。

  说明

  在 DS-TE 隧道配置了多 CT 后，如果要查看各 CT 的流量信息，必须先在 Tunnel 接口下执行命令 **mpls te lsp-tp outbound** 配置 TE 流量限速功能

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，应能得到如下的结果：

- 在隧道的入节点上执行 **display mpls te ds-te** 命令，可查看到 DS-TE 的相关信息。
- 在隧道的入节点上执行 **display mpls te te-class-tunnel** 命令，可查看与 TE-Class 相关联的 TE 隧道。
- 在隧道的入节点上执行 **display interface tunnel** *interface-number* 命令，可查看该隧道各 CT 的流量信息。

3.14 配置 MPLS TE FRR

MPLS TE FRR 是 MPLS TE 中的一种局部性保护机制，用于保护 CR-LSP 的链路和节点故障，需要用户手工配置。

3.14.1 建立配置任务
在配置 MPLS TE FRR 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.14.2 使能 TE FRR
使能 TE FRR 是配置手工 TE FRR 的首要步骤。

3.14.3 配置 Bypass Tunnel
配置 MPLS TE FRR 时，需要手工指定旁路保护隧道的路径和属性。

3.14.4 （可选）配置 TE FRR 扫描定时器
通过配置 TE FRR 扫描定时器，可以查找符合成为 Bypass 的那些 LSP，并将其中最优的 LSP 与主 LSP 绑定。

3.14.5 （可选）修改 PSB 和 RSB 的超时倍数
为了支持在 RSVP GR 期间进行 TE FRR，需要修改 PSB 和 RSB 的超时倍数。

3.14.6 检查配置结果
MPLS TE FRR 配置成功后，您可以查看旁路隧道的详细信息。

3.14.1 建立配置任务

在配置 MPLS TE FRR 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

应用环境

TE FRR 是 MPLS TE 中的局部保护技术。

说明

SE 风格的 RSVP-TE 隧道支持 FRR；静态 TE 隧道不支持 FRR。

由于 FRR 使用的旁路隧道（bypass tunnel）需要预先建立，占用额外的带宽，因此，在网络带宽余量不多的情况下，应该只对关键的接口或链路进行 TE FRR 保护。

- 拔板保护

  设备支持当 PLR 上的主隧道出接口所在接口板被拔出时，将 MPLS TE 流量快速切换到旁路隧道上。当被拔出的接口板再次被插入时，如果主隧道的出接口仍处于可用状态，可进行 MPLS TE 流量的回切。拔板保护主要是保护 PLR 节点上的主隧道出接口。

  如果使用 TE FRR 拔板保护功能，PLR 的主隧道 Tunnel 接口、旁路隧道的 Tunnel 接口及旁路隧道的出接口都不能在被拔出的接口板上。建议将 PLR 上的 TE tunnel 接口配置在主控板上。

  说明

  LSP 或 CR-LSP 所在接口被删除或接口所在单板被拔出，该接口变为 stale 状态，这类接口称为废弃接口。如果一个节点上废弃接口数目已达到 License 规定的最大数，如果再对这个节点进行以下操作：

  - 主隧道物理出接口上执行 **undo mpls** 命令
  - 主隧道物理出接口所在接口板被拔出或故障

  则该节点不能对这条主隧道进行 FRR 保护功能。

- RSVP GR 期间进行 FRR

  NE20E-X6 支持当 PLR、PLR 上游节点、MP、MP 下游节点中的任意一个节点因故障重启或者进行主备倒换，同时 PLR 的主隧道出接口故障时，进行隧道保护，减短故障时间。

  RSVP GR 期间，由隧道出接口的 Down 事件触发 FRR 切换。

- 多点故障

  FRR 不支持多点故障。即，如果发生了 FRR 切换，数据从主 LSP 切换到 Bypass LSP，在数据通过 Bypass LSP 转发期间，Bypass LSP 的状态必须始终保持 UP。一旦 Bypass LSP 在此期间 Down，被保护的数据将不能通过 MPLS 转发，从而可能出现流量中断，FRR 功能失效。即使 Bypass LSP 重新 UP，流量也无法转发，只能等待带主 LSP 恢复或重新创建后，流量才恢复转发。

在配置 Bypass LSP 时，应该规划好它所保护的链路或节点，并确保该 Bypass LSP 不会经过它所保护的链路或节点，否则不能真正起到保护作用。

前置任务

在配置 MPLS TE FRR 之前，需完成以下任务：

- 配置 RSVP-TE 主隧道
- 在旁路隧道节点的 MPLS 视图和物理接口视图下使能 MPLS TE 和 RSVP-TE，请参见**使能 MPLS TE 和 RSVP-TE**
- （可选）配置旁路隧道的物理链路带宽，请参见**（可选）配置链路的带宽**
- 在 PLR 上使能 CSPF

版权所有 © 华为技术有限公司

- （可选）配置旁路隧道的显式路径

数据准备

在配置 MPLS TE FRR 之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	FRR 的保护策略，即，确定保护的对象是链路还是节点
2	（可选）Bypass Tunnel 的带宽
3	（可选）TE FRR 扫描间隔

3.14.2 使能 TE FRR

使能 TE FRR 是配置手工 TE FRR 的首要步骤。

背景信息

缺省情况下，未使能 TE FRR。

在主 LSP 的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入主 LSP 的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te fast-reroute** [**bandwidth**]，使能 TE FRR。

说明

隧道保护组的主隧道可以配置 TE FRR，进行双重保护，但是不支持入节点隧道保护组和 TE FRR 保护功能同时使用，否则两者都不生效；而保护组的保护隧道不能配置 TE FRR。

例如，假设 Tunnel1/0/0 和 Tunnel2/0/0 是 MPLS TE 隧道接口，Tunnel2/0/0 的 Tunnel-ID 配置为 200。则 Tunnel1/0/0 上可以同时配置 **mpls te protection tunnel** *200* 和 **mpls te fast-reroute**，即 Tunnel1/0/0 可以同时做为保护组的主隧道和 TE FRR 的主隧道；但不能在 Tunnel1/0/0 上配置 **mpls te protection tunnel** *200*，又在 Tunnel2/0/0 上配置 **mpls te fast-reroute**。

步骤 4 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道配置。

----结束

3.14.3 配置 Bypass Tunnel

配置 MPLS TE FRR 时，需要手工指定旁路保护隧道的路径和属性。

背景信息

在 PLR 节点上进行如下配置。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入旁路隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 配置旁路隧道接口的 IP 地址，选择如下方式之一：

- 执行命令 **ip address** *ip-address* { *mask* | *mask-length* } [**sub**]，配置 Tunnel 接口的 IP 地址。

  必须先配置主 IP 地址，才能为 Tunnel 接口配置从 IP 地址。

- 执行命令 **ip address unnumbered interface** *interface-type interface-number*，配置隧道接口借用其他接口的 IP 地址。

说明

为实现流量转发，Tunnel 接口必须具有 IP 地址，但 MPLS TE 隧道是单向的，不存在对端地址的问题，没有必要为 Tunnel 接口单独配置 IP 地址，通常的做法是 Tunnel 接口借用本节点作为 LSR ID 的 Loopback 接口的地址。

步骤 4 执行命令 **tunnel-protocol mpls te**，指定隧道协议为 MPLS TE。

步骤 5 执行命令 **destination** *ip-address*，配置旁路隧道的目的地址为 MP 节点的 LSR ID。

步骤 6 执行命令 **mpls te tunnel-id** *tunnel-id*，配置旁路隧道的 Tunnel-ID。

步骤 7 （可选）执行命令 **mpls te path explicit-path** *path-name*，配置旁路隧道使用的显式路径。

旁路隧道经过的路径和主隧道经过的路径不能有重叠的物理链路。

步骤 8 （可选）执行命令 **mpls te bandwidth** { **ct0** *ct0-bw-value* | **ct1** *ct1-bw-value* } [**flow-queue** *flow-queue*]或者 **mpls te bandwidth** { { **ct0** *ct0-bw-value* | **ct1** *ct1-bw-value* | **ct2** *ct2-bw-value* | **ct3** *ct3-bw-value* | **ct4** *ct4-bw-value* | **ct5** *ct5-bw-value* | **ct6** *ct6-bw-value* | **ct7** *ct7-bw-value* } *命令，配置旁路隧道本身的带宽。

步骤 9 执行命令 **mpls te bypass-tunnel**，配置 Bypass Tunnel。

说明

同一个 Tunnel 接口不能同时作为旁路隧道和备份隧道，也不能同时作为旁路隧道和保护组中的保护隧道。即不能同时配置 **mpls te bypass-tunnel** 命令和 **mpls te backup** 命令，也不能同时配置 **mpls te bypass-tunnel** 命令和 **mpls te protection tunnel** 命令。

步骤 10 执行命令 **mpls te protected-interface** *interface-type interface-number*，指定旁路隧道要保护的接口。

说明

同一个 Tunnel 接口不能同时配置 **mpls te protected-interface** 命令和 **mpls te backup** 命令。

步骤 11 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道配置。

----结束

后续处理

配置 Bypass Tunnel 后，会自动使能记录路由功能。

一条隧道最多可以保护三个物理接口。当一条隧道被指定保护一个物理接口以后，它所对应的 LSP 就成为 Bypass LSP。可以在 PLR 配置显式路径来建立 Bypass LSP。

版权所有 © 华为技术有限公司

一旦 Bypass LSP 在此期间 Down，被保护的数据将不能通过 MPLS 转发，从而可能出现流量中断，FRR 功能失效。即使 Bypass LSP 重新 UP，流量也无法转发，只能等待主 LSP 恢复或重新创建后，流量才恢复转发。

说明

- 同一隧道接口下，不能同时配置 **mpls te fast-reroute** 和 **mpls te bypass-tunnel**。
- 同一隧道接口下，不能同时配置 **mpls te reoptimization** 和 **mpls te bypass-tunnel**。
- 如果发生 FRR 切换，数据从主 LSP 切换到 Bypass LSP，在数据通过 Bypass LSP 转发期间，Bypass LSP 的状态必须始终保持 UP。否则 FRR 功能将会失效。

3.14.4 （可选）配置 TE FRR 扫描定时器

通过配置 TE FRR 扫描定时器，可以查找符合成为 Bypass 的那些 LSP，并将其中最优的 LSP 与主 LSP 绑定。

背景信息

请在 PLR 节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入 PLR 节点的系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te timer fast-reroute** [*weight*]，配置 TE FRR 扫描间隔。

设置了扫描时间间隔权值后，系统使用以下公式计算出扫描时间间隔 t1。

t1 ＝ *weight*×1000×200÷产品能创建的 RSVP LSP 最大数量

如果计算出的 t1 大于 1000 毫秒，则以 t1 的值作为实际扫描间隔；否则扫描间隔为 1000 毫秒。

缺省情况下，PLR 对节点上所有 LSP 的扫描间隔为 1000 毫秒（1 秒）。

配置 FRR 后，PLR 定时扫描，查找符合成为 Bypass 的那些 LSP，并将其中最优的 LSP 与主 LSP 绑定。FRR 切换后，一旦被保护的 LSP 恢复正常或建立了新的 LSP，流量会回切到原 LSP 或切换到新建立的 LSP 上。

----结束

3.14.5 （可选）修改 PSB 和 RSB 的超时倍数

为了支持在 RSVP GR 期间进行 TE FRR，需要修改 PSB 和 RSB 的超时倍数。

背景信息

为了支持在 RSVP GR 期间进行 FRR，请在隧道各节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te keep-multiplier** *number*，设置 PSB 和 RSB 的超时倍数。

建议将 PSB 和 RSB 的超时倍数设置为大于或等于 5，防止 PSB 和 RSB 因 LSP 数量过多而被丢失。

----结束

3.14.6 检查配置结果

MPLS TE FRR 配置成功后，您可以查看旁路隧道的详细信息。

前提条件

已经完成 MPLS TE FRR 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls lsp** [**lsp-id** *ingress-lsr-id session-id lsp-id*] [**verbose**]命令查看主 LSP 的信息。
- 使用 **display mpls lsp attribute** { **bypass-inuse** { **inuse** | **not-exists** | **exists-not-used** } | **bypass-tunnel** *tunnel-name* }命令查看 Bypass LSP 或 Bypass Tunnel 的信息。
- 使用 **display mpls te tunnel-interface** [**tunnel** *tunnel-number*]命令查看主隧道或旁路隧道接口的详细信息。
- 使用 **display mpls te tunnel path** [[*tunnel-name*] [**lsp-id** *ingress-lsr-id session-id local-lsp-id*] | **fast-reroute** { **local-protection-available** | **local-protection-inuse** }]命令查看主隧道和旁路隧道的路径信息。

----结束

3.15 配置 MPLS TE Auto FRR

MPLS TE Auto FRR 是 MPLS TE 中的一种局部性保护机制，用于保护 CR-LSP 的链路和节点故障，用户无需手工配置。

3.15.1 建立配置任务
在配置 MPLS TE Auto FRR 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.15.2 使能 TE Auto FRR
使能 TE Auto FRR 功能是配置自动 TE FRR 的首要步骤。

3.15.3 使能 TE FRR 并配置自动旁路隧道的属性
使能 TE FRR 后系统自动建立旁路保护隧道，无需用户手工干预。

3.15.4 （可选）配置 TE FRR 扫描定时器
通过配置 TE FRR 扫描定时器，可以查找符合成为 Bypass 的那些 LSP，并将其中最优的 LSP 与主 LSP 绑定。

3.15.5 （可选）修改 PSB 和 RSB 的超时倍数
为了支持在 RSVP GR 期间进行 TE FRR，需要修改 PSB 和 RSB 的超时倍数。

3.15.6 检查配置结果
MPLS TE Auto FRR 配置成功后，您可以查看旁路隧道的详细信息。

版权所有 © 华为技术有限公司

3.15.1 建立配置任务

在配置 MPLS TE Auto FRR 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

在对业务可靠性要求较高的网络中，通常会配置 FRR 保护，来提高网络的可靠性。如果网络拓扑比较复杂，需要配置的链路较多，这种配置工作就会非常繁琐。

自动快速重路由（Auto FRR）能够自动创建满足条件的旁路隧道，从而降低了配置工作量。

MPLS TE Auto FRR 和普通的 MPLS TE FRR 一样，支持拔板保护和 RSVP GR 期间进行 FRR。相关介绍请参见**配置 MPLS TE FRR**。

前置任务

在配置 MPLS TE Auto FRR 之前，需要完成以下任务：

- 配置 RSVP-TE 主隧道
- 在旁路隧道各节点上全局和物理接口视图下使能 MPLS、MPLS TE 和 RSVP-TE，请参见**使能 MPLS TE 和 RSVP-TE**
- （可选）如果需要保护主隧道的带宽，则配置旁路隧道的物理链路带宽，请参见**（可选）配置链路的带宽**
- 在主隧道入节点和中间节点使能 CSPF

数据准备

在配置 MPLS TE Auto FRR 之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	Auto FRR 的保护策略，即，确定保护的对象是链路还是节点
2	（可选）Bypass Tunnel 的带宽
3	（可选）TE FRR 扫描间隔

3.15.2 使能 TE Auto FRR

使能 TE Auto FRR 功能是配置自动 TE FRR 的首要步骤。

背景信息

在主隧道的入节点或中间节点上执行如下操作：

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te auto-frr**，全局使能 MPLS TE Auto FRR。

步骤 4 执行命令 **quit**，退回系统视图。

步骤 5 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入主隧道出接口的接口视图。

步骤 6 （可选）执行命令 **mpls te auto-frr** { **link** | **node** | **default** }，使能 TE Auto FRR。

缺省情况下，全局使能 Auto FRR 后，该设备的所有使能 MPLS TE 的接口都自动配置了 **mpls te auto-frr default**。如果要去使能部分接口的 Auto FRR，需在这些接口下配置命令 **undo mpls te auto-frr**。在接口下配置命令 **undo mpls te auto-frr** 后，不论全局是否已使能或重新使能 Auto FRR，该接口都不具有 Auto FRR 能力。

缺省情况下，未使能 TE Auto FRR。

说明

- 如果在接口下配置 **mpls te auto-frr default** 命令，则接口 Auto FRR 能力与全局 Auto FRR 能力保持一致。
- 使能节点保护后，当拓扑不满足而导致节点保护的旁路隧道创建不成功时，主隧道的倒数第二跳会试图创建链路保护，其他节点则不会降级创建链路保护。

----结束

3.15.3 使能 TE FRR 并配置自动旁路隧道的属性

使能 TE FRR 后系统自动建立旁路保护隧道，无需用户手工干预。

背景信息

请在主隧道的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入主隧道的 tunnel 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te fast-reroute** [**bandwidth**]，使能 TE FRR。

如果要求对隧道进行带宽保护，则需要配置参数 **bandwidth**。

步骤 4 （可选）执行命令 **mpls te bypass-attributes bandwidth** *bandwidth* [**priority** *setup-priority* [*hold-priority*]]，配置自动旁路隧道的属性。

说明

- 只有主隧道配置了 **mpls te fast-reroute bandwidth** 后，才能配置旁路隧道的属性。
- 自动旁路隧道的带宽不能大于主隧道的带宽。
- 如果没有配置自动旁路隧道的属性，默认的自动旁路隧道的带宽和主隧道的带宽相同。
- 旁路隧道的建立优先级不能高于其保持优先级，并且，二者均不能高于主隧道的相应优先级。
- 当主隧道的带宽值改变或去使能 TE FRR 后，旁路隧道的属性会被自动清除。
- 同一个 TE 隧道接口下，旁路隧道带宽配置与多 CT 配置互斥。

步骤 5 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

----结束

版权所有 © 华为技术有限公司

3.15.4 （可选）配置 TE FRR 扫描定时器

通过配置 TE FRR 扫描定时器，可以查找符合成为 Bypass 的那些 LSP，并将其中最优的 LSP 与主 LSP 绑定。

背景信息

请在 PLR 节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入 PLR 节点的系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te timer fast-reroute** [*weight*]，配置 TE FRR 扫描间隔。

设置了扫描时间间隔权值后，系统使用以下公式计算出扫描时间间隔 t1。

t1 ＝ *weight*×1000×200÷产品能创建的 RSVP LSP 最大数量

如果计算出的 t1 大于 1000 毫秒，则以 t1 的值作为实际扫描间隔；否则扫描间隔为 1000 毫秒。

缺省情况下，PLR 对节点上所有 LSP 的扫描间隔为 1000 毫秒（1 秒）。

配置 FRR 后，PLR 定时扫描，查找符合成为 Bypass 的那些 LSP，并将其中最优的 LSP 与主 LSP 绑定。FRR 切换后，一旦被保护的 LSP 恢复正常或建立了新的 LSP，流量会回切到原 LSP 或切换到新建立的 LSP 上。

----结束

3.15.5 （可选）修改 PSB 和 RSB 的超时倍数

为了支持在 RSVP GR 期间进行 TE FRR，需要修改 PSB 和 RSB 的超时倍数。

背景信息

为了支持在 RSVP GR 期间进行 FRR，请在隧道各节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te keep-multiplier** *number*，设置 PSB 和 RSB 的超时倍数。

建议将 PSB 和 RSB 的超时倍数设置为大于或等于 5，防止 PSB 和 RSB 因 LSP 数量过多而被丢失。

----结束

3.15.6 检查配置结果

MPLS TE Auto FRR 配置成功后，您可以查看旁路隧道的详细信息。

版权所有 © 华为技术有限公司

前提条件

已经完成 MPLS TE Auto FRR 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls te tunnel verbose** 命令查看主隧道和自动旁路隧道的绑定信息。
- 使用 **display mpls te tunnel-interface** [**tunnel** *tunnel-number* | **auto-bypass-tunnel** *tunnel-name*]命令查看自动旁路隧道的详细信息。
- 使用 **display mpls te tunnel path** [[*tunnel-name*] [**lsp-id** *ingress-lsr-id session-id local-lsp-id*] | **fast-reroute** { **local-protection-available** | **local-protection-inuse** }]命令查看主隧道和旁路隧道的路径信息。

----结束

3.16 配置 CR-LSP 备份

通过配置 CR-LSP 备份，可以实现对 CR-LSP 端到端的保护。

3.16.1 建立配置任务

3.16.2 配置 CR-LSP 备份
在主隧道的入节点上可以配置热备份和普通备份两种备份方式，两者不能同时配置。

3.16.3 （可选）配置备份 CR-LSP 属性模板锁定功能

3.16.4 （可选）配置热备份 CR-LSP 动态带宽功能
配置热备份 CR-LSP 动态带宽功能可以使热备份 CR-LSP 不占用带宽，节约带宽资源。

3.16.5 （可选）配置逃生路径
配置逃生路径后，当主 CR-LSP 和备份 CR-LSP 都故障时，流量会切换到逃生路径上。

3.16.6 检查配置结果

3.16.1 建立配置任务

应用环境

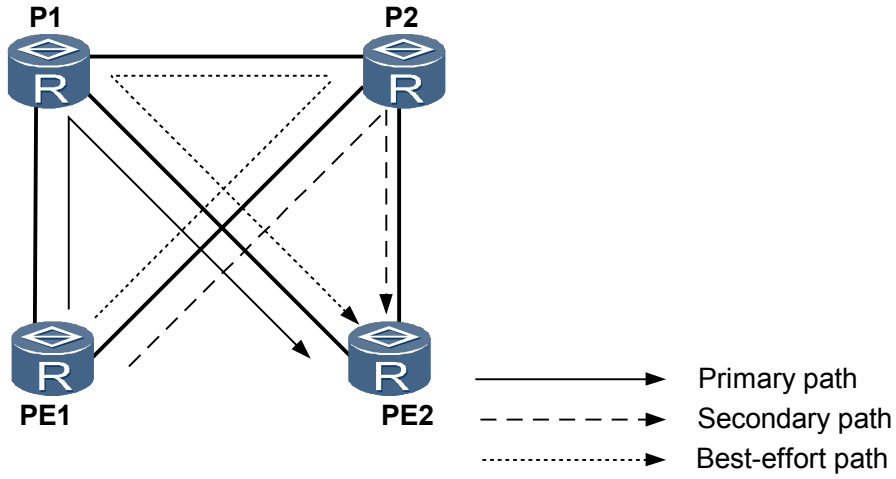
CR-LSP 备份用于端到端的路径保护，对整条 LSP 提供保护。

备份 CR-LSP 的建立方式分为三种：

- 热备份：创建主 CR-LSP 时同时创建的备份 CR-LSP。如果当前承载业务的 CR-LSP 失效，则流量能够快速切换到这条备份的 CR-LSP。但是需要占用额外的带宽。
- 普通备份：当主 CR-LSP 失效后才创建的备份 CR-LSP。普通备份模式无需占用额外的带宽。但是当主 CR-LSP 失效时，流量需要等待备份 CR-LSP 建立成功后才能进行切换。
- 逃生路径：当主 CR-LSP 故障且未配置备份 CR-LSP 或备份 CR-LSP 无法成功建立时，系统会触发建立一条临时的 CR-LSP 并将流量切换到该 CR-LSP 上，这条临时的 CR-LSP 称为逃生路径。热备份 CR-LSP 与使用属性模板建立的普通备份 CR-LSP 支持逃生路径。如**图 3-1**，主 CR-LSP 路径为 PE1—>P1—>PE2；备份 CR-LSP 路径为 PE1—>P2—>PE2。当主备 CR-LSP 都故障时，LSR 触发建立逃生路径 PE1—>P2—>P1—>PE2。

版权所有 © 华为技术有限公司

图 3-1 逃生路径示意图



前置任务

在配置 CR-LSP 备份之前，需完成以下任务：

- 配置 RSVP-TE 主隧道
- 在备份 CR-LSP 的各节点上全局和接口下使能 MPLS、MPLS TE 和 RSVP-TE，请参见**使能 MPLS TE 和 RSVP-TE**

数据准备

在配置 CR-LSP 备份之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	确定采用的备份方法
2	（可选）备份 CR-LSP 使用的显式路径
3	（可选）备份 CR-LSP 的亲和属性
4	（可选）备份 CR-LSP 的跳数限制值

3.16.2 配置 CR-LSP 备份

在主隧道的入节点上可以配置热备份和普通备份两种备份方式，两者不能同时配置。

背景信息

缺省情况下，未启动 CR-LSP 备份。在隧道入节点配置 CR-LSP 备份方式后，系统自动选择备份 LSP 的路径，用户不用手工配置。

说明

CR-LSP 备份不能与 CR-LSP 重优化同时配置。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

在主隧道的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te backup** { **hot-standby** [**wtr** *interval*] | **ordinary** }，配置备份 CR-LSP 的建立方式。

说明

一个主隧道不能再做其他隧道的旁路隧道或备份隧道，即不可以再配置 **mpls te protected-interface** 命令和 **mpls te bypass-tunnel** 命令

步骤 4 （可选）执行命令 **mpls te path explicit-path** *path-name* **secondary**，指定备份 CR-LSP 使用的显式路径。

说明

当备份 CR-LSP 使用显式路径建立时，不能与主 CR-LSP 完全重合,否则不能保护整条 LSP。

步骤 5 （可选）执行命令 **mpls te affinity property** *properties* [**mask** *mask-value*] **secondary**，配置备份 CR-LSP 的亲和属性。

缺省情况下，备份 CR-LSP 的亲和属性值为 0x0。

步骤 6 （可选）执行命令 **mpls te hop-limit** *hop-limit-value* **secondary**，限制该备份 CR-LSP 的路径跳数。

缺省情况下，备份 CR-LSP 的路径跳数是 32。

步骤 7 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道配置。

----结束

3.16.3 （可选）配置备份 CR-LSP 属性模板锁定功能

背景信息

系统可以为热备份或者普通备份类型的 LSP 提供三个属性模板，且它们之间存在优先级。如果当前的备份 CR-LSP 是通过低优先级的属性模板创建的，系统会不断去尝试用更高优先级的属性模板创建备份 CR-LSP。

当配置了属性模板锁定功能以后，即使当前使用的是一个低优先级的属性模板，系统也不会去尝试使用更高优先级属性模板重新创建隧道。这样可以减少不必要的切换，达到节约系统资源的目的。

在 CR-LSP 隧道的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te primary-lsp-constraint** { **dynamic** | **lsp-attribute** *lsp-attribute-name* }，引用属性模板建立主 CR-LSP。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 4 使用属性模板建立普通备份 CR-LSP 或热备份 CR-LSP。

- 执行命令 **mpls te ordinary-lsp-constraint** *number* { **dynamic** | **lsp-attribute** *lsp-attribute-name* }，建立普通备份 CR-LSP。
- 执行命令 **mpls te hotstandby-lsp-constraint** *number* { **dynamic** | **lsp-attribute** *lsp-attribute-name* }，建立热备份 CR-LSP。

步骤 5 为已经建立的普通备份 CR-LSP 或热备份 CR-LSP 配置属性模板锁定功能。

- 执行命令 **mpls te backup ordinary-lsp-constraint lock**，为普通备份 CR-LSP 配置属性模板锁定功能。
- 执行命令 **mpls te backup hotstandby-lsp-constraint lock**，为热备份 CR-LSP 配置属性模板锁定功能。

步骤 6 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道配置。

----结束

后续处理

如果用户使用命令 **undo mpls te backup ordinary-lsp-constraint lock** 或 **undo mpls te backup hotstandby-lsp-constraint lock** 取消属性模板锁定功能以后，系统会继续尝试使用更高优先级的属性模板创建 CR-LSP。

3.16.4 （可选）配置热备份 CR-LSP 动态带宽功能

配置热备份 CR-LSP 动态带宽功能可以使热备份 CR-LSP 不占用带宽，节约带宽资源。

背景信息

热备份动态带宽功能可以使热备份 CR-LSP 在主 CR-LSP 出现故障之前不占用网络中的带宽资源，而只有当热备份 CR-LSP 真正承载流量后才会占用网络的带宽资源。

用户可以在隧道的入节点上进行如下配置使能热备份 CR-LSP 动态带宽功能。

操作步骤

- 对于非属性模板创建的隧道，可以执行如下配置使能热备份 CR-LSP 动态带宽功能。
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。
  3. 执行命令 **tunnel-protocol mpls te** 配置隧道协议为 MPLS TE。
  4. 执行命令 **mpls te backup hot-standby dynamic-bandwidth**，配置热备份 CR-LSP 动态带宽功能。
  5. 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道配置。
- 对于由属性模板创建的隧道，可以执行如下配置使能热备份 CR-LSP 动态带宽功能。
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。
  3. 执行命令 **tunnel-protocol mpls te** 配置隧道协议为 MPLS TE。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

4. 执行命令 **mpls te backup hotstandby-lsp-constraint dynamic-bandwidth**，使能热备份 CR-LSP 动态带宽功能。
5. 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道配置。

----结束

后续处理

配置热备份 CR-LSP 动态带宽功能后，如果隧道中已经存在一条占用带宽的热备份 CR-LSP,系统将采用 Make-before-break 机制，重建一条带宽值为 0 的热备份 CR-LSP。

用户可以使用命令 **undo mpls te backup hot-standby dynamic-bandwidth** 取消 hot-standby 备份路径动态带宽功能，使热备份 CR-LSP 重新占用带宽。

3.16.5 （可选）配置逃生路径

配置逃生路径后，当主 CR-LSP 和备份 CR-LSP 都故障时，流量会切换到逃生路径上。

背景信息

对于 best-effort 方式，可在主隧道的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te backup ordinary best-effort**，配置逃生路径。

说明

命令 **mpls te backup ordinary best-effort** 和命令 **mpls te backup ordinary** 互斥。

步骤 4 （可选）执行命令 **mpls te affinity property** *properties* [**mask** *mask-value*] **best-effort**，配置逃生路径的亲和属性。

缺省情况下，逃生路径的亲和属性值为 0x0。

步骤 5 （可选）执行命令 **mpls te hop-limit** *hop-limit-value* **best-effort**，限制该逃生路径的路径跳数。

缺省情况下，备份 CR-LSP 的路径跳数是 32。

步骤 6 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道配置。

----结束

后续处理

配置逃生路径后，当主 LSP 和备份 LSP 都故障时，该设备将触发建立逃生路径。

3.16.6 检查配置结果

前提条件

已经完成 CR-LSP 备份功能的所有配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

- 使用 **display mpls te tunnel-interface** [**tunnel** *tunnel-number*]命令查看隧道接口信息。
- 使用 **display mpls te hot-standby state** { **all** [**verbose**] | **interface tunnel** *interface-number* }命令查看热备份状态信息。
- 使用 **display mpls te tunnel** [**destination** *ip-address*] [**lsp-id** *ingress-lsr-id session-id local-lsp-id*] [**lsr-role** { **all** | **egress** | **ingress** | **remote** | **transit** }] [**name** *tunnel-name*] [{ **incoming-interface** | **interface** | **outgoing-interface** } *interface-type interface-number*] [**te-class0** | **te-class1** | **te-class2** | **te-class3** | **te-class4** | **te-class5** | **te-class6** | **te-class7**] [**verbose**]命令查看隧道信息。

----结束

任务示例

对于热备份方式，在配置成功时，执行命令 **display mpls te tunnel-interface**，应能查看到备份路径信息。

```
[HUAWEI] display mpls te tunnel-interface
==============================================================
                            Tunnel1/0/0
    ==========================================================
    Tunnel State Desc   :  UP
    Active LSP          :  Hot-Standby LSP
    Session ID          :  100
    Ingress LSR ID      :  4.4.4.4          Egress LSR ID:  3.3.3.3
    Admin State         :  UP               Oper State    :  UP
    Primary LSP State      : DOWN
      Main LSP State       : SETTING UP
    Hot-Standby LSP State  : UP
      Main LSP State       : READY               LSP ID  : 32769
      Modify LSP State     : SETTING UP
```

执行命令 **display mpls te hot-standby state**，应能查看到热备份隧道的热备份状态。

```
<HUAWEI> display mpls te hot-standby state interface Tunnel 1/0/0
--------------------------------------------------------------
Verbose information about the Tunnel1/0/0 hot-standby state
--------------------------------------------------------------
session id                              : 100
main LSP token                          : 0x100201a
hot-standby LSP token                   : 0x100201b
HSB switch result                       : Best-Effort LSP
WTR                                     : 15s
```

执行命令 **display mpls te tunnel**，查看隧道信息。

```
<HUAWEI>  display mpls te tunnel verbose
    No                    :  1
    Tunnel-Name           :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex           :  0          LSP Index         :  1024
    Session ID            :  100        LSP ID            :  1
    Lsr Role              :  Ingress    LSP Type          :  Primary
    Ingress LSR ID        :  1.1.1.1
    Egress LSR ID         :  2.2.2.2
    In-Interface          :  -
    Out-Interface         :  Pos1/0/0
    Sign-Protocol         :  Static CR  Resv Style        :
    IncludeAnyAff         :  0x0        ExcludeAnyAff     :  0x0
    IncludeAllAff         :  0x0
    LspConstraint         :  1
    ER-Hop Table Index    :  -          AR-Hop Table Index:  -
    C-Hop Table Index     :  -
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
PrevTunnelIndexInSession:  -          NextTunnelIndexInSession:  -
PSB Handle             :  0
Created Time           :  2008/04/03 19:31:14
--------------------------------
         DS-TE Information
--------------------------------
Bandwidth Reserved Flag :  Unreserved
CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
Setup-Priority          :  0          Hold-Priority          :  0
--------------------------------
           FRR Information
--------------------------------
Primary LSP Info
TE Attribute Flag       :  0xe3       Protected Flag    : 0x04
Bypass In Use           :  Not Exists
Bypass Tunnel Id        :  -
BypassTunnel            :  -
Bypass Lsp ID           :  -          FrrNextHop        :  -
ReferAutoBypassHandle   :  -
FrrPrevTunnelTableIndex :  -          FrrNextTunnelTableIndex:  -
Bypass Attribute(Not configured)
Setup Priority          :  -          Hold Priority     :  -
HopLimit                :  -          Bandwidth         :  -
IncludeAnyGroup         :  -          ExcludeAnyGroup   :  -
IncludeAllGroup         :  -
Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
CT0 Unbound Bandwidth   :  -        CT1 Unbound Bandwidth:  -
CT2 Unbound Bandwidth   :  -        CT3 Unbound Bandwidth:  -
CT4 Unbound Bandwidth   :  -        CT5 Unbound Bandwidth:  -
CT6 Unbound Bandwidth   :  -        CT7 Unbound Bandwidth:  -
--------------------------------
           BFD Information
--------------------------------
NextSessionTunnelIndex  :  -          PrevSessionTunnelIndex:  -
NextLspId               :  -          PrevLspId         :  -
```

3.17 配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步

介绍当主 CR-LSP 故障后，系统启用 TE FRR 旁路保护隧道并尝试恢复主 CR-LSP 的同时，也尝试创建备份 CR-LSP 的配置方法。

3.17.1 建立配置任务
在进行旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步的配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、 准确地完成配置任务。

3.17.2 使能旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步
通过使能旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步的配置，可以实现保护整条 LSP 的目的

3.17.3 检查配置结果
配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步成功后，通过执行命令可以查看备份路径信息。

3.17.1 建立配置任务

在进行旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步的配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、 准确地完成配置任务。

版权所有 © 华为技术有限公司

应用环境

对于需要重点保护的链路和节点，可以同时配置 TE FRR 的局部保护和备份 CR-LSP 的端到端保护，且后者的可靠性高于前者。因此为了增加隧道的安全性，建议配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步的功能。

- 如果配置的是普通备份：
  - 当被保护链路或节点出现故障时，流量切换到 TE FRR 的旁路保护隧道并尝试恢复主 CR-LSP 的同时，也会尝试创建备份 CR-LSP。
  - 当备份 CR-LSP 创建成功，并且主 CR-LSP 未恢复时，流量会切换到备份 CR-LSP。
  - 当备份 CR-LSP 创建不成功，且主 CR-LSP 未恢复时，流量仍然从旁路保护隧道通过。
- 如果配置的是热备份：
  - 如果备份 CR-LSP 的状态为 Up，且被保护链路或节点出现故障时，则流量先切换到旁路保护隧道后，立即切换到备份 CR-LSP 上，同时尝试恢复主 CR-LSP。
  - 如果备份 CR-LSP 的状态为 Down，则处理方式与普通备份相同。

当主 CR-LSP 处于 Up 状态的同时，如果热备份 CR-LSP 也处于 Up 状态，则需要占用额外的带宽。而普通备份 CR-LSP 在主 CR-LSP 处于 Frr-in-use 状态时才开始创建，在主 CR-LSP 没有出现故障时，不需要占用额外的带宽资源。因此推荐选择普通备份的方式。

前置任务

在配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步之前，需要完成以下任务：

- 配置 RSVP-TE 主隧道
- 配置手工 MPLS TE FRR 或者 MPLS TE Auto FRR，请参见**配置 MPLS TE FRR** 或者**配置 MPLS Auto TE FRR**
- 配置 CR-LSP 备份，可选择热备份或者普通备份方式（逃生路径除外），请参见**配置 CR-LSP 备份**

数据准备

在配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	TE FRR 的保护策略，即，确定保护的对象是链路还是节点
2	确定采用的备份方式

3.17.2 使能旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步

通过使能旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步的配置，可以实现保护整条 LSP 的目的

背景信息

在主隧道的入节点上执行如下操作：

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

说明

配置此命令之前，必须先配置热备份或者普通备份方式（逃生路径除外）的端到端保护以及 TE FRR 的局部保护功能。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te backup frr-in-use**，配置当主 CR-LSP 故障后，系统启用 TE FRR 旁路保护隧道（即主 CR-LSP 处于 Frr-in-use 状态）并尝试恢复主 CR-LSP 的同时，也会尝试创建备份 CR-LSP。

步骤 4 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道配置。

步骤 5 执行命令 **quit**，退回系统视图。

----结束

3.17.3 检查配置结果

配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步成功后，通过执行命令可以查看备份路径信息。

前提条件

已经完成旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls te tunnel-interface** [**tunnel** *tunnel-number* | **auto-bypass-tunnel** *tunnel-name*]命令查看隧道的状态信息。

----结束

3.18 配置 RSVP GR

介绍 RSVP TE GR 的配置方法，即介绍使 TE 隧道节点在主备倒换时维持 RSVP 邻居会话的配置方法。

3.18.1 建立配置任务
在进行 RSVP GR 配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.18.2 使能 RSVP Hello 扩展
通过配置 RSVP Hello 扩展，可以快速检测 RSVP 节点之间的可达性。

3.18.3 使能 RSVP Full-GR
通过配置 RSVP Full-GR 使能，以保证转发平面上的数据传输不会中断。

3.18.4 （可选）使能 RSVP GR 支持能力
通过使能 RSVP GR 支持能力，可以使本地设备具备支持邻居节点 GR 的能力。

3.18.5 （可选）配置 RSVP GR 节点间 hello 会话
如果网络中部署了 TE FRR，则 PLR 节点和 MP 节点间需要建立 hello 会话。

3.18.6 （可选）修改基础时间

版权所有 © 华为技术有限公司

配置基础时间和 Ingress 类型的 LSP 数量可以影响 Restart Time。

3.18.7 检查配置结果
配置 RSVP GR 成功后，通过执行命令可以发现 GR 期间，通过该 TE 隧道的数据转发不受影响。

3.18.1 建立配置任务

在进行 RSVP GR 配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

当 RSVP 节点进行主备倒换时，该节点与邻居之间的 RSVP 邻接关系会因信令协议超时而被拆除，从而删除 CR-LSP，引起网络的暂时中断。

RSVP GR 可以解决以上的问题。该特性允许邻居间重新建立邻接关系而不终止 RSVP 会话。

NE20E-X6 支持 RSVP GR 期间进行 FRR 切换。即当 PLR、PLR 上游节点、MP、MP 下游节点中的任意一个节点进行主备倒换，同时 PLR 的主隧道出接口故障时，进行隧道保护，减短故障时间。

说明

在 RSVP GR 期间支持 FRR 场景中，建议将 PSB 和 RSB 的超时倍数设置为大于或等于 5，防止 PSB 和 RSB 因 LSP 数据过大而被丢失。相关配置请参见**（可选）修改 PSB 和 RSB 的超时倍数**。

前置任务

在配置 RSVP GR 之前，需完成以下任务：

- 配置 RSVP-TE 主隧道
- 在各 LSR 上使能 IS-IS GR 或 OSPF GR

数据准备

在配置 RSVP GR 之前，需准备以下数据：

序号	数据
1	网络上使用的 IGP 协议类型： ● 如果使用 IS-IS，则需准备 ISIS 进程号、网络实体名称 NET 及各节点所属的 IS-IS Level ● 如果使用 OSPF，则需准备 OSPF 进程号及区域号
2	各节点的 MPLS LSR-ID
3	Tunnel 接口编号、Tunnel ID
4	（可选）RSVP GR 的基础时间

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

3.18.2 使能 RSVP Hello 扩展

通过配置 RSVP Hello 扩展，可以快速检测 RSVP 节点之间的可达性。

背景信息

在 GR 节点及其邻居节点进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te hello**，全局使能节点的 RSVP Hello 扩展。

步骤 4 执行命令 **quit**，退回系统视图。

步骤 5 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入使能了 RSVP-TE 的接口。

步骤 6 执行命令 **mpls rsvp-te hello**，使能接口的 RSVP Hello 扩展。

缺省情况下，即使全局使能 RSVP Hello 扩展，RSVP 接口的 RSVP Hello 扩展功能也是被禁止。

----结束

3.18.3 使能 RSVP Full-GR

通过配置 RSVP Full-GR 使能，以保证转发平面上的数据传输不会中断。

背景信息

在 GR 节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te hello full-gr**，使能 GR 节点自身 RSVP GR 能力和支持邻居 RSVP GR 能力。

缺省情况下，RSVP GR 能力和 RSVP GR 支持能力都被禁止。

----结束

3.18.4 （可选）使能 RSVP GR 支持能力

通过使能 RSVP GR 支持能力，可以使本地设备具备支持邻居节点 GR 的能力。

背景信息

如果 GR 节点的 RSVP 邻居也是一个 GR 节点，则该邻居节点使能了 RSVP full GR 后，就支持 RSVP GR 支持能力，无需进行此步骤配置。如果该邻居节点不是一个 GR 节点时，需进行此步骤配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te**，使能 RSVP-TE。

步骤 4 执行命令 **mpls rsvp-te hello**，使能本节点的 RSVP Hello 扩展。

步骤 5 执行命令 **mpls rsvp-te hello support-peer-gr**，使能 RSVP GR 的支持能力。

----结束

3.18.5 （可选）配置 RSVP GR 节点间 hello 会话

如果网络中部署了 TE FRR，则 PLR 节点和 MP 节点间需要建立 hello 会话。

背景信息

如果部署了 TE FRR，则 PLR 节点和 MP 节点间需要建立 hello 会话，即需要在 PLR 节点和 MP 节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te**，使能 RSVP-TE。

步骤 4 执行命令 **mpls rsvp-te hello**，使能本节点的 RSVP Hello 扩展。

步骤 5 执行命令 **mpls rsvp-te hello nodeid-session** *ip-address*，配置与 RSVP 邻居节点建立 HELLO 会话。

参数 *ip-address* 表示 RSVP 邻居节点的 LSR-ID。

----结束

3.18.6 （可选）修改基础时间

配置基础时间和 Ingress 类型的 LSP 数量可以影响 Restart Time。

背景信息

RSVP GR 节点在主备板倒换开始之后有一段 RSVP 平滑期，这段期间数据平面可以继续转发数据但控制平面还没有恢复。RSVP 平滑结束后启动 Restart Timer。一般情况下，Restart Timer = 基础时间 ＋ Ingress 类型的 LSP 数量 × 60ms。其中的基础时间缺省值设为 90s，该基础时间可以通过命令行修改。

Restart Timer 结束后系统启动 Recovery Timer。一般情况下，Recovery Timer = Restart Timer ＋ LSP 总数 × 40ms。

如果要修改基础时间，请在 GR 节点上进行如下配置。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls rsvp-te hello basic-restart-time** *basic-restart-time*，修改 RSVP GR 的基础时间。

缺省情况下，RSVP GR 的基础时间是 90 秒。

----结束

3.18.7 检查配置结果

配置 RSVP GR 成功后，通过执行命令可以发现 GR 期间，通过该 TE 隧道的数据转发不受影响。

前提条件

已经完成 RSVP GR 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls rsvp-te graceful-restart** 命令查看本地 RSVP GR 的状态。
- 使用 **display mpls rsvp-te graceful-restart peer** [{ **interface** *interface-type interface-number* | **node-id** } [*ip-address*]]命令查看邻居 RSVP GR 的状态。

----结束

任务示例

配置完成后，在重启节点上执行 **display mpls rsvp-te graceful-restart** 命令，可以看到“Graceful-Restart Capability”字段对应值为“GR-Self GR-Support”，表示本地设备具备 RSVP GR 能力。在 GR 期间，**display mpls rsvp-te graceful-restart** 命令的显示信息中，“GR Status”字段对应值为“Restart time going on”或“Recovery time going on”。

在重启节点上执行命令 **display mpls rsvp-te graceful-restart peer**：

- 如果显示信息中，“Neighbor Capability”字段对应值为“Can Do Self GR”，表明邻居节点具备 RSVP GR 能力。
- 如果“Neighbor Capability”字段对应值为“Can Support GR”，表明邻居节点具备 RSVP GR 支持能力。
- 如果“Neighbor Capability”字段对应值为“Can Do Self GR”和“Can Support GR”，表明邻居节点既具备 RSVP GR 能力又具备 RSVP GR 支持能力。

在邻居节点上执行命令 **ping lsp te tunnel**，并立即在 GR 节点的系统视图下执行命令 **slave switchover**，可发现 GR 期间，通过该 TE 隧道的数据转发不受影响。

3.19 配置静态 BFD for CR-LSP

介绍静态 BFD 检测静态 CR-LSP 或 RSVP CR-LSP 链路故障的配置方法。

3.19.1 建立配置任务

版权所有 © 华为技术有限公司

在进行静态 BFD for CR-LSP 配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.19.2 使能全局 BFD 能力
配置静态 BFD for CR-LSP，需要在隧道入节点和出节点上全局使能 BFD。

3.19.3 配置入节点 BFD 参数
可以在入节点上配制的 BFD 参数包括本地标识符、远端标识符、本地发送 BFD 报文的最小时间间隔、本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔和本地 BFD 检测倍数等，这些将会影响会话的建立。

3.19.4 配置出节点 BFD 参数
可以在出节点上配制的 BFD 参数包括本地标识符、远端标识符、本地发送 BFD 报文的最小时间间隔、本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔和本地 BFD 检测倍数等，这些将会影响会话的建立。

3.19.5 检查配置结果
配置静态 BFD for CR-LSP 成功后，通过执行命令查看 BFD 会话状态，可发现 BFD 会话状态为 Up。

3.19.1 建立配置任务

在进行静态 BFD for CR-LSP 配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

BFD 可以检测的 CR-LSP 包括以下两种类型：

- 静态 CR-LSP
- RSVP CR-LSP

这两种类型的 BFD 检测可用于替代 MPLS OAM，检测 MPLS TE 隧道保护组，触发保护组的主备 CR-LSP 之间的倒换。其中的 BFD for RSVP CR-LSP 还常用于检测 CR-LSP 热备份中的主、备 CR-LSP，触发流量在主、备 CR-LSP 间的切换。

关于 MPLS OAM 的相关介绍请参见《HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 配置指南-MPLS》的“MPLS OAM 配置”。

说明

对于同一条 CR-LSP，不能同时配置 MPLS OAM 和 BFD 检测。

使用静态 BFD 检测 CR-LSP，当 BFD 状态为 UP 时，如果对 CR-LSP 所属的 Tunnel 接口执行 shutdown 命令，BFD 的状态仍然为 UP。

BFD 检测 LSP 时，往返转发方式可以不一致（如报文从源端到目的端走 LSP，从目的端到源端走 IP 转发），但要求往返路径一致，如果不一致，则检测到故障时，不能确定具体是哪条路径的故障。因此部署 BFD 检测时，要确认往返路径是否一致，以便检测到的故障确实是检测路径故障。

前置任务

在配置静态 BFD for CR-LSP 之前，需完成以下任务。

- **配置静态 CR-LSP** 或者 RSVP-TE 隧道或者**配置 CR-LSP 备份**或者 MPLS TE 隧道保护组

版权所有 © 华为技术有限公司

说明

关于 MPLS TE 隧道保护组的相关配置请参见《HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 配置指南-MPLS》的“MPLS OAM 配置”。

数据准备

在配置静态 BFD for CR-LSP 之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	BFD 配置名
2	反向通道（IP 链路、动态 LSP、静态 LSP 或者 MPLS TE）
3	BFD 会话的本地标识符和远端标识符
4	发送 BFD 报文的最小时间间隔
5	允许接收 BFD 报文的最小时间间隔
6	BFD 的本地检测倍数

3.19.2 使能全局 BFD 能力

配置静态 BFD for CR-LSP，需要在隧道入节点和出节点上全局使能 BFD。

背景信息

在隧道入节点和出节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **bfd**，对本节点使能全局 BFD 能力。

----结束

3.19.3 配置入节点 BFD 参数

可以在入节点上配制的 BFD 参数包括本地标识符、远端标识符、本地发送 BFD 报文的最小时间间隔、本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔和本地 BFD 检测倍数等，这些将会影响会话的建立。

背景信息

在 TE 所在的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 2 执行命令 **bfd***cfg-name***bind mpls-teinterface tunnel***tunnel-number***te-lsp [backup]**，配置 BFD 会话绑定指定 Tunnel 的主用或备用 CR-LSP。

指定参数 **backup** 则表示 BFD 会话绑定备用 CR-LSP。

步骤 3 执行命令 **discriminator local** *discr-value*，配置本地标识符。

步骤 4 执行命令 **discriminator remote** *discr-value*，配置远端标识符。

步骤 5 （可选）执行命令 **min-tx-interval** *interval*，调整本地发送 BFD 报文的最小时间间隔。

缺省值取决于许可证文件。

步骤 6 （可选）执行命令 **min-rx-interval** *interval*，调整本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔。

缺省值取决于许可证文件。

步骤 7 （可选）执行命令 **detect-multiplier** *multiplier*，调整本地 BFD 检测倍数。

缺省情况下，本地检测倍数为 3。

步骤 8 执行命令 **process-pst**，使能系统在 BFD 会话状态变化时修改保护状态表。

该命令的功能是 BFD 会话状态变化时通知应用协议进行主备 LSP 之间的快速切换。

步骤 9 执行命令 **commit**，提交配置。

说明

本地 BFD 报文实际发送时间间隔 = MAX { 本地配置的发送时间间隔，对端配置的接收时间间隔 }；本地实际接收时间间隔 = MAX { 对端配置的发送时间间隔，本地配置的接收时间间隔 }；本地实际检测时间 = 本地实际接收时间间隔 × 对端配置的 BFD 检测倍数。

例如，

- 本地配置的发送时间间隔为 200ms，配置的接收时间间隔为 300ms，检测倍数为 4
- 对端配置的发送时间间隔为 100ms，配置的接收时间间隔为 600ms，检测倍数为 5

则：

- 本地实际的发送时间间隔为 MAX { 200ms，600ms } = 600ms，实际接收时间间隔为 MAX { 100ms，300ms } = 300ms，实际检测时间间隔为 300ms × 5 = 1500ms
- 对端实际的发送时间间隔为 MAX { 100ms，300ms } = 300ms，实际接收时间间隔为 MAX { 200ms，600ms } = 600ms，实际检测时间间隔为 600ms × 4 = 2400ms

----结束

3.19.4 配置出节点 BFD 参数

可以在出节点上配制的 BFD 参数包括本地标识符、远端标识符、本地发送 BFD 报文的最小时间间隔、本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔和本地 BFD 检测倍数等，这些将会影响会话的建立。

背景信息

在 TE 隧道的出节点进行下列配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 2 配置向入节点通告故障的反向通道，反向通道可以是 IP 链路、LSP 或者 TE 隧道，为了避免反向 LSP 故障影响 BFD 的检测，一般情况下优先选用 IP 链路。配置反向通道时，请不要配置 **process-pst** 命令。若此反向通道也需要 BFD 检测，可以再配置一对 BFD 会话进行检测。根据实际需要选择如下配置之一：

- IP 链路：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind peer-ip** *ip-address* [**vpn-instance** *vpn-name*] [**interface** *interface-type interface-number*] [**source-ip** *ip-address*]
- LDP LSP：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind ldp-lsp peer-ip** *ip-address* **nexthop** *ip-address* [**interface** *interface-type interface-number*]
- 静态 LSP：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind static-lsp** *lsp-name*
- CR-LSP：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind mpls-te interface tunnel** *tunnel-number* **te-lsp** [**backup**]
- TE 隧道：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind mpls-te interface tunnel** *tunnel-number*

步骤 3 执行命令 **discriminator local** *discr-value*，配置本地标识符。

步骤 4 执行命令 **discriminator remote** *discr-value*，配置远端标识符。

步骤 5 （可选）执行命令 **min-tx-interval** *interval*，调整本地发送 BFD 报文的最小时间间隔。

缺省值取决于许可证文件。

步骤 6 （可选）执行命令 **min-rx-interval** *interval*，调整本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔。

缺省值取决于许可证文件。

步骤 7 （可选）执行命令 **detect-multiplier** *multiplier*，调整 BFD 检测倍数。

步骤 8 执行命令 **commit**，提交配置。

----结束

3.19.5 检查配置结果

配置静态 BFD for CR-LSP 成功后，通过执行命令查看 BFD 会话状态，可发现 BFD 会话状态为 Up。

前提条件

已经完成静态 BFD for CR-LSP 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display bfd configuration mpls-te interface tunnel** *interface-number* **te-lsp** [**verbose**]命令查看隧道入节点查看 BFD 配置信息。
- 使用以下命令查看隧道出节点查看 BFD 配置信息：
  - 查看所有 BFD 相关配置信息：**display bfd configuration all** [**for-ip** | **for-lsp** | **for-te**] [**verbose**]
  - 查看静态 BFD 相关配置信息：**display bfd configuration static** [**for-ip** | **for-lsp** | **for-te** | **name** *cfg-name*] [**verbose**]
  - 查看反向通道为 IP 的 BFD 配置信息：**display bfd configuration peer-ip** *peer-ip* [**vpn-instance** *vpn-instance-name*] [**verbose**]

版权所有 © 华为技术有限公司

- 查看反向通道为静态 LSP 的 BFD 配置信息：**display bfd configuration static-lsp** *lsp-name* [**verbose**]
- 查看反向通道为 LDP LSP 的 BFD 配置信息：**display bfd configuration ldp-lsp peer-ip** *peer-ip* **nexthop** *nexthop* [**interface** *interface-type interface-number*] [**verbose**]
- 查看反向通道为 CR-LSP 的 BFD 配置信息：**display bfd configuration mpls-te interface tunnel** *interface-number* **te-lsp** [**verbose**]
- 查看反向通道为 TE 隧道的 BFD 配置信息：**display bfd configuration mpls-te interface tunnel** *interface-number* [**verbose**]

- 使用 **display bfd session mpls-te interface tunnel** *interface-number* **te-lsp** [**verbose**]命令查看隧道入节点查看 BFD 会话信息。
- 使用以下命令查看隧道出节点查看 BFD 会话信息：
  - 查看所有 BFD 相关配置信息：**display bfd session all** [**for-ip** | **for-lsp** | **for-te**] [**slot** *slot-id* | **verbose**]
  - 查看静态 BFD 相关配置信息：**display bfd session static** [**for-ip** | **for-lsp** | **for-te**] [**slot** *slot-id* | **verbose**]
  - 查看反向通道为 IP 的 BFD 配置信息：**display bfd session peer-ip** *peer-ip* [**vpn-instance** *vpn-instance-name*] [**slot** *slot-id* | **verbose**]
  - 查看反向通道为静态 LSP 的 BFD 配置信息：**display bfd session static-lsp** *lsp-name* [**verbose**]
  - 查看反向通道为 LDP LSP 的 BFD 配置信息：**display bfd session ldp-lsp peer-ip** *peer-ip* [**interface** *interface-type interface-number*] [**verbose**]
  - 查看反向通道为 CR-LSP 的 BFD 配置信息：**display bfd session mpls-te interface tunnel** *interface-number* **te-lsp** [**verbose**]
  - 查看反向通道为 TE 隧道的 BFD 配置信息：**display bfd session mpls-te interface tunnel** *interface-number* [**verbose**]
- 使用以下命令查看 BFD 统计信息：
  - 查看 BFD 所有相关统计信息：**display bfd statistics** [**slot** *slot-id*]
  - 查看所有 BFD 会话的统计信息：**display bfd statistics session all** [**for-ip** | **for-lsp** | **for-te**] [**slot** *slot-id*]
  - 查看检测 IP 链路的 BFD 会话统计信息：**display bfd statistics session peer-ip** *peer-ip* [**vpn-instance** *vpn-instance-name*] [**slot** *slot-id*]
  - 查看检测静态 LSP 的 BFD 会话统计信息：**display bfd statistics session static-lsp** *lsp-name*
  - 查看检测 LDP LSP 的 BFD 会话统计信息：**display bfd statistics session ldp-lsp peer-ip** *peer-ip* [**interface** *interface-type interface-number*]
  - 查看检测 CR-LSP 的 BFD 会话统计信息：**display bfd statistics session mpls-te interface tunnel** *interface-number* **te-lsp**

----结束

任务示例

配置成功时，查看 BFD 会话状态，可发现 BFD 会话状态为 Up。

版权所有 © 华为技术有限公司

3.20 配置静态 BFD for TE

介绍了静态 BFD 检测 TE 隧道故障的配置方法。

3.20.1 建立配置任务
在进行静态 BFD for TE 配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.20.2 使能全局 BFD 能力
配置静态 BFD for TE，需要在隧道入节点和出节点上全局使能 BFD。

3.20.3 配置入节点 BFD 参数
可以在入节点上配制的 BFD 参数包括本地标识符、远端标识符、本地发送 BFD 报文的最小时间间隔、本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔和本地 BFD 检测倍数等，这些将会影响会话的建立。

3.20.4 配置出节点 BFD 参数
可以在出节点上配制的 BFD 参数包括本地标识符、远端标识符、本地发送 BFD 报文的最小时间间隔、本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔和本地 BFD 检测倍数等，这些将会影响会话的建立。

3.20.5 检查配置结果
配置静态 BFD for TE 成功后，通过执行命令查看 BFD 会话状态，可发现 BFD 会话状态为 Up。

3.20.1 建立配置任务

在进行静态 BFD for TE 配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

使用 BFD 检测整条 TE 隧道，可触发 VPN FRR、VLL FRR 等应用在主隧道故障时进行快速流量切换，以减少对业务的影响。

说明

对于同一个 TE 隧道，不能同时配置 MPLS OAM 和 BFD 检测。

BFD 检测 LSP 时，往返转发方式可以不一致（如报文从源端到目的端走 LSP，从目的端到源端走 IP 转发），但要求往返路径一致，如果不一致，则检测到故障时，不能确定具体是哪条路径的故障。因此部署 BFD 检测时，要确认往返路径是否一致，以便检测到的故障确实是检测路径故障。

前置任务

在配置静态 BFD for TE 之前，需完成以下任务。

- **配置静态 CR-LSP** 或者配置 MPLS TE 隧道

数据准备

在配置静态 BFD for TE 之前，需准备以下数据。

版权所有 © 华为技术有限公司

序号	数据
1	BFD 配置名
2	反向通道，IP 链路、动态 LSP、静态 LSP 或者 MPLS TE
3	BFD 会话的本地标识符和远端标识符
4	（可选）发送 BFD 报文的最小时间间隔
5	（可选）允许接收 BFD 报文的最小时间间隔
6	（可选）BFD 的本地检测倍数

3.20.2 使能全局 BFD 能力

配置静态 BFD for TE，需要在隧道入节点和出节点上全局使能 BFD。

背景信息

在隧道入节点和出节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **bfd**，对本节点使能全局 BFD 能力并进入 BFD 视图。

----结束

3.20.3 配置入节点 BFD 参数

可以在入节点上配制的 BFD 参数包括本地标识符、远端标识符、本地发送 BFD 报文的最小时间间隔、本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔和本地 BFD 检测倍数等，这些将会影响会话的建立。

背景信息

在 TE 所在的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **bfd***cfg-name***bind mpls-teinterface tunnel***tunnel-number***，配置 BFD 检测指定的 Tunnel。

步骤 3 执行命令 **discriminator local** *discr-value*，配置本地标识符。

步骤 4 执行命令 **discriminator remote** *discr-value*，配置远端标识符。

步骤 5 （可选）执行命令 **min-tx-interval** *interval*，调整本地发送 BFD 报文的最小时间间隔。

缺省值取决于许可证文件。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 6 （可选）执行命令 **min-rx-interval** *interval*，调整本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔。

缺省值取决于许可证文件。

步骤 7 （可选）执行命令 **detect-multiplier** *multiplier*，调整本地 BFD 检测倍数。

步骤 8 执行命令 **process-pst**，配置 BFD 会话修改保护状态表。

该配置的功能是通知应用协议该 TE 隧道的状态发生了变化。

步骤 9 执行命令 **commit**，提交配置。

说明

当被检测的 Tunnel 的状态为 Down 时，不能创建 BFD 会话。

本地 BFD 报文实际发送时间间隔 = MAX { 本地配置的发送时间间隔，对端配置的接收时间间隔 }；本地实际接收时间间隔 = MAX { 对端配置的发送时间间隔，本地配置的接收时间间隔 }；本实际地检测时间 = 本地实际接收时间间隔 × 对端配置的 BFD 检测倍数。

例如，

- 本地配置的发送时间间隔为 200ms，本地配置的接收时间间隔为 300ms，本地检测倍数为 4
- 对端配置的发送时间间隔为 100ms，对端配置的接收时间间隔为 600ms，对端检测倍数为 5

则：

- 本地实际的发送时间间隔为 MAX { 200ms，600ms } = 600ms，本地实际接收时间间隔为 MAX { 100ms，300ms } = 300ms，本地实际检测时间间隔为 300ms × 5 = 1500ms
- 对端实际的发送时间间隔为 MAX { 100ms，300ms } = 300ms，对端实际接收时间间隔为 MAX { 200ms，600ms } = 600ms，对端实际检测时间间隔为 600ms × 4 = 2400ms

----结束

3.20.4 配置出节点 BFD 参数

可以在出节点上配制的 BFD 参数包括本地标识符、远端标识符、本地发送 BFD 报文的最小时间间隔、本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔和本地 BFD 检测倍数等，这些将会影响会话的建立。

背景信息

在 TE 隧道的出节点进行下列配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 配置向入节点通告故障的反向通道，反向通道可以是 IP 链路、LSP 或者 TE 隧道，为了避免反向 LSP 故障影响 BFD 的检测，一般情况下优先选用 IP 链路。配置反向通道时，请不要配置 **process-pst** 命令。若此反向通道也需要 BFD 检测，可以再配置一对 BFD 会话进行检测。根据实际需要选择如下配置之一：

- IP 链路：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind peer-ip** *ip-address* [**vpn-instance** *vpn-name*] [**interface** *interface-type interface-number*] [**source-ip** *ip-address*]
- LDP LSP：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind ldp-lsp peer-ip** *ip-address* **nexthop** *ip-address* [**interface** *interface-type interface-number*]
- 静态 LSP：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind static-lsp** *lsp-name*
- TE 隧道：执行命令 **bfd** *cfg-name* **bind mpls-te interface tunnel** *tunnel-number*

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 3 执行命令 **discriminator local** *discr-value*，配置本地标识符。

步骤 4 执行命令 **discriminator remote** *discr-value*，配置远端标识符。

步骤 5 （可选）执行命令 **min-tx-interval** *interval*，调整本地发送 BFD 报文的最小时间间隔。

缺省值取决于许可证文件。

步骤 6 （可选）执行命令 **min-rx-interval** *interval*，调整本地允许接收 BFD 报文的最小时间间隔。

缺省值取决于许可证文件。

步骤 7 （可选）执行命令 **detect-multiplier** *multiplier*，调整本地 BFD 检测倍数。

步骤 8 执行命令 **commit**，提交配置。

----结束

3.20.5 检查配置结果

配置静态 BFD for TE 成功后，通过执行命令查看 BFD 会话状态，可发现 BFD 会话状态为 Up。

前提条件

已经完成静态 BFD for TE 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display bfd configuration mpls-te interface tunnel** *interface-number* [**verbose**] 命令在入节点上查看 BFD 配置信息。
- 使用以下命令在出节点上查看 BFD 配置信息：
  - 查看所有 BFD 相关配置信息：**display bfd configuration all** [**for-ip** | **for-lsp** | **for-te**] [**verbose**]
  - 查看静态 BFD 相关配置信息：**display bfd configuration static** [**for-ip** | **for-lsp** | **for-te** | **name** *cfg-name*] [**verbose**]
  - 查看反向通道为 IP 的 BFD 配置信息：**display bfd configuration peer-ip** *peer-ip* [**vpn-instance** *vpn-instance-name*] [**verbose**]
  - 查看反向通道为静态 LSP 的 BFD 配置信息：**display bfd configuration static-lsp** *lsp-name* [**verbose**]
  - 查看反向通道为 LDP LSP 的 BFD 配置信息：**display bfd configuration ldp-lsp peer-ip** *peer-ip* **nexthop** *nexthop* [**interface** *interface-type interface-number*] [**verbose**]
  - 查看反向通道为 CR-LSP 的 BFD 配置信息：**display bfd configuration mpls-te interface tunnel** *interface-number* **te-lsp** [**verbose**]
  - 查看反向通道为 TE 隧道的 BFD 配置信息：**display bfd configuration mpls-te interface tunnel** *interface-number* [**verbose**]
- 使用 **display bfd session mpls-te interface tunnel** *interface-number* [**verbose**]命令隧道入节点查看 BFD 会话信息。
- 使用以下命令在隧道出节点查看 BFD 会话信息：

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- 查看所有 BFD 相关配置信息：**display bfd session all** [**for-ip** | **for-lsp** | **for-te**] [**slot** *slot-id* | **verbose**]
- 查看静态 BFD 相关配置信息：**display bfd session static** [**for-ip** | **for-lsp** | **for-te**] [**slot** *slot-id* | **verbose**]
- 查看反向通道为 IP 的 BFD 配置信息：**display bfd session peer-ip** *peer-ip* [**vpn-instance** *vpn-instance-name*] [**slot** *slot-id* | **verbose**]
- 查看反向通道为静态 LSP 的 BFD 配置信息：**display bfd session static-lsp** *lsp-name* [**verbose**]
- 查看反向通道为 LDP LSP 的 BFD 配置信息：**display bfd session ldp-lsp peer-ip** *peer-ip* [**interface** *interface-type interface-number*] [**verbose**]
- 查看反向通道为 CR-LSP 的 BFD 配置信息：**display bfd session mpls-te interface tunnel te-lsp** [**verbose**]
- 查看反向通道为 TE 隧道的 BFD 配置信息：**display bfd session mpls-te interface tunnel** *interface-number* [**verbose**]

- 使用以下命令查看 BFD 统计信息：
  - 查看 BFD 所有相关统计信息：**display bfd statistics** [**slot** *slot-id*]
  - 查看所有 BFD 会话的统计信息：**display bfd statistics session all** [**for-ip** | **for-lsp** | **for-te**] [**slot** *slot-id*]
  - 查看检测 IP 链路的 BFD 会话统计信息：**display bfd statistics session peer-ip** *peer-ip* [**vpn-instance** *vpn-instance-name*] [**slot** *slot-id*]
  - 查看检测静态 LSP 的 BFD 会话统计信息：**display bfd statistics session static-lsp** *lsp-name*
  - 查看检测 LDP LSP 的 BFD 会话统计信息：**display bfd statistics session ldp-lsp peer-ip** *peer-ip* [**interface** *interface-type interface-number*]
  - 查看检测 CR-LSP 的 BFD 会话统计信息：**display bfd statistics session mpls-te interface tunnel** *interface-number* **te-lsp**

----结束

任务示例

配置成功时，查看 BFD 会话状态，可发现 BFD 会话状态为 Up。

3.21 配置动态 BFD for CR-LSP

介绍动态 BFD 检测静态 CR_LSP 或 RSVP CR-LSP 链路故障的配置方法。

3.21.1 建立配置任务
在进行动态 BFD for CR-LSP 配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.21.2 全局使能 BFD
如果要使能全局 BFD 能力，需要在隧道入节点和出节点上进行相应配置。

3.21.3 入节点上使能 TE 动态创建 BFD 会话
在入节点上使能 TE 动态创建 BFD 会话有两种配置方法：全局使能和 Tunnel 接口下使能。

3.21.4 出节点使能被动创建 BFD 会话

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

由于 LSP 路径是单向的，在一条 LSP 路径上，当主动方（源端）创建 BFD 会话后触发 LSP Ping 报文发送，被动方（宿端）收到 Ping 报文后才可能自动创建 BFD 会话。

3.21.5 （可选）调整入节点的 BFD 检测参数
隧道入节点的 BFD 检测参数有两种调整方法：调整全局的 BFD 检测参数和调整 Tunnel 接口的 BFD 检测参数。

3.21.6 检查配置结果
配置动态 BFD for CR-LSP 成功后，执行相关命令可以检查配置结果。

3.21.1 建立配置任务

在进行动态 BFD for CR-LSP 配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

相对静态 BFD 而言，动态创建 BFD 会话可以减少配置的复杂性，减少人为的配置错误。

BFD 可以检测的 CR-LSP 包括以下两种类型：

- 静态 CR-LSP
- RSVP CR-LSP

目前动态 BFD 不能检测整条 TE 隧道。

说明

对于同一条 CR-LSP，不能同时配置 MPLS OAM 和 BFD 检测。

使用动态 BFD 检测 CR-LSP，当 BFD 状态为 UP 时，如果对 CR-LSP 所属的 Tunnel 接口执行 shutdown 命令，BFD 的状态仍然为 UP。

BFD 检测 LSP 时，往返转发方式可以不一致（如报文从源端到目的端走 LSP，从目的端到源端走 IP 转发），但要求往返路径一致，如果不一致，则检测到故障时，不能确定具体是哪条路径的故障。因此部署 BFD 检测时，要确认往返路径是否一致，以便检测到的故障确实是检测路径故障。

前置任务

在配置动态 BFD for CR-LSP 之前，需完成以下任务。

- **配置静态 CR-LSP** 或者 MPLS TE 隧道

数据准备

在配置动态 BFD for CR-LSP 之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	发送 BFD 报文的最小时间间隔
2	允许接收 BFD 报文的最小时间间隔
3	BFD 的本地检测倍数

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

3.21.2 全局使能 BFD

如果要使能全局 BFD 能力，需要在隧道入节点和出节点上进行相应配置。

背景信息

在 TE 隧道两端节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **bfd**，使能 BFD。

----结束

3.21.3 入节点上使能 TE 动态创建 BFD 会话

在入节点上使能 TE 动态创建 BFD 会话有两种配置方法：全局使能和 Tunnel 接口下使能。

背景信息

使能 TE 动态创建 BFD 会话有两种配置方法：

- 当入节点的大部分 TE 隧道都需要使能自动创建 BFD 会话时，建议选择**全局使能**
- 当入节点的小部分 TE 隧道需要使能自动创建 BFD 会话时，建议选择 **Tunnel 接口下使能**

操作步骤

- 全局使能

  在 TE 隧道入节点上进行如下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。
  3. 执行命令 **mpls te bfd enable**，触发 MPLS TE 自动创建 BFD 会话。

     在 MPLS 视图下配置该命令后，所有 Tunnel 接口都使能了 BFD for TE，除非 Tunnel 接口的 BFD for TE 能力已被阻塞。
  4. （可选）如果有些 TE 隧道不需要使能 BFD for TE，则在这些隧道的 Tunnel 接口下配置阻塞 BFD for TE 能力：
     - 执行命令 **interface tunnel** *interface-number*，进入 TE 隧道接口。
     - 执行命令 **mpls te bfd block**，阻塞该 TE 隧道自动创建 BFD 会话能力。
     - 执行命令 **mpls te commit**，使配置生效。
- Tunnel 接口下使能

  在 TE 隧道入节点上进行如下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface tunnel** *interface-number*，进入 TE 隧道接口。

版权所有 © 华为技术有限公司

3. 执行命令 **mpls te bfd enable**，触发该 TE 隧道自动创建 BFD 会话。

   在 Tunnel 接口视图下配置该命令只对当前 Tunnel 接口生效。

4. 执行命令 **mpls te commit**，使配置生效。

----结束

3.21.4 出节点使能被动创建 BFD 会话

由于 LSP 路径是单向的，在一条 LSP 路径上，当主动方（源端）创建 BFD 会话后触发 LSP Ping 报文发送，被动方（宿端）收到 Ping 报文后才可能自动创建 BFD 会话。

背景信息

在 TE 隧道出节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **bfd**，进入 BFD 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls-passive**，使能被动创建 BFD 会话功能。

执行完该命令不创建 BFD 会话，而是等接收到源端发送的携带 BFD TLV 的 LSP Ping 请求报文后才建立 BFD 会话。

----结束

3.21.5 （可选）调整入节点的 BFD 检测参数

隧道入节点的 BFD 检测参数有两种调整方法：调整全局的 BFD 检测参数和调整 Tunnel 接口的 BFD 检测参数。

背景信息

隧道入节点的 BFD 检测参数有两种调整方法：

- **调整全局的 BFD 检测参数**：当入节点的大部分 TE 隧道都使用相同的 BFD 检测参数时使用此方法
- **调整 Tunnel 接口的 BFD 检测参数**：当入节点有些 TE 隧道需要使用与全局不同的 BFD 检测参数时，则在这些隧道的 Tunnel 接口下单独调整 BFD 检测参数，否则 Tunnel 接口使用全局的 BFD 检测参数

说明

本地 BFD 报文实际发送时间间隔 = MAX { 本地配置的发送时间间隔，对端配置的接收时间间隔 }；本地实际接收时间间隔 = MAX { 对端配置的发送时间间隔，本地配置的接收时间间隔 }；本地实际检测时间 = 本地实际接收时间间隔 × 对端配置的 BFD 检测倍数。

对于被动创建 BFD 会话的 TE 隧道出节点，BFD 报文的接收时间间隔、发送时间间隔和检测倍数都不能调整，缺省值已是 TE 入节点上可设置的最小值。因此，BFD for TE 中，隧道两端节点最终采用的 BFD 检测时间为：

- 入节点实际检测时间间隔 = 入节点配置的接收时间间隔 × 3
- 出节点实际检测时间间隔 = 入节点配置的发送时间间隔 × 入节点配置的检测倍数

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

- 调整全局的 BFD 检测参数

  在隧道入节点上进行以下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。
  3. 执行命令 **mpls te bfd** { **min-tx-interval** *tx-interval* | **min-rx-interval** *tx-interval* | **detect-multiplier** *multiplier* }*，设置 BFD 检测的时间参数。
- 调整 Tunnel 接口的 BFD 检测参数
  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface tunnel** *interface-number*，进入 Tunnel 接口视图。
  3. 执行命令 **mpls te bfd** { **min-tx-interval** *tx-interval* | **min-rx-interval** *rx-interval* | **detect-multiplier** *multiplier* }*，设置 BFD 检测的时间参数。
  4. 执行命令 **mpls te commit**，使配置生效。

----结束

3.21.6 检查配置结果

配置动态 BFD for CR-LSP 成功后，执行相关命令可以检查配置结果。

前提条件

已经完成动态 BFD for CR-LSP 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display bfd configuration dynamic** [**verbose**]命令在隧道入节点上查看动态 BFD 的配置信息。
- 使用 **display bfd configuration passive-dynamic** [**peer-ip** *peer-ip* **remote-discriminator** *discriminator*] [**verbose**]命令在隧道出节点上查看 BFD 配置信息。
- 使用 **display bfd session dynamic** [**slot** *slot-id*] [**verbose**]命令在隧道入节点上查看 BFD 会话信息。
- 使用 **display bfd session passive-dynamic** [**peer-ip** *peer-ip* **remote-discriminator** *discriminator*] [**slot** *slot-id*] [**verbose**]命令在隧道出节点上查看被动创建的 BFD 会话信息。
- 使用以下命令查看 BFD 统计信息：
  - 查看 BFD 所有相关统计信息：**display bfd statistics** [**slot** *slot-id*]
  - 查看动态 BFD 会话相关统计信息：**display bfd statistics session dynamic** [**slot** *slot-id*]
- 使用 **display mpls bfd session** [**statistics** | [**protocol** { **ldp** | **cr-static** | **rsvp-te** }] | [**outgoing-interface** *interface-type interface-number*] | [**nexthop** *ip-address*] | [**fec** *fec-address*] | **verbose** | **monitor**]命令查看与 MPLS 相关的 BFD 会话信息。

----结束

任务示例

完成配置后，可执行上面的命令检查配置结果：

版权所有 © 华为技术有限公司

- 在隧道入节点上执行 **display bfd session all verbose** 命令查看 MPLS TE 动态触发的 BFD 会话状态。可以看到 BFD 会话状态为 Up，会话绑定的链路类型是 TE_LSP。
- 在隧道出节点上执行命令 **display bfd session passive-dynamic verbose** 命令查看被动创建的 BFD 会话信息。可以看出节点上创建的是一个绑定对端 IP 地址的多跳 BFD 会话。

3.22 配置动态 BFD for RSVP

介绍动态 BFD 检测 RSVP 邻居之间的链路故障的配置方法。

3.22.1 建立配置任务
在进行动态 BFD for RSVP 配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.22.2 RSVP 两端全局使能 BFD
配置动态 BFD for RSVP，需要在 RSVP 两端上配置全局使能 BFD。

3.22.3 RSVP 两端使能 BFD for RSVP
配置 BFD for RSVP 使能有两种方式，全局使能 BFD for RSVP 和 RSVP 接口下使能 BFD for RSVP。

3.22.4 （可选）调整 BFD 检测参数
通过两种方法可以调整 BFD for RSVP 的检测参数，调整全局的 BFD 检测参数和调整 RSVP 接口的 BFD 检测参数。

3.22.5 检查配置结果
配置动态 BFD for CR-LSP 成功后，查看 BFD for RSVP 会话状态，可发现 BFD 会话状态为 Up。

3.22.1 建立配置任务

在进行动态 BFD for RSVP 配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

BFD for RSVP 一般用在 TE FRR 中 PLR 节点与其下游邻居之间存在二层设备的情况。在 PLR 和 MP 节点使能 GR 的组网中建议配置 BFD for RSVP。

缺省情况下，RSVP 发送 Hello 报文的时间间隔为 3 秒，宣告邻居 down 的时间即相邻 RSVP 节点失效的时间为 Hello 报文间隔的 3 倍。因此，RSVP 节点感知到 RSVP 邻居故障的时间最短是秒级。

在没有 BFD 检测的情况下，如果在 RSVP 邻居之间存在二层设备，在链路发生故障后，邻居节点不能快速检测到链路故障。这将导致数据大量丢失。

BFD 能够提供毫秒级别的故障监测时间，及时检测到被保护的链路或节点出现的故障，并配合 RSVP 协议更快的发现 RSVP 邻接故障，以便使报文切换到旁路隧道上。

说明

BFD 检测 LSP 时，往返转发方式可以不一致（如报文从源端到目的端走 LSP，从目的端到源端走 IP 转发），但要求往返路径一致，如果不一致，则检测到故障时，不能确定具体是哪条路径的故障。因此部署 BFD 检测时，要确认往返路径是否一致，以便检测到的故障确实是检测路径故障。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

前置任务

在配置 BFD for RSVP 之前，需完成以下任务：

- 配置 RSVP-TE 隧道

数据准备

在配置 BFD for RSVP 之前，需准备以下数据：

序号	数据
1	发送 BFD 报文的最小时间间隔
2	允许接收 BFD 报文的最小时间间隔
3	BFD 的本地检测倍数

在修改 BFD 会话的参数时，对于不同协议间共享的 BFD 会话，参数选择需要按照下面的规则进行：

- 如果本地节点接口下和全局都配置了发送时间间隔、接收时间间隔、本地检测倍数，则以接口下配置的参数作为本地 RSVP 协议采用的参数。
- 如果本地的 BFD for RSVP 与其他协议共享 BFD 会话时，则本地节点分别选择所有共享 BFD 会话的协议里发送时间间隔、接收时间间隔、本地检测倍数的最小值做为本地的参数。
- 本地 BFD 报文实际发送时间间隔＝ MAX { 本地配置的发送时间间隔，对端配置的接收时间间隔 }；本地实际接收时间间隔＝ MAX { 对端配置的发送时间间隔，本地配置的接收时间间隔 }；本地实际检测时间＝本地实际接收时间间隔×对端配置的 BFD 检测倍数。

3.22.2 RSVP 两端全局使能 BFD

配置动态 BFD for RSVP，需要在 RSVP 两端上配置全局使能 BFD。

背景信息

在中间存在二层设备的两个 RSVP 邻居节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **bfd**，全局使能 BFD。

----结束

3.22.3 RSVP 两端使能 BFD for RSVP

配置 BFD for RSVP 使能有两种方式，全局使能 BFD for RSVP 和 RSVP 接口下使能 BFD for RSVP。

版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

使能 BFD for RSVP 有两种方式：

- 当本节点大部分使能了 RSVP 的接口需要使能 BFD for RSVP 时，建议选择**全局使能 BFD for RSVP**
- 当本节点只有小部分使能了 RSVP 的接口需要使能 BFD for RSVP 时，建议选择**RSVP 接口下使能 BFD for RSVP**

操作步骤

- 全局使能 BFD for RSVP

  在中间存在二层设备的两个 RSVP 邻居节点上进行如下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。
  3. 执行命令 **mpls rsvp-te bfd all-interfaces enable**，全局使能 BFD for RSVP。

     在 MPLS 视图下配置该命令后，所有使能了 RSVP 的接口都使能了 BFD for RSVP，除非接口的 BFD for RSVP 能力已被阻塞。
  4. （可选）如果有些 RSVP 接口不需要使能 BFD for RSVP，则在这些接口下配置阻塞 BFD for RSVP 能力：
     - 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入使能 RSVP 的接口的视图。
     - 执行命令 **mpls rsvp-te bfd block**，阻塞该接口的 BFD for RSVP 能力。
- RSVP 接口下使能 BFD for RSVP

  在中间存在二层设备的两个 RSVP 邻居节点上进行如下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入使能 RSVP 的接口的视图。
  3. 执行命令 **mpls rsvp-te bfd enable**，在接口下使能 BFD for RSVP。

----结束

3.22.4 （可选）调整 BFD 检测参数

通过两种方法可以调整 BFD for RSVP 的检测参数，调整全局的 BFD 检测参数和调整 RSVP 接口的 BFD 检测参数。

背景信息

BFD for RSVP 的检测参数有两种调整方法：

- **调整全局的 BFD 检测参数**：当本节点大部分 BFD for RSVP 都使用相同的 BFD 检测参数时使用此方法
- **调整 RSVP 接口的 BFD 检测参数**：当本节点有些 RSVP 接口的 BFD 参数与全局不一致，则在这些 RSVP 接口下单独调整 BFD 检测参数，否则使用全局的 BFD 检测参数

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

- 调整全局的 BFD 检测参数

  在中间存在二层设备的两个 RSVP 邻居节点上进行如下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。
  3. 执行命令 **mpls rsvp-te bfd all-interfaces** { **min-tx-interval** *tx-interval* | **min-rx-interval** *rx-interval* | **detect-multiplier** *multiplier* }*，配置全局的 BFD 会话参数。

     说明

     参数含义如下：

     - 参数 *tx-interval* 表示 DMTI（Desired Min Tx Interval），即本端期望采用的最短 BFD 控制报文发送时间间隔。
     - 参数 *rx-interval* 表示 RMRI（Required Min Rx Interval），即本端能够支持的最短 BFD 控制报文接收时间间隔。
     - 参数 *multiplier* 表示 BFD 检测倍数。

     本端实际使用的 BFD 检测参数与配置的参数可能不同：

     - 本地 BFD 报文实际发送时间间隔 = MAX { 本地配置的 DMTI，对端配置的 RMRI }；
     - 本地 BFD 报文实际接收时间间隔 = MAX { 对端配置的 DMTI，本地配置的 RMRI }；
     - 本地实际检测周期 = 本地 BFD 报文实际接收时间间隔 × 对端配置的 BFD 检测倍数。

- 调整 RSVP 接口的 BFD 检测参数

  在中间存在二层设备的两个 RSVP 邻居节点上进行如下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入使能 RSVP 的接口。
  3. 执行命令 **mpls rsvp-te bfd** { **min-tx-interval** *tx-interval* | **min-rx-interval** *rx-interval* | **detect-multiplier** *multiplier* }*，调整该接口的 BFD 会话参数。

----结束

3.22.5 检查配置结果

配置动态 BFD for CR-LSP 成功后，查看 BFD for RSVP 会话状态，可发现 BFD 会话状态为 Up。

前提条件

已经完成动态 BFD for RSVP 功能的所有配置。

操作步骤

- 使用 **display mpls rsvp-te bfd session** { **all** | **interface** *interface-type interface-number* | **peer** *ip-address* } [**verbose**]命令查看 BFD for RSVP 会话信息。
- 使用 **display mpls rsvp-te** [**interface** [*interface-type interface-number*]]命令查看 RSVP-TE 配置信息。
- 使用 **display mpls rsvp-te peer** [**interface** *interface-type interface-number*]命令查看 RSVP 邻居信息。

版权所有 © 华为技术有限公司

- 使用 **display mpls rsvp-te statistics** { **global** | **interface** [*interface-type interface-number*] }命令查看 RSVP-TE 的运行统计信息。

----结束

任务示例

配置成功时，查看 BFD for RSVP 会话状态，可发现 BFD 会话状态为 Up。

说明

只有配置完 BFD 会话参数并成功建立会话后，才能查看到 BFD 会话信息。

3.23 配置 LDP over TE

介绍 LDP over TE 的配置。

3.23.1 建立配置任务
在进行 LDP over TE 配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

3.23.2 配置转发邻接
通过配置转发邻接，则将这条 LSP 发布给邻居节点，因此其他节点能够使用此 LSP。

3.23.3 TE 隧道两端建立 LDP 远端对等体
配置 LDP over TE 需要在 TE 隧道两端建立 LDP 远端对等体。

3.23.4 （可选）配置触发建立 LSP 的策略
在 TE 隧道入节点和出节点上可以按用户需要配置触发建立 LSP 的策略。

3.23.5 检查配置结果
配置 LDP over TE 成功后，执行上面的命令，应能查看到新增了跨 TE 域的 LDP LSP。

3.23.1 建立配置任务

在进行 LDP over TE 配置前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以帮助您快速、准确地完成配置任务。

应用环境

如果 MPLS 网络中仅有网络的核心部分支持 TE，而在边缘使用 LDP，则需要配置 LDP over TE，把 TE Tunnel 作为整个 LDP LSP 的“一跳”。

说明

在 LDP over TE 的场景中，使用静态或动态 BFD 检测 LDP LSP，当 BFD 状态为 UP 时，如果 LDP LSP 经过的 Tunnel 接口执行 **shutdown** 命令，BFD 的状态仍然为 UP。

前置任务

在配置 LDP over TE 之前，需完成以下任务：

- 配置 IGP 协议，保证各 LSR 在网络层互通
- 配置各节点和接口的 MPLS 基本能力
- 在非 TE 域的接口上使能 MPLS LDP

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- 在 TE 节点上配置 RSVP-TE 隧道

数据准备

在配置 LDP over TE 之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	各节点的接口 IP 地址、loopback 地址
2	MPLS TE 的度量值和链路开销值。

3.23.2 配置转发邻接

通过配置转发邻接，则将这条 LSP 发布给邻居节点，因此其他节点能够使用此 LSP。

背景信息

路由协议需要对链路进行双向检查。转发邻接将 LSP 链路发布给其他节点，所以在使用时，需要再配置一条返回的 Tunnel，构成双向 Tunnel，并分别使能这两条隧道的转发邻接。

说明

缺省情况下，关闭转发邻接特性。

如果配置了转发邻接，则不能同时配置 IGP Shortcut。

在 CR-LSP 隧道入节点进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te igp advertise** [**hold-time** *interval*]，配置转发邻接。

步骤 4 执行命令 **mpls te igp metric** { **absolute** | **relative** } *value*，配置 TE 隧道的 IGP 度量。

说明

IS-IS 不支持相对度量。

仔细选择 TE 隧道的 IGP 度量值，以保证 LSP 链路可以被正确发布和使用。例如，TE 隧道的度量值应该小于不希望流量使用的 IGP 路由的度量值。

步骤 5 执行命令 **mpls te commit**，提交隧道当前配置。

步骤 6 对于 IS-IS，执行命令 **isis enable** [*process-id*]，使能隧道接口的 IS-IS 进程。

步骤 7 对于 OSPF，执行以下三个命令：

- 执行命令 **quit**，退回系统视图。
- 执行命令 **ospf** [*process-id*]，进入 OSPF 协议视图。
- 执行命令 **enable traffic-adjustment advertise**，在 OSPF 中使能转发邻接。

----结束

版权所有 © 华为技术有限公司

3.23.3 TE 隧道两端建立 LDP 远端对等体

配置 LDP over TE 需要在 TE 隧道两端建立 LDP 远端对等体。

背景信息

在 TE 隧道两端进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls ldp remote-peer** *remote-peer-name*，进入 MPLS-LDP 远端对等体视图。

步骤 3 执行命令 **remote-ip** *ip-address*，指定远端对等体的 IP 地址。

----结束

3.23.4 （可选）配置触发建立 LSP 的策略

在 TE 隧道入节点和出节点上可以按用户需要配置触发建立 LSP 的策略。

背景信息

在 TE 隧道入节点和出节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **lsp-trigger** { **all** | **host** | **ip-prefix** *ip-prefix-name* | **none** }，设置触发建立 LSP 的策略。

----结束

3.23.5 检查配置结果

配置 LDP over TE 成功后，执行上面的命令，应能查看到新增了跨 TE 域的 LDP LSP。

前提条件

已经完成 LDP over TE 功能的所有配置。

操作步骤

步骤 1 使用 **display mpls ldp lsp** [**all** | [**vpn-instance** *vpn-instance-name*] *destination-address mask-length*] 命令在 LDP LSP 的入节点上查看隧道信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，应能查看到新增了跨 TE 域的 LDP LSP。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

3.24 维护 MPLS TE

介绍如何清除 MPLS TE 运行信息、复位自动带宽调整特性。

3.24.1 检测 TE 隧道的连通性
检测 TE 隧道的连通性即检查从入节点到出节点是否连通。

3.24.2 使用 NQA 检测 TE 隧道
配置完 MPLS TE 后，可以使用 NQA 检测 TE 隧道的连通性和抖动。

3.24.3 查看隧道错误信息
如果 RSVP-TE Tunnel 接口的状态为 Down，可执行相关命令查看错误信息。

3.24.4 清除运行信息
清除运行信息即通过命令清除运行统计信息。

3.24.5 重启隧道接口
通过重启隧道接口，可以使隧道的相关配置立即生效。

3.24.6 重启 RSVP 进程
当需要重建所有的 RSVP 类型的 CR-LSP，或验证 RSVP 工作过程时，可以采取重启 RSVP 进程的方法。

3.24.7 删除/重建自动生成的旁路隧道
在 MPLS TE Auto FRR 环境中，可执行相关命令删除或重建旁路隧道。

3.24.8 配置 LSP 的 Trap 功能
通过配置 LSP 的 Trap 功能，可以将 LSP 的状态变化通知给网管系统。

3.24.1 检测 TE 隧道的连通性

检测 TE 隧道的连通性即检查从入节点到出节点是否连通。

前提条件

已经完成检测 TE 隧道功能的所有配置。

操作步骤

- 使用命令 **ping lsp** [**-a** *source-ip* | **-c** *count* | **-exp** *exp-value* | **-h** *ttl-value* | **-m** *interval* | **-r** *reply-mode* | **-s** *packet-size* | **-t** *time-out* | **-v**] * **te tunnel** *tunnel-number* [**hot-standby**] [**draft6**]令检测 TE tunnel 从入节点到出节点是否连。

  如果指定 **draft6** 参数，**ping** 命令按 draft-ietf-mpls-lsp-ping-06 实现。默认情况下按 RFC4379 实现。如果指定 **hot-standby** 参数，则可以实现对 CR-LSP 备份隧道的检测。

- 使用命令 **tracert lsp** [**-a** *source-ip* | **-exp** *exp-value* | **-h** *ttl-value* | **-r** *reply-mode* | **-t** *time-out*] * **te tunnel** *tunnel-number* [**hot-standby**] [**draft6**]命令查看数据包从 TE tunnel 入节点到出节点所经过的网关。

  如果指定 **draft6** 参数，**tracert** 命令按 draft-ietf-mpls-lsp-ping-06 实现。默认情况下按 RFC4379 实现。如果指定 **hot-standby** 参数，则可以实现对 CR-LSP 备份隧道的检测。

----结束

版权所有 © 华为技术有限公司

任务示例

配置完 MPLS TE 后，可以在 TE 隧道入节点上执行 **ping lsp** 命令检查 TE tunnel 从入节点到出节点是否连通。如果 ping 不通，使用 **tracert lsp** 命令分析网络什么地方发生了故障。

3.24.2 使用 NQA 检测 TE 隧道

配置完 MPLS TE 后，可以使用 NQA 检测 TE 隧道的连通性和抖动。

任务示例

配置完 MPLS TE 后，可以使用 NQA 检测 TE 隧道的连通性和抖动，具体配置请参见《HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 配置指南-系统管理》“NQA 配置”。

3.24.3 查看隧道错误信息

如果 RSVP-TE Tunnel 接口的状态为 Down，可执行相关命令查看错误信息。

背景信息

如果 RSVP-TE Tunnel 接口的状态为 Down，可执行如下命令查看错误信息。

操作步骤

步骤 1 使用 **display mpls te tunnel-interface last-error** [*tunnel-name*]命令查看 Tunnel 接口的错误信息。

----结束

任务示例

display mpls te tunnel-interface last-error 命令可用来在 Ingress 节点查看本节点发生的错误或者下游节点发送的 PathErr 消息携带的错误，包括：

- CSPF 计算失败；
- RSVP GR 过程中发生的错误；
- 触发 RSVP 信令出错；
- 从收到的 RSVP PathErr 消息得知的错误。

该命令针对每条 TE 隧道记录最近 5 次错误的信息。

3.24.4 清除运行信息

清除运行信息即通过命令清除运行统计信息。

背景信息

在确认需要清除 RSVP-TE 的运行信息后，请在用户视图下执行下面的 **reset** 命令。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 在确认需要清除 RSVP-TE 的运行信息后，请在用户视图下执行 **reset mpls rsvp-te statistics** { **global** | **interface** [*interface-type interface-number*] }命令，清除 RSVP-TE 的运行统计信息。

----结束

3.24.5 重启隧道接口

通过重启隧道接口，可以使隧道的相关配置立即生效。

背景信息

需要使隧道的相关配置立即生效时，可以在 Tunnel 接口视图下配置 **mpls te commit** 命令，并在用户视图下执行下面的 **reset** 命令。

说明

如果在 TE 隧道的 Tunnel 接口下更改配置但没有执行 **mpls te commit** 命令，则执行 **reset mpls te tunnel-interface tunnel** 命令时，系统提示错误。

操作步骤

步骤 1 使用 **reset mpls te tunnel-interface tunnel** *interface-number* 命令重启隧道接口。

----结束

3.24.6 重启 RSVP 进程

当需要重建所有的 RSVP 类型的 CR-LSP，或验证 RSVP 工作过程时，可以采取重启 RSVP 进程的方法。

背景信息

注意

重启 RSVP 进程将导致所有 RSVP 类型的 CR-LSP 被拆除重建。

当需要重建所有的 RSVP 类型的 CR-LSP，或验证 RSVP 工作过程时，可在用户视图下执行下面的 **reset** 命令。

操作步骤

步骤 1 使用 **reset mpls rsvp-te** 命令重启 RSVP 进程。

----结束

3.24.7 删除/重建自动生成的旁路隧道

在 MPLS TE Auto FRR 环境中，可执行相关命令删除或重建旁路隧道。

版权所有 © 华为技术有限公司

背景信息

在 MPLS TE Auto FRR 环境中，可执行下面的 reset 命令删除或重建旁路隧道。

操作步骤

步骤 1 使用 **reset mpls te auto-frr** { **lsp-id** *ingress-lsr-id tunnel-id* | **name** *bypass-tunnel-name* }命令删除重建自动生成的旁路隧道。

----结束

3.24.8 配置 LSP 的 Trap 功能

通过配置 LSP 的 Trap 功能，可以将 LSP 的状态变化通知给网管系统。

背景信息

如果需要将 LSP 的状态变化通知给网管系统，请在系统视图下进行下列配置。

缺省情况下，LDP LSP 创建过程中不使能 Trap 功能。

操作步骤

步骤 1 使用 **snmp-agent trap suppress feature-name lsp trap-name** { **mplsxcup** | **mplsxcdown** } **trap-interval** *trap-interval* [**max-trap-number** *max-trap-number*]命令，使能 LDP LSP 的 Trap 功能，并打开 mplsxcup 或 mplsxcdown 海量告警开关。

----结束

3.25 配置举例

介绍 MPLS TE 的各种组网举例。配置示例中包括组网需求、配置注意事项、配置思路等。

3.25.1 配置静态 MPLS TE 隧道示例
本例描述了静态 MPLS TE 隧道的基本配置过程，包括使能 MPLS TE，配置链路的 MPLS TE 带宽属性，配置 MPLS TE 隧道和创建静态 CR-LSP。

3.25.2 引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 示例
本例描述了引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 的过程，包括使能 MPLS，MPLS TE 功能，配置 CR-LSP 属性模板和引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP。

3.25.3 配置 RSVP 认证示例
本例描述了配置 RSVP 认证过程，通过配置认证功能可以提高网络安全性。

3.25.4 配置 MPLS TE 隧道属性示例
本例描述了配置 MPLS TE 隧道属性的过程，包括对各链路的最大可使用带宽和最大可预留带宽，以及 Color 字段，此即为各链路的管理组属性的配置。

3.25.5 配置 SRLG 示例（TE Auto FRR）
本例描述了配置基于 TE Auto FRR 的 SRLG 的过程,包括配置 SRLG 组号与 SRLG 路径计算模式。

3.25.6 配置 SRLG 示例（Hot-standby）

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

本例描述了配置基于 Hot-standby 的 SRLG 的过程，包括配置 SRLG 组号与 SRLG 路径计算模式。

3.25.7 配置 TE 隧道流量限速示例
本例描述了配置 TE 隧道流量限速的方法，主要包括如何配置 TE 流量监管。

3.25.8 配置 Non-IETF 模式的 DS-TE 示例（MAM 模型）
本例描述了配置 Non-IETF 模式的 DS-TE 的过程，包括配置 DS-TE 模式和带宽约束模型与 CT 与业务类型的映射等。

3.25.9 配置 IETF 模式的 DS-TE 示例（RDM 模型）
本例描述了配置 IETF 模式的 DS-TE 的过程。

3.25.10 配置 DS-TE 从 Non-IETF 模式切换到 IETF 模式示例
本例描述了如何实现 DS-TE 从 Non-IETF 到 IETF 的模式切换。

3.25.11 配置 MPLS TE FRR 示例
本例描述了如何利用 TE FRR 实现链路保护。

3.25.12 配置 MPLS TE Auto FRR 示例
本例描述了如何在入节点和中间节点上分别创建一条节点保护和一条链路保护的旁路隧道，并且都提供带宽保护的过程。

3.25.13 配置 RSVP 认证示例（TE FRR）
本例描述了在 TE FRR 的环境下，用户通过在 MPLS 视图下配置 RSVP 认证功能提高网络安全性。

3.25.14 配置 RSVP-TE 摘要刷新示例（TE FRR）
本例描述了在 TE FRR 的环境下，用户通过配置 RSVP 摘要刷新功能，提高网络资源利用率。

3.25.15 配置 FRR 拔板保护示例
本例描述了如何通过配置实现接口板插拔过程中的 TE 流量的切换与回切。

3.25.16 配置 CR-LSP 热备份示例
本例描述了配置 CR-LSP 热备份的过程，主要包括如何配置 CR-LSP 热备份（hot-standby）和逃生路径（best-effort）。

3.25.17 配置热备份 CR-LSP 属性模板锁定功能示例
本例描述了配置热备份 CR-LSP 属性模板锁定功能的过程。通过配置属性模板锁定功能来避免不必要的 LSP 切换，达到减少系统资源消耗的目的。

3.25.18 配置热备份 CR-LSP 动态带宽功能示例
本例描述了配置热备份 CR-LSP 动态带宽功能的过程，通过配置动态带宽功能达到节约带宽资源的目的。

3.25.19 配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步示例
通过配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步，当主 CR-LSP 故障后，系统启用 TE FRR 旁路保护隧道（即主 CR-LSP 处于 Frr-in-use 状态）并尝试恢复主 CR-LSP 的同时，也会尝试创建备份 CR-LSP。

3.25.20 配置 RSVP GR 示例
本例描述了如何通过配置 RSVP GR 实现主备板切换时保持 MPLS 转发不间断。

3.25.21 配置静态 BFD for CR-LSP 示例
本例描述了通过配置静态 BFD for CR-LSP 实现一条隧道上使能热备份且配置有逃生路径。

3.25.22 配置静态 BFD for TE 示例

版权所有 © 华为技术有限公司

配置了 BFD for TE 检测主路径的隧道，可以使 VPN 能快速感知隧道故障，进行流量切换，减少故障时间。

3.25.23 配置动态 BFD for CR-LSP 示例
本例描述了通过配置动态 BFD for CR-LSP 实现一条隧道上使能热备份且配置有逃生路径。

3.25.24 配置动态 BFD for RSVP 示例
当两个节点间存在二层设备时，可以通过部署 BFD for RSVP，从而实现此链路发生故障时，节点能正确感知故障而进行 TE FRR 的切换。

3.25.25 配置 LDP over TE 示例
通过实例介绍如何实现跨 TE 域的 LDP LSP。

3.25.26 配置 OSPF 多区域发布 MPLS LSR-ID 示例

3.25.27 配置区域间隧道示例
本例描述了配置一条跨越 IS-IS 区域的 TE 隧道的方法。

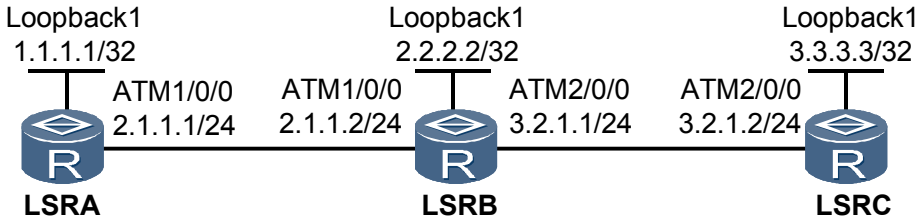
3.25.1 配置静态 MPLS TE 隧道示例

本例描述了静态 MPLS TE 隧道的基本配置过程，包括使能 MPLS TE，配置链路的 MPLS TE 带宽属性，配置 MPLS TE 隧道和创建静态 CR-LSP。

组网需求

如图 3-2 所示，要求建立一条 LSRA 到 LSRC 和一条从 LSRC 到 LSRA 的静态 TE 隧道，带宽为 10M bit/s。

图 3-2 静态 CR-LSP 配置组网图



配置思路

采用如下的思路配置静态 MPLS TE 隧道：

1. 配置各节点接口的 IP 地址及作为 MPLS LSR-ID 的 Loopback 接口的地址，并用 OSPF 协议通告各接口所连网段和 LSR ID 主机路由。
2. 配置 LSR-ID 并全局使能各节点的 MPLS 和 MPLS TE 和各接口的 MPLS 和 MPLS TE。
3. 由于采用了 ATM 接口，需要配置 OSPF 的网络类型为 P2P，ATM 的链路层协议需要配置为 **map ip default broadcast**。
4. 在隧道沿途的各节点出接口上配置链路的最大可预留带宽和 BC0 带宽（假设该隧道从 BC0 获取带宽）。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

5. 在入节点创建隧道接口，指定隧道的 IP 地址、隧道协议、目的地址、隧道 ID 以及建立隧道使用的信令类型。
6. 配置与隧道相关联的静态 LSP，在入节点上配置下一跳地址和出标签，在中间节点配置入接口、下一跳地址和出标签，在出节点上配置入标签和入接口以建立 LSP。

说明

- 每个节点出标签的值就是其下一个节点入标签的值。
- 执行命令 **static-cr-lsp ingress** {**tunnel-interface tunnel** *tunnel-number* | *tunnel-name* } **destination** *destination-address* { **nexthop** *next-hop-address* | **outgoing-interface** *interface-type interface-number* } **out-label** *out-label-value* [**bandwidth** [**ct0** | **ct1**] *bandwidth*]配置 CR-LSP 入节点时需注意，参数 *tunnel-name* 必须与命令 **interface tunnel** *tunnel-number* 创建的隧道接口名称一致，且区分大小写，不支持空格。假设使用命令 **interface tunnel 2/0/0** 创建了一个的 Tunnel 接口，则隧道接口名称为 Tunnel2/0/0，其静态 CR-LSP 入节点中的参数应该写作“Tunnel2/0/0”，否则隧道将不能正确建立。中间节点和出节点无此限制。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点的 OSPF 进程号及区域号
- LSRA 和 LSRC 上隧道的接口编号、隧道接口 IP 地址、目的地址、隧道 ID、隧道信令协议（为 cr-static）
- 各链路的最大可预留带宽和 BC 带宽
- 静态 CR-LSP 入节点的下一跳地址和出标签
- 静态 CR-LSP 中间节点的入接口、下一跳和出标签
- 静态 CR-LSP 出节点的入接口

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址及路由协议

配置各接口的 IP 地址和掩码，并配置路由协议，保证各 LSR 之间在网络层互通。

具体配置过程略。

步骤 2 配置 MPLS 基本能力，使能 MPLS TE

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls te
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] interface atm 1/0/0
[LSRA-Atm1/0/0] pvc 1/100
[LSRA-atm-pvc-Atm1/0/0-1/100] map ip default broadcast
[LSRA-atm-pvc-Atm1/0/0-1/100] quit
[LSRA-Atm1/0/0] ospf network-type p2p
[LSRA-Atm1/0/0] mpls
[LSRA-Atm1/0/0] mpls te
[LSRA-Atm1/0/0] quit
```

LSRB、LSRC 与 LSRA 类似，不再赘述。

步骤 3 配置链路的 MPLS TE 带宽属性

在隧道沿途各节点出接口上配置链路的最大可预留带宽和 BC0 带宽。链路的 BC0 带宽必须大于隧道带宽（10M bit/s）。

版权所有 © 华为技术有限公司

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface atm 1/0/0
[LSRA-Atm1/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRA-Atm1/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRA-Atm1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] interface atm 1/0/0
[LSRB-Atm1/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRB-Atm1/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRB-Atm1/0/0] quit
[LSRB] interface atm 2/0/0
[LSRB-Atm2/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRB-Atm2/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRB-Atm2/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] interface atm 2/0/0
[LSRC-Atm2/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRC-Atm2/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRC-Atm2/0/0] quit
```

步骤 4 配置 MPLS TE 隧道

在 LSRA 上配置 LSRA 至 LSRC 的 MPLS TE 隧道。

```
[LSRA] interface tunnel 1/0/0
[LSRA-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRA-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRA-Tunnel1/0/0] destination 3.3.3.3
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te signal-protocol cr-static
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel1/0/0] quit
```

在 LSRC 上配置 LSRC 至 LSRA 的 MPLS TE 隧道。

```
[LSRC] interface tunnel 2/0/0
[LSRC-Tunnel2/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRC-Tunnel2/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRC-Tunnel2/0/0] destination 1.1.1.1
[LSRC-Tunnel2/0/0] mpls te tunnel-id 200
[LSRC-Tunnel2/0/0] mpls te signal-protocol cr-static
[LSRC-Tunnel2/0/0] mpls te commit
[LSRC-Tunnel2/0/0] quit
```

步骤 5 创建 LSRA 至 LSRC 的静态 CR-LSP

配置 LSRA 为静态 CR-LSP 的入节点。

```
[LSRA] static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel 1/0/0 destination 3.3.3.3 nexthop 2.1.1.2 out-label 20 bandwidth ct0 10000
```

配置 LSRB 为静态 CR-LSP 的中间节点。

```
[LSRB] static-cr-lsp transit tunnel1/0/0 incoming-interface atm 1/0/0 in-label 20 nexthop 3.2.1.2 out-label 30 bandwidth ct0 10000
```

配置 LSRC 为静态 CR-LSP 的出节点。

```
[LSRC] static-cr-lsp egress tunnel1/0/0 incoming-interface atm 2/0/0 in-label 30
```

步骤 6 创建 LSRC 至 LSRA 的静态 CR-LSP

配置 LSRC 为静态 CR-LSP 的入节点。

版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRC] static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel 2/0/0 destination 1.1.1.1 nexthop 3.2.1.1 out-label 120 bandwidth ct0 10000
```

配置 LSRB 为静态 CR-LSP 的中间节点。

```
[LSRB] static-cr-lsp transit tunnel2/0/0 incoming-interface atm 2/0/0 in-label 120 nexthop 2.1.1.1 out-label 130 bandwidth ct0 10000
```

配置 LSRA 为静态 CR-LSP 的出节点。

```
[LSRA] static-cr-lsp egress tunnel2/0/0 incoming-interface atm 1/0/0 in-label 130
```

步骤 7 检查配置结果

配置完成后，在 LSRA 上执行 **display interface tunnel** 命令，可以看到 Tunnel 接口的状态为 Up。

在各节点上执行 **display mpls te tunnel** 命令，可以看到 MPLS TE 隧道的建立情况。

```
[LSRA] display mpls te tunnel
LSP-Id                  Destination           In/Out-If
1.1.1.1:100:1           3.3.3.3               -/Atm1/0/0
-                       -                     Atm1/0/0/-
[LSRB] display mpls te tunnel
LSP-Id                    Destination           In/Out-If
-                         -                     Atm1/0/0/Atm2/0/0
-                         -                     Atm2/0/0/Atm1/0/0
[LSRC] display mpls te tunnel
LSP-Id                  Destination           In/Out-If
3.3.3.3:200:1           1.1.1.1               -/Atm2/0/0
-                       -                     Atm2/0/0/-
```

在各节点上执行 **display mpls lsp** 或 **display mpls static-cr-lsp** 命令，可以看到静态 CR-LSP 的建立情况。

在 LSRA 上查看配置结果。

```
[LSRA] display mpls lsp
------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: STATIC CRLSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
3.3.3.3/32         NULL/20       -/Atm1/0/0
-/-                130/NULL      Atm1/0/0/-
[LSRA] display mpls static-cr-lsp
TOTAL          : 2     STATIC CRLSP(S)
UP             : 2     STATIC CRLSP(S)
DOWN           : 0     STATIC CRLSP(S)
Name            FEC              I/O Label  I/O If                    Stat
Tunnel1/0/0    3.3.3.3/32        NULL/20    -/Atm1/0/0                Up
tunnel2/0/0    -/-               130/NULL   Atm1/0/0/-                Up
```

在 LSRB 上查看。

```
[LSRB] display mpls lsp
------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: STATIC CRLSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
-/-                20/30         Atm1/0/0/Atm2/0/0
-/-                120/130       Atm2/0/0/Atm1/0/0
[LSRB] display mpls static-cr-lsp
TOTAL          : 2     STATIC CRLSP(S)
UP             : 2     STATIC CRLSP(S)
DOWN           : 0     STATIC CRLSP(S)
Name            FEC              I/O Label  I/O If                      Stat
tunnel1/0/0    -/-               20/30      Atm1/0/0/Atm2/0/0           Up
tunnel2/0/0    -/-               120/130    Atm2/0/0/Atm1/0/0           Up
```


版权所有 © 华为技术有限公司

在 LSRC 上查看。

```
[LSRC] display mpls lsp
------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: STATIC CRLSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
1.1.1.1/32         NULL/120      -/Atm2/0/0
-/-                30/NULL       Atm2/0/0/-
[LSRC] display mpls static-cr-lsp
TOTAL          : 2     STATIC CRLSP(S)
UP             : 2     STATIC CRLSP(S)
DOWN           : 0     STATIC CRLSP(S)
Name            FEC                I/O Label  I/O If                    Stat
Tunnel2/0/0    1.1.1.1/32          NULL/120   -/Atm2/0/0                Up
tunnel1/0/0    -/-                 30/NULL    Atm2/0/0/-                Up
```

使用静态 CR-LSP 建立 MPLS TE 隧道时，Transit 节点和 Egress 节点直接根据配置的入标签和出标签进行转发，因此，LSRB 和 LSRC 的相关显示信息中，FEC 等内容为空。

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
#
interface Atm1/0/0
 ip address 2.1.1.1 255.255.255.0
 pvc 1/100
  map ip default broadcast
 ospf network-type p2p
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
mpls te bandwidth bc0 100000
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te commit
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 2.1.1.0 0.0.0.255
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
#
static-cr-lsp ingress tunnel-interface Tunnel1/0/0 destination 3.3.3.3 nexthop 2.1.1.2 out-
label 20 bandwidth ct0 10000
static-cr-lsp egress tunnel2/0/0 incoming-interface Atm1/0/0 in-label 130
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
#
interface Atm1/0/0
 ip address 2.1.1.2 255.255.255.0
 pvc 1/100
  map ip default broadcast
 ospf network-type p2p
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
mpls te bandwidth bc0 100000
#
interface Atm2/0/0
 ip address 3.2.1.1 255.255.255.0
 pvc 1/100
  map ip default broadcast
 ospf network-type p2p
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
mpls te bandwidth bc0 100000
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 2.1.1.0 0.0.0.255
  network 3.2.1.0 0.0.0.255
  network 2.2.2.2 0.0.0.0
#
static-cr-lsp transit tunnel1/0/0 incoming-interface Atm1/0/0 in-label 20 nexthop 3.2.1.2 out-
label 30 bandwidth ct0 10000
static-cr-lsp transit tunnel2/0/0 incoming-interface Atm2/0/0 in-label 120 nexthop 2.1.1.1 out-
label 130 bandwidth ct0 10000
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
#
interface Atm2/0/0
 ip address 3.2.1.2 255.255.255.0
 pvc 1/100
  map ip default broadcast
 ospf network-type p2p
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
mpls te bandwidth bc0 100000
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
interface Tunnel2/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 1.1.1.1
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te tunnel-id 200
 mpls te commit
#
ospf 1
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 area 0.0.0.0
  network 3.2.1.0 0.0.0.255
  network 3.3.3.3 0.0.0.0
#
static-cr-lsp ingress tunnel-interface Tunnel2/0/0 destination 1.1.1.1 nexthop 3.2.1.1 out-
label 120 bandwidth ct0 10000
static-cr-lsp egress tunnel1/0/0 incoming-interface Atm2/0/0 in-label 30
#
return
```

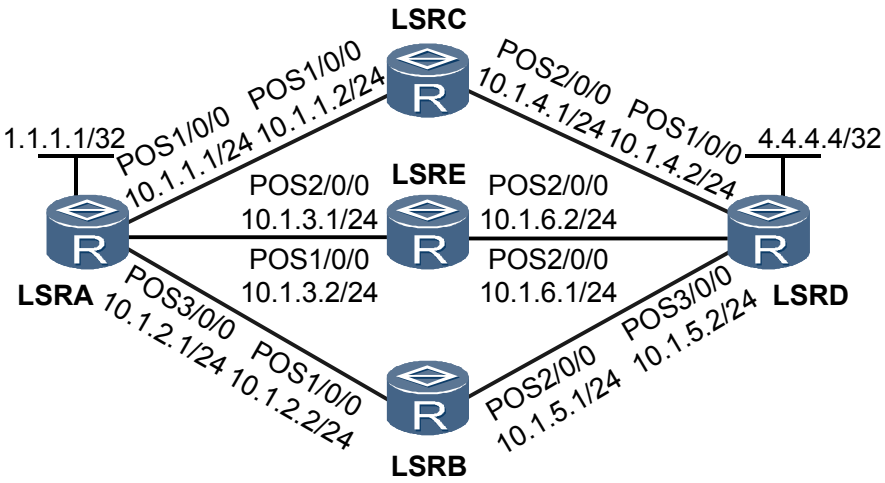
3.25.2 引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 示例

本例描述了引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 的过程，包括使能 MPLS，MPLS TE 功能，配置 CR-LSP 属性模板和引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP。

组网需求

如图 3-3 所示，需要建立从 LSRA 到 LSRD 的主 CR-LSP，同时为主 CR-LSP 配置热备份和普通备份 CR-LSP。当主 CR-LSP 发生故障时，流量可以切换到备份 CR-LSP 上。

图 3-3 引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP 组网图



配置思路

采用如下的思路配置引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP：

1. 配置设备各接口 IP 地址和路由协议，实现网络层的互通
2. 设备全局及各接口使能 MPLS，MPLS TE 功能
3. 在入节点配置 CR-LSP 属性模板
4. 在隧道接口下引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP

数据准备

为完成此配置举例，须准备如下的数据：

- 各设备的 MPLS LSR-ID

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- CR-LSP 属性模板的名称及各成员的配置参数
- 隧道接口的 IP 地址，目的地址，隧道 ID

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址，并配置 IGP，实现网络层的互通

具体配置过程略。

步骤 2 配置各节点的 MPLS LSR-ID，全局及各接口使能 MPLS、MPLS TE 功能。

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls te
[LSRA-mpls] mpls rsvp-te
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] interface pos1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls te
[LSRA-Pos1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRA-Pos1/0/0] quit
[LSRA] interface pos2/0/0
[LSRA-Pos2/0/0] mpls
[LSRA-Pos2/0/0] mpls te
[LSRA-Pos2/0/0] mpls rsvp-te
[LSRA-Pos2/0/0] quit
[LSRA] interface pos3/0/0
[LSRA-Pos3/0/0] mpls
[LSRA-Pos3/0/0] mpls te
[LSRA-Pos3/0/0] mpls rsvp-te
[LSRA-Pos3/0/0] quit
```

说明

LSRB、LSRC、LSRD、LSRE 的配置与 LSRA 相似，此处不再赘述。

步骤 3 配置 CR-LSP 属性模板及其显式路径

LSRA 上配置显式路径 up_path 路径为 LSRA→LSRC→LSRD。

```
[LSRA] explicit-path up_path
[LSRA-explicit-path-up_path] next hop 10.1.1.2
[LSRA-explicit-path-up_path] next hop 10.1.4.2
[LSRA-explicit-path-up_path] quit
```

LSRA 上配置显式路径 down_path 路径为 LSRA→LSRB→LSRD。

```
[LSRA] explicit-path down_path
[LSRA-explicit-path-down_path] next hop 10.1.2.2
[LSRA-explicit-path-down_path] next hop 10.1.5.2
[LSRA-explicit-path-down_path] quit
```

LSRA 上配置显式路径 middle_path 路径为 LSRA→LSRE→LSRD。

```
[LSRA] explicit-path middle_path
[LSRA-explicit-path-middle_path] next hop 10.1.3.2
[LSRA-explicit-path-middle_path] next hop 10.1.6.2
[LSRA-explicit-path-middle_path] quit
```

LSRA 上配置属性模板 lsp_attribute_1。

```
[LSRA] lsp-attribute lsp_attribute_1
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_1] explicit-path up_path
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_1] priority 5 5
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_1] hop-limit 12
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_1] commit
```

LSRA 上配置属性模板 lsp_attribute_2。

```
[LSRA] lsp-attribute lsp_attribute_2
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_2] explicit-path down_path
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_2] priority 5 5
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_2] hop-limit 15
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_2] commit
```

LSRA 上配置属性模板 lsp_attribute_3。

```
[LSRA] lsp-attribute lsp_attribute_3
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_3] explicit-path middle_path
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_3] priority 5 5
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_3] commit
```

说明

同一隧道接口下引用的 CR-LSP 属性模板优先级应相同。

步骤 4 引用属性模板配置 LSRA 到 LSRD 的 CR-LSP

建立 LSRA 到 LSRD 的 CR-LSP。

```
[LSRA] interface tunnel1/0/0
[LSRA-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRA-Tunnel1/0/0] destination 4.4.4.4
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te primary-lsp-constraint lsp-attribute lsp_attribute_1
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te hotstandby-lsp-constraint 1 lsp-attribute lsp_attribute_2
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te ordinary-lsp-constraint 1 lsp-attribute lsp_attribute_3
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te commit
```

步骤 5 检查配置结果

配置完成后，在 LSRA 上执行 **display mpls te tunnel-interface lsp-constraint** 命令可以看到属性模板的各配置项。

```
<LARA> display mpls te tunnel-interface lsp-constraint
    Tunnel Name                    :  Tunnel1/0/0
    Primary-lsp-constraint Name    :  lsp_attribute_1
    Hotstandby-lsp-constraint Number:  1
    Hotstandby-lsp-constraint Name  :  lsp_attribute_2
    Ordinary-lsp-constraint Number  :  1
    Ordinary-lsp-constraint Name    :  lsp_attribute_3
```

LSRA 上执行 **display mpls te tunnel verbose** 命令，可以看到已经使用属性模板成功建立隧道。

```
<LSRA> display mpls te tunnel verbose
No                    :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex             :  0           LSP Index          :  2048
    Session ID              :  100         LSP ID             :  1
    Lsr Role                :  Ingress     Lsp Type           :  Primary
    Ingress LSR ID          :  1.1.1.1
    Egress LSR ID           :  4.4.4.4
    In-Interface            :  -
    Out-Interface           :  Pos1/0/0
    Sign-Protocol           :  RSVP TE     Resv Style         :  SE
    IncludeAnyAff           :  0x0         ExcludeAnyAff      :  0x0
    IncludeAllAff           :  0x0
    LspConstraint           :  1
    ER-Hop Table Index      :  0           AR-Hop Table Index:  0
    C-Hop Table Index       :  -
    PrevTunnelIndexInSession:  1           NextTunnelIndexInSession:  -
    PSB Handle              :  1024
    Created Time            :  2010/07/01 17:40:35 UTC-08:00
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
--------------------------------
          DS-TE Information
--------------------------------
Bandwidth Reserved Flag :  Unreserved
CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
Setup-Priority          :  5           Hold-Priority     :  5
--------------------------------
            FRR Information
--------------------------------
Primary LSP Info
TE Attribute Flag       :  0x3         Protected Flag    :  0x0
Bypass In Use           :  Not Exists
Bypass Tunnel Id        :  -
BypassTunnel            :  -
Bypass Lsp ID           :  -           FrrNextHop        :  -
ReferAutoBypassHandle   :  -
FrrPrevTunnelTableIndex :  -           FrrNextTunnelTableIndex:  -
Bypass Attribute(Not configured)
Setup Priority          :  -           Hold Priority     :  -
HopLimit                :  -           Bandwidth         :  -
IncludeAnyGroup         :  -           ExcludeAnyGroup   :  -
IncludeAllGroup         :  -
Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
CT0 Unbound Bandwidth   :  -         CT1 Unbound Bandwidth:  -
CT2 Unbound Bandwidth   :  -         CT3 Unbound Bandwidth:  -
CT4 Unbound Bandwidth   :  -         CT5 Unbound Bandwidth:  -
CT6 Unbound Bandwidth   :  -         CT7 Unbound Bandwidth:  -
--------------------------------
            BFD Information
--------------------------------
NextSessionTunnelIndex  :  -           PrevSessionTunnelIndex:  -
NextLspId               :  -           PrevLspId         :  -


No                      :  2
Tunnel-Name             :  Tunnel1/0/0
TunnelIndex             :  1           LSP Index         :  2049
Session ID              :  100         LSP ID            :  32770
Lsr Role                :  Ingress     Lsp Type          :  Hot-Standby
Ingress LSR ID          :  1.1.1.1
Egress LSR ID           :  4.4.4.4
In-Interface            :  -
Out-Interface           :  Pos3/0/0
Sign-Protocol           :  RSVP TE     Resv Style        :  SE
IncludeAnyAff           :  0x0         ExcludeAnyAff     :  0x0
IncludeAllAff           :  0x0
LspConstraint           :  1
ER-Hop Table Index      :  1           AR-Hop Table Index:  1
C-Hop Table Index       :  -
PrevTunnelIndexInSession:  -           NextTunnelIndexInSession:  0
PSB Handle              :  1025
Created Time            :  2010/07/01 17:40:36 UTC-08:00
--------------------------------
          DS-TE Information
--------------------------------
Bandwidth Reserved Flag :  Unreserved
CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
Setup-Priority          :  5           Hold-Priority     :  5
--------------------------------
            FRR Information
--------------------------------
Primary LSP Info
TE Attribute Flag       :  0x3         Protected Flag    :  0x0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
Bypass In Use           :  Not Exists
Bypass Tunnel Id        :  -
BypassTunnel            :  -
Bypass Lsp ID           :  -            FrrNextHop        :  -
ReferAutoBypassHandle   :  -
FrrPrevTunnelTableIndex :  -            FrrNextTunnelTableIndex:  -
Bypass Attribute(Not configured)
Setup Priority          :  -            Hold Priority     :  -
HopLimit                :  -            Bandwidth         :  -
IncludeAnyGroup         :  -            ExcludeAnyGroup   :  -
IncludeAllGroup         :  -
Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
CT0 Unbound Bandwidth   :  -          CT1 Unbound Bandwidth:  -
CT2 Unbound Bandwidth   :  -          CT3 Unbound Bandwidth:  -
CT4 Unbound Bandwidth   :  -          CT5 Unbound Bandwidth:  -
CT6 Unbound Bandwidth   :  -          CT7 Unbound Bandwidth:  -
--------------------------------
          BFD Information
--------------------------------
NextSessionTunnelIndex  :  -            PrevSessionTunnelIndex:  -
NextLspId               :  -            PrevLspId         :  -
```

将 LSRC 的 POS1/0/0 接口与 LSRB 的 POS1/0/0 接口 shutdown 后，可以看到使用属性模板成功建立普通 CR-LSP。

```
<LSRA> display mpls te tunnel verbose
    No                      :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex             :  0            LSP Index         :  2048
    Session ID              :  100          LSP ID            :  32771
    Lsr Role                :  Ingress      Lsp Type          :  Ordinary
    Ingress LSR ID          :  1.1.1.1
    Egress LSR ID           :  4.4.4.4
    In-Interface            :  -
    Out-Interface           :  Pos2/0/0
    Sign-Protocol           :  RSVP TE      Resv Style        :  SE
    IncludeAnyAff           :  0x0          ExcludeAnyAff     :  0x0
    IncludeAllAff           :  0x0
    LspConstraint           :  1
    ER-Hop Table Index      :  2            AR-Hop Table Index:  0
    C-Hop Table Index       :  -
    PrevTunnelIndexInSession:  -            NextTunnelIndexInSession:  -
    PSB Handle              :  1212
    Created Time            :  2010/07/02 15:24:18 UTC-08:00
    --------------------------------
             DS-TE Information
    --------------------------------
    Bandwidth Reserved Flag :  Unreserved
    CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    Setup-Priority          :  5            Hold-Priority     :  5
    --------------------------------
               FRR Information
    --------------------------------
    Primary LSP Info
    TE Attribute Flag       :  0x3          Protected Flag    :  0x0
    Bypass In Use           :  Not Exists
    Bypass Tunnel Id        :  -
    BypassTunnel            :  -
    Bypass Lsp ID           :  -            FrrNextHop        :  -
    ReferAutoBypassHandle   :  -
    FrrPrevTunnelTableIndex :  -            FrrNextTunnelTableIndex:  -
    Bypass Attribute(Not configured)
    Setup Priority          :  -            Hold Priority     :  -
    HopLimit                :  -            Bandwidth         :  -
    IncludeAnyGroup         :  -            ExcludeAnyGroup   :  -
    IncludeAllGroup         :  -
    Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
CT0 Unbound Bandwidth   :  -          CT1 Unbound Bandwidth:  -
CT2 Unbound Bandwidth   :  -          CT3 Unbound Bandwidth:  -
CT4 Unbound Bandwidth   :  -          CT5 Unbound Bandwidth:  -
CT6 Unbound Bandwidth   :  -          CT7 Unbound Bandwidth:  -
--------------------------------
          BFD Information
--------------------------------
NextSessionTunnelIndex  :  -            PrevSessionTunnelIndex:  -
NextLspId               :  -            PrevLspId         :  -
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
mpls rsvp-te
#
 explicit-path middle_path
  next hop 10.1.3.2
  next hop 10.1.6.2
#
 explicit-path up_path
  next hop 10.1.1.2
  next hop 10.1.4.2
#
 explicit-path down_path
  next hop 10.1.2.2
  next hop 10.1.5.2
#
 lsp-attribute lsp_attribute_1
  explicit-path up_path
  priority 5
  hop-limit 12
commit
#
 lsp-attribute lsp_attribute_2
  explicit-path down_path
  priority 5
  hop-limit 15
commit
#
 lsp-attribute lsp_attribute_3
  explicit-path middle_path
  priority 5
commit

#
interface Pos1/0/0
ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
ip address 10.1.3.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos3/0/0
ip address 10.1.2.1 255.255.255.0
 mpls
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
interface Tunnel1/0/0
 tunnel-protocol mpls te
 destination 4.4.4.4
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te primary-lsp-constraint lsp-attribute lsp_attribute_1
 mpls te hotstandby-lsp-constraint 1 lsp-attribute lsp_attribute_2
 mpls te ordinary-lsp-constraint 1 lsp-attribute lsp_attribute_3
 mpls te commit
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
  network 10.1.3.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
mpls lsr-id 10.1.5.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
ip address 10.1.2.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 ip address 10.1.5.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
  network 10.1.5.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
mpls lsr-id 10.1.4.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
interface Pos2/0/0
ip address 10.1.4.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.4.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
ip address 10.1.4.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
ip address 10.1.6.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos3/0/0
ip address 10.1.5.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 4.4.4.4 0.0.0.0
  network 10.1.4.0 0.0.0.255
  network 10.1.5.0 0.0.0.255
  network 10.1.6.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRE 的配置文件

```
#
 sysname LSRE
#
 mpls lsr-id 10.1.6.1
 mpls
  mpls te
mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
ip address 10.1.3.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
ip address 10.1.6.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.1.3.0 0.0.0.255
  network 10.1.6.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

3.25.3 配置 RSVP 认证示例

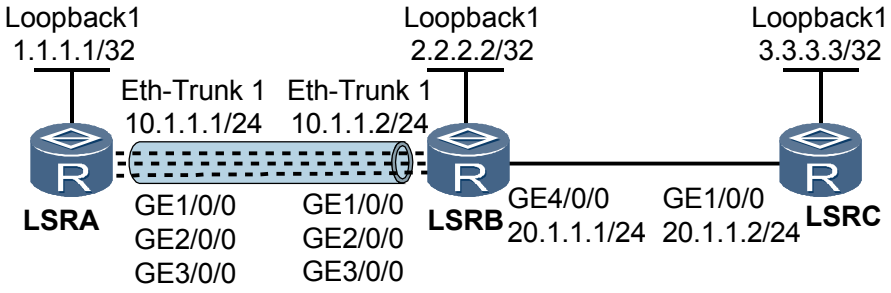
本例描述了配置 RSVP 认证过程，通过配置认证功能可以提高网络安全性。

组网需求

如图 3-4，LSRA 和 LSRB 之间的 Eth-Trunk 1 的成员接口为 GE1/0/0、GE2/0/0 和 GE3/0/0。使用 RSVP 建立了一条从 LSRA 到 LSRC 的 MPLS TE 隧道。

要求配置 Handshake 功能使 LSRA 和 LSRB 之间互相进行 RSVP 密钥认证，防止伪造的 RSVP 资源预留请求非法占用网络资源，并配置 message window 功能解决 RSVP 报文失序问题。

图 3-4 配置 RSVP 认证组网图



配置思路

采用如下的思路配置 RSVP 认证：

1. 配置 MPLS 网络并建立 MPLS TE 隧道。
2. 在接口上配置 authentication，对 RSVP 消息进行认证。
3. 在接口上配置 handshake，使其接口具有 handshake 功能。
4. 在接口上配置 window-size，使接口具有保存 32 个序列号的能力。

说明

建议将滑动窗口大小配置为大于 32。如果滑动窗口设置过小，收到的 RSVP 消息有些可能不在窗口范围内而被丢弃，这样会导致 RSVP 邻居关系终止。

版权所有 © 华为技术有限公司

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点的 OSPF 进程号、所在的 OSPF 区域
- RSVP 认证的本地密码以及认证密钥
- RSVP 认证的滑动窗口大小

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

按照图 3-4 配置各接口的 IP 地址和掩码，具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 2 配置 OSPF 协议

配置 OSPF 协议发布各网段路由及 LSR ID 的主机路由。具体配置内容请参见本例的配置文件。

配置完成后，在各节点上执行 **display ip routing-table** 命令，应可以看到相互之间都学到了到对方的路由。

步骤 3 配置 MPLS 基本能力，使能 MPLS TE、MPLS RSVP-TE 和 CSPF

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls te
[LSRA-mpls] mpls rsvp-te
[LSRA-mpls] mpls te cspf
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] interface eth-trunk 1
[LSRA-Eth-Trunk1] mpls
[LSRA-Eth-Trunk1] mpls te
[LSRA-Eth-Trunk1] mpls rsvp-te
[LSRA-Eth-Trunk1] quit
```

说明

LSRB 和 LSRC 的配置与 LSRA 相似，此处不再赘述。

步骤 4 配置 OSPF TE

配置 LSRA。

```
[LSRA] ospf 1
[LSRA-ospf-1] opaque-capability enable
[LSRA-ospf-1] area 0
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] ospf 1
[LSRB-ospf-1] opaque-capability enable
[LSRB-ospf-1] area 0
[LSRB-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[LSRB-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] ospf 1
[LSRC-ospf-1] opaque-capability enable
[LSRC-ospf-1] area 0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
```

步骤 5 配置 MPLS TE 隧道

在 LSRA 上配置 MPLS TE 隧道。

```
[LSRA] interface tunnel 1/0/0
[LSRA-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRA-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRA-Tunnel1/0/0] destination 3.3.3.3
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te signal-protocol rsvp-te
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 1
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel1/0/0] quit
```

配置完成后，在 LSRA 上执行 **display interface tunnel** 命令可以看到隧道接口状态为 Up。

```
[LSRA] display interface tunnel 1/0/0
Tunnel1/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last up time: 2007-9-27, 16:38:41
Description : Tunnel1/0/0 Interface, Route Port
...
```

步骤 6 在 LSRA、LSRB 的 MPLS TE 链路的接口上配置 RSVP 验证

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface eth-trunk 1
[LSRA-Eth-Trunk1] mpls rsvp-te authentication plain 123456789
[LSRA-Eth-Trunk1] mpls rsvp-te authentication handshake 12345678
[LSRA-Eth-Trunk1]  mpls rsvp-te authentication window-size 32
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] interface eth-trunk 1
[LSRB-Eth-Trunk1] mpls rsvp-te authentication plain 123456789
[LSRB-Eth-Trunk1] mpls rsvp-te authentication handshake 12345678
[LSRB-Eth-Trunk1] mpls rsvp-te authentication window-size 32
```

步骤 7 验证配置结果

在 LSRA 上执行 **reset mpls rsvp-te**，再执行 **display interface tunnel** 命令可以看到隧道接口状态为 UP。

在 LSRA 或 LSRB 上执行 **display mpls rsvp-te interface** 命令，可查看 RSVP 认证的相关配置信息。

```
[LSRA] display mpls rsvp-te interface eth-trunk 1
Interface: Eth-Trunk1
 Interface Address: 10.1.1.1
 Interface state: UP                 Interface Index: 0x406
 Total-BW: 0                         Used-BW: 0
 Hello configured: NO                Num of Neighbors: 1
 SRefresh feature: DISABLE           SRefresh Interval: 30 sec
 Mpls Mtu: 1500                      Retransmit Interval: 500 msec
 Increment Value: 1
 Authentication: ENABLE
 Challenge: ENABLE                   WindowSize: 32
 Next Seq # to be sent:3570642420 4  Key ID: d5d7adf41800
 Bfd Enabled: DISABLE                Bfd Min-Tx: 10
 Bfd Min-Rx: 10                      Bfd Detect-Multi: 3
```

----结束

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
interface Eth-Trunk1
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te authentication plain 123456789
 mpls rsvp-te authentication handshake 12345678
 mpls rsvp-te authentication window-size 32
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 eth-trunk 1
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 eth-trunk 1
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 undo shutdown
 eth-trunk 1
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 1
 mpls te commit
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface Eth-Trunk1
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te authentication plain 123456789
 mpls rsvp-te authentication handshake 12345678
 mpls rsvp-te authentication window-size 32
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 eth-trunk 1
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 eth-trunk 1
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 undo shutdown
 eth-trunk 1
#
interface GigabitEthernet4/0/0
 ip address 20.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 20.1.1.0 0.0.0.255
  network 2.2.2.2 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface GigabiEthernet1/0/0
 ip address 20.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 20.1.1.0 0.0.0.255
  network 3.3.3.3 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

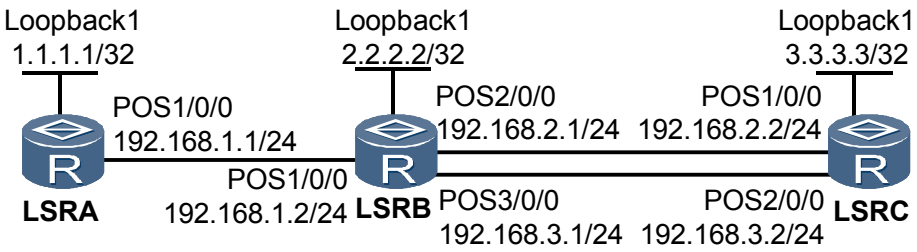
3.25.4 配置 MPLS TE 隧道属性示例

本例描述了配置 MPLS TE 隧道属性的过程，包括对各链路的最大可使用带宽和最大可预留带宽，以及 Color 字段，此即为各链路的管理组属性的配置。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

组网需求

图 3-5 配置隧道属性组网图



如图 3-5 所示，各链路的最大可预留带宽均是 100Mbit/s，采用 RDM 带宽分配模型，BC0 带宽是 100Mbit/s。

LSRA 上存在两条到达 LSRC 的 RSVP TE 隧道 Tunnel1/0/0 和 Tunnel1/0/1。两隧道的带宽要求都是 40Mbit/s。两条隧道的带宽总和（80Mbit/s）大于共用链路 LSRA→LSRB 的带宽 50Mbit/s，且 Tunnel1/0/1 的优先级高于 Tunnel1/0/0，允许发生抢占情况。

要求根据各链路上的管理组属性，使用隧道的亲和属性及掩码，使 LSRA 上的 Tunnel1/0/0 使用 LSRB→LSRC 的一条物理链路，Tunnel1/0/1 使用 LSRB→LSRC 的另一条。

配置思路

采用如下的思路配置隧道属性：

1. 配置 RSVP TE 隧道，请参见**配置 RSVP-TE 隧道示例**中的配置思路。
2. 在各节点的隧道出接口上配置链路的管理组属性。
3. 通过查看链路的管理组属性及组网需求，确定并配置各隧道的亲和属性及掩码。
4. 根据需求配置各隧道的优先级。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点的 OSPF 进程号、所在的 OSPF 区域
- 隧道沿途的链路最大可预留带宽和各 BC 带宽
- LSRA→LSRB 的管理组属性、LSRB→LSRC 的管理组属性
- 各隧道的亲和属性及掩码
- 隧道接口的接口编号、IP 地址、目的地址、隧道 ID、隧道带宽、隧道的优先级分别、隧道信令协议（取缺省的 RSVP-TE）

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

按照图 3-5 配置各接口的 IP 地址和掩码，包括各 Loopback 接口。

具体配置过程略。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 2 配置 IGP 协议

在所有节点上配置 OSPF 协议，发布各网段及 LSR ID 主机路由。

具体配置过程略。

步骤 3 配置 MPLS 基本能力，使能 MPLS TE、RSVP-TE 及 OSPF TE，并在入节点使能 CSPF

在 LSRA、LSRB 和 LSRC 上配置 MPLS 基本能力，使能 MPLS TE、RSVP-TE。

以 LSRA 上的配置为例：

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls te
[LSRA-mpls] mpls rsvp-te
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls te
[LSRA-Pos1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

在 LSRA、LSRB 和 LSRC 上使能 OSPF TE。以 LSRA 上的配置为例：

```
[LSRA] ospf
[LSRA-ospf-1] opaque-capability enable
[LSRA-ospf-1] area 0
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[LSRA-ospf-1] quit
```

LSRB、LSRC 与 LSRA 类似，不再赘述。

在隧道入节点（LSRA）上使能 CSPF。

```
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls te cspf
[LSRA-mpls] quit
```

步骤 4 配置各节点出接口的 MPLS TE 属性

在 LSRA 上配置链路的最大可预留带宽为 100Mbit/s，BC0 带宽为 100Mbit/s。

```
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRA-Pos1/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
```

在 LSRA 上配置此链路的管理组属性为 0x10001。

```
[LSRA-Pos1/0/0] mpls te link administrative group 10001
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

在 LSRB 上配置链路的 MPLS TE 属性。

```
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRB-Pos2/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRB-Pos2/0/0] mpls te link administrative group 10101
[LSRB-Pos2/0/0] quit
[LSRB] interface pos 3/0/0
[LSRB-Pos3/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRB-Pos3/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRB-Pos3/0/0] quit
```

配置完成后，可在 LSRA 上查看 TEDB，其中包括各链路的最大可使用带宽和最大可预留带宽，以及 Color 字段，此即为各链路的管理组属性：

```
[LSRA] display mpls te cspf tedb node
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
Router ID: 1.1.1.1
  IGP Type: OSPF   Process Id: 1
  MPLS-TE Link Count: 1
  Link[1]:
    Interface IP Address(es): 192.168.1.1
    Peer  IP Address: 192.168.1.2
    Peer  Router  Id: 2.2.2.2
    Peer  OSPF  Router  Id: 2.2.2.2
    IGP Area: 0
    Link  Type: point-to-point  Link Status: Active
    IGP Metric: 1               TE Metric: 1          Color: 0x10001
    Bandwidth Allocation Model : Russian Doll Model
    Maximum Link-Bandwidth: 100000 (kbps)
    Maximum Reservable Bandwidth: 100000 (kbps)
    Bandwidth Constraints:          Local Overbooking Multiplier:
        BC[0]:  100000     (kbps)   LOM[0]:  1
        BC[1]:  0          (kbps)   LOM[1]:  1
    BW Unreserved:
        Class  ID:

        [0]:      100000 (kbps),            [1]:      100000 (kbps)
        [2]:      100000 (kbps),            [3]:      100000 (kbps)
        [4]:      100000 (kbps),            [5]:      100000 (kbps)
        [6]:      100000 (kbps),            [7]:      100000 (kbps)
        [8]:           0 (kbps),            [9]:           0 (kbps)
        [10]:          0 (kbps),            [11]:          0 (kbps)
        [12]:          0 (kbps),            [13]:          0 (kbps)
        [14]:          0 (kbps),            [15]:          0 (kbps)
    BW Unreserved:
        Class  ID:
        [0]:           0 (kbps),            [1]:           0 (kbps)
        [2]:           0 (kbps),            [3]:           0 (kbps)
        [4]:           0 (kbps),            [5]:           0 (kbps)
        [6]:           0 (kbps),            [7]:           0 (kbps)
        [8]:           0 (kbps),            [9]:           0 (kbps)
        [10]:          0 (kbps),            [11]:          0 (kbps)
        [12]:          0 (kbps),            [13]:          0 (kbps)
        [14]:          0 (kbps),            [15]:          0 (kbps)
Router ID: 2.2.2.2
  IGP Type: OSPF   Process Id: 1
  MPLS-TE Link Count: 3
  Link[1]:
    Interface IP Address(es): 192.168.2.1
    Peer  IP Address: 192.168.2.2
    Peer  Router  Id: 3.3.3.3
    Peer  OSPF  Router  Id: 3.3.3.3
    IGP Area: 0
    Link  Type: point-to-point  Link Status: Active
    IGP Metric: 1               TE Metric: 1          Color: 0x10101
    Bandwidth Allocation Model : Russian Doll Model
    Maximum Link-Bandwidth: 100000 (kbps)
    Maximum Reservable Bandwidth: 100000 (kbps)
    Bandwidth Constraints:          Local Overbooking Multiplier:
         BC[0]:  100000     (kbps)   LOM[0]:  1
         BC[1]:  0          (kbps)   LOM[1]:  1
    BW Unreserved:
        Class  ID:

        [0]:      100000 (kbps),            [1]:      100000 (kbps)
        [2]:      100000 (kbps),            [3]:      100000 (kbps)
        [4]:      100000 (kbps),            [5]:      100000 (kbps)
        [6]:      100000 (kbps),            [7]:      100000 (kbps)
        [8]:           0 (kbps),            [9]:           0 (kbps)
        [10]:          0 (kbps),            [11]:          0 (kbps)
        [12]:          0 (kbps),            [13]:          0 (kbps)
        [14]:          0 (kbps),            [15]:          0 (kbps)
    BW Unreserved:
        Class  ID:
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
      [0]:           0 (kbps),            [1]:           0 (kbps)
      [2]:           0 (kbps),            [3]:           0 (kbps)
      [4]:           0 (kbps),            [5]:           0 (kbps)
      [6]:           0 (kbps),            [7]:           0 (kbps)
      [8]:           0 (kbps),            [9]:           0 (kbps)
      [10]:          0 (kbps),            [11]:          0 (kbps)
      [12]:          0 (kbps),            [13]:          0 (kbps)
      [14]:          0 (kbps),            [15]:          0 (kbps)
Link[2]:
  Interface IP Address(es): 192.168.1.2
  Peer  IP Address: 192.168.1.1
  Peer  Router  Id: 1.1.1.1
 Peer  OSPF  Router  Id: 1.1.1.1
  IGP Area: 0
  Link  Type: point-to-point  Link Status: Active
  IGP Metric: 1               TE Metric: 1          Color: 0x0
  Bandwidth Allocation Model : Russian Doll Model
  Maximum Link-Bandwidth: 0 (kbps)
  Maximum Reservable Bandwidth: 0 (kbps)
  Bandwidth Constraints:           Local Overbooking Multiplier:
       BC[0]:  0          (kbps)   LOM[0]:  1
       BC[1]:  0          (kbps)   LOM[1]:  1
  BW Unreserved:
      Class  ID:
      [0]:           0 (kbps),            [1]:           0 (kbps)
      [2]:           0 (kbps),            [3]:           0 (kbps)
      [4]:           0 (kbps),            [5]:           0 (kbps)
      [6]:           0 (kbps),            [7]:           0 (kbps)
      [8]:           0 (kbps),            [9]:           0 (kbps)
      [10]:          0 (kbps),            [11]:          0 (kbps)
      [12]:          0 (kbps),            [13]:          0 (kbps)
      [14]:          0 (kbps),            [15]:          0 (kbps)
  BW Unreserved:
      Class  ID:
      [0]:           0 (kbps),            [1]:           0 (kbps)
      [2]:           0 (kbps),            [3]:           0 (kbps)
      [4]:           0 (kbps),            [5]:           0 (kbps)
      [6]:           0 (kbps),            [7]:           0 (kbps)
      [8]:           0 (kbps),            [9]:           0 (kbps)
      [10]:          0 (kbps),            [11]:          0 (kbps)
      [12]:          0 (kbps),            [13]:          0 (kbps)
      [14]:          0 (kbps),            [15]:          0 (kbps)
Link[3]:
  Interface IP Address(es): 192.168.3.1
  Peer  IP Address: 192.168.3.2
  Peer  Router  Id: 3.3.3.3
 Peer  OSPF Router  Id: 3.3.3.3
  IGP Area: 0
  Link  Type: point-to-point  Link Status: Active
  IGP Metric: 1               TE Metric: 1          Color: 0x10011
  Bandwidth Allocation Model : Russian Doll Model
  Maximum Link-Bandwidth: 100000 (kbps)
  Maximum Reservable Bandwidth: 100000 (kbps)
  Bandwidth Constraints:           Local Overbooking Multiplier:
      BC[0]:  100000     (kbps)   LOM[0]:  1
      BC[1]:  0          (kbps)   LOM[1]:  1
  BW Unreserved:
      Class  ID:

      [0]:      100000 (kbps),            [1]:      100000 (kbps)
      [2]:      100000 (kbps),            [3]:      100000 (kbps)
      [4]:      100000 (kbps),            [5]:      100000 (kbps)
      [6]:      100000 (kbps),            [7]:      100000 (kbps)
      [8]:           0 (kbps),            [9]:           0 (kbps)
      [10]:          0 (kbps),            [11]:          0 (kbps)
      [12]:          0 (kbps),            [13]:          0 (kbps)
      [14]:          0 (kbps),            [15]:          0 (kbps)
  BW Unreserved:
      Class  ID:
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
        [0]:          0 (kbps),            [1]:          0 (kbps)
        [2]:          0 (kbps),            [3]:          0 (kbps)
        [4]:          0 (kbps),            [5]:          0 (kbps)
        [6]:          0 (kbps),            [7]:          0 (kbps)
        [8]:          0 (kbps),            [9]:          0 (kbps)
        [10]:         0 (kbps),            [11]:         0 (kbps)
        [12]:         0 (kbps),            [13]:         0 (kbps)
        [14]:         0 (kbps),            [15]:         0 (kbps)
Router ID: 3.3.3.3
  IGP Type: OSPF   Process Id: 1
  MPLS-TE Link Count: 2
  Link[1]:
    Interface IP Address(es): 192.168.2.2
    Peer  IP Address: 192.168.2.1
    Peer  Router  Id: 2.2.2.2
    Peer  OSPF  Router  Id: 2.2.2.2
    IGP Area: 0
    Link  Type: point-to-point  Link Status: Active
    IGP Metric: 1               TE Metric: 1          Color: 0x0
    Bandwidth Allocation Model : Russian Doll Model
    Maximum Link-Bandwidth: 0 (kbps)
    Maximum Reservable Bandwidth: 0 (kbps)
    Bandwidth Constraints:          Local Overbooking Multiplier:
         BC[0]:  0          (kbps)   LOM[0]:  1
         BC[1]:  0          (kbps)   LOM[1]:  1
    BW Unreserved:
        Class  ID:
        [0]:          0 (kbps),            [1]:          0 (kbps)
        [2]:          0 (kbps),            [3]:          0 (kbps)
        [4]:          0 (kbps),            [5]:          0 (kbps)
        [6]:          0 (kbps),            [7]:          0 (kbps)
        [8]:          0 (kbps),            [9]:          0 (kbps)
        [10]:         0 (kbps),            [11]:         0 (kbps)
        [12]:         0 (kbps),            [13]:         0 (kbps)
        [14]:         0 (kbps),            [15]:         0 (kbps)
    BW Unreserved:
        Class  ID:
        [0]:          0 (kbps),            [1]:          0 (kbps)
        [2]:          0 (kbps),            [3]:          0 (kbps)
        [4]:          0 (kbps),            [5]:          0 (kbps)
        [6]:          0 (kbps),            [7]:          0 (kbps)
        [8]:          0 (kbps),            [9]:          0 (kbps)
        [10]:         0 (kbps),            [11]:         0 (kbps)
        [12]:         0 (kbps),            [13]:         0 (kbps)
        [14]:         0 (kbps),            [15]:         0 (kbps)
  Link[2]:
    Interface IP Address(es): 192.168.3.2
    Peer  IP Address: 192.168.3.1
Peer  Router  Id: 2.2.2.2
Peer  OSPF  Router  Id: 2.2.2.2
    IGP Area: 0
    Link  Type: point-to-point  Link Status: Active
    IGP Metric: 1               TE Metric: 1          Color: 0x0
    Bandwidth Allocation Model : Russian Doll Model
    Maximum Link-Bandwidth: 0 (kbps)
    Maximum Reservable Bandwidth: 0 (kbps)
    Bandwidth Constraints:          Local Overbooking Multiplier:
         BC[0]:  0          (kbps)   LOM[0]:  1
         BC[1]:  0          (kbps)   LOM[1]:  1
    BW Unreserved:
        Class  ID:
        [0]:          0 (kbps),            [1]:          0 (kbps)
        [2]:          0 (kbps),            [3]:          0 (kbps)
        [4]:          0 (kbps),            [5]:          0 (kbps)
        [6]:          0 (kbps),            [7]:          0 (kbps)
        [8]:          0 (kbps),            [9]:          0 (kbps)
        [10]:         0 (kbps),            [11]:         0 (kbps)
        [12]:         0 (kbps),            [13]:         0 (kbps)
        [14]:         0 (kbps),            [15]:         0 (kbps)
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
    BW Unreserved:
        Class  ID:
        [0]:          0 (kbps),          [1]:          0 (kbps)
        [2]:          0 (kbps),          [3]:          0 (kbps)
        [4]:          0 (kbps),          [5]:          0 (kbps)
        [6]:          0 (kbps),          [7]:          0 (kbps)
        [8]:          0 (kbps),          [9]:          0 (kbps)
        [10]:         0 (kbps),          [11]:         0 (kbps)
        [12]:         0 (kbps),          [13]:         0 (kbps)
        [14]:         0 (kbps),          [15]:         0 (kbps)
```

步骤 5 创建 MPLS TE Tunnel

在 LSRA 上建立 Tunnel1/0/0。

```
[LSRA] interface tunnel 1/0/0
[LSRA-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRA-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRA-Tunnel1/0/0] destination 3.3.3.3
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te bandwidth ct0 40000
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te affinity property 10101 mask 11011
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel1/0/0] quit
```

此处，隧道采用缺省的建立和保持优先级，即最小的优先级，数值为 7。

隧道的亲和属性取 0x10101，掩码 0x11011，可以与沿途链路的管理组属性相匹配。

配置完成后，可在 LSRA 上查看 Tunnel 的状态：

```
[LSRA] display mpls te tunnel-interface
    ==============================================================
                                Tunnel1/0/0
    ==============================================================
    Tunnel State Desc   :  UP
    Active LSP          :  Primary LSP
    Session ID          :  100
    Ingress LSR ID      :  1.1.1.1          Egress LSR ID:  3.3.3.3
    Admin State         :  UP               Oper State    :  UP
    Primary LSP State      : UP
      Main LSP State       : READY               LSP ID  : 1
```

再查看 TEDB，可以看到各链路上带宽的变化情况：

```
[LSRA] display mpls te cspf tedb node
Router ID: 1.1.1.1
  IGP Type: OSPF   Process Id: 1
  MPLS-TE Link Count: 1
  Link[1]:
    Interface IP Address(es): 192.168.1.1
    Peer  IP Address: 192.168.1.2
    Peer  Router  Id: 2.2.2.2
    Peer  OSPF Router  Id: 2.2.2.2
    IGP Area: 0
    Link  Type: point-to-point  Link Status: Active
    IGP Metric: 1               TE Metric: 1           Color: 0x10001
    Bandwidth Allocation Model : Russian Doll Model
    Maximum Link-Bandwidth: 100000 (kbps)
    Maximum Reservable Bandwidth: 100000 (kbps)
    Bandwidth Constraints:           Local Overbooking Multiplier:
         BC[0]:  100000     (kbps)   LOM[0]:  1
         BC[1]:  0          (kbps)   LOM[1]:  1
    BW Unreserved:
        Class  ID:
        [0]:      100000 (kbps),            [1]:      100000 (kbps)
        [2]:      100000 (kbps),            [3]:      100000 (kbps)
        [4]:      100000 (kbps),            [5]:      100000 (kbps)
        [6]:      100000 (kbps),            [7]:      60000  (kbps)
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
        [8]:          0 (kbps),           [9]:          0 (kbps)
        [10]:         0 (kbps),           [11]:         0 (kbps)
        [12]:         0 (kbps),           [13]:         0 (kbps)
        [14]:         0 (kbps),           [15]:         0 (kbps)
    BW Unreserved:
        Class  ID:
        [0]:          0 (kbps),           [1]:          0 (kbps)
        [2]:          0 (kbps),           [3]:          0 (kbps)
        [4]:          0 (kbps),           [5]:          0 (kbps)
        [6]:          0 (kbps),           [7]:          0 (kbps)
        [8]:          0 (kbps),           [9]:          0 (kbps)
        [10]:         0 (kbps),           [11]:         0 (kbps)
        [12]:         0 (kbps),           [13]:         0 (kbps)
        [14]:         0 (kbps),           [15]:         0 (kbps)
Router ID: 2.2.2.2
  IGP Type: OSPF   Process Id: 1
  MPLS-TE Link Count: 3
  Link[1]:
    Interface IP Address(es): 192.168.2.1
    Peer  IP Address: 192.168.2.2
    Peer  Router  Id: 3.3.3.3
    Peer  OSPF Router  Id: 3.3.3.3
    IGP Area: 0
    Link  Type: point-to-point  Link Status: Active
    IGP Metric: 1               TE Metric: 1          Color: 0x10101
    Bandwidth Allocation Model : Russian Doll Model
    Maximum Link-Bandwidth: 100000 (kbps)
    Maximum Reservable Bandwidth: 100000 (kbps)
    Bandwidth Constraints:          Local Overbooking Multiplier:
        BC[0]:  100000     (kbps)   LOM[0]:  1
        BC[1]:  0          (kbps)   LOM[1]:  1
    BW Unreserved:
        Class  ID:
        [0]:      100000 (kbps),           [1]:      100000 (kbps)
        [2]:      100000 (kbps),           [3]:      100000 (kbps)
        [4]:      100000 (kbps),           [5]:      100000 (kbps)
        [6]:      100000 (kbps),           [7]:      60000  (kbps)
        [8]:           0 (kbps),           [9]:           0 (kbps)
        [10]:          0 (kbps),           [11]:          0 (kbps)
        [12]:          0 (kbps),           [13]:          0 (kbps)
        [14]:          0 (kbps),           [15]:          0 (kbps)
    BW Unreserved:
        Class  ID:
        [0]:          0 (kbps),           [1]:          0 (kbps)
        [2]:          0 (kbps),           [3]:          0 (kbps)
        [4]:          0 (kbps),           [5]:          0 (kbps)
        [6]:          0 (kbps),           [7]:          0 (kbps)
        [8]:          0 (kbps),           [9]:          0 (kbps)
        [10]:         0 (kbps),           [11]:         0 (kbps)
        [12]:         0 (kbps),           [13]:         0 (kbps)
        [14]:         0 (kbps),           [15]:         0 (kbps)
  Link[2]:
    Interface IP Address(es): 192.168.1.2
    Peer  IP Address: 192.168.1.1
Peer  Router  Id: 1.1.1.1
Peer  OSPF  Router  Id: 1.1.1.1
    IGP Area: 0
    Link  Type: point-to-point  Link Status: Active
    IGP Metric: 1               TE Metric: 1          Color: 0x0
    Bandwidth Allocation Model : Russian Doll Model
    Maximum Link-Bandwidth: 0 (kbps)
    Maximum Reservable Bandwidth: 0 (kbps)
    Bandwidth Constraints:          Local Overbooking Multiplier:
        BC[0]:  0          (kbps)   LOM[0]:  1
        BC[1]:  0          (kbps)   LOM[1]:  1
    BW Unreserved:
        Class  ID:
        [0]:          0 (kbps),           [1]:          0 (kbps)
        [2]:          0 (kbps),           [3]:          0 (kbps)
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
      [4]:          0 (kbps),          [5]:          0 (kbps)
      [6]:          0 (kbps),          [7]:          0 (kbps)
      [8]:          0 (kbps),          [9]:          0 (kbps)
      [10]:         0 (kbps),          [11]:         0 (kbps)
      [12]:         0 (kbps),          [13]:         0 (kbps)
      [14]:         0 (kbps),          [15]:         0 (kbps)
    BW Unreserved:
      Class  ID:
      [0]:          0 (kbps),          [1]:          0 (kbps)
      [2]:          0 (kbps),          [3]:          0 (kbps)
      [4]:          0 (kbps),          [5]:          0 (kbps)
      [6]:          0 (kbps),          [7]:          0 (kbps)
      [8]:          0 (kbps),          [9]:          0 (kbps)
      [10]:         0 (kbps),          [11]:         0 (kbps)
      [12]:         0 (kbps),          [13]:         0 (kbps)
      [14]:         0 (kbps),          [15]:         0 (kbps)
  Link[3]:
    Interface IP Address(es): 192.168.3.1
    Peer  IP Address: 192.168.3.2
    Peer  Router  Id: 3.3.3.3
    Peer  OSPF  Router  Id: 3.3.3.3
    IGP Area: 0
    Link  Type: point-to-point  Link Status: Active
    IGP Metric: 1               TE Metric: 1          Color: 0x10011
    Bandwidth Allocation Model : Russian Doll Model
    Maximum Link-Bandwidth: 100000 (kbps)
    Maximum Reservable Bandwidth: 100000 (kbps)
    Bandwidth Constraints:          Local Overbooking Multiplier:
      BC[0]:  100000     (kbps)   LOM[0]:  1
      BC[1]:  0          (kbps)   LOM[1]:  1
    BW Unreserved:
      Class  ID:
      [0]:      100000 (kbps),          [1]:      100000 (kbps)
      [2]:      100000 (kbps),          [3]:      100000 (kbps)
      [4]:      100000 (kbps),          [5]:      100000 (kbps)
      [6]:      100000 (kbps),          [7]:      100000 (kbps)
      [8]:           0 (kbps),          [9]:           0 (kbps)
      [10]:          0 (kbps),          [11]:          0 (kbps)
      [12]:          0 (kbps),          [13]:          0 (kbps)
      [14]:          0 (kbps),          [15]:          0 (kbps)
    BW Unreserved:
      Class  ID:
      [0]:          0 (kbps),          [1]:          0 (kbps)
      [2]:          0 (kbps),          [3]:          0 (kbps)
      [4]:          0 (kbps),          [5]:          0 (kbps)
      [6]:          0 (kbps),          [7]:          0 (kbps)
      [8]:          0 (kbps),          [9]:          0 (kbps)
      [10]:         0 (kbps),          [11]:         0 (kbps)
      [12]:         0 (kbps),          [13]:         0 (kbps)
      [14]:         0 (kbps),          [15]:         0 (kbps)
Router ID: 3.3.3.3
  IGP Type: OSPF   Process Id: 1
  MPLS-TE Link Count: 2
  Link[1]:
    Interface IP Address(es): 192.168.2.2
    Peer  IP Address: 192.168.2.1
    Peer  Router  Id: 2.2.2.2
    Peer  OSPF  Router  Id: 2.2.2.2
    IGP Area: 0
    Link  Type: point-to-point  Link Status: Active
    IGP Metric: 1               TE Metric: 1          Color: 0x0
    Bandwidth Allocation Model : Russian Doll Model
    Maximum Link-Bandwidth: 0 (kbps)
    Maximum Reservable Bandwidth: 0      (kbps)
    Bandwidth Constraints:          Local Overbooking Multiplier:
      BC[0]:  0          (kbps)   LOM[0]:  1
      BC[1]:  0          (kbps)   LOM[1]:  1
    BW Unreserved:
      Class  ID:
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
      [0]:          0 (kbps),           [1]:          0 (kbps)
      [2]:          0 (kbps),           [3]:          0 (kbps)
      [4]:          0 (kbps),           [5]:          0 (kbps)
      [6]:          0 (kbps),           [7]:          0 (kbps)
      [8]:          0 (kbps),           [9]:          0 (kbps)
      [10]:         0 (kbps),           [11]:         0 (kbps)
      [12]:         0 (kbps),           [13]:         0 (kbps)
      [14]:         0 (kbps),           [15]:         0 (kbps)
  BW Unreserved:
      Class  ID:
      [0]:          0 (kbps),           [1]:          0 (kbps)
      [2]:          0 (kbps),           [3]:          0 (kbps)
      [4]:          0 (kbps),           [5]:          0 (kbps)
      [6]:          0 (kbps),           [7]:          0 (kbps)
      [8]:          0 (kbps),           [9]:          0 (kbps)
      [10]:         0 (kbps),           [11]:         0 (kbps)
      [12]:         0 (kbps),           [13]:         0 (kbps)
      [14]:         0 (kbps),           [15]:         0 (kbps)
Link[2]:
  Interface IP Address(es): 192.168.3.2
  Peer  IP Address: 192.168.3.1
  Peer  Router  Id: 2.2.2.2
  Peer  OSPF  Router  Id: 2.2.2.2
  IGP Area: 0
  Link  Type: point-to-point  Link Status: Active
  IGP Metric: 1               TE Metric: 1          Color: 0x0
  Bandwidth Allocation Model : Russian Doll Model
  Maximum Link-Bandwidth: 0 (kbps)
  Maximum Reservable Bandwidth: 0 (kbps)
  Bandwidth Constraints:          Local Overbooking Multiplier:
       BC[0]:  0          (kbps)   LOM[0]:  1
       BC[1]:  0          (kbps)   LOM[1]:  1
  BW Unreserved:
      Class  ID:
      [0]:          0 (kbps),           [1]:          0 (kbps)
      [2]:          0 (kbps),           [3]:          0 (kbps)
      [4]:          0 (kbps),           [5]:          0 (kbps)
      [6]:          0 (kbps),           [7]:          0 (kbps)
      [8]:          0 (kbps),           [9]:          0 (kbps)
      [10]:         0 (kbps),           [11]:         0 (kbps)
      [12]:         0 (kbps),           [13]:         0 (kbps)
      [14]:         0 (kbps),           [15]:         0 (kbps)
  BW Unreserved:
      Class  ID:
      [0]:          0 (kbps),           [1]:          0 (kbps)
      [2]:          0 (kbps),           [3]:          0 (kbps)
      [4]:          0 (kbps),           [5]:          0 (kbps)
      [6]:          0 (kbps),           [7]:          0 (kbps)
      [8]:          0 (kbps),           [9]:          0 (kbps)
      [10]:         0 (kbps),           [11]:         0 (kbps)
      [12]:         0 (kbps),           [13]:         0 (kbps)
      [14]:         0 (kbps),           [15]:         0 (kbps)
```

字段 BW Unreserved for Class type 0 是可预留带宽中各优先级的剩余带宽。从显示信息可以看到，在隧道沿途各节点的出接口，其中[7]的数值发生变化，表示已有隧道预留成功优先级为 7 的 40Mbit/s 的带宽。从带宽情况也可以看出隧道经过的路径，这证实了隧道的亲和属性及掩码必须与各链路的管理组属性相匹配。

也可在 LSRB 上用 **display mpls te tunnel** 命令来检查隧道的出接口。

```
[LSRB] display mpls te tunnel
LSP-Id                  Destination          In/Out-If
1.1.1.1:100:1           3.3.3.3              Pos1/0/0/Pos2/0/0
```

在 LSRA 上建立 Tunnel1/0/1。

```
[LSRA] interface tunnel 1/0/1
[LSRA-Tunnel1/0/1] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRA-Tunnel1/0/1] tunnel-protocol mpls te
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRA-Tunnel1/0/1] destination 3.3.3.3
[LSRA-Tunnel1/0/1] mpls te tunnel-id 101
[LSRA-Tunnel1/0/1] mpls te bandwidth ct0 40000
[LSRA-Tunnel1/0/1] mpls te affinity property 10011 mask 11101
[LSRA-Tunnel1/0/1] mpls te priority 6
[LSRA-Tunnel1/0/1] mpls te commit
[LSRA-Tunnel1/0/1] quit
```

步骤 6 检查配置结果

配置完成后，可用 **display interface Tunnel** 或 **display mpls te tunnel-interface** 命令在 LSRA 上查看 Tunnel 的状态，可以看到 Tunnel1/0/0 的状态为 Down，这是由于链路的最大可预留带宽不够，带宽被高优先级的 Tunnel1/0/1 抢占。

用 **display mpls te cspf tedb node** 命令再次查看 TEDB，跟踪各链路上带宽的变化情况，证实 Tunnel1/0/1 经过 LSRB 的 POS3/0/0。

或者直接在 LSRB 上用 **display mpls te tunnel** 命令来查看隧道的出接口。

```
[LSRB] display mpls te tunnel
LSP-Id                  Destination          In/Out-If
1.1.1.1:101:1           3.3.3.3              Pos1/0/0/Pos3/0/0
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te link administrative group 10001
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te bandwidth ct0 40000
 mpls te affinity property 10101 mask 11011
 mpls te commit
#
interface Tunnel1/0/1
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 101
 mpls te bandwidth ct0 40000
 mpls te priority 6
 mpls te affinity property 10011 mask 11101
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te commit
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
  network 192.168.1.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te link administrative group 10101
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface Pos3/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te link administrative group 10011
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.2 0.0.0.0
  network 192.168.1.0 0.0.0.255
  network 192.168.2.0 0.0.0.255
  network 192.168.3.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 192.168.3.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.3 0.0.0.0
  network 192.168.2.0 0.0.0.255
  network 192.168.3.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

3.25.5 配置 SRLG 示例（TE Auto FRR）

本例描述了配置基于 TE Auto FRR 的 SRLG 的过程,包括配置 SRLG 组号与 SRLG 路径计算模式。

组网需求

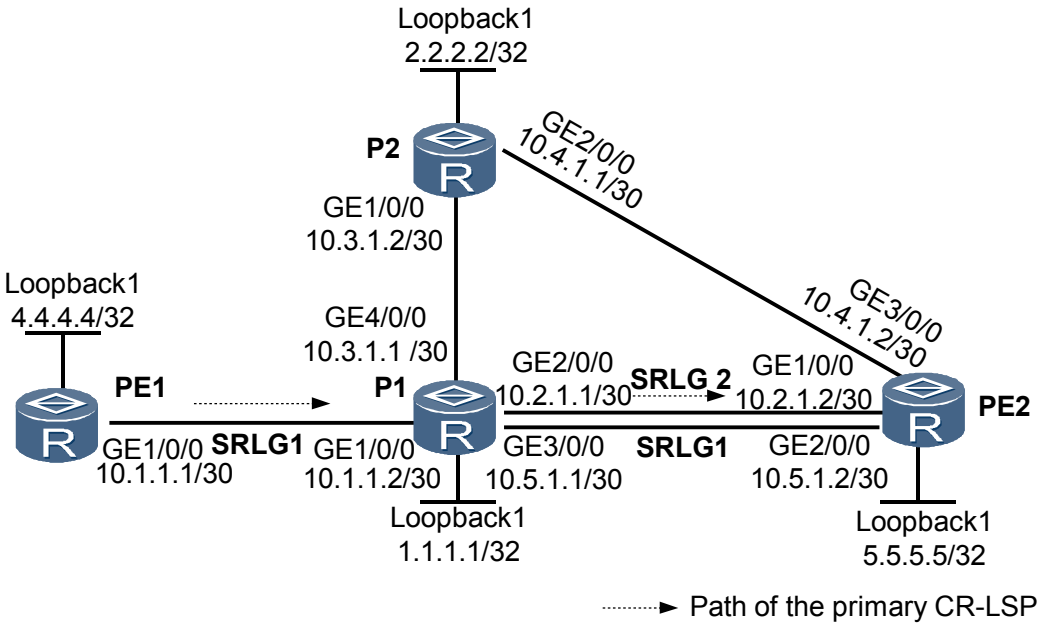
图 3-6 为 MPLS 组网示意图。在 PE1 和 PE2 之间建立了一条 RSVP-TE 隧道，其路径为 PE1→P1→PE2，P1 上主隧道出接口为 GE2/0/0。

10.2.1.0/30 网段的链路和 10.5.1.0/30 网段的链路属于 SRLG1。

为了提高可靠性，要求在 P1 上使能 TE Auto FRR，自动旁路隧道的路径优先选择与主隧道链路不在同一个 SRLG 的链路。如果没有路径可用，则不再考虑 SRLG 约束条件。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

图 3-6 TE Auto FRR 组网示意图



配置思路

本例按如下思路配置：

1. 在所有节点上配置 IP 地址和 IGP 协议，实现网络的 IP 连通性。
2. 在所有节点全局和接口下使能 MPLS、MPLS TE 和 MPLS RSVP-TE。
3. 在所有节点上配置 IS-IS TE，并在 PE1 和 P1 上使能 CSPF。
4. 在 SRLG 成员接口上配置 SRLG 组号。
5. 在 PLR 节点的系统视图下配置 SRLG 路径计算模式。
6. 在 PE1 和 PE2 之间建立 RSVP-TE 隧道，显式路径为 PE1→P1→PE2。
7. 在隧道入节点的 Tunnel 接口试图下使能 TE FRR 并在 PLR 节点的主隧道出接口上使能 TE Auto FRR。

数据准备

完成本例配置，需准备如下数据：

- SRLG 组号。
- SRLG 路径计算模式（preferred 或 strict）

配置过程

1. 为每个接口配置 IP 地址

   根据图 3-6，在每个物理接口上配置 IP 地址，并在每个节点上创建 Loopback 接口并配置 Loopback 接口的 IP 地址作为 MPLS LSR-ID。

   具体配置请参见本例的配置文件，此处不再详述。

版权所有 © 华为技术有限公司

2. 配置 IGP

   在每个节点上配置 OSPF 或者 IS-IS，实现节点之间的 IP 连通性。此处以 IS-IS 为例。

   具体配置请参见本例的配置文件，此处不再详述。

3. 配置 MPLS 基本功能

   在每个节点上配置 MPLS LSR-ID，并在系统视图下和接口视图下使能 MPLS。

   具体配置请参见本例的配置文件，此处不再详述。

4. 配置 MPLS TE 基本功能并使能 RSVP-TE

   在每个节点的系统视图下和接口视图下使能 MPLS TE 和 RSVP-TE。配置出接口的最大可预留带宽和 BC 带宽

   具体配置请参见本例的配置文件，此处不再详述。

5. 配置 IS-IS TE 和 CSPF

   在每个节点上配置 IS-IS TE，并在 PE1 和 P1 上使能 CSPF。具体配置请参见本例的配置文件，此处不再详述。

6. 配置 SRLG

   # 在 P1 上将 10.2.1.0/30 网段链路和 10.5.1.0/30 网段链路加入 SRLG1。

```
[P1] interface gigabitethernet 2/0/0
[P1-GigabitEthernet2/0/0] mpls te srlg 1
[P1-GigabitEthernet2/0/0] quit
[P1] interface gigabitethernet 3/0/0
[P1-GigabitEthernet3/0/0] mpls te srlg 1
[P1-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

   # 在 PLR 上配置 SRLG 路径计算模式。

```
[P1] mpls
[P1-mpls] mpls te srlg path-calculation preferred
```

   # 在 P1 上执行命令 **display mpls te srlg**，查看 SRLG 信息和 SRLG 成员接口。以 P1 上的显示为例。

```
[P1] display mpls te srlg all
Total SRLG supported : 512
Total SRLG configured : 2


 SRLG    1:               GE2/0/0             GE3/0/0
```

   # 在 P1 上执行命令 **display mpls te link-administration srlg-information**，可查看接口属于哪些 SRLG。

```
[P1] display mpls te link-administration srlg-information

  SRLGs on GigabitEthernet2/0/0:
              1

  SRLGs on GigabitEthernet3/0/0:
              1
```

   # 在 P1 上执行命令 **display mpls te cspf tedb srlg** 可查看 SRLG 的 TEDB 信息。

```
[P1] display mpls te cspf tedb srlg 1
Interface-Address   IGP-Type            Area
10.2.1.1            ISIS                1
10.5.1.1            ISIS                1
10.2.1.1            ISIS                2
10.5.1.1            ISIS                2
```

7. 配置主隧道的显式路径

   # 在 PE1 上配置主隧道的显式路径。

```
<PE1> system-view
[PE1] explicit-path main
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1-explicit-path-main] next hop 10.1.1.2
[PE1-explicit-path-main] next hop 10.2.1.2
[PE1-explicit-path-main] next hop 5.5.5.5
[PE1-explicit-path-main] quit
```

查看主隧道显式路径信息。

```
[PE1] display explicit-path main
Path Name : main        Path Status : Enabled
 1      10.1.1.2          Strict      Include
 2      10.2.1.2          Strict      Include
 3      5.5.5.5           Strict      Include
```

8. 配置主隧道的 Tunnel 接口

在 PE1 上创建一个 Tunnel 接口，并指定显式路径和隧道带宽。

```
[PE1] interface tunnel 1/0/0
[PE1-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE1-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[PE1-Tunnel1/0/0] destination 5.5.5.5
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te path explicit-path main
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te bandwidth ct0 10000
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te commit
```

在 PE1 上执行命令 **display interface tunnel 1/0/0** 查看隧道状态，可发现隧道状态为 Up。

```
[PE1] display interface tunnel 1/0/0
Tunnel1/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
...
```

说明

此处只列了 **display interface tunnel 1/0/0** 命令需要关注的显式信息，“...”表示省略。

9. 配置 TE Auto FRR

在 P1 的 GE2/0/0 上使能 TE Auto FRR。

```
[P1] interface gigabitethernet 2/0/0
[P1-GigabitEthernet2/0/0] mpls te auto-frr link
[P1-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

在 PE1 的 Tunnel 接口上使能 TE FRR。

```
[PE1] interface tunnel 1/0/0
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te fast-reroute
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te commit
```

在 PE1 上执行命令 **display mpls te tunnel path Tunnel1/0/0**，可发现 P1 的主隧道出接口（10.2.1.1）上有 Local-Protection。

```
[PE1] display mpls te tunnel path Tunnel1/0/0
 Tunnel Interface Name : Tunnel1/0/0
 Lsp ID : 5.5.5.5 :1
 Hop Information
  Hop 0   10.1.1.1
  Hop 1   10.1.1.2  Label 65536
  Hop 2   1.1.1.1  Label 65536
  Hop 3   10.2.1.1 Local-Protection available
  Hop 4   10.2.1.2  Label 3
  Hop 5   5.5.5.5  Label 3
```

10. 检查配置结果

在 P1 上执行命令 **display mpls te tunnel name Tunnel1/0/0 verbose** 可看到主隧道上邦定了一条旁路隧道 Tunnel0/0/2048，FrrNextHop 为 10.4.1.2。

```
[P1] display mpls te tunnel name Tunnel1/0/0 verbose
    No                  :  1
    Tunnel-Name         :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex         :  1          LSP Index        :  3072
    Session ID          :  100        LSP ID           :  1
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
Lsr Role                : Transit     LSP Type          : Primary
Ingress LSR ID          : 4.4.4.4
Egress LSR ID           : 5.5.5.5
In-Interface            : GE1/0/0
Out-Interface           : GE2/0/0
Sign-Protocol           : RSVP TE     Resv Style        : SE
IncludeAnyAff           : 0x0         ExcludeAnyAff     : 0x0
IncludeAllAff           : 0x0
ER-Hop Table Index      : -           AR-Hop Table Index:  2
C-Hop Table Index       : -
PrevTunnelIndexInSession:  -          NextTunnelIndexInSession:  -
PSB Handle              : 65546
Created Time            : 2009/03/30 09:52:03
--------------------------------
          DS-TE Information
--------------------------------
Bandwidth Reserved Flag :  Reserved
CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  10000      CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
Setup-Priority          :  7          Hold-Priority     :  7
--------------------------------
            FRR Information
--------------------------------
Primary LSP Info
TE Attribute Flag       :  0x63       Protected Flag    :  0x1
Bypass In Use           :  Not Used
Bypass Tunnel Id        :  67141670
BypassTunnel            :  Tunnel Index[Tunnel0/0/2048], InnerLabel[3]
Bypass Lsp ID           :  -          FrrNextHop        :  10.4.1.2
ReferAutoBypassHandle   :  2049
FrrPrevTunnelTableIndex :  -          FrrNextTunnelTableIndex:  -
Bypass Attribute(Not configured)
Setup Priority          :  -          Hold Priority     :  -
HopLimit                :  -          Bandwidth         :  -
IncludeAnyGroup         :  -          ExcludeAnyGroup   :  -
IncludeAllGroup         :  -
Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
CT0 Unbound Bandwidth   :  -        CT1 Unbound Bandwidth:  -
CT2 Unbound Bandwidth   :  -        CT3 Unbound Bandwidth:  -
CT4 Unbound Bandwidth   :  -        CT5 Unbound Bandwidth:  -
CT6 Unbound Bandwidth   :  -        CT7 Unbound Bandwidth:  -
--------------------------------
            BFD Information
--------------------------------
NextSessionTunnelIndex  :  -          PrevSessionTunnelIndex:  -
NextLspId               :  -          PrevLspId         :  -
```

在 P1 上执行命令 **display mpls te tunnel path Tunnel0/0/2048** 查看旁路隧道的路径，可发现自动旁路隧道的路径为 P1→P2→PE2。

```
[P1] display mpls te tunnel path Tunnel0/0/2048
 Tunnel Interface Name : Tunnel0/0/2048
 Lsp ID : 1.1.1.1 :2049 :1
 Hop Information
  Hop 0   10.3.1.1
  Hop 1   10.3.1.2
  Hop 2   2.2.2.2
  Hop 3   10.4.1.1
  Hop 4   10.4.1.2
  Hop 5   5.5.5.5
```

在 P1 的接口 GE4/0/0 上执行 **shutdown** 命令。

```
[P1] interface gigabitethernet4/0/0
[P1-GigabitEthernet4/0/0] shutdown
[P1-GigabitEthernet4/0/0] return
```

在 P1 上执行命令 **display interface tunnel 1/0/0** 可发现 Tunnel1/0/0 状态为 Up。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1] display interface tunnel 1/0/0
Tunnel1/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
...
```

说明

此处只列了 **display interface tunnel 1/0/0** 命令需要关注的显式信息，“...”表示省略。

在 P1 上执行 **display mpls te tunnel name Tunnel1/0/0 verbose** 命令，可发现主隧道仍然与 Tunnel0/0/2048 邦定，只是 FrrNextHop 为 10.5.1.2。

```
<P1> display mpls te tunnel name Tunnel1/0/0 verbose
    No                      :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex             :  1            LSP Index          :  2048
    Session ID              :  100          LSP ID             :  1
    Lsr Role                :  Transit      LSP Type           :  Primary
    Ingress LSR ID          :  4.4.4.4
    Egress LSR ID           :  5.5.5.5
    In-Interface            :  GE1/0/0
    Out-Interface           :  GE2/0/0
    Sign-Protocol           :  RSVP TE      Resv Style         :  SE
    IncludeAnyAff           :  0x0          ExcludeAnyAff      :  0x0
    IncludeAllAff           :  0x0
    LspConstraint           :  -
    ER-Hop Table Index      :  -            AR-Hop Table Index:  5
    C-Hop Table Index       :  -
    PrevTunnelIndexInSession:  -            NextTunnelIndexInSession:  -
    PSB Handle              :  65547
    Created Time            :  2009/03/30 09:52:03
    --------------------------------
              DS-TE Information
    --------------------------------
    Bandwidth Reserved Flag :  Reserved
    CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  10000        CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    Setup-Priority          :  7            Hold-Priority      :  7
    --------------------------------
               FRR Information
    --------------------------------
    Primary LSP Info
    TE Attribute Flag       :  0x63         Protected Flag     :  0x1
    Bypass In Use           :  Not Used
    Bypass Tunnel Id        :  201359400
    BypassTunnel            :  Tunnel Index[Tunnel0/0/2048], InnerLabel[3]
    Bypass Lsp ID           :  -            FrrNextHop         :  10.5.1.2
    ReferAutoBypassHandle   :  2049
    FrrPrevTunnelTableIndex :  -            FrrNextTunnelTableIndex:  -
    Bypass Attribute(Not configured)
    Setup Priority          :  -            Hold Priority      :  -
    HopLimit                :  -            Bandwidth          :  -
    IncludeAnyGroup         :  -            ExcludeAnyGroup    :  -
    IncludeAllGroup         :  -
    Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
    CT0 Unbound Bandwidth   :  -          CT1 Unbound Bandwidth:  -
    CT2 Unbound Bandwidth   :  -          CT3 Unbound Bandwidth:  -
    CT4 Unbound Bandwidth   :  -          CT5 Unbound Bandwidth:  -
    CT6 Unbound Bandwidth   :  -          CT7 Unbound Bandwidth:  -
    --------------------------------
               BFD Information
    --------------------------------
    NextSessionTunnelIndex  :  -            PrevSessionTunnelIndex:  -
    NextLspId               :  -            PrevLspId          :  -
```

在 P1 上执行命令 **display mpls te tunnel path Tunnel0/0/2048** 查看自动旁路隧道的路径。

```
[P1] display mpls te tunnel path Tunnel0/0/2048
 Tunnel Interface Name : Tunnel0/0/2048
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 Lsp ID : 123.1.1.1 :2049 :2
 Hop Information
  Hop 0   10.5.1.1
  Hop 1   10.5.1.2
  Hop 2   5.5.5.5
```

可发现自动旁路隧道的路径为 P1→PE2 而不是 P1→P2→PE2。这是因为 SRLG 路径计算模式配置为 **preferred**。在计算旁路隧道的路径时，CSPF 考虑 SRLG 作为约束条件之一，如果绑定失败，则 CSPF 不再将 SRLG 作为约束条件。

配置文件

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path main
  next hop 10.1.1.2
  next hop 10.2.1.2
  next hop 5.5.5.5
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0004.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 5.5.5.5
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te record-route
 mpls te bandwidth ct0 10000
 mpls te path explicit-path main
 mpls te fast-reroute
 mpls te commit
#
return
```

- P1 的配置文件

```
#
 sysname P1
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te srlg path-calculation preferred
  mpls te cspf
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0001.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te auto-frr link
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls te srlg 1
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.5.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls te srlg 1
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet4/0/0
 ip address 10.3.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- P2 的配置文件

```
#
 sysname P2
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0002.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.3.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.4.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
 mpls lsr-id 5.5.5.5
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0006.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.5.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.4.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

3.25.6 配置 SRLG 示例（Hot-standby）

本例描述了配置基于 Hot-standby 的 SRLG 的过程，包括配置 SRLG 组号与 SRLG 路径计算模式。

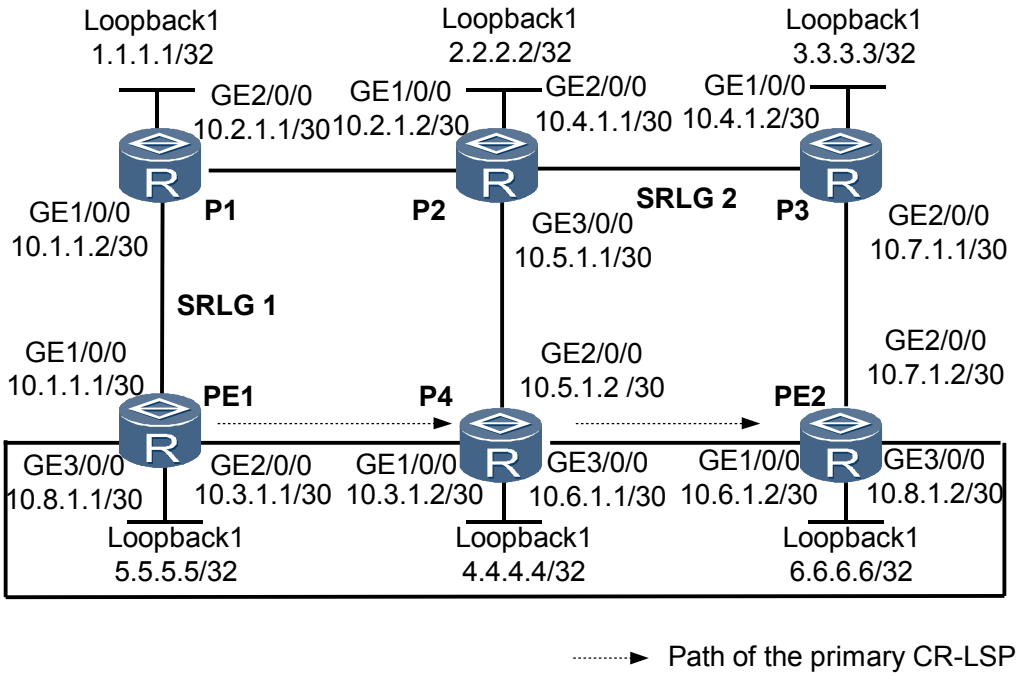
组网需求

图 3-7 为 MPLS 组网示意图。在 PE1 和 PE2 之间建立了一条 RSVP-TE 隧道，其路径为 PE1→P4→PE2

链路 PE1→P1→P2→P4 和 PE1→P4 属于同一个 SRLG（假设为 SRLG1）；链路 P4→PE2 和 P4→P2→P3→PE2 属于同一个 SRLG（假设为 SRLG2）。

T 为了提高可靠性，要求配置 CR-LSP 热备份，备份隧道的路径与主隧道链路不能属于同一个 SRLG。

图 3-7 CR-LSP 热备份组网图



配置思路

本例按如下思路配置：

1. 在所有节点上配置 IP 地址和 IGP 协议，实现网络的 IP 连通性。
2. 在所有节点全局和接口下使能 MPLS、MPLS TE 和 MPLS RSVP-TE。
3. 在 PE1 和 PE2 之间建立 RSVP-TE 隧道，显式路径为 PE1→P1→PE2。
4. 在 SRLG 成员接口上配置 SRLG 组号。
5. 在入节点的系统视图下配置 SRLG 路径计算模式。
6. 配置 CR-LSP 热备份。

版权所有 © 华为技术有限公司

数据准备

完成本例配置，需准备如下数据：

- SRLG 组号
- SRLG 路径计算模式（preferred 或 strict）

配置过程

1. 为每个接口配置 IP 地址

   根据图 3-7，在每个物理接口上配置 IP 地址，并在每个节点上创建 Loopback 接口并配置 Loopback 接口的 IP 地址作为 MPLS LSR-ID。

   具体配置请参见本例的配置文件，此处不再详述。

2. 配置 IGP

   在每个节点上配置 OSPF 或者 IS-IS，实现节点之间的 IP 连通性。此处以 S-IS 为例。

   具体配置请参见本例的配置文件，此处不再详述。

3. 配置 MPLS 基本功能

   在每个节点上配置 MPLS LSR-ID，并在系统视图下和接口视图下使能 MPLS。

   具体配置请参见本例的配置文件，此处不再详述。

4. 配置 MPLS TE 基本功能并使能 RSVP-TE

   在每个节点的系统视图下和接口视图下使能 MPLS TE 和 RSVP-TE。配置出接口的最大可预留带宽和 BC 带宽

   具体配置请参见本例的配置文件，此处不再详述。

5. 配置 IS-IS TE 和 CSPF

   在每个节点上配置 IS-IS TE，并在 PE1 上使能 CSPF。具体配置请参见本例的配置文件，此处不再详述。

6. 配置主 CR-LSP 的显式路径

   # 在 PE1 上配置主 CR-LSP 的显式路径。

   ```
   <PE1> system-view
   [PE1] explicit-path main
   [PE1-explicit-path-main] next hop 10.3.1.2
   [PE1-explicit-path-main] next hop 10.6.1.2
   [PE1-explicit-path-main] next hop 6.6.6.6
   [PE1-explicit-path-main] quit
   ```

   # 查看显式路径信息。

   ```
   [PE1] display explicit-path main
   Path Name : main        Path Status : Enabled
    1      10.1.1.2          Strict      Include
    2      10.2.1.2          Strict      Include
    3      5.5.5.5           Strict      Include
   ```

7. 配置主隧道的 Tunnel 接口

   # 在 PE1 上创建一个 Tunnel 接口，并指定显式路径和隧道带宽。

   ```
   [PE1] interface tunnel 1/0/0
   [PE1-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
   [PE1-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
   [PE1-Tunnel1/0/0] destination 6.6.6.6
   [PE1-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
   [PE1-Tunnel1/0/0] mpls te path explicit-path main
   [PE1-Tunnel1/0/0] mpls te bandwidth ct0 10000
   [PE1-Tunnel1/0/0] mpls te commit
   ```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

在 PE1 上执行命令 **display interface tunnel 1/0/0** 查看隧道状态，可发现隧道状态为 Up。

```
[PE1] display interface tunnel 1/0/0
Tunnel1/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
...
```

此处只列了 **display interface tunnel 1/0/0** 命令需要关注的显式信息，“...”表示省略。

8. 配置 SRLG

配置链路 PE1→P1 和 PE1→P4 属于 SRLG1。

```
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/0
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] mpls te srlg 1
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] quit
[PE1] interface gigabitethernet 2/0/0
[PE1-GigabitEthernet2/0/0] mpls te srlg 1
[PE1-GigabitEthernet2/0/0] mpls te srlg 2
```

配置链路 P2→P3 属于 SRLG2。

```
[P2] interface gigabitethernet 2/0/0
[P2-GigabitEthernet2/0/0] mpls te srlg 2
[P2-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

在入节点配置 SRLG 路径计算模式。

```
[PE1] mpls
[PE1-mpls] mpls te srlg path-calculation strict
[PE1-mpls] quit
```

执行命令 **display mpls te srlg**，查看 SRLG 信息和 SRLG 成员接口。以 P1 上的显示为例。

```
[P1] display mpls te srlg all
Total SRLG supported : 512
Total SRLG configured : 2


 SRLG    1:              GE1/0/0            GE2/0/0

 SRLG    2:              GE2/0/0
```

执行命令 **display mpls te link-administration srlg-information**，可查看接口属于哪些 SRLG。

```
[PE1] display mpls te link-administration srlg-information

  SRLGs on GigabitEthernet1/0/0:                    1

  SRLGs on GigabitEthernet2/0/0:                    1         2
```

执行命令 **display mpls te cspf tedb srlg** 可查看 SRLG 的 TEDB 信息，以 PE1 的显示为例。

```
[PE1] display mpls te cspf tedb srlg 1
Interface-Address   IGP-Type            Area
10.1.1.1            ISIS                1
10.1.1.1            ISIS                2
10.3.1.1            ISIS                1
10.3.1.1            ISIS                2
[PE1] display mpls te cspf tedb srlg 2
Interface-Address   IGP-Type            Area
10.3.1.1            ISIS                1
10.3.1.1            ISIS                2
10.4.1.1            ISIS                1
10.4.1.1            ISIS                2
```

9. 在入节点上配置 CR-LSP 热备份

配置 PE1。

版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1] interface tunnel 1/0/0
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te backup hot-standby
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te commit
```

执行 **display mpls te hot-standby state interface tunnel 1/0/0** 命令查看热备份信息。

```
[PE1] display mpls te hot-standby state interface tunnel 1/0/0
------------------------------------------------------------------------
Verbose information about the Tunnel1/0/0 hot-standby state
------------------------------------------------------------------------

session id                              : 100
main LSP token                          : 0x100201a
hot-standby LSP token                   : 0x100201b
HSB switch result                       : Primary LSP
WTR                                     : 10s
using same path                          : --
```

10. 检查配置结果

在 PE1 的 GE3/0/0 上执行 **shutdown** 命令。

```
[PE1] interface gigabitethernet3/0/0
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] shutdown
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

在 PE1 上再次执行命令 **display mpls te hot-standby state interface tunnel 1/0/0** 可看到热备份 LSP 的 Token 为 0x0，表示热备份 LSP 没有建立，尽管有其它可使用的路径。

```
[PE1] display mpls te hot-standby state interface tunnel 1/0/0
------------------------------------------------------------------------
Verbose information about the Tunnel1/0/0 hot-standby state
------------------------------------------------------------------------

session id                              : 100
main LSP token                          : 0x100201c
hot-standby LSP token                   : 0x0

HSB switch result                       : Primary LSP
WTR                                     : 10s
using same path                          : --
```

配置文件

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
 mpls lsr-id 5.5.5.5
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te srlg path-calculation strict
  mpls te cspf
#
 explicit-path main
  next hop 10.3.1.2
  next hop 10.6.1.2
  next hop 6.6.6.6
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0005.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls te srlg 1
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls te srlg 1
 mpls te srlg 2
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.8.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 6.6.6.6
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te record-route
 mpls te bandwidth ct0 10000
 mpls te path explicit-path main
 mpls te backup hot-standby
 mpls te commit
#
return
```

- P1 的配置文件

```
#
 sysname P1
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0001.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
?
```

- P2 的配置文件

```
#
 sysname P2
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0002.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.4.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls te srlg 2
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.5.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- P3 的配置文件

```
#
 sysname P3
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 network-entity 10.0000.0000.0003.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.4.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.7.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- P4 的配置文件

```
#
 sysname P4
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0004.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.3.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.5.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.6.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 isis enable 1
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
 mpls lsr-id 6.6.6.6
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0006.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.6.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.7.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.8.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 6.6.6.6 255.255.255.255
 isis enable 1
#
Return
```

3.25.7 配置 TE 隧道流量限速示例

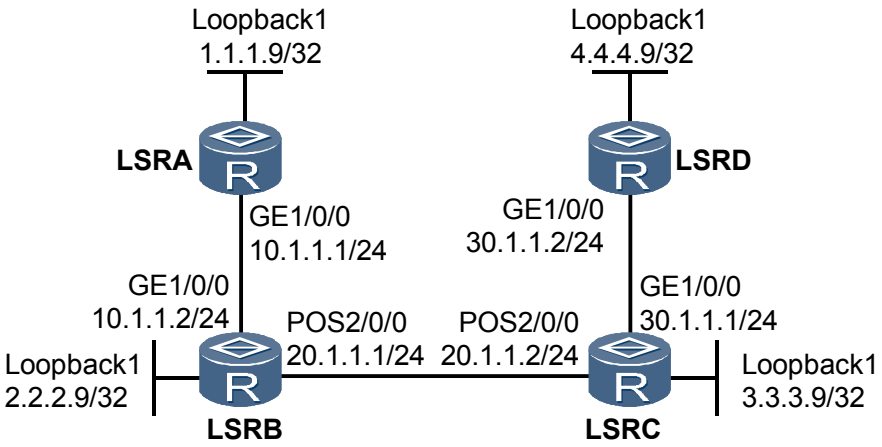
本例描述了配置 TE 隧道流量限速的方法，主要包括如何配置 TE 流量监管。

组网需求

如图 3-8 所示，节点 LSRA、LSRB、LSRC 和 LSRD 运行 IS-IS。使用 RSVP-TE 从 LSRA 到 LSRD 建立一条 TE 隧道，使用 BC0 带宽 20Mbit/s。隧道沿途的链路最大可预留带宽为 100Mbit/s，带宽分配模型为 RDM，BC0 带宽为 100Mbit/s。要求配置 TE 流量限速，使 TE 流量被限定在 20 Mbit/s 以内；超出 20 Mbit/s 的 TE 流量被丢弃。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

图 3-8 RSVP-TE 隧道组网图



配置思路

采用如下的思路配置 TE 流量限速：

1. 建立 TE 隧道
2. 配置 TE 流量监管

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点的 IS-IS 区域 ID、起始的系统 ID、IS-IS Level
- 隧道沿途的链路出接口的最大可预留带宽和 BC0 带宽
- 隧道接口的接口编号、IP 地址、目的地址、隧道 ID、隧道信令协议（为 **rsvp-te**）、隧道带宽

操作步骤

步骤 1 配置 MPLS TE 隧道

具体配置过程请参见**配置 RSVP-TE 隧道示例**，此处不再赘述。

步骤 2 配置 TE 流量监管

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface tunnel 1/0/0
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te lsp-tp outbound
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel1/0/0] quit
```

步骤 3 检查配置结果

配置完成后，在 LSRA 上执行 **display mpls te tunnel-interface** 命令，可看到显示结果中，“Car Policy”字段对应的值为“Enable”。

```
[LSRA] display mpls te tunnel-interface Tunnel 1/0/0
    Tunnel Name         :  Tunnel1/0/0
    Tunnel State Desc   :  UP
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
Tunnel Attributes   :
Session ID          :  100
Ingress LSR ID      :  1.1.1.9            Egress LSR ID    :  4.4.4.9
Admin State         :  UP                 Oper State       :  UP
Signaling Protocol  :  RSVP
Tie-Breaking Policy :  None               Metric Type      :  None
Car Policy          :  Enabled            Bfd Cap          :  None
BypassBW Flag       :  Not Supported
BypassBW Type       :  -                  Bypass BW        :  -
Retry Limit         :  5                  Retry Int        :  2 sec
Reopt               :  Disabled           Reopt Freq       :  -
Auto BW             :  Disabled
Current Collected BW:  -                  Auto BW Freq     :  -
Min BW              :  -                  Max BW           :  -
Tunnel  Group       :  Primary
Interfaces Protected:  -
Excluded IP Address :  -
Is On Radix-Tree    :  Yes                Referred LSP Count:  0
Primary Tunnel      :  -                  Pri Tunn Sum     :  -
Backup Tunnel       :  -
Group Status        :  Up                 Oam Status       :  Up
IPTN InLabel        :  -
BackUp Type         :  None               BestEffort       :  Disabled
Secondary HopLimit  :  -
BestEffort HopLimit :  -
Secondary Explicit Path Name:  -
Secondary Affinity Prop/Mask:  0x0/0x0
BestEffort Affinity Prop/Mask:  0x0/0x0

Primary LSP ID      :  1.1.1.9:1
Setup Priority      :  7                  Hold Priority    :  7
Affinity Prop/Mask  :  0x0/0x0            Resv Style       :  SE
CT0 Reserved BW(Kbit/sec): 20000      CT1 Reserved BW(Kbit/sec): 0
CT2 Reserved BW(Kbit/sec): 0          CT3 Reserved BW(Kbit/sec): 0
CT4 Reserved BW(Kbit/sec): 0          CT5 Reserved BW(Kbit/sec): 0
CT6 Reserved BW(Kbit/sec): 0          CT7 Reserved BW(Kbit/sec): 0
Actual Bandwidth(kbps):  20000
Explicit Path Name  :  -                    Hop Limit        :  -
Record Route        :  Disabled             Record Label     :  Disabled
Route Pinning       :  Disabled
FRR Flag            :  Disabled
IdleTime Remain     :  -
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0001.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 4.4.4.9
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te bandwidth ct0 20000
 mpls te lsp-tp outbound
 mpls te commit
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0002.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 clock master
 ip address 20.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 network-entity 00.0005.0000.0000.0003.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 30.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 20.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.9
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0004.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 30.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.9 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

3.25.8 配置 Non-IETF 模式的 DS-TE 示例（MAM 模型）

本例描述了配置 Non-IETF 模式的 DS-TE 的过程，包括配置 DS-TE 模式和带宽约束模型与 CT 与业务类型的映射等。

组网需求

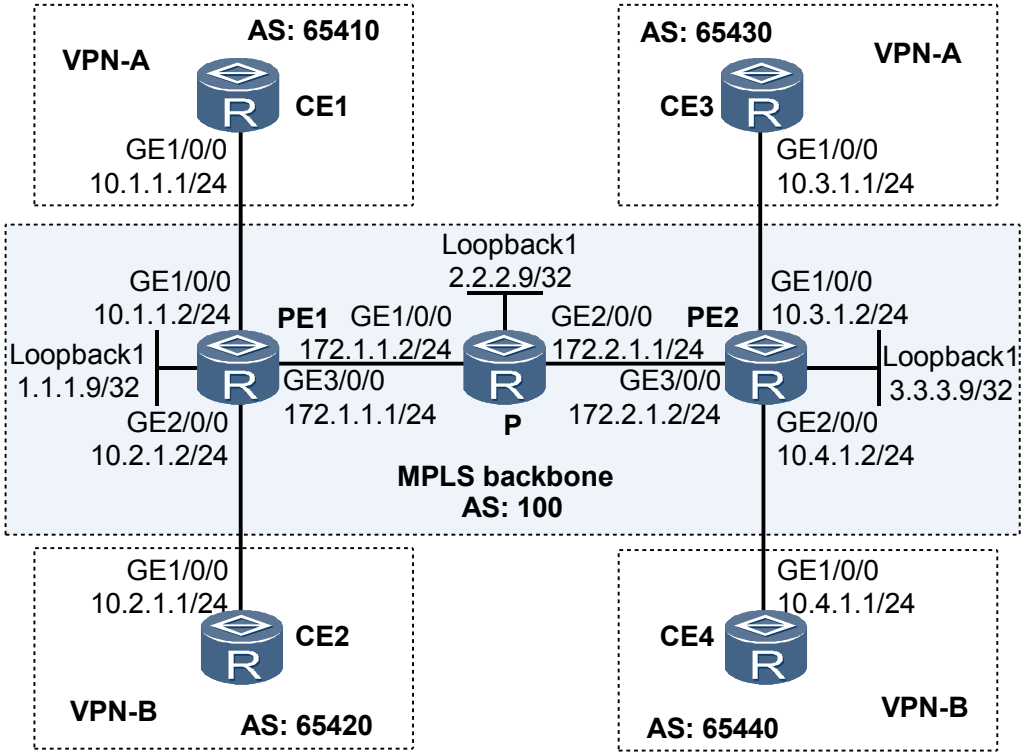
如图 3-9 所示，MPLS 骨干网的 PE 和 P 节点运行 OSPF 协议实现互通。PE1 和 PE2 接入 VPN-A 和 VPN-B。VPN-A 和 VPN-B 的流量分别为 EF 和 BE 类型。各流量的 QoS 需求如下：

版权所有 © 华为技术有限公司

数据流	带宽	抖动
VPN-A 的 EF 流	100Mbit/s	小于 50ms
VPN-B 的 BE 流	200Mbit/s	无需求

要求：在 PE1 和 PE2 之间建立 Non-IETF 模式的 DS-TE 静态 TE 隧道传递以上流量。带宽约束模型要求为 MAM，且各 CT 之间也不允许发生带宽抢占。

图 3-9 Non-IETF 模式的 DS-TE 组网示意图



配置思路

采用如下的思路配置 Non-IETF 模式的 DS-TE 示例（MAM 模型）：

说明

- 该举例在 DS-TE 隧道中对每个 VPN 的各种业务流量都保证了带宽和时延。
- 如果用户仅需要保证 DS-TE 隧道中各种业务流量的带宽和时延，而不区分 VPN，可以只建立一条 DS-TE 隧道承载这些流量。
- 通过在 Ingress PE 上限制接入 VPN 及其内部各种业务的流量来限制隧道中不同 VPN 内部各种业务的流量。

1. 静态 TE 隧道只支持单 CT，因此需要为每个 VPN 的每种流量单独建立一条静态 CR-LSP。

版权所有 © 华为技术有限公司

2. 建立 2 条 Non-IETF 模式的静态 CR-LSP，隧道接口分别为 Tunnel3/0/0 和 Tunnel3/0/1，对应的 CT 分别为 CT0 和 CT1。
3. VPN-A 的 EF 流使用 Tunnel3/0/0 承载。VPN-B 的 BE 流使用 Tunnel3/0/1 承载。
4. 链路的可预留带宽应不小于各 BC 带宽的总和。所以，链路可预留带宽≥300Mbit/s。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- PE 和 P 节点上的 LSR ID
- TE 隧道的 Tunnel 接口编号
- 各链路的最大可预留带宽值及链路上各 BC 的带宽值
- VPN-A 和 VPN-B 的 VPN 实例名称、Route-Distinguisher、VPN-Target、隧道策略名称

操作步骤

步骤 1 在 PE 和 P 节点上配置各接口 IP 地址，并配置 OSPF，实现 PE 和 P 的互通

具体配置过程略。

完成此步骤后，PE1、P、PE2 之间应能建立 OSPF 邻居关系，执行 **display ospf peer** 命令可以看到邻居状态为 Full。执行 **display ip routing-table** 命令可以看到 PE 之间学习到对方的 Loopback1 路由。

步骤 2 在 PE 和 P 节点上配置 LSR-ID，并使能 MPLS 和 MPLS TE

配置 PE1。

```
<PE1> system-view
[PE1] mpls lsr-id 1.1.1.9
[PE1] mpls
[PE1-mpls] mpls te
[PE1-mpls] quit
[PE1] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] mpls
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] mpls te
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

配置 P。

```
<P> system-view
[P] mpls lsr-id 2.2.2.9
[P] mpls
[P-mpls] mpls te
[P-mpls] quit
[P] interface gigabitethernet 1/0/0
[P-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[P-GigabitEthernet1/0/0] mpls te
[P-GigabitEthernet1/0/0] quit
[P] interface gigabitethernet 2/0/0
[P-GigabitEthernet2/0/0] mpls
[P-GigabitEthernet2/0/0] mpls te
[P-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
<PE2> system-view
[PE2] mpls lsr-id 3.3.3.9
[PE2] mpls
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE2-mpls] mpls te
[PE2-mpls] quit
[PE2] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] mpls
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] mpls te
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

步骤 3 在 PE 和 P 节点上配置 DS-TE 模式和带宽约束模型

配置 PE1。

```
[PE1] mpls
[PE1-mpls] mpls te ds-te mode non-ietf
[PE1-mpls] mpls te ds-te bcm mam
[PE1-mpls] quit
```

配置 P。

```
[P] mpls
[P-mpls] mpls te ds-te mode non-ietf
[P-mpls] mpls te ds-te bcm mam
[P-mpls] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] mpls
[PE2-mpls] mpls te ds-te mode non-ietf
[PE2-mpls] mpls te ds-te bcm mam
[PE2-mpls] quit
```

完成此步骤后，在 PE 或 P 节点上执行 **display mpls te ds-te summary** 命令，可查看 DS-TE 的配置信息。以 PE1 为例：

```
[PE1] display mpls te ds-te summary
DS-TE IETF Supported :YES
DS-TE MODE           :NON-IETF
Bandwidth Constraint Model  :MAM
```

步骤 4 在 PE 和 P 节点上配置链路带宽

配置 PE1。

```
[PE1] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 300000
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 200000
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

配置 P。

```
[P] interface gigabitethernet 1/0/0
[P-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 300000
[P-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 200000
[P-GigabitEthernet1/0/0] quit
[P] interface gigabitethernet 2/0/0
[P-GigabitEthernet2/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 300000
[P-GigabitEthernet2/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 200000
[P-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 300000
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 200000
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

完成此步骤后，在 PE 上执行命令，可查看链路的 BC 带宽分配情况。以 PE1 为例：

```
[PE1] display mpls te link-administration bandwidth-allocation interface gigabitethernet 3/0/0
  Link ID:  GigabitEthernet3/0/0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
Bandwidth Constraint Model   :  Maximum Allocation Model (MAM)
Maximum Link Reservable Bandwidth(Kbit/sec):  300000
Reservable Bandwidth BC0(Kbit/sec)         :  100000
Reservable Bandwidth BC1(Kbit/sec)         :  200000
Downstream Bandwidth (Kbit/sec)           :  0
IPUpdown Link Status                       :  UP
PhysicalUpdown Link Status                 :  UP
--------------------------------------------------------------------------------
TE-CLASS  CT    PRIORITY   BW RESERVED   BW AVAILABLE   DOWNSTREAM
                           (Kbit/sec)     (Kbit/sec) RSVPLSPNODE COUNT
--------------------------------------------------------------------------------
   0      0        0           0             100000          0
   1      0        1           0             100000          0
   2      0        2           0             100000          0
   3      0        3           0             100000          0
   4      0        4           0             100000          0
   5      0        5           0             100000          0
   6      0        6           0             100000          0
   7      0        7           0             100000          0
   8      1        0           0             200000          0
   9      1        1           0             200000          0
   10     1        2           0             200000          0
   11     1        3           0             200000          0
   12     1        4           0             200000          0
   13     1        5           0             200000          0
   14     1        6           0             200000          0
   15     1        7           0             200000          0
--------------------------------------------------------------------------------
```

步骤 5 在 PE 上配置 Tunnel 接口

配置 PE1。

```
[PE1] interface tunnel3/0/0
[PE1-Tunnel3/0/0] description For VPN-A_EF
[PE1-Tunnel3/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE1-Tunnel3/0/0] tunnel-protocol mpls te
[PE1-Tunnel3/0/0] destination 3.3.3.9
[PE1-Tunnel3/0/0] mpls te tunnel-id 300
[PE1-Tunnel3/0/0] mpls te signal-protocol cr-static
[PE1-Tunnel3/0/0] mpls te commit
[PE1-Tunnel3/0/0] quit
[PE1] interface tunnel3/0/1
[PE1-Tunnel3/0/1] description For VPN-B_BE
[PE1-Tunnel3/0/1] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE1-Tunnel3/0/1] tunnel-protocol mpls te
[PE1-Tunnel3/0/1] destination 3.3.3.9
[PE1-Tunnel3/0/1] mpls te tunnel-id 301
[PE1-Tunnel3/0/1] mpls te signal-protocol cr-static
[PE1-Tunnel3/0/1] mpls te commit
```

配置 PE2。

```
[PE2] interface tunnel3/0/0
[PE2-Tunnel3/0/0] description For VPN-A_EF
[PE2-Tunnel3/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE2-Tunnel3/0/0] tunnel-protocol mpls te
[PE2-Tunnel3/0/0] destination 1.1.1.9
[PE2-Tunnel3/0/0] mpls te tunnel-id 300
[PE2-Tunnel3/0/0] mpls te signal-protocol cr-static
[PE2-Tunnel3/0/0] mpls te commit
[PE2-Tunnel3/0/0] quit
[PE2] interface tunnel3/0/1
[PE2-Tunnel3/0/1] description For VPN-B_BE
[PE2-Tunnel3/0/1] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE2-Tunnel3/0/1] tunnel-protocol mpls te
[PE2-Tunnel3/0/1] destination 1.1.1.9
[PE2-Tunnel3/0/1] mpls te tunnel-id 301
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE2-Tunnel3/0/1] mpls te signal-protocol cr-static
[PE2-Tunnel3/0/1] mpls te commit
```

步骤 6 在 PE 和 P 节点上配置静态 CR-LSP

配置 PE1。

```
[PE1] static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel 3/0/0 destination 3.3.3.9 nexthop 172.1.1.2 out-label 100 bandwidth ct0 100000
[PE1] static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel 3/0/1 destination 3.3.3.9 nexthop 172.1.1.2 out-label 200 bandwidth ct1 200000
[PE1] static-cr-lsp egress VPN-A_EF incoming-interface gigabitethernet 3/0/0 in-label 101
[PE1] static-cr-lsp egress VPN-B_BE incoming-interface gigabitethernet 3/0/0 in-label 201
```

配置 P。

```
[P] static-cr-lsp transit VPN-A_EF-1to2 incoming-interface gigabitethernet1/0/0 in-label 100 nexthop 172.2.1.2 out-label 100 bandwidth ct0 100000
[P] static-cr-lsp transit VPN-B_BE-1to2 incoming-interface gigabitethernet1/0/0 in-label 200 nexthop 172.2.1.2 out-label 200 bandwidth ct1 200000
[P] static-cr-lsp transit VPN-A_EF-2to1 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 101 nexthop 172.1.1.1 out-label 101 bandwidth ct0 100000
[P] static-cr-lsp transit VPN-B_BE-2to1 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 201 nexthop 172.1.1.1 out-label 201 bandwidth ct1 200000
```

配置 PE2。

```
[PE2] static-cr-lsp egress VPN-A_EF incoming-interface gigabitethernet 3/0/0 in-label 100
[PE2] static-cr-lsp egress VPN-B_BE incoming-interface gigabitethernet 3/0/0 in-label 200
[PE2] static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel 3/0/0 destination 1.1.1.9 nexthop 172.2.1.1 out-label 101 bandwidth ct0 100000
[PE2] static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel 3/0/1 destination 1.1.1.9 nexthop 172.2.1.1 out-label 201 bandwidth ct1 200000
```

完成此步骤后，在 PE 上执行 **display mpls static-cr-lsp** 命令，可发现静态 CR-LSP 的状态为 Up。以 PE1 的 Tunnel3/0/0 为例：

```
[PE1] display mpls static-cr-lsp Tunnel3/0/0
TOTAL          : 1     STATIC CRLSP(S)
UP             : 1     STATIC CRLSP(S)
DOWN           : 0     STATIC CRLSP(S)
Name               FEC               I/O Label I/O If                    Stat
Tunnel3/0/0       3.3.3.9/32         NULL/100  -/S1/0/1                  Up
```

在 PE 上执行 **display interface tunnel** *interface-number* 命令，可发现 Tunnel 接口为 Up 状态。以 PE1 的 Tunnel3/0/0 为例：

```
[PE1] display interface tunnel 3/0/0
Tunnel3/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last up time: 2008-05-23, 10:03:07
Description :For VPN-A_EF
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 1500
Internet Address is unnumbered, using address of LoopBack1(1.1.1.9/32)
Encapsulation is TUNNEL, loopback not set
Tunnel destination 3.3.3.9
Tunnel up/down statistics 1
Tunnel protocol/transport MPLS/MPLS, ILM is available,
primary tunnel id is 0x8201002c, secondary tunnel id is 0x0
...
```

再次执行 **display mpls te link-administration bandwidth-allocation** 命令，查看链路的带宽分配情况，可发现为优先级为 0 的 CT0 和 CT1 分配了带宽。

```
[PE1] display mpls te link-administration bandwidth-allocation interface gigabitethernet 3/0/0
  Link ID:  GigabitEthernet3/0/0
  Bandwidth Constraint Model   :  Maximum Allocation Model (MAM)
  Maximum Link Reservable Bandwidth(Kbit/sec):  300000
  Reservable Bandwidth BC0(Kbit/sec)         :  100000
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
Reservable Bandwidth BC1(Kbit/sec)          :  200000
Downstream Bandwidth (Kbit/sec)            :  300000
IPUpdown Link Status                        :  UP
PhysicalUpdown Link Status                  :  UP
--------------------------------------------------------------------------------
TE-CLASS  CT    PRIORITY   BW RESERVED   BW AVAILABLE   DOWNSTREAM
                           (Kbit/sec)     (Kbit/sec) RSVPLSPNODE COUNT
--------------------------------------------------------------------------------
   0      0        0          100000         0              0
   1      0        1          0              0              0
   2      0        2          0              0              0
   3      0        3          0              0              0
   4      0        4          0              0              0
   5      0        5          0              0              0
   6      0        6          0              0              0
   7      0        7          0              0              0
   8      1        0          200000         0              0
   9      1        1          0              0              0
   10     1        2          0              0              0
   11     1        3          0              0              0
   12     1        4          0              0              0
   13     1        5          0              0              0
   14     1        6          0              0              0
   15     1        7          0              0              0
--------------------------------------------------------------------------------
```

步骤 7 在 PE 节点上配置入接口与 DS 域绑定，使能简单流分类

配置 PE1。

```
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/0
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] trust upstream default
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] quit
[PE1] interface gigabitethernet 2/0/0
[PE1-GigabitEthernet2/0/0] trust upstream default
[PE1-GigabitEthernet2/0/0] quit
[PE1] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] trust upstream default
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

配置 P。

```
[P] interface gigabitethernet 1/0/0
[P-GigabitEthernet1/0/0] trust upstream default
[P-GigabitEthernet1/0/0] quit
[P] interface gigabitethernet 2/0/0
[P-GigabitEthernet2/0/0] trust upstream default
[P-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] interface gigabitethernet 1/0/0
[PE2-GigabitEthernet1/0/0] trust upstream default
[PE2-GigabitEthernet1/0/0] quit
[PE2] interface gigabitethernet 2/0/0
[PE2-GigabitEthernet2/0/0] trust upstream default
[PE2-GigabitEthernet2/0/0] quit
[PE2] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] trust upstream default
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

完成此步骤后，在 PE 上执行 **display diffserv domain default** 命令，可查看 DS 域中简单流分类的缺省流量策略信息。以 PE1 为例：

```
[PE1] display diffserv domain default
Diffserv domain name:default
 ...
 mpls-exp-inbound 0 phb be green
 mpls-exp-inbound 1 phb af1 green
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
mpls-exp-inbound 2 phb af2 green
mpls-exp-inbound 3 phb af3 green
mpls-exp-inbound 4 phb af4 green
mpls-exp-inbound 5 phb ef green
mpls-exp-inbound 6 phb cs6 green
mpls-exp-inbound 7 phb cs7 green
mpls-exp-outbound be green map 0
mpls-exp-outbound af1 green map 1
mpls-exp-outbound af1 yellow map 1
mpls-exp-outbound af1 red map 1
mpls-exp-outbound af2 green map 2
mpls-exp-outbound af2 yellow map 2
mpls-exp-outbound af2 red map 2
mpls-exp-outbound af3 green map 3
mpls-exp-outbound af3 yellow map 3
mpls-exp-outbound af3 red map 3
mpls-exp-outbound af4 green map 4
mpls-exp-outbound af4 yellow map 4
mpls-exp-outbound af4 red map 4
mpls-exp-outbound ef green map 5
mpls-exp-outbound cs6 green map 6
mpls-exp-outbound cs7 green map 7
...
```

说明

以上 **display diffserv domain default** 命令的显示信息只列了需要关注的部分，“...”表示被省略的部分。

步骤 8 在 PE 和 P 节点上配置 CT 与业务类型的映射

配置 PE1。

```
[PE1] ct-flow-mapping mapping1
[PE1-ct-flow-mapping-mapping1] map ct 0 to ef pq
[PE1-ct-flow-mapping-mapping1] map ct 1 to be lpq
[PE1-ct-flow-mapping-mapping1] ct-flow-mapping commit
[PE1-ct-flow-mapping-mapping1] quit
[PE1] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] mpls te ct-flow-mapping mapping1
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] mpls te ct-bandwidth unshared
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] ct-flow-mapping mapping1
[PE2-ct-flow-mapping-mapping1] map ct 0 to ef pq
[PE2-ct-flow-mapping-mapping1] map ct 1 to be lpq
[PE2-ct-flow-mapping-mapping1] ct-flow-mapping commit
[PE2-ct-flow-mapping-mapping1] quit
[PE2] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] mpls te ct-flow-mapping mapping1
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] mpls te ct-bandwidth unshared
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

完成此步骤后，在 PE 上执行 **display ct-flow-mapping** 命令，可查看 CT 与流队列映关系。以 PE1 为例。

```
[PE1] display ct-flow-mapping all
Template name :
 ct type    class of service    scheduler type
 ----------------------------------------------
 ct0          be                    lpq
 ct1          af1                   wfq
 ct2          af2                   wfq
 ct3          af3                   wfq
 ct4          af4                   wfq
 ct5          ef                    pq
 ct6          cs6                   pq
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ct7          cs7                  pq
 ---------------------------------------------

Template name : mapping1
ct type    class of service    scheduler type
 ---------------------------------------------
 ct0         ef                   pq
 ct1         be                  lpq
 ---------------------------------------------

Total applied interface number is 1
GigabitEthernet3/0/0
```

步骤 9 在 PE 之间建立 MP-IBGP 对等体，PE 与 CE 之间建立 EBGP 对等体

配置 PE1。

```
[PE1] bgp 100
[PE1-bgp] peer 3.3.3.9 as-number 100
[PE1-bgp] peer 3.3.3.9 connect-interface loopback 1
[PE1-bgp] ipv4-family vpnv4
[PE1-bgp-af-vpnv4] peer 3.3.3.9 enable
[PE1-bgp-af-vpnv4] quit
[PE1-bgp] ipv4-family vpn-instance vpna
[PE1-bgp-vpna] peer 10.1.1.1 as-number 65410
[PE1-bgp-vpna] import-route direct
[PE1-bgp-vpna] quit
[PE1-bgp] ipv4-family vpn-instance vpnb
[PE1-bgp-vpnb] peer 10.2.1.1 as-number 65420
[PE1-bgp-vpnb] import-route direct
[PE1-bgp-vpnb] quit
```

说明

PE2 的配置与 PE1 类似，配置过程省略。

配置 CE1。

```
[CE1] bgp 65410
[CE1-bgp] peer 10.1.1.2 as-number 100
[CE1-bgp] import-route direct
```

说明

另外 3 个 CE（CE2 ~ CE4）配置与 CE1 配置类似，配置过程省略。

配置完成后，在 PE 上执行 **display bgp vpnv4 all peer** 命令，可以看到 PE 之间的 BGP 对等体关系已建立，并达到 Established 状态。

```
[PE1] display bgp vpnv4 all peer
BGP local router ID : 1.1.1.9
 Local AS number : 100
 Total number of peers : 3                 Peers in established state : 3
Peer            V    AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  Up/Down       State PrefRcv

3.3.3.9         4   100       12       18     0 00:09:38 Established       0
  Peer of vpn instance:
  vpn instance vpna :
10.1.1.1        4 65410       25       25     0 00:17:57 Established       1
  vpn instance vpnb :
10.2.1.1        4 65420       21       22     0 00:17:10 Established       1
```

步骤 10 在 PE 上配置隧道策略

配置 PE1。

```
[PE1] tunnel-policy policya
[PE1-tunnel-policy-policya] tunnel binding destination 3.3.3.9 te tunnel 3/0/0
[PE1-tunnel-policy-policya] quit
[PE1] tunnel-policy policyb
[PE1-tunnel-policy-policyb] tunnel binding destination 3.3.3.9 te tunnel 3/0/1
[PE1-tunnel-policy-policyb] quit
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

配置 PE2。

```
[PE2] tunnel-policy policya
[PE2-tunnel-policy-policya] tunnel binding destination 1.1.1.9 te tunnel 3/0/0
[PE2-tunnel-policy-policya] quit
[PE2] tunnel-policy policyb
[PE2-tunnel-policy-policyb] tunnel binding destination 1.1.1.9 te tunnel 3/0/1
[PE2-tunnel-policy-policyb] quit
```

步骤 11 在 PE 上配置 VPN 实例，将 CE 接入 PE

配置 PE1。

```
[PE1] ip vpn-instance vpna

[PE1-vpn-instance-vpna] ipv4-family
[PE1-vpn-instance-vpna-af-ipv4] route-distinguisher 100:1
[PE1-vpn-instance-vpna-af-ipv4] vpn-target 111:1 both
[PE1-vpn-instance-vpna-af-ipv4] tnl-policy policya
[PE1-vpn-instance-vpna-af-ipv] quit
[PE1-vpn-instance-vpna] quit
[PE1] ip vpn-instance vpnb

[PE1-vpn-instance-vpnb] ipv4-family
[PE1-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] route-distinguisher 100:2
[PE1-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] vpn-target 222:2 both
[PE1-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] tnl-policy policyb
[PE1-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] quit
[PE1-vpn-instance-vpnb] quit
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/0
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] ip binding vpn-instance vpna
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] ip address 10.1.1.2 24
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] quit
[PE1] interface gigabitethernet 2/0/0
[PE1-GigabitEthernet2/0/0] ip binding vpn-instance vpnb
[PE1-GigabitEthernet2/0/0] ip address 10.2.1.2 24
[PE1-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] ip vpn-instance vpna

[PE2-vpn-instance-vpna] ipv4-family
[PE2-vpn-instance-vpna-af-ipv4] route-distinguisher 200:1
[PE2-vpn-instance-vpna-af-ipv4] vpn-target 111:1 both
[PE2-vpn-instance-vpna-af-ipv4] tnl-policy policya
[PE2-vpn-instance-vpna-af-ipv4] quit
[PE2-vpn-instance-vpna] quit
[PE2] ip vpn-instance vpnb

[PE2-vpn-instance-vpnb] ipv4-family
[PE2-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] route-distinguisher 200:2
[PE2-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] vpn-target 222:2 both
[PE2-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] tnl-policy policyb
[PE2-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] quit
[PE2-vpn-instance-vpnb] quit
[PE2] interface gigabitethernet 1/0/0
[PE2-GigabitEthernet1/0/0] ip binding vpn-instance vpna
[PE2-GigabitEthernet1/0/0] ip address 10.3.1.2 24
[PE2-GigabitEthernet1/0/0] quit
[PE2] interface gigabitethernet 2/0/0
[PE2-GigabitEthernet2/0/0] ip binding vpn-instance vpnb
[PE2-GigabitEthernet2/0/0] ip address 10.4.1.2 24
[PE2-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置各 CE 的接口 IP 地址，配置过程略。

版权所有 © 华为技术有限公司

配置完成后，在 PE 上执行 **display ip vpn-instance verbose** 命令可以看到 VPN 实例的配置情况。各 PE 能 ping 通自己接入的 CE。

步骤 12 检查配置结果

配置完成后，将同一台测试仪的 4 个接口 Port1、Port2、Port3 和 Port4 分别接入 CE1、CE2、CE3 和 CE4 上。在 Port1 和 Port2 上注入 100Mbit/s 的 EF 流，目的地址分别为 Port2 和 Port1。在 Port3 和 Port4 上注入 200Mbit/s 的 BE 流，目的地址分别为 Port4 和 Port3。可发现所有报文都不被丢弃，且 EF 流的抖动小于 50ms。

----结束

配置文件

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
ip vpn-instance vpna
 ipv4-family
  route-distinguisher 100:1
  tnl-policy policya
  vpn-target 111:1 export-extcommunity
  vpn-target 111:1 import-extcommunity
#
ip vpn-instance vpnb
 ipv4-family
  route-distinguisher 100:2
  tnl-policy policyb
  vpn-target 222:2 export-extcommunity
  vpn-target 222:2 import-extcommunity
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
  mpls te
  mpls te ds-te bcm mam
#
ct-flow-mapping mapping1
 map ct 0 to ef pq
 map ct 1 to be lpq
 ct-flow-mapping commit
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip binding vpn-instance vpna
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip binding vpn-instance vpnb
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.0
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 undo shutdown
 ip address 172.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 300000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 200000
 trust upstream default
 mpls te ct-flow-mapping mapping1
 mpls te ct-bandwidth unshared
#
interface LoopBack1
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
interface Tunnel3/0/0
 description For VPN-A_EF
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.9
 mpls te tunnel-id 300
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te commit
#
interface Tunnel3/0/1
 description For VPN-B_BE
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.9
 mpls te tunnel-id 301
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te commit
#
bgp 100
 peer 3.3.3.9 as-number 100
 peer 3.3.3.9 connect-interface LoopBack1
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  peer 3.3.3.9 enable
#
 ipv4-family vpnv4
  policy vpn-target
  peer 3.3.3.9 enable
 #
 ipv4-family vpn-instance vpna
  peer 10.1.1.1 as-number 65410
  import-route direct
#
 ipv4-family vpn-instance vpnb
  peer 10.2.1.1 as-number 65420
  import-route direct
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 172.1.1.0 0.0.0.255
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface  Tunnel 3/0/0 destination 3.3.3.9 nexthop 172.1.1.2
out-label 100 bandwidth ct0 100000
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel 3/0/1 destination 3.3.3.9 nexthop 172.1.1.2 out-
label 200 bandwidth ct1 200000
 static-cr-lsp egress VPN-A_EF incoming-interface gigabitethernet 3/0/0 in-label 101
 static-cr-lsp egress VPN-B_BE incoming-interface gigabitethernet 3/0/0 in-label 201
#
tunnel-policy policya
 tunnel binding destination 3.3.3.9 te Tunnel3/0/0
#
tunnel-policy policyb
 tunnel binding destination 3.3.3.9 te Tunnel3/0/1
#
return
```

- P 的配置文件

```
#
 sysname P
#
 mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
  mpls te
  mpls te ds-te bcm mam
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 172.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 300000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 200000
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip address 172.2.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 300000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 200000
 trust upstream default
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 172.1.1.0 0.0.0.255
  network 172.2.1.0 0.0.0.255
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
 static-cr-lsp transit VPN-A_EF-1to2 incoming-interface gigabitethernet1/0/0 in-label 100
nexthop 172.2.1.2 out-label 100 bandwidth ct0 100000
 static-cr-lsp transit VPN-B_BE-1to2 incoming-interface gigabitethernet1/0/0 in-label 200
nexthop 172.2.1.2 out-label 200 bandwidth ct1 200000
 static-cr-lsp transit VPN-A_EF-2to1 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 101
nexthop 172.1.1.1 out-label 101 bandwidth ct0 100000
 static-cr-lsp transit VPN-B_BE-2to1 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 201
nexthop 172.1.1.1 out-label 201 bandwidth ct1 200000
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
ip vpn-instance vpna
 ipv4-family
  route-distinguisher 200:1
  tnl-policy policya
  vpn-target 111:1 export-extcommunity
  vpn-target 111:1 import-extcommunity
#
ip vpn-instance vpnb
 ipv4-family
  route-distinguisher 200:2
  tnl-policy policyb
  vpn-target 222:2 export-extcommunity
  vpn-target 222:2 import-extcommunity
#
 mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
  mpls te
  mpls te ds-te bcm mam
#
ct-flow-mapping mapping1
 map ct 0 to ef pq
 map ct 1 to be lpq
 ct-flow-mapping commit
#
interface GigabitEthernet1/0/0
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 undo shutdown
 ip binding vpn-instance vpna
 ip address 10.3.1.2 255.255.255.0
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip binding vpn-instance vpnb
 ip address 10.4.1.2 255.255.255.0
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 undo shutdown
 ip address 172.2.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 300000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 200000
 trust upstream default
 mpls te ct-flow-mapping mapping1
 mpls te ct-bandwidth unshared
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
interface Tunnel3/0/0
 description For VPN-A_EF
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 1.1.1.9
 mpls te tunnel-id 300
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te commit
#
interface Tunnel3/0/1
 description For VPN-B_BE
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 1.1.1.9
 mpls te tunnel-id 301
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te commit
#
bgp 100
 peer 1.1.1.9 as-number 100
 peer 1.1.1.9 connect-interface LoopBack1
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  peer 1.1.1.9 enable
 #
 ipv4-family vpnv4
  policy vpn-target
  peer 1.1.1.9 enable
 #
 ipv4-family vpn-instance vpna
  peer 10.3.1.1 as-number 65430
  import-route direct
 #
 ipv4-family vpn-instance vpnb
  peer 10.4.1.1 as-number 65440
  import-route direct
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 172.2.1.0 0.0.0.255
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  mpls-te enable
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
 static-cr-lsp egress VPN-A_EF incoming-interface gigabitethernet 3/0/0 in-label 100
 static-cr-lsp egress VPN-B_BE incoming-interface gigabitethernet 3/0/0 in-label 200
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel 3/0/0 destination 1.1.1.9 nexthop 172.2.1.1 out-label 101 bandwidth ct0 100000
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel 3/0/1 destination 1.1.1.9 nexthop 172.2.1.1 out-label 201 bandwidth ct1 200000
#
tunnel-policy policya
 tunnel binding destination 1.1.1.9 te Tunnel3/0/0
#
tunnel-policy policyb
 tunnel binding destination 1.1.1.9 te Tunnel3/0/1
#
return
```

- CE1 的配置文件

```
#
 sysname CE1
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
#
bgp 65410
 peer 10.1.1.2 as-number 100
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  import-route direct
  peer 10.1.1.2 enable
#
return
```

- CE2 的配置文件

```
#
 sysname CE2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.0
#
bgp 65420
 peer 10.2.1.2 as-number 100
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  import-route direct
  peer 10.2.1.2 enable
#
return
```

- CE3 的配置文件

```
#
 sysname CE3
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.3.1.1 255.255.255.0
#
bgp 65430
 peer 10.3.1.2 as-number 100
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  import-route direct
  peer 10.3.1.2 enable
#
return
```


版权所有 © 华为技术有限公司

- CE4 的配置文件

```
#
 sysname CE4
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.4.1.1 255.255.255.0
#
bgp 65440
 peer 10.4.1.2 as-number 100
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  import-route direct
  peer 10.4.1.2 enable
#
return
```

3.25.9 配置 IETF 模式的 DS-TE 示例（RDM 模型）

本例描述了配置 IETF 模式的 DS-TE 的过程。

组网需求

如图 3-10 所示，MPLS 骨干网的 PE 和 P 节点运行 OSPF 协议实现互通，P 节点不支持 MPLS LDP。PE1 和 PE2 接入 VPN-A 和 VPN-B。PE3 和 PE4 之间需要建立经过 PE1、PE2 和 P 节点的 LDP LSP。

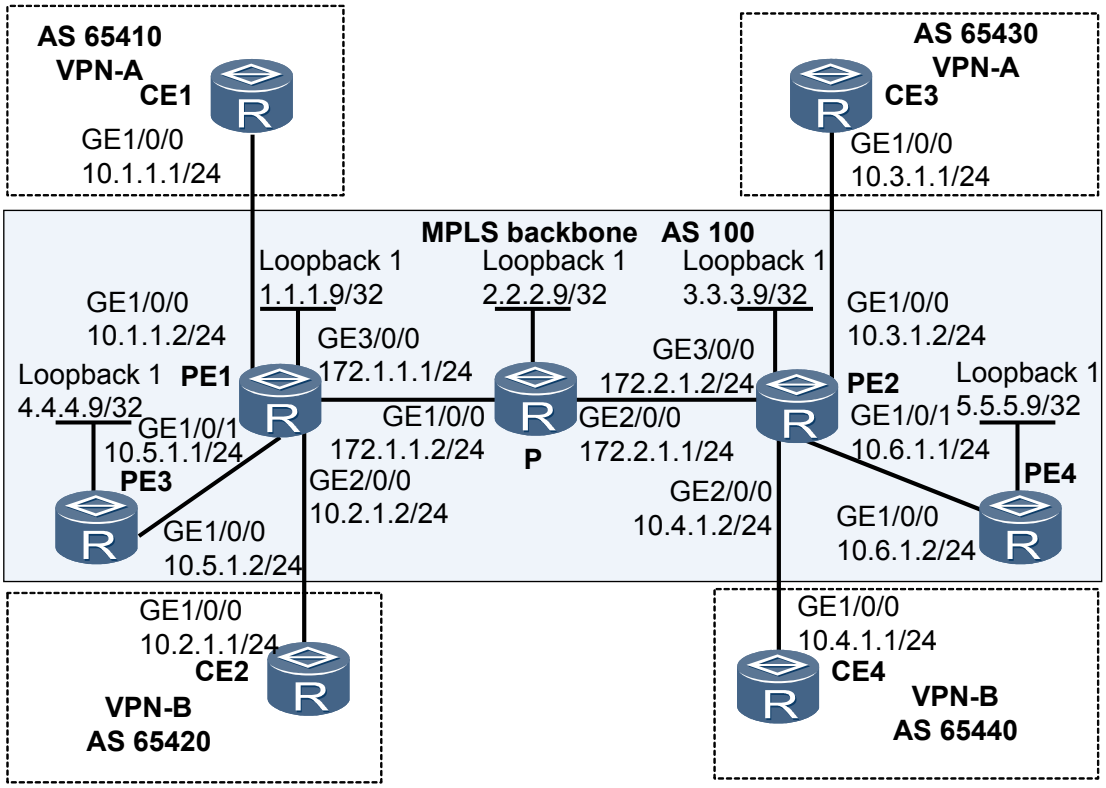
VPN-A 的流量分为 EF、AF 两者类型；VPN-B 流量分为 EF、AF、BE 三种类型；LDP LSP 中的流量为 BE 类型。各流量的 QoS 需求如下：

数据流	带宽	抖动
VPN-A 的 EF 流	100Mbit/s	小于 50ms
VPN-A 的 AF 流	50Mbit/s	小于 200ms
VPN-B 的 EF 流	100Mbit/s	小于 50ms
VPN-B 的 AF 流	50Mbit/s	小于 200ms
VPN-B 的 BE 流	50Mbit/s	无需求
LDP LSP 的 BE 流	50Mbit/s	无需求

要求：在 PE1 和 PE2 之间建立 DS-TE 隧道传递以上流量，并满足各流量的 QoS 需求。带宽约束模型要求为 RDM，允许 CTi 抢占低优先级的 CTj 的带宽（$0 \leq i < j \leq 7$），以确保高优先级 CT 的带宽。

版权所有 © 华为技术有限公司

图 3-10 IETF 模式的 DS-TE 组网示意图



配置思路

采用如下的思路配置 IETF 模式的 DS-TE 示例（RDM 模型）：

说明

- 该举例在 DS-TE 隧道中对每个 VPN 的各种业务流量都保证了带宽和时延。
- 如果用户仅需要保证 DS-TE 隧道中各种业务流量的带宽和时延，而不区分 VPN，可以只建立一条 DS-TE 隧道承载这些流量。
- 通过在 Ingress PE 上限制接入 VPN 及其内部各种业务的流量来限制隧道中不同 VPN 内部各种业务的流量。

1. VPN-A 和 VPN-B 的流量类型部分相同（都有 EF 流和 AF 流），需要用两条 TE 隧道分别承载 VPN-A 和 VPN-B。
2. VPN-B 和 LDP LSP 的流量类型也有部分相同，因此也需要用不同隧道承载。
3. VPN-A 和 LDP LSP 的流量类型各不相同，且流量类型共有 3 种，使用同一条 TE 隧道承载。
4. 建立两条 RSVP-TE 隧道 Tunnel3/0/0 和 Tunnel3/0/1。其中，每个隧道配置三个 CT，分别为 CT0、CT1 和 CT2，对应的优先级都为 0。CT0、CT1 和 CT2 分别用于承载 BE、AF 和 EF 流。
5. VPN-A 的 EF、AF 流分别使用 Tunnel3/0/0 的 CT2、CT1 承载。LDP LSP 的 BE 流使用 Tunnel3/0/0 的 CT0 承载。VPN-B 的 EF、AF、BE 流分别使用 Tunnel3/0/1 的 CT2、CT1 和 CT0 承载。
6. 两条隧道的路径一样，因此链路上 BCi 带宽应不小于所有 TE 隧道的 CTi ～ CT7 带宽的总和，且链路的最大可预留带宽应不小于 BC0 带宽。所以，链路上 BC2 的带

版权所有 © 华为技术有限公司

宽≥Tunnel3/0/0 的 CT2 ＋ Tunnel3/0/1 的 CT2 ＝ 200Mbit/s；BC1 的带宽≥BC2 的带宽＋ Tunnel3/0/0 的 CT1 ＋ Tunnel3/0/1 的 CT1 ＝ 300Mbit/s；BC0 的带宽≥BC1 的带宽＋ Tunnel3/0/0的 CT0 ＋ Tunnel3/0/1 的 CT0 ＝ 400Mbit/s；链路可预留带宽≥BC0 的带宽＝ 400Mbit/s。

7. 两条 TE 隧道的同类型业务，带宽和抖动要求一样，因此配置 TE 隧道时使用 CT 模板。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- PE 和 P 节点上的 LSR ID
- TE 隧道的 Tunnel 接口编号
- TE-Class 映射表
- 各链路的最大可预留带宽值及链路上各 BC 的带宽值
- VPN-A 和 VPN-B 的 VPN 实例名称、Route-Distinguisher、VPN-Target、隧道策略名称

操作步骤

步骤 1 在 PE 和 P 节点上配置各接口 IP 地址，并配置 OSPF，实现 PE 和 P 的互通

具体配置过程略。

完成此步骤后，PE1、P、PE2 之间应能建立 OSPF 邻居关系，执行 **display ospf peer** 命令可以看到邻居状态为 Full。执行 **display ip routing-table** 命令可以看到 PE 之间学习到对方的 Loopback1 路由。

步骤 2 在所有 PE 和 P 节点上配置 LSR-ID、使能 MPLS，并在 PE1、PE2 和 P 上使能 MPLS TE 和 RSVP-TE，在所有 PE 上使能 MPLS LDP

配置 PE3。

```
<PE3> system-view
[PE3] mpls lsr-id 4.4.4.9
[PE3] mpls
[PE3-mpls] quit
[PE3] mpls ldp
[PE3-mpls-ldp] quit
[PE3] interface gigabitethernet 1/0/0
[PE3-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[PE3-GigabitEthernet1/0/0] mpls ldp
[PE3-GigabitEthernet1/0/0] quit
```

配置 PE1。

```
<PE1> system-view
[PE1] mpls lsr-id 1.1.1.9
[PE1] mpls
[PE1-mpls] mpls te
[PE1-mpls] mpls rsvp-te
[PE1-mpls] quit
[PE1] mpls ldp
[PE1-mpls-ldp] quit
[PE1] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] mpls
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] mpls te
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] mpls rsvp-te
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] quit
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/1
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] mpls
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] mpls ldp
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

配置 P。

```
<P> system-view
[P] mpls lsr-id 2.2.2.9
[P] mpls
[P-mpls] mpls te
[P-mpls] mpls rsvp-te
[P-mpls] quit
[P] interface gigabitethernet 1/0/0
[P-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[P-GigabitEthernet1/0/0] mpls te
[P-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te
[P-GigabitEthernet1/0/0] quit
[P] interface gigabitethernet 2/0/0
[P-GigabitEthernet2/0/0] mpls
[P-GigabitEthernet2/0/0] mpls te
[P-GigabitEthernet2/0/0] mpls rsvp-te
[P-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
<PE2> system-view
[PE2] mpls lsr-id 3.3.3.9
[PE2] mpls
[PE2-mpls] mpls te
[PE2-mpls] mpls rsvp-te
[PE2-mpls] quit
[PE2] mpls ldp
[PE2-mpls] quit
[PE2] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] mpls
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] mpls te
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] mpls rsvp-te
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] quit
[PE2] interface gigabitethernet 1/0/1
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] mpls
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] mpls ldp
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

配置 PE4。

```
<PE4> system-view
[PE4] mpls lsr-id 5.5.5.9
[PE4] mpls
[PE4-mpls] quit
[PE4] mpls ldp
[PE4-mpls-ldp] quit
[PE4] interface gigabitethernet 1/0/0
[PE4-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[PE4-GigabitEthernet1/0/0] mpls ldp
[PE4-GigabitEthernet1/0/0] quit
```

完成此步骤后，在 PE1、PE2 或 P 节点上执行 **display mpls rsvp-te interface** 命令，可查看使能了 RSVP 的接口及 RSVP 相关信息。在 PE1、PE2、PE3 或 PE4 上执行命令 **display mpls ldp lsp**，可发现 PE3 和 PE1 之间，以及 PE2 和 PE4 之间存在一条 LDP LSP。

步骤 3 在 PE1、PE2 和 P 上配置 OSPF TE，并使能 CSPF

在所有节点上配置 OSPF TE，并在 TE 隧道入节点上使能 CSPF。

配置 PE1。

```
[PE1] ospf 1
[PE1-ospf-1] opaque-capability enable
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1-ospf-1] area 0
[PE1-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[PE1-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[PE1-ospf-1] quit
[PE1] mpls
[PE1-mpls] mpls te cspf
```

配置 P。

```
[P] ospf 1
[P-ospf-1] opaque-capability enable
[P-ospf-1] area 0
[P-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[P-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[P-ospf-1] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] ospf 1
[PE2-ospf-1] opaque-capability enable
[PE2-ospf-1] area 0
[PE2-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[PE2-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[PE2-ospf-1] quit
[PE2] mpls
[PE2-mpls] mpls te cspf
[PE2-mpls] quit
```

完成此步骤后，在 PE 或 P 节点上执行 **display ospf mpls-te** 命令，可查看 OSPF 链路状态数据库中包含的 TE LSA 信息。

步骤 4 在 PE1、PE2 和 P 节点上配置 DS-TE 模式和带宽约束模型

配置 PE1。

```
[PE1] mpls
[PE1-mpls] mpls te ds-te mode ietf
[PE1-mpls] mpls te ds-te bcm rdm
[PE1-mpls] quit
```

配置 P。

```
[P] mpls
[P-mpls] mpls te ds-te mode ietf
[P-mpls] mpls te ds-te bcm rdm
[P-mpls] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] mpls
[PE2-mpls] mpls te ds-te mode ietf
[PE2-mpls] mpls te ds-te bcm rdm
[PE2-mpls] quit
```

完成此步骤后，在 PE 或 P 节点上执行 **display mpls te ds-te summary** 命令，可查看 DS-TE 的配置信息。以 PE1 为例：

```
[PE1] display mpls te ds-te summary
DS-TE IETF Supported :YES
DS-TE MODE           :IETF
Bandwidth Constraint Model  :RDM
TEClass Mapping (default):
TE-Class ID    Class Type     Priority
TE-Class 0     0              0
TE-Class 1     1              0
TE-Class 2     2              0
TE-Class 3     3              0
TE-Class 4     0              7
TE-Class 5     1              7
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
TE-Class 6     2             7
TE-Class 7     3             7
```

步骤 5 在 PE 和 P 节点上配置链路带宽

配置 PE1。

```
[PE1] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 400000
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] mpls te bandwidth bc0 400000 bc1 300000 bc2 200000
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

配置 P。

```
[P] interface gigabitethernet 1/0/0
[P-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 400000
[P-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth bc0 400000 bc1 300000 bc2 200000
[P-GigabitEthernet1/0/0] quit
[P] interface gigabitethernet 2/0/0
[P-GigabitEthernet2/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 400000
[P-GigabitEthernet2/0/0] mpls te bandwidth bc0 400000 bc1 300000 bc2 200000
[P-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 400000
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] mpls te bandwidth bc0 400000 bc1 300000 bc2 200000
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

完成此步骤后，在 PE 上执行命令，可查看接口的 BC 带宽分配情况。以 PE1 为例：

```
[PE1] display mpls te link-administration bandwidth-allocation interface gigabitethernet 3/0/0
  Link ID:  GigabitEthernet3/0/0
  Bandwidth Constraint Model   :  Russian Dolls Model (RDM)
  Maximum Link Reservable Bandwidth(Kbit/sec):  400000
  Reservable Bandwidth BC0(Kbit/sec)         :  400000
  Reservable Bandwidth BC1(Kbit/sec)         :  300000
  Reservable Bandwidth BC2(Kbit/sec)         :  200000
  Reservable Bandwidth BC3(Kbit/sec)         :  0
  Reservable Bandwidth BC4(Kbit/sec)         :  0
  Reservable Bandwidth BC5(Kbit/sec)         :  0
  Reservable Bandwidth BC6(Kbit/sec)         :  0
  Reservable Bandwidth BC7(Kbit/sec)         :  0
  Downstream Bandwidth (Kbit/sec)           :   0
  IPUpdown Link Status                       :  UP
  PhysicalUpdown Link Status                 :  UP
  ------------------------------------------------------------------------------
  TE-CLASS  CT    PRIORITY   BW RESERVED   BW AVAILABLE   DOWNSTREAM
                             (Kbit/sec)     (Kbit/sec) RSVPLSPNODE COUNT
  ------------------------------------------------------------------------------
     0      0        0          0            400000          0
     1      1        0          0            300000          0
     2      2        0          0            200000          0
     3      0        7          0            400000          0
     4      1        7          0            300000          0
     5      2        7          0            200000          0
     6      -        -          -            -               -
     7      -        -          -            -               -
     8      -        -          -            -               -
     9      -        -          -            -               -
     10     -        -          -            -               -
     11     -        -          -            -               -
     12     -        -          -            -               -
     13     -        -          -            -               -
     14     -        -          -            -               -
     15     -        -          -            -               -
  ------------------------------------------------------------------------------
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 6 在 PE 上配置 TE-Class 映射表

配置 PE1。

```
[PE1] te-class-mapping
[PE1-te-class-mapping] te-class0 class-type ct0 priority 0 description For-BE
[PE1-te-class-mapping] te-class1 class-type ct1 priority 0 description For-AF
[PE1-te-class-mapping] te-class2 class-type ct2 priority 0 description For-EF
[PE1-te-class-mapping] quit
[PE2] te-class-mapping
[PE2-te-class-mapping] te-class0 class-type ct0 priority 0 description For-BE
[PE2-te-class-mapping] te-class1 class-type ct1 priority 0 description For-AF
[PE2-te-class-mapping] te-class2 class-type ct2 priority 0 description For-EF
[PE2-te-class-mapping] quit
```

完成此步骤后，在 PE 上执行 **display mpls te ds-te te-class-mapping** 命令，可查看 TE-Class 映射表的信息。以 PE1 为例：

```
[PE1] display mpls te ds-te te-class-mapping
  TE-Class ID         Class Type     Priority       Description
  TE-Class0           0              0              For-BE
  TE-Class1           1              0              For-AF
  TE-Class2           2              0              For-EF
  TE-Class3           -              -              -
  TE-Class4           -              -              -
  TE-Class5           -              -              -
  TE-Class6           -              -              -
  TE-Class7           -              -              -
```

步骤 7 在 PE 上配置显式路径

配置 PE1。

```
[PE1] explicit-path path1
[PE1-explicit-path-path1] next hop 172.1.1.2
[PE1-explicit-path-path1] next hop 172.2.1.2
[PE1-explicit-path-path1] next hop 3.3.3.9
[PE1-explicit-path-path1] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] explicit-path path1
[PE2-explicit-path-path1] next hop 172.2.1.1
[PE2-explicit-path-path1] next hop 172.1.1.1
[PE2-explicit-path-path1] next hop 1.1.1.9
[PE2-explicit-path-path1] quit
```

完成此步骤后，在 PE 上执行 **display explicit-path** 命令，可查看显式路径信息。以 PE1 为例：

```
[PE1] display explicit-path path1
Path Name : path1       Path Status : Enabled
 1      172.1.1.2         Strict      Include
 2      172.2.1.2         Strict      Include
 3      3.3.3.9           Strict      Include
```

步骤 8 在 PE 上配置 Tunnel 接口

配置 PE1。

```
[PE1] interface tunnel3/0/0
[PE1-Tunnel3/0/0] description For VPN-A & Non-VPN
[PE1-Tunnel3/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE1-Tunnel3/0/0] tunnel-protocol mpls te
[PE1-Tunnel3/0/0] destination 3.3.3.9
[PE1-Tunnel3/0/0] mpls te tunnel-id 300
[PE1-Tunnel3/0/0] mpls te signal-protocol rsvp-te
[PE1-Tunnel3/0/0] mpls te path explicit-path path1
[PE1-Tunnel3/0/0] mpls te priority 0 0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1-Tunnel3/0/0] mpls te bandwidth ct0 50000 ct1 50000 ct2 100000
[PE1-Tunnel3/0/0] mpls te commit
[PE1-Tunnel3/0/0] quit
[PE1] interface tunnel3/0/1
[PE1-Tunnel3/0/1] description For VPN-B
[PE1-Tunnel3/0/1] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE1-Tunnel3/0/1] tunnel-protocol mpls te
[PE1-Tunnel3/0/1] destination 3.3.3.9
[PE1-Tunnel3/0/1] mpls te tunnel-id 301
[PE1-Tunnel3/0/1] mpls te signal-protocol rsvp-te
[PE1-Tunnel3/0/1] mpls te path explicit-path path1
[PE1-Tunnel3/0/1] mpls te priority 0 0
[PE1-Tunnel3/0/1] mpls te bandwidth ct0 50000 ct1 50000 ct2 100000
[PE1-Tunnel3/0/1] mpls te commit
```

配置 PE2。

```
[PE2] interface tunnel3/0/0
[PE2-Tunnel3/0/0] description For VPN-A & Non-VPN
[PE2-Tunnel3/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE2-Tunnel3/0/0] tunnel-protocol mpls te
[PE2-Tunnel3/0/0] destination 1.1.1.9
[PE2-Tunnel3/0/0] mpls te tunnel-id 300
[PE2-Tunnel3/0/0] mpls te signal-protocol rsvp-te
[PE2-Tunnel3/0/0] mpls te path explicit-path path1
[PE2-Tunnel3/0/0] mpls te priority 0 0
[PE2-Tunnel3/0/0] mpls te bandwidth ct0 50000 ct1 50000 ct2 100000
[PE2-Tunnel3/0/0] mpls te commit
[PE2] interface tunnel3/0/1
[PE2-Tunnel3/0/1] description For VPN-B
[PE2-Tunnel3/0/1] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE2-Tunnel3/0/1] tunnel-protocol mpls te
[PE2-Tunnel3/0/1] destination 1.1.1.9
[PE2-Tunnel3/0/1] mpls te tunnel-id 301
[PE2-Tunnel3/0/1] mpls te signal-protocol rsvp-te
[PE2-Tunnel3/0/1] mpls te path explicit-path path1
[PE2-Tunnel3/0/1] mpls te priority 0 0
[PE2-Tunnel3/0/1] mpls te bandwidth ct0 50000 ct1 50000 ct2 100000
[PE2-Tunnel3/0/1] mpls te commit
```

在 PE 上执行 **display interface tunnel** *interface-number* 命令，可发现 Tunnel 接口为 Up 状态。以 PE1 的 Tunnel3/0/0 为例：

```
[PE1] display interface tunnel3/0/0
Tunnel3/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last up time: 2008-05-23, 11:15:01
Description :For VPN-A & Non-VPN
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 1500
Internet Address is unnumbered, using address of LoopBack1(1.1.1.9/32)
Encapsulation is TUNNEL, loopback not set
Tunnel destination 3.3.3.9
Tunnel up/down statistics 1
Tunnel protocol/transport MPLS/MPLS, ILM is available,
primary tunnel id is 0x8201002c, secondary tunnel id is 0x0
...
```

在 PE 上执行 **display mpls te te-class-tunnel** 命令，可查看 TE-CLASS 关联的 TE 隧道。以 PE1 为例：

```
[PE1] display mpls te te-class-tunnel all
------------------------------------------------------------------------
No. CT     priority      status       tunnel name         tunnel commit
------------------------------------------------------------------------
1   CT0       0            Valid        Tunnel3/0/0             Yes
2   CT0       0            Valid        Tunnel3/0/1             Yes
3   CT1       0            Valid        Tunnel3/0/0             Yes
4   CT1       0            Valid        Tunnel3/0/1             Yes
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
5    CT2        0            Valid          Tunnel3/0/0              Yes
6    CT2        0            Valid          Tunnel3/0/0              Yes
```

步骤 9 在 PE 节点上配置入接口与 DS 域绑定，使能简单流分类

配置 PE1。

```
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/0
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] trust upstream default
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] quit
[PE1] interface gigabitethernet 2/0/0
[PE1-GigabitEthernet2/0/0] trust upstream default
[PE1-GigabitEthernet2/0/0] quit
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/1
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] trust upstream default
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] quit
[PE1] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] trust upstream default
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

配置 P。

```
[P] interface gigabitethernet 1/0/0
[P-GigabitEthernet1/0/0] trust upstream default
[P-GigabitEthernet1/0/0] quit
[P] interface gigabitethernet 2/0/0
[P-GigabitEthernet2/0/0] trust upstream default
[P-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] interface gigabitethernet 1/0/0
[PE2-GigabitEthernet1/0/0] trust upstream default
[PE2-GigabitEthernet1/0/0] quit
[PE2] interface gigabitethernet 2/0/0
[PE2-GigabitEthernet2/0/0] trust upstream default
[PE2-GigabitEthernet2/0/0] quit
[PE2] interface gigabitethernet 1/0/1
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] trust upstream default
[PE2-GigabitEthernet1/0/1] quit
[PE2] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] trust upstream default
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

完成此步骤后，在 PE 上执行 **display diffserv domain default** 命令，可查看 DS 域中简单流分类的缺省流量策略信息。以 PE1 为例：

```
[PE1] display diffserv domain default
Diffserv domain name:default
 ...
 mpls-exp-inbound 0 phb be green
 mpls-exp-inbound 1 phb af1 green
 mpls-exp-inbound 2 phb af2 green
 mpls-exp-inbound 3 phb af3 green
 mpls-exp-inbound 4 phb af4 green
 mpls-exp-inbound 5 phb ef green
 mpls-exp-inbound 6 phb cs6 green
 mpls-exp-inbound 7 phb cs7 green
 mpls-exp-outbound be green map 0
 mpls-exp-outbound af1 green map 1
 mpls-exp-outbound af1 yellow map 1
 mpls-exp-outbound af1 red map 1
 mpls-exp-outbound af2 green map 2
 mpls-exp-outbound af2 yellow map 2
 mpls-exp-outbound af2 red map 2
 mpls-exp-outbound af3 green map 3
 mpls-exp-outbound af3 yellow map 3
 mpls-exp-outbound af3 red map 3
 mpls-exp-outbound af4 green map 4
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls-exp-outbound af4 yellow map 4
 mpls-exp-outbound af4 red map 4
 mpls-exp-outbound ef green map 5
 mpls-exp-outbound cs6 green map 6
 mpls-exp-outbound cs7 green map 7
 ...
```

说明

以上的 **display diffserv domain default** 命令的显示信息只列了需要关注的部分，“...”表示被省略的部分。

步骤 10 在 PE 和 P 节点上配置 CT 与业务类型的映射

在 PE 上配置业务流的入接口与 DS 域绑定，进行简单流分类。

配置 PE1。

```
[PE1] ct-flow-mapping mapping1
[PE1-ct-flow-mapping-mapping1] map ct 0 to be lpq
[PE1-ct-flow-mapping-mapping1] map ct 1 to af1 wfq
[PE1-ct-flow-mapping-mapping1] map ct 2 to ef pq
[PE1-ct-flow-mapping-mapping1] ct-flow-mapping commit
[PE1-ct-flow-mapping-mapping1] quit
[PE1] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] mpls te ct-flow-mapping mapping1
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] ct-flow-mapping mapping1
[PE2-ct-flow-mapping-mapping1] map ct 0 to belpq
[PE2-ct-flow-mapping-mapping1] map ct 1 to af1 wfq
[PE2-ct-flow-mapping-mapping1] map ct 2 to ef pq
[PE2-ct-flow-mapping-mapping1] ct-flow-mapping commit
[PE2-ct-flow-mapping-mapping1] quit
[PE2] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] mpls te ct-flow-mapping mapping1
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

完成此步骤后，在 PE 上执行 **display ct-flow-mapping** 命令，可查看 CT 与流队列映关系。以 PE1 为例。

```
[PE1] display ct-flow-mapping all
Template name :
 ct type    class of service    scheduler type
 ---------------------------------------------
 ct0          be                   lpq
 ct1          af1                  wfq
 ct2          af2                  wfq
 ct3          af3                  wfq
 ct4          af4                  wfq
 ct5          ef                   pq
 ct6          cs6                  pq
 ct7          cs7                  pq
 ---------------------------------------------

Template name : mapping1
ct type    class of service    scheduler type
 ---------------------------------------------
 ct0         be                   lpq
 ct1         af1                  wfq
ct2         ef                   pq
 ---------------------------------------------

Total applied interface number is 1
GigabitEthernet3/0/0
```

步骤 11 配置端口类队列

版权所有 © 华为技术有限公司

配置 PE1。

```
[PE1] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] port-queue ef pq  shaping 220000 outbound
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] port-queue af1 wfq  weight 15 shaping 120000 outbound
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] port-queue be lpq  shaping 150000 outbound
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] interface gigabitethernet 3/0/0
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] port-queue ef pq  shaping 220000 outbound
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] port-queue af1 wfq  weight 15 shaping 120000 outbound
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] port-queue be lpq  shaping 150000 outbound
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] quit
```

步骤 12 配置 LDP over TE

在 TE 隧道入节点上配置转发邻接，并在 TE 隧道两端节点之间建立 LDP 远端对等体关系。

配置 PE1。

```
[PE1] interface tunnel3/0/0
[PE1-Tunnel3/0/0] mpls te igp advertise
[PE1-Tunnel3/0/0] mpls te igp metric absolute 1
[PE1-Tunnel3/0/0] mpls te commit
[PE1-Tunnel3/0/0] mpls
[PE1-Tunnel3/0/0] quit
[PE1] ospf 1
[PE1-ospf-1] enable traffic-adjustment advertise
[PE1-ospf-1] quit
[PE1-] mpls ldp remote-peer pe1tope2
[PE1-mpls-ldp-remote-pe1tope2] remote-ip 3.3.3.9
```

配置 PE2。

```
[PE2] interface tunnel3/0/0
[PE2-Tunnel3/0/0] mpls te igp advertise
[PE2-Tunnel3/0/0] mpls te igp metric absolute 1
[PE2-Tunnel3/0/0] mpls te commit
[PE2-Tunnel3/0/0] mpls
[PE2-Tunnel3/0/0] quit
[PE2] ospf 1
[PE2-ospf-1] enable traffic-adjustment advertise
[PE2-ospf-1] quit
[PE2-] mpls ldp remote-peer pe2tope1
[PE2-mpls-ldp-remote-pe2tope1] remote-ip 1.1.1.9
```

完成此步骤后，在 PE1 或 PE2 上使用 **display ip routing-table** 显示路由信息，发现 PE1 到 5.5.5.9 的出接口为 Tunnel3/0/0；PE2 到 4.4.4.9 的出接口为 Tunnel3/0/0。

步骤 13 在 PE 之间建立 MP-IBGP 对等体，PE 与 CE 之间建立 EBGP 对等体

配置 PE1。

```
[PE1] bgp 100
[PE1-bgp] peer 3.3.3.9 as-number 100
[PE1-bgp] peer 3.3.3.9 connect-interface loopback 1
[PE1-bgp] ipv4-family vpnv4
[PE1-bgp-af-vpnv4] peer 3.3.3.9 enable
[PE1-bgp-af-vpnv4] quit
[PE1-bgp] ipv4-family vpn-instance vpna
[PE1-bgp-vpna] peer 10.1.1.1 as-number 65410
[PE1-bgp-vpna] import-route direct
[PE1-bgp-vpna] quit
[PE1-bgp] ipv4-family vpn-instance vpnb
[PE1-bgp-vpnb] peer 10.2.1.1 as-number 65420
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1-bgp-vpnb] import-route direct
[PE1-bgp-vpnb] quit
```

说明

PE2 的配置与 PE1 类似，配置过程省略。

配置 CE1。

```
[CE1] bgp 65410
[CE1-bgp] peer 10.1.1.2 as-number 100
[CE1-bgp] import-route direct
```

说明

另外 3 个 CE（CE2 ~ CE4）配置与 CE1 配置类似，配置过程省略。

配置完成后，在 PE 上执行 **display bgp vpnv4 all peer** 命令，可以看到 PE 之间的 BGP 对等体关系已建立，并达到 Established 状态。

```
[PE1] display bgp vpnv4 all peer
BGP local router ID : 1.1.1.9
 Local AS number : 100
 Total number of peers : 3                 Peers in established state : 3
Peer            V    AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  Up/Down       State PrefRcv

3.3.3.9         4   100       12       18     0 00:09:38 Established       0
  Peer of vpn instance:
  vpn instance vpna :
10.1.1.1        4 65410       25       25     0 00:17:57 Established       1
  vpn instance vpnb :
10.2.1.1        4 65420       21       22     0 00:17:10 Established       1
```

步骤 14 在 PE 上配置隧道策略

配置 PE1。

```
[PE1] tunnel-policy policya
[PE1-tunnel-policy-policya] tunnel binding destination 3.3.3.9 te tunnel 3/0/0
[PE1-tunnel-policy-policya] quit
[PE1] tunnel-policy policyb
[PE1-tunnel-policy-policyb] tunnel binding destination 3.3.3.9 te tunnel 3/0/1
[PE1-tunnel-policy-policyb] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] tunnel-policy policya
[PE2-tunnel-policy-policya] tunnel binding destination 1.1.1.9 te tunnel 3/0/0
[PE2-tunnel-policy-policya] quit
[PE2] tunnel-policy policyb
[PE2-tunnel-policy-policyb] tunnel binding destination 1.1.1.9 te tunnel 3/0/1
[PE2-tunnel-policy-policyb] quit
```

步骤 15 在 PE 上配置 VPN 实例，将 CE 接入 PE

配置 PE1。

```
[PE1] ip vpn-instance vpna

[PE1-vpn-instance-vpna] ipv4-family
[PE1-vpn-instance-vpna-af-ipv4] route-distinguisher 100:1
[PE1-vpn-instance-vpna-af-ipv4] vpn-target 111:1 both
[PE1-vpn-instance-vpna-af-ipv4] tnl-policy policya
[PE1-vpn-instance-vpna-af-ipv4] quit
[PE1-vpn-instance-vpna] quit
[PE1] ip vpn-instance vpnb

[PE1-vpn-instance-vpna] ipv4-family
[PE1-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] route-distinguisher 100:2
[PE1-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] vpn-target 222:2 both
[PE1-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] tnl-policy policyb
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] quit
[PE1-vpn-instance-vpnb] quit
[PE1] interface gigabitethernet 1/0/0
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] ip binding vpn-instance vpna
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] ip address 10.1.1.2 24
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] quit
[PE1] interface gigabitethernet 2/0/0
[PE1-GigabitEthernet2/0/0] ip binding vpn-instance vpnb
[PE1-GigabitEthernet2/0/0] ip address 10.2.1.2 24
[PE1-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] ip vpn-instance vpna

[PE2-vpn-instance-vpna] ipv4-family
[PE2-vpn-instance-vpna-af-ipv4] route-distinguisher 200:1
[PE2-vpn-instance-vpna-af-ipv4] vpn-target 111:1 both
[PE2-vpn-instance-vpna-af-ipv4] tnl-policy policya
[PE2-vpn-instance-vpna-af-ipv4] quit
PE2-vpn-instance-vpna] quit
[PE2] ip vpn-instance vpnb

[PE2-vpn-instance-vpnb] ipv4-family
[PE2-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] route-distinguisher 200:2
[PE2-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] vpn-target 222:2 both
[PE2-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] tnl-policy policyb
[PE2-vpn-instance-vpnb-af-ipv4] quit
[PE2-vpn-instance-vpnb] quit
[PE2] interface gigabitethernet 1/0/0
[PE2-GigabitEthernet1/0/0] ip binding vpn-instance vpna
[PE2-GigabitEthernet1/0/0] ip address 10.3.1.2 24
[PE2-GigabitEthernet1/0/0] quit
[PE2] interface gigabitethernet 2/0/0
[PE2-GigabitEthernet2/0/0] ip binding vpn-instance vpnb
[PE2-GigabitEthernet2/0/0] ip address 10.4.1.2 24
[PE2-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置各 CE 的接口 IP 地址，配置过程略。

配置完成后，在 PE 上执行 **display ip vpn-instance verbose** 命令可以看到 VPN 实例的配置情况。各 PE 能 **ping** 通自己接入的 CE。

步骤 16 检查配置结果

配置完成后，将测试仪接入 PE3、PE4 及所有 CE，并在接入接口上分别注入如下流量：

数据流	类型	带宽
CE1 和 CE2 之间	EF	100Mbit/s
	AF	50Mbit/s
CE3 和 CE4 之间	EF	100Mbit/s
	AF	50Mbit/s
	BE	50Mbit/s
PE3 和 PE4 之间	BE	50Mbit/s

版权所有 © 华为技术有限公司

可发现所有报文都不被丢弃，且 EF 流的抖动小于 50ms，AF 流的抖动小于 200ms。

----结束

配置文件

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
ip vpn-instance vpna
 ipv4-family
  route-distinguisher 100:1
  tnl-policy policya
  vpn-target 111:1 export-extcommunity
  vpn-target 111:1 import-extcommunity
#
ip vpn-instance vpnb
 ipv4-family
  route-distinguisher 100:2
  tnl-policy policyb
  vpn-target 222:2 export-extcommunity
  vpn-target 222:2 import-extcommunity
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
  mpls te
  mpls te ds-te mode ietf
  mpls rsvp-te
#
 mpls ldp
#
 mpls ldp remote-peer peltope2
  remote-ip 3.3.3.9
#
 explicit-path path1
  next hop 172.1.1.2
  next hop 172.2.1.2
  next hop 3.3.3.9
#
ct-flow-mapping mapping1
 map ct 0 to be lpq
 map ct 1 to af1 wfq
 map ct 2 to ef pq
 ct-flow-mapping commit
#
 te-class-mapping
  te-class0 class-type ct0 priority 0 description For-BE
  te-class1 class-type ct1 priority 0 description For-AF
  te-class2 class-type ct2 priority 0 description For-EF
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip binding vpn-instance vpna
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip binding vpn-instance vpnb
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.0
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 undo shutdown
 ip address 172.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 4000000
 mpls te bandwidth bc0 400000 bc1 300000 bc2 200000
 mpls rsvp-te
 trust upstream default
 mpls te ct-flow-mapping mapping1
 port-queue ef pq shaping 220000 outbound
 port-queue af1 wfq weight 15 shaping 120000 outbound
 port-queue be lpq shaping 150000 outbound
#
interface GigabitEthernet1/0/1
 undo shutdown
 ip address 10.5.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
 trust upstream default
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
interface Tunnel3/0/0
 description For VPN-A & Non-VPN
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.9
 mpls te tunnel-id 300
 mpls te priority 0
 mpls te bandwidth ct0 50000 ct1 50000 ct2 100000
 mpls te path explicit-path path1
 mpls te igp advertise
 mpls te igp metric absolute 1
 mpls te commit
 mpls
#
interface Tunnel3/0/1
 description For VPN-B
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.9
 mpls te tunnel-id 301
 mpls te priority 0
 mpls te bandwidth ct0 50000 ct1 50000 ct2 100000
 mpls te path explicit-path path1
 mpls te commit
#
bgp 100
 peer 3.3.3.9 as-number 100
 peer 3.3.3.9 connect-interface LoopBack1
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  peer 3.3.3.9 enable
#
 ipv4-family vpnv4
  policy vpn-target
  peer 3.3.3.9 enable
 #
 ipv4-family vpn-instance vpna
  peer 10.1.1.1 as-number 65410
  import-route direct
#
 ipv4-family vpn-instance vpnb
  peer 10.2.1.1 as-number 65420
  import-route direct
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 enable traffic-adjustment advertise
 area 0.0.0.0
  network 172.1.1.0 0.0.0.255
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  network 10.5.1.0 0.0.0.255
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
tunnel-policy policya
 tunnel binding destination 3.3.3.9 te Tunnel3/0/0
#
tunnel-policy policyb
 tunnel binding destination 3.3.3.9 te Tunnel3/0/1
#
return
```

- P 的配置文件

```
#
 sysname P
#
 mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
  mpls te
  mpls te ds-te mode ietf
  mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 172.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 400000
 mpls te bandwidth bc0 400000 bc1 300000 bc2 200000
 mpls rsvp-te
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip address 172.2.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 400000
 mpls te bandwidth bc0 400000 bc1 300000 bc2 200000
 mpls rsvp-te
 trust upstream default
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
 opaque-capability enable
  network 172.1.1.0 0.0.0.255
  network 172.2.1.0 0.0.0.255
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
ip vpn-instance vpna
 ipv4-family
  route-distinguisher 200:1
  tnl-policy policya
  vpn-target 111:1 export-extcommunity
  vpn-target 111:1 import-extcommunity
#
ip vpn-instance vpnb
 ipv4-family
  route-distinguisher 200:2
  tnl-policy policyb
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
  vpn-target 222:2 export-extcommunity
  vpn-target 222:2 import-extcommunity
#
 mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
  mpls te
 mpls te ds-te mode ietf
 mpls te rsvp-te
#
 mpls ldp
#
 mpls ldp remote-peer pe2tope1
  remote-ip 1.1.1.9
#
 explicit-path path1
  next hop 172.1.1.1
  next hop 172.2.1.1
  next hop 1.1.1.9
#
ct-flow-mapping mapping1
 map ct 0 to ef pq
 map ct 1 to af1 wfq
 map ct 2 to be lpq
 ct-flow-mapping commit
#
 te-class-mapping
  te-class0 class-type ct0 priority 0 description For-EF
  te-class1 class-type ct1 priority 0 description For-AF
  te-class2 class-type ct2 priority 0 description For-BE
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip binding vpn-instance vpna
 ip address 10.3.1.2 255.255.255.0
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip binding vpn-instance vpnb
 ip address 10.4.1.2 255.255.255.0
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 undo shutdown
 ip address 172.2.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 400000
 mpls te bandwidth bc0 400000 bc1 200000 bc2 100000
 mpls rsvp-te
 trust upstream default
 mpls te ct-flow-mapping mapping1
 port-queue ef pq shaping 220000 outbound
 port-queue af1 wfq weight 15 shaping 120000 outbound
 port-queue be lpq shaping 150000 outbound
#
interface GigabitEthernet1/0/1
 undo shutdown
 ip address 10.6.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
 trust upstream default
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
interface Tunnel3/0/0
 description For VPN-A & Non-VPN
 ip address unnumbered interface LoopBack1
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 tunnel-protocol mpls te
 destination 1.1.1.9
 mpls te tunnel-id 300
 mpls te priority 0
 mpls te bandwidth ct0 100000 ct1 50000 ct2 50000
 mpls te path explicit-path path1
 mpls te commit
#
interface Tunnel3/0/1
 description For VPN-B
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 1.1.1.9
 mpls te tunnel-id 301
 mpls te priority 0
 mpls te bandwidth ct0 100000 ct1 50000 ct2 50000
 mpls te path explicit-path path1
 mpls te commit
#
bgp 100
 peer 1.1.1.9 as-number 100
 peer 1.1.1.9 connect-interface LoopBack1
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  peer 1.1.1.9 enable
 #
 ipv4-family vpnv4
  policy vpn-target
  peer 1.1.1.9 enable
 #
 ipv4-family vpn-instance vpna
  peer 10.3.1.1 as-number 65430
  import-route direct
 #
 ipv4-family vpn-instance vpnb
  peer 10.4.1.1 as-number 65440
  import-route direct
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 enable traffic-adjustment advertise
 area 0.0.0.0
  network 172.2.1.0 0.0.0.255
  network 10.6.1.0 0.0.0.255
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
tunnel-policy policya
 tunnel binding destination 1.1.1.9 te Tunnel3/0/0
#
tunnel-policy policyb
 tunnel binding destination 1.1.1.9 te Tunnel3/0/1
#
return
```

- PE3 的配置文件

```
#
 sysname PE3
#
 mpls lsr-id 4.4.4.9
 mpls
#
 mpls ldp
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.5.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 10.5.1.0 0.0.0.255
  network 4.4.4.9 0.0.0.0
#
return
```

- PE4 的配置文件

```
#
 sysname PE4
#
 mpls lsr-id 5.5.5.9
 mpls
#
 mpls ldp
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.6.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 5.5.5.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 10.6.1.0 0.0.0.255
  network 5.5.5.9 0.0.0.0
#
return
```

- CE1 的配置文件

```
#
 sysname CE1
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
#
bgp 65410
 peer 10.1.1.2 as-number 100
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  import-route direct
  peer 10.1.1.2 enable
#
return
```

- CE2 的配置文件

```
#
 sysname CE2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.0
#
bgp 65420
 peer 10.2.1.2 as-number 100
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  import-route direct
  peer 10.2.1.2 enable
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
return
```

- CE3 的配置文件

```
#
 sysname CE3
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.3.1.1 255.255.255.0
#
bgp 65430
 peer 10.3.1.2 as-number 100
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  import-route direct
  peer 10.3.1.2 enable
#
return
```

- CE4 的配置文件

```
#
 sysname CE4
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.4.1.1 255.255.255.0
#
bgp 65440
 peer 10.4.1.2 as-number 100
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  import-route direct
  peer 10.4.1.2 enable
#
return
```

3.25.10 配置 DS-TE 从 Non-IETF 模式切换到 IETF 模式示例

本例描述了如何实现 DS-TE 从 Non-IETF 到 IETF 的模式切换。

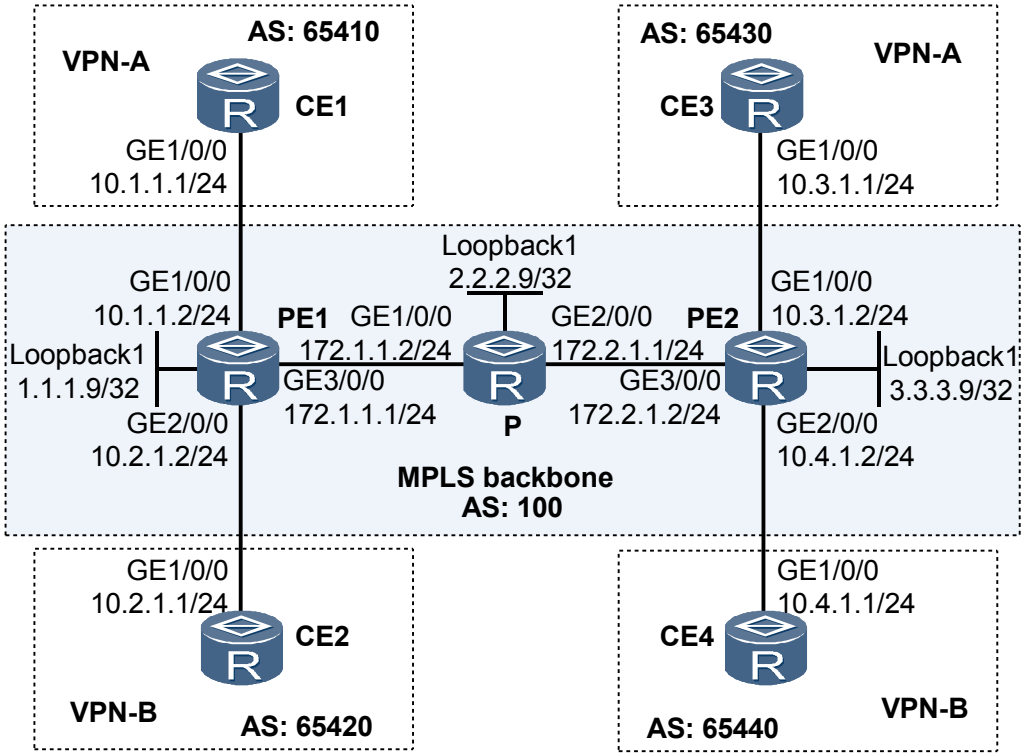
组网需求

如下图所示，在 PE1 和 PE2 之间建立了两条 Non-IETF 模式的 DS-TE 静态 TE 隧道，分别用于传递 VPN-A 的 EF 类型业务和 VPN-B 的 BE 类型业务。

Non-IETF 模式的 DS-TE 隧道只支持单 CT（CT0 或 CT1）。因网络扩展需要，要求将 Non-IETF 模式切换为 IETF 模式，实现 8 个 CT。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

图 3-11 DS-TE 从 Non-IETF 模式切换到 IETF 模式组网示意图



配置思路

采用如下的思路配置 DS-TE 从 Non-IETF 模式切换到 IETF 模式：

说明

- 该举例在 DS-TE 隧道中对每个 VPN 的各种业务流量都保证了带宽和时延。
- 如果用户仅需要保证 DS-TE 隧道中各种业务流量的带宽和时延，而不区分 VPN，可以只建立一条 DS-TE 隧道承载这些流量。
- 通过在 Ingress PE 上限制接入 VPN 及其内部各种业务的流量来限制隧道中不同 VPN 内部各种业务的流量。

1. 从 Non-IETF 模式切换到 IETF 模式，系统自动删除<CT,set-priority>的组合和<CT,hold-priority>的组合不在 TE-Class 映射表中的 CR-LSP。如果 TE-Class 映射表配置不当，可能使正在承载业务的 CR-LSP 被删除，导致业务的中断。因此进行模式切换前，需要确认各节点上已建立成功的 Ingress 和 Transit 类型的 CR-LSP 的 CT 类型及其建立优先级和保持优先级，以及 TE-Class 映射表的配置情况。
2. 如果有些 CR-LSP 的 CT 类型和建立优先级的组合，以及 CT 类型和保持优先级的组合不在 TE-Class 映射表中，需要配置或修改 TE-Class 映射表。
3. 进行 DS-TE 的模式切换。
4. 进行 DS-TE 相关配置和后续的业务配置。

数据准备

无。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 在 PE1、P 和 PE2 上执行 **display current-configuration | include static-cr-lsp ingress** 命令和 **display current-configuration | include static-cr-lsp transit** 命令，查看 Ingress 和 Transit 类型的静态 CR-LSP 的 CT 类型，以及 TE-Class 映射表

说明

- 对于静态 CR-LSP，建立优先级和保持优先级都为 0，不需要用命令查看。
- 对于 RSVP CR-LSP，执行命令 **display current-configuration interface Tunnel**，查看各隧道接口下配置的 **mpls te bandwidth** 命令和 **mpls te priority** 命令，查看 CT 类型及建立优先级和保持优先级。

在 PE 和 P 节点上执行命令，查看 Ingress 和 Transit 类型的静态 CR-LSP 的 CT 类型及其建立优先级和保持优先级；并执行命令 **display mpls te ds-te te-class-mapping config** 查看各节点的当前 TE-Class 映射表的配置信息。

以 PE1 为例。其他节点与 PE1 类似，此处不在详述。

```
<PE1> display current-configuration | include static-cr-lsp ingress
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface  Tunnel 3/0/0 destination 3.3.3.9 nexthop 172.1.1.2 out-label 100 bandwidth ct0 100000
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel 3/0/1 destination 3.3.3.9 nexthop 172.1.1.2 out-label 200 bandwidth ct1 200000
<PE1> display current-configuration | include static-cr-lsp transit

<PE1> display mpls te ds-te te-class-mapping config
Info: Configure TE-Class first.
```

说明

display current-configuration | include static-cr-lsp transit 命令显示结果为空，表明该节点没有 Transit 类型的静态 CR-LSP。

display mpls te ds-te te-class-mapping config 命令显示结果为“Info: Configure TE-Class first.”，表明该节点没有配置 TE-Class 映射表。

从显示结果看，PE1 存在 CT0 和 CT1 类型的静态 CR-LSP。又因为静态 CR-LSP 的建立优先级和保持优先级都为 0，所以 TE-Class 映射表需要存在以下 TE-Class：

- <CT-Type = CT0，Priority = 0>
- <CT-Type = CT1，Priority = 0>

步骤 2 在 PE1、P 和 PE2 上配置 TE-Class

本例需要配置<CT-Type = CT0，Priority = 0>和<CT-Type = CT1，Priority = 0>的 TE-Class。这两个 TE-Class 已存在于缺省的 TE-Class 映射表，因此本例无需配置 TE-Class 映射表。如果不配置 TE-Class 映射表，则 Non-IETF 模式向 IETF 模式切换后，系统采用缺省的 TE-Class 映射表。

说明

缺省的 TE-Class 映射表请参见**表 3-2**。

步骤 3 在 PE1、P 和 PE2 上配置 DS-TE 模式切换

配置 PE1。

```
[PE1] mpls
[PE1-mpls] mpls te ds-te mode ietf
[PE1-mpls] quit
```

配置 P。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[P] mpls
[P-mpls] mpls te ds-te mode ietf
[P-mpls] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] mpls
[PE2-mpls] mpls te ds-te mode ietf
[PE2-mpls] quit
```

说明

Non-IETF 模式向 IETF 模式切换后，带宽模型不变，因此不需要重新配置带宽模型。

模式切换后，还需要根据业务需要，进行其他 DS-TE 相关配置，并配置业务接入。本例省略这些配置。

----结束

配置文件

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
ip vpn-instance vpna
 ipv4-family
  route-distinguisher 100:1
  tnl-policy policya
  vpn-target 111:1 export-extcommunity
  vpn-target 111:1 import-extcommunity
#
ip vpn-instance vpnb
 ipv4-family
  route-distinguisher 100:2
  tnl-policy policyb
  vpn-target 222:2 export-extcommunity
  vpn-target 222:2 import-extcommunity
#
 mpls lsr-id 1.1.1.9
 mpls
  mpls te ds-te mode ietf
  mpls te ds-te bcm mam
#
ct-flow-mapping mapping1
 map ct 0 to ef pq
 map ct 1 to be lpq
 ct-flow-mapping commit
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip binding vpn-instance vpna
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip binding vpn-instance vpnb
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.0
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 undo shutdown
 ip address 172.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 300000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 200000
 trust upstream default
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te ct-flow-mapping mapping1
 mpls te ct-bandwidth unshared
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.9 255.255.255.255
#
interface Tunnel3/0/0
 description For VPN-A_EF
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.9
 mpls te tunnel-id 300
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te commit
#
interface Tunnel3/0/1
 description For VPN-B_BE
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.9
 mpls te tunnel-id 301
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te commit
#
bgp 100
 peer 3.3.3.9 as-number 100
 peer 3.3.3.9 connect-interface LoopBack1
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  peer 3.3.3.9 enable
#
 ipv4-family vpnv4
  policy vpn-target
  peer 3.3.3.9 enable
 #
 ipv4-family vpn-instance vpna
  peer 10.1.1.1 as-number 65410
  import-route direct
#
 ipv4-family vpn-instance vpnb
  peer 10.2.1.1 as-number 65420
  import-route direct
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 172.1.1.0 0.0.0.255
  network 1.1.1.9 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface  Tunnel 3/0/0 destination 3.3.3.9 nexthop 172.1.1.2
out-label 100 bandwidth ct0 100000
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel 3/0/1 destination 3.3.3.9 nexthop 172.1.1.2 out-
label 200 bandwidth ct1 200000
 static-cr-lsp egress VPN-A_EF incoming-interface gigabitethernet 3/0/0 in-label 101
 static-cr-lsp egress VPN-B_BE incoming-interface gigabitethernet 3/0/0 in-label 201
#
tunnel-policy policya
 tunnel binding destination 3.3.3.9 te Tunnel3/0/0
#
tunnel-policy policyb
 tunnel binding destination 3.3.3.9 te Tunnel3/0/1
#
return
```

- P 的配置文件

```
#
 sysname P
#
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls lsr-id 2.2.2.9
 mpls
  mpls te
  mpls te ds-te mode ietf
  mpls te ds-te bcm mam
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 172.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 300000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 200000
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip address 172.2.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 300000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 200000
 trust upstream default
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.9 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 172.1.1.0 0.0.0.255
  network 172.2.1.0 0.0.0.255
  network 2.2.2.9 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
 static-cr-lsp transit VPN-A_EF-1to2 incoming-interface gigabitethernet1/0/0 in-label 100
nexthop 172.2.1.2 out-label 100 bandwidth ct0 100000
 static-cr-lsp transit VPN-B_BE-1to2 incoming-interface gigabitethernet1/0/0 in-label 200
nexthop 172.2.1.2 out-label 200 bandwidth ct1 200000
 static-cr-lsp transit VPN-A_EF-2to1 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 101
nexthop 172.1.1.1 out-label 101 bandwidth ct0 100000
 static-cr-lsp transit VPN-B_BE-2to1 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 201
nexthop 172.1.1.1 out-label 201 bandwidth ct1 200000
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
ip vpn-instance vpna
 ipv4-family
  route-distinguisher 200:1
  tnl-policy policya
  vpn-target 111:1 export-extcommunity
  vpn-target 111:1 import-extcommunity
#
ip vpn-instance vpnb
 ipv4-family
  route-distinguisher 200:2
  tnl-policy policyb
  vpn-target 222:2 export-extcommunity
  vpn-target 222:2 import-extcommunity
#
 mpls lsr-id 3.3.3.9
 mpls
  mpls te
  mpls te ds-te mode ietf
  mpls te ds-te bcm mam
#
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
ct-flow-mapping mapping1
 map ct 0 to ef pq
 map ct 1 to be lpq
 ct-flow-mapping commit
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip binding vpn-instance vpna
 ip address 10.3.1.2 255.255.255.0
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip binding vpn-instance vpnb
 ip address 10.4.1.2 255.255.255.0
 trust upstream default
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 undo shutdown
 ip address 172.2.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 300000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 200000
 trust upstream default
 mpls te ct-flow-mapping mapping1
 mpls te ct-bandwidth unshared
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.9 255.255.255.255
#
interface Tunnel3/0/0
 description For VPN-A_EF
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 1.1.1.9
 mpls te tunnel-id 300
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te commit
#
interface Tunnel3/0/1
 description For VPN-B_BE
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 1.1.1.9
 mpls te tunnel-id 301
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te commit
#
bgp 100
 peer 1.1.1.9 as-number 100
 peer 1.1.1.9 connect-interface LoopBack1
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  peer 1.1.1.9 enable
 #
 ipv4-family vpnv4
  policy vpn-target
  peer 1.1.1.9 enable
 #
 ipv4-family vpn-instance vpna
  peer 10.3.1.1 as-number 65430
  import-route direct
 #
 ipv4-family vpn-instance vpnb
  peer 10.4.1.1 as-number 65440
  import-route direct
#
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 172.2.1.0 0.0.0.255
  network 3.3.3.9 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
 static-cr-lsp egress VPN-A_EF incoming-interface gigabitethernet 3/0/0 in-label 100
 static-cr-lsp egress VPN-B_BE incoming-interface gigabitethernet 3/0/0 in-label 200
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel 3/0/0 destination 1.1.1.9 nexthop 172.2.1.1 out-
label 101 bandwidth ct0 100000
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel 3/0/1 destination 1.1.1.9 nexthop 172.2.1.1 out-
label 201 bandwidth ct1 200000
#
tunnel-policy policya
 tunnel binding destination 1.1.1.9 te Tunnel3/0/0
#
tunnel-policy policyb
 tunnel binding destination 1.1.1.9 te Tunnel3/0/1
#
return
```

3.25.11 配置 MPLS TE FRR 示例

本例描述了如何利用 TE FRR 实现链路保护。

组网需求

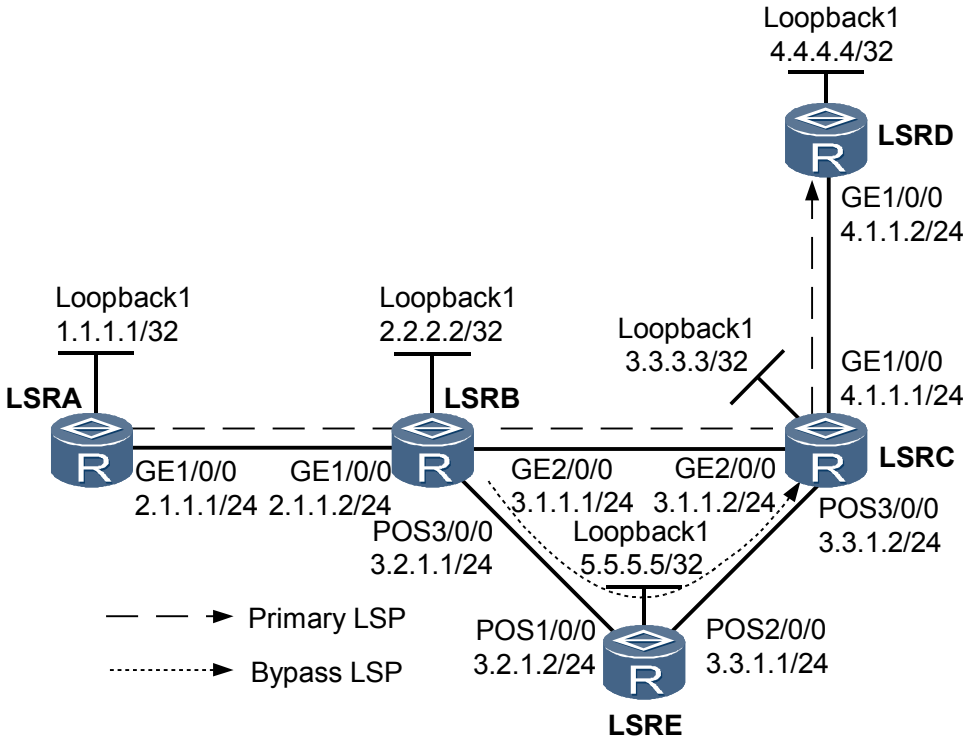
如图 3-12 所示，主 LSP 是 LSRA→LSRB→LSRC→LSRD，要求对 LSRB→LSRC 这段链路通过 FRR 进行链路保护。

建立一条 Bypass LSP，使用路径 LSRB→LSRE→LSRC。LSRB 是本地修复节点 PLR，LSRC 是汇聚点 MP。

使用显式路径方式建立 MPLS TE 的主隧道和旁路隧道。使用的信令协议是 RSVP-TE。

版权所有 © 华为技术有限公司

图 3-12 MPLS TE FRR 配置组网图



配置思路

采用如下的思路配置 TE FRR：

1. 建立主隧道，在隧道接口下使能 TE FRR。
2. 在被保护链路的入节点即 PLR 配置 Bypass Tunnel，并在隧道接口视图下指定其可保护的带宽以及被保护链路的接口。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点的 IS-IS 区域 ID、起始的系统 ID、IS-IS Level
- 隧道沿途的链路最大可预留带宽和 BC 带宽
- 主 Tunnel 和 Bypass Tunnel 的显式路径
- 主 Tunnel 和 Bypass Tunnel 的接口、IP 地址、目的地址、隧道 ID，隧道信令协议（为 RSVP-TE）
- Bypass Tunnel 可保护的带宽、被保护的链路接口

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

按照图 3-12 配置各接口的 IP 地址和掩码，包括各 Loopback 接口，具体配置过程略。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 2 配置 IGP 协议

在所有节点上配置 IS-IS 协议，发布 LSR ID 的主机路由，具体配置过程略。

配置完成后，在各节点上执行 **display ip routing-table** 命令，应可以看到相互之间都学到了到对方的路由。

步骤 3 配置 MPLS 基本能力，使能 MPLS TE、CSPF 和 RSVP-TE 及 IS-IS TE

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls te
[LSRA-mpls] mpls rsvp-te
[LSRA-mpls] mpls te cspf
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls te
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] quit
[LSRA] isis
[LSRA-isis-1] cost-style wide
[LSRA-isis-1] traffic-eng level-2
```

说明

LSRB、LSRC、LSRD、LSRE 的配置与 LSRA 的配置类似，此处不再赘述。其中，CSPF 只要在主隧道入节点 LSRA 和旁路隧道入节点 LSRB 上使能即可，LSRC、LSRD 和 LSRE 上无需使能 CSPF。

步骤 4 配置链路的 MPLS TE 带宽属性

在 LSRA、LSRB、LSRC、LSRD 和 LSRE 上配置链路最大可预留带宽为 100Mbit/s，BC0 带宽为 100Mbit/s。

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] quit
[LSRB] interface pos 3/0/0
[LSRB-Pos3/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRB-Pos3/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRB-Pos3/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRC-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRC-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRC-GigabitEthernet1/0/0] quit
```

配置 LSRE。

```
[LSRE] interface pos 2/0/0
[LSRE-Pos2/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRE-Pos2/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRE-Pos2/0/0] quit
```


版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 5 在主 LSP 的入节点 LSRA 上建立 MPLS TE Tunnel

配置主 LSP 的显式路径。

```
[LSRA] explicit-path pri-path
[LSRA-explicit-path-pri-path] next hop 2.1.1.2
[LSRA-explicit-path-pri-path] next hop 3.1.1.2
[LSRA-explicit-path-pri-path] next hop 4.1.1.2
[LSRA-explicit-path-pri-path] next hop 4.4.4.4
[LSRA-explicit-path-pri-path] quit
```

配置主 LSP 的 MPLS TE 隧道。

```
[LSRA] interface tunnel 1/0/0
[LSRA-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRA-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRA-Tunnel1/0/0] destination 4.4.4.4
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te signal-protocol rsvp-te
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te bandwidth ct0 50000
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te path explicit-path pri-path
```

使能 FRR。

```
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te fast-reroute
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel1/0/0] quit
```

配置完成后，在 LSRA 上执行 **display interface tunnel** 命令，可以看到 Tunnel1/0/0 的状态为 Up。

```
[LSRA] display interface tunnel 1/0/0
Tunnel1/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last up time: 2009-01-12, 09:35:10
Description : Tunnel1/0/0 Interface, Route Port
...
```

在 LSRA 上执行 **display mpls te tunnel verbose** 命令，可以看到隧道接口的详细信息。

```
[LSRA] display mpls te tunnel verbose
    No                      :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex             :  0            LSP Index          :  2048
    Session ID              :  100          LSP ID             :  1
    Lsr Role                :  Ingress      Lsp Type           :  Primary
    Ingress LSR ID          :  1.1.1.1
    Egress LSR ID           :  4.4.4.4
    In-Interface            :  -
    Out-Interface           :  GE1/0/0
    Sign-Protocol           :  RSVP TE      Resv Style         :  SE
    IncludeAnyAff           :  0x0          ExcludeAnyAff      :  0x0
    IncludeAllAff           :  0x0
    LspConstraint           :  -
    ER-Hop Table Index      :  0            AR-Hop Table Index:  0
    C-Hop Table Index       :  0
    PrevTunnelIndexInSession:  -            NextTunnelIndexInSession:  -
    PSB Handle              :  1081
    Created Time            :  2010/07/01 15:02:57 UTC-08:00
    --------------------------------
              DS-TE Information
    --------------------------------
    Bandwidth Reserved Flag :  Reserved
    CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  50000        CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    Setup-Priority          :  7            Hold-Priority      :  7
    --------------------------------
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
            FRR Information
--------------------------------
Primary LSP Info
TE Attribute Flag       :  0x63       Protected Flag    :  0x0
Bypass In Use           :  Not Exists
Bypass Tunnel Id        :  -
BypassTunnel            :  -
Bypass Lsp ID           :  -          FrrNextHop        :  -
ReferAutoBypassHandle   :  -
FrrPrevTunnelTableIndex :  -          FrrNextTunnelTableIndex:  -
Bypass Attribute(Not configured)
Setup Priority          :  -          Hold Priority     :  -
HopLimit                :  -          Bandwidth         :  -
IncludeAnyGroup         :  -          ExcludeAnyGroup   :  -
IncludeAllGroup         :  -
Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
CT0 Unbound Bandwidth   :  -        CT1 Unbound Bandwidth:  -
CT2 Unbound Bandwidth   :  -        CT3 Unbound Bandwidth:  -
CT4 Unbound Bandwidth   :  -        CT5 Unbound Bandwidth:  -
CT6 Unbound Bandwidth   :  -        CT7 Unbound Bandwidth:  -
--------------------------------
            BFD Information
--------------------------------
NextSessionTunnelIndex  :  -          PrevSessionTunnelIndex:  -
NextLspId               :  -          PrevLspId         :  -
```

步骤 6 在作为 PLR 的 LSRB 上配置 Bypass Tunnel

配置 Bypass LSP 的显式路径。

```
[LSRB] explicit-path by-path
[LSRB-explicit-path-by-path] next hop 3.2.1.2
[LSRB-explicit-path-by-path] next hop 3.3.1.2
[LSRB-explicit-path-by-path] next hop 3.3.3.3
[LSRB-explicit-path-by-path] quit
```

配置 Bypass Tunnel。

```
[LSRB] interface tunnel 3/0/0
[LSRB-Tunnel3/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRB-Tunnel3/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRB-Tunnel3/0/0] destination 3.3.3.3
[LSRB-Tunnel3/0/0] mpls te tunnel-id 300
[LSRB-Tunnel3/0/0] mpls te signal-protocol rsvp-te
[LSRB-Tunnel3/0/0] mpls te path explicit-path by-path
[LSRB-Tunnel3/0/0] mpls te bandwidth ct0 100000
```

配置 Bypass Tunnel 可保护的带宽。

```
[LSRB-Tunnel3/0/0] mpls te bypass-tunnel
```

将 Bypass Tunnel 绑定到被保护的接口。

```
[LSRB-Tunnel3/0/0] mpls te protected-interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRB-Tunnel3/0/0] mpls te commit
[LSRB-Tunnel3/0/0] quit
```

配置完成后，在 LSRB 上执行 **display interface tunnel** 命令可以看到接口 Tunnel3/0/0 的状态为 Up。

在节点上执行 **display mpls lsp** 命令，可以看到 LSP 表项，并且，LSRB 和 LSRC 上有两条 LSP 经过。

```
[LSRA] display mpls lsp
------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: RSVP LSP
------------------------------------------------------------------------
FEC                In/Out Label  In/Out IF                    Vrf Name
4.4.4.4/32         NULL/13312    -/GE1/0/0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRB] display mpls lsp
------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: RSVP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC               In/Out Label  In/Out IF                     Vrf Name
4.4.4.4/32        13312/13312   GE1/0/0/GE2/0/0
3.3.3.3/32        NULL/13312    -/Pos3/0/0
[LSRC] display mpls lsp
------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: RSVP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC               In/Out Label  In/Out IF                     Vrf Name
4.4.4.4/32        13312/3       GE2/0/0/GE1/0/0
[LSRE] display mpls lsp
------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: RSVP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC               In/Out Label  In/Out IF                     Vrf Name
3.3.3.3/32        13312/3       Pos1/0/0/Pos2/0/0
```

在节点上执行 **display mpls te tunnel** 命令，可以看到隧道的建立情况，LSRB 和 LSRC 上有两条隧道经过。

```
[LSRA] display mpls te tunnel
LSP-Id                   Destination          In/Out-If
1.1.1.1:100:1            4.4.4.4              -/GE1/0/0
[LSRB] display mpls te tunnel
LSP-Id                   Destination          In/Out-If
1.1.1.1:100:1            4.4.4.4              GE1/0/0/GE2/0/0
2.2.2.2:300:1            3.3.3.3              -/Pos3/0/0
[LSRC] display mpls te tunnel
LSP-Id                   Destination          In/Out-If
1.1.1.1:100:1            4.4.4.4              GE2/0/0/GE1/0/0
[LSRE] display mpls te tunnel
LSP-Id                   Destination          In/Out-If
2.2.2.2:300:1            3.3.3.3              Pos1/0/0/Pos2/0/0
```

在 LSRB 上执行 **display mpls te tunnel name Tunnel1/0/0 verbose** 命令，可以看到旁路隧道绑定到出接口 GE2/0/0，目前未被使用。

```
[LSRB] display mpls te tunnel name Tunnel1/0/0 verbose
    No                      :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex             :  1            LSP Index         :  4098
    Session ID              :  100          LSP ID            :  1
    Lsr Role                :  Transit      LSP Type          :  Primary
    Ingress LSR ID          :  1.1.1.1
    Egress LSR ID           :  4.4.4.4
    In-Interface            :  GE1/0/0
    Out-Interface           :  GE2/0/0
    Sign-Protocol           :  RSVP TE      Resv Style        :  SE
    IncludeAnyAff           :  0x0          ExcludeAnyAff     :  0x0
    IncludeAllAff           :  0x0
    LspConstraint           :  -
    ER-Hop Table Index      :  -            AR-Hop Table Index:  2
    C-Hop Table Index       :  1
    PrevTunnelIndexInSession:  -            NextTunnelIndexInSession:  -
    PSB Handle              :  65546
    Created Time            :  2009/01/12 09:42:04
    --------------------------------
             DS-TE Information
    --------------------------------
    Bandwidth Reserved Flag :  Reserved
    CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  100000       CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    Setup-Priority          :  7            Hold-Priority     :  7
    --------------------------------
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
            FRR Information
--------------------------------
Primary LSP Info
TE Attribute Flag       :  0x63        Protected Flag    :  0x1
Bypass In Use           :  Not Used
Bypass Tunnel Id        :  67141670
BypassTunnel            :  Tunnel Index[Tunnel3/0/0], InnerLabel[1024]
Bypass Lsp ID           :  9           FrrNextHop        :  3.3.1.2
ReferAutoBypassHandle   :  -
FrrPrevTunnelTableIndex :  -           FrrNextTunnelTableIndex:  -
Bypass Attribute(Not configured)
Setup Priority          :  -           Hold Priority     :  -
HopLimit                :  -           Bandwidth         :  -
IncludeAnyGroup         :  -           ExcludeAnyGroup   :  -
IncludeAllGroup         :  -
Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
CT0 Unbound Bandwidth   :  -         CT1 Unbound Bandwidth:  -
CT2 Unbound Bandwidth   :  -         CT3 Unbound Bandwidth:  -
CT4 Unbound Bandwidth   :  -         CT5 Unbound Bandwidth:  -
CT6 Unbound Bandwidth   :  -         CT7 Unbound Bandwidth:  -
--------------------------------
            BFD Information
--------------------------------
NextSessionTunnelIndex  :  -           PrevSessionTunnelIndex:  -
NextLspId               :  -           PrevLspId         :  -
```

步骤 7 检查配置结果

使 PLR 上被保护的出接口失效。

```
[LSRB] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] shutdown
```

在 LSRA 上执行命令 **display interface tunnel 1/0/0**，查看主 LSP 的状态，可以看到 Tunnel 接口仍然处于 UP 状态。

在 LSRA 上执行 **tracert lsp te tunnel 1/0/0** 命令来查看隧道经过的路径。

```
[LSRA] tracert lsp te tunnel 1/0/0
  LSP Trace Route FEC: TE TUNNEL IPV4 SESSION QUERY Tunnel1/0/0 , press CTRL_C to break.
  TTL   Replier            Time    Type      Downstream
  0                                Ingress   2.1.1.2/[13312 ]
  1     2.1.1.2            1 ms    Transit
  2     3.2.1.2            16 ms   Transit
  3     3.3.1.2            1 ms    Transit
  4     4.1.1.2            1 ms    Egress
```

由此可以确认链路已切换到 Bypass Tunnel。

说明

如果在 FRR 切换后马上执行 **display mpls te tunnel-interface** 命令查看隧道接口的详细信息，会看到两条处于 UP 状态的 CR-LSP。这是因为 FRR 采用 Make-before-break 方式建立新的 LSP，旧的 LSP 在新 LSP 建立成功后过一段时间才被删除。

在 LSRB 上执行 **display mpls te tunnel name Tunnel1/0/0 verbose** 命令，可以看到旁路隧道被使用。

```
[LSRB] display mpls te tunnel name Tunnel1/0/0 verbose
    No                  :  1
    Tunnel-Name         :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex         :  1           LSP Index         :  4098
    Session ID          :  100         LSP ID            :  1
    Lsr Role            :  Transit
    Ingress LSR ID      :  1.1.1.1
    Egress LSR ID       :  4.4.4.4
    In-Interface        :  GE1/0/0
    Out-Interface       :  GE2/0/0
    Sign-Protocol       :  RSVP TE     Resv Style        :  SE
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
IncludeAnyAff           :  0x0         ExcludeAnyAff     :  0x0
IncludeAllAff           :  0x0
ER-Hop Table Index      :  3           AR-Hop Table Index:  12
C-Hop Table Index       :  50
PrevTunnelIndexInSession:  -           NextTunnelIndexInSession:  -
PSB Handle              :  66000
Created Time            :  2009/01/12 10:09:10
--------------------------------
         DS-TE Information
--------------------------------
Bandwidth Reserved Flag :  Unreserved
CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  100000      CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
Setup-Priority          :  7           Hold-Priority     :  7
--------------------------------
           FRR Information
--------------------------------
Primary LSP Info
TE Attribute Flag       :  0x63        Protected Flag    :  0x1
Bypass In Use           :  In Use
Bypass Tunnel Id        :  67141670
BypassTunnel            :  Tunnel Index[Tunnel3/0/0], InnerLabel[1024]
Bypass Lsp ID           :  9           FrrNextHop        :  3.3.1.2
ReferAutoBypassHandle   :  -
FrrPrevTunnelTableIndex :  -           FrrNextTunnelTableIndex:  -
Bypass Attribute(Not configured)
Setup Priority          :  -           Hold Priority     :  -
HopLimit                :  -           Bandwidth         :  -
IncludeAnyGroup         :  -           ExcludeAnyGroup   :  -
IncludeAllGroup         :  -
Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
CT0 Unbound Bandwidth   :  -         CT1 Unbound Bandwidth:  -
CT2 Unbound Bandwidth   :  -         CT3 Unbound Bandwidth:  -
CT4 Unbound Bandwidth   :  -         CT5 Unbound Bandwidth:  -
CT6 Unbound Bandwidth   :  -         CT7 Unbound Bandwidth:  -
--------------------------------
           BFD Information
--------------------------------
NextSessionTunnelIndex  :  -           PrevSessionTunnelIndex:  -
NextLspId               :  -           PrevLspId         :  -
```

在 PLR 上配置 FRR 的扫描定时器为 5 秒。

```
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] mpls te timer fast-reroute 5
[LSRB-mpls] quit
```

使 PLR 上被保护的出接口重新生效。

```
[LSRB] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] undo shutdown
```

在 LSRA 上查看主 LSP 的状态，执行命令 **display interface tunnel 1/0/0**，可以看到 Tunnel 接口处于 UP 状态。

等待一段时间后，在 LSRB 上执行 **display mpls te tunnel name Tunnel1/0/0 verbose** 命令，可以看到 Tunnel1/0/0 的 Bypass In Use 的状态为 Not Used，表明数据流已切回到 GE2/0/0 传输。

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path pri-path
  next hop 2.1.1.2
  next hop 3.1.1.2
  next hop 4.1.1.2
  next hop 4.4.4.4
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0001.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 2.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 4.4.4.4
mpls te record-route label
 mpls te path explicit-path pri-path
mpls te tunnel-id 100
 mpls te bandwidth ct0 50000
mpls te fast-reroute
 mpls te commit
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls te timer fast-reroute 5
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path by-path
  next hop 3.2.1.2
  next hop 3.3.1.2
  next hop 3.3.3.3
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0002.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 2.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 3.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface Pos3/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 3.2.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel3/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 300
 mpls te record-route
  mpls te path explicit-path by-path
  mpls te bandwidth ct0 100000
  mpls te bypass-tunnel
 mpls te protected-interface GigabitEthernet 2/0/0
 mpls te commit
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0003.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 4.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 3.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
interface Pos3/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 3.3.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0004.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 4.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRE 的配置文件

```
#
 sysname LSRE
#
 mpls lsr-id 5.5.5.5
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0005.00
 traffic-eng level-2
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 clock master
 ip address 3.2.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 clock master
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ip address 3.3.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

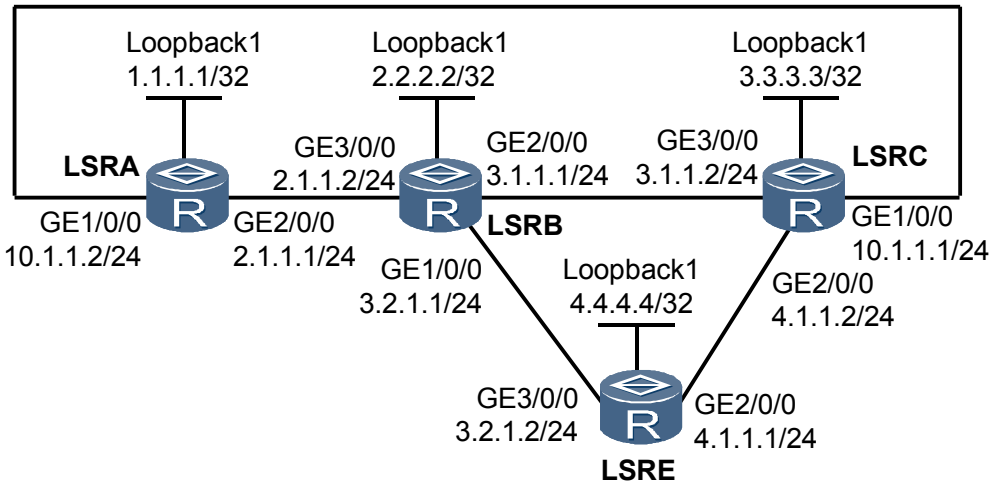
3.25.12 配置 MPLS TE Auto FRR 示例

本例描述了如何在入节点和中间节点上分别创建一条节点保护和一条链路保护的旁路隧道，并且都提供带宽保护的过程。

组网需求

如图 3-13 所示，要求创建一条沿显式路径：LSRA→LSRB→LSRC 的主隧道。在入节点 LSRA 和中间节点 LSRB 上分别创建一条节点保护和一条链路保护的旁路隧道，并且都提供带宽保护。

图 3-13 配置 TE Auto FRR 组网图



配置思路

采用如下的思路配置 TE Auto FRR：

1. 建立主隧道，在隧道接口下使能 TE FRR 并在 MPLS 视图下使能 MPLS Auto FRR。
2. 在隧道接口视图下指定旁路隧道可保护的带宽以及优先级。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- 各节点的 OSPF 进程号、所在的区域
- 链路最大可预留带宽和 BC 带宽
- 主隧道经过的路径
- 主隧道接口的接口编号、IP 地址、目的地址、隧道 ID、隧道信令协议（为 RSVP-TE）、隧道带宽

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

按照图 3-13 配置各接口的 IP 地址和掩码，包括各 Loopback 接口，具体配置过程略。

步骤 2 配置 OSPF 协议发布各网段路由及 LSR ID 的主机路由

在所有节点上配置 OSPF 协议，发布 LSR ID 的主机路由，具体配置过程略。

配置完成后，在各节点上执行 **display ip routing-table** 命令，应可以看到相互之间都学到了到对方 LSR ID 的主机路由。

步骤 3 配置 MPLS 基本能力，使能 MPLS TE、RSVP-TE 和 CSPF

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls te
[LSRA-mpls] mpls rsvp-te
[LSRA-mpls] mpls te cspf
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRA-GigabitEthernet2/0/0] mpls
[LSRA-GigabitEthernet2/0/0] mpls te
[LSRA-GigabitEthernet2/0/0] mpls rsvp-te
[LSRA-GigabitEthernet2/0/0] quit
[LSRA] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls te
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] quit
```

说明

LSRB、LSRC、LSRD 的配置与 LSRA 的配置相似，此处不再赘述。其中，只需在主隧道和旁路隧道的入节点上使能 CSPF。即，只需在 LSRA、LSRB 上使能 CSPF，LSRC 和 LSRD 上无需使能 CSPF。

步骤 4 配置 OSPF TE

配置 LSRA。

```
[LSRA] ospf
[LSRA-ospf-1] opaque-capability enable
[LSRA-ospf-1] area 0
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[LSRA-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[LSRA-ospf-1] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] ospf
[LSRB-ospf-1] opaque-capability enable
[LSRB-ospf-1] area 0
[LSRB-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[LSRB-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRB-ospf-1] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] ospf
[LSRC-ospf-1] opaque-capability enable
[LSRC-ospf-1] area 0
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[LSRC-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[LSRC-ospf-1] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] ospf
[LSRD-ospf-1] opaque-capability enable
[LSRD-ospf-1] area 0
[LSRD-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[LSRD-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[LSRD-ospf-1] quit
```

步骤 5 在各链路上配置 MPLS TE 带宽属性

配置链路的最大可预留带宽为 10MBit/s；BC0 带宽为 10MBit/s；BC1 带宽为 3MBit/s。

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRA-GigabitEthernet2/0/0]mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 10000
[LSRA-GigabitEthernet2/0/0] mpls te bandwidth bc0 10000 bc1 3000
```

为简便起见，图中的所有主隧道和旁路隧道经过的链路出接口上均使用这些配置，此处不再赘述。

步骤 6 配置显式路径，准备给主隧道使用

```
[LSRA] explicit-path master
[LSRA-explicit-path-master] next hop 2.1.1.2
[LSRA-explicit-path-master] next hop 3.1.1.2
```

步骤 7 使能 TE Auto FRR

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls
[LSRA－mpls] mpls te auto-frr
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls
[LSRB－mpls] mpls te auto-frr
```

步骤 8 配置主隧道

```
[LSRA] interface tunnel2/0/0
[LSRA-Tunnel2/0/0] ip address unnumbered interface loopBack1
[LSRA-Tunnel2/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRA-Tunnel2/0/0] destination 3.3.3.3
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te tunnel-id 200
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te record-route label
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te path explicit-path master
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te bandwidth ct0 400
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te priority 4 3
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te fast-reroute bandwidth
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te bypass-attributes bandwidth 200 priority 5 4
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel2/0/0] quit
```

步骤 9 检查配置结果

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

在入节点 LSRA 上使用命令 **display mpls te tunnel name Tunnel2/0/0 verbose** 查看 LSP 信息时，可以看到主隧道信息及与之邦定的旁路隧道。

```
[LSRA] display mpls te tunnel name Tunnel2/0/0 verbose
    No                      :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel2/0/0
    TunnelIndex             :  1            LSP Index          :  3072
    Session ID              :  200          LSP ID             :  1
    Lsr Role                :  Ingress      LSP Type           :  Primary
    Ingress LSR ID          :  1.1.1.1
    Egress LSR ID           :  3.3.3.3
    In-Interface            :  -
    Out-Interface           :  GE2/0/0
    Sign-Protocol           :  RSVP TE      Resv Style         :  SE
    IncludeAnyAff           :  0x0          ExcludeAnyAff      :  0x0
    IncludeAllAff           :  0x0
    LspConstraint           :  -
    ER-Hop Table Index      :  -            AR-Hop Table Index:  2
    C-Hop Table Index       :  -
    PrevTunnelIndexInSession:  -            NextTunnelIndexInSession:  -
    PSB Handle              :  65546
    Created Time            :  2009/03/30 09:52:03
    ------------------------------
             DS-TE Information
    ------------------------------
    Bandwidth Reserved Flag :  Reserved
    CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  10000        CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    Setup-Priority          :  7            Hold-Priority      :  7
    ------------------------------
               FRR Information
    ------------------------------
    Primary LSP Info
    TE Attribute Flag       :  0x63         Protected Flag     :  0x1
    Bypass In Use           :  Not Used
    Bypass Tunnel Id        :  67141670
    BypassTunnel            :  Tunnel Index[Tunnel0/0/2048], InnerLabel[3]
    Bypass Lsp ID           :  -            FrrNextHop         :  10.1.1.1
    ReferAutoBypassHandle   :  2049
    FrrPrevTunnelTableIndex :  -            FrrNextTunnelTableIndex:  -
    Bypass Attribute(Not configured)
    Setup Priority          :  -            Hold Priority      :  -
    HopLimit                :  -            Bandwidth          :  -
    IncludeAnyGroup         :  -            ExcludeAnyGroup    :  -
    IncludeAllGroup         :  -
    Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
    CT0 Unbound Bandwidth   :  -          CT1 Unbound Bandwidth:  -
    CT2 Unbound Bandwidth   :  -          CT3 Unbound Bandwidth:  -
    CT4 Unbound Bandwidth   :  -          CT5 Unbound Bandwidth:  -
    CT6 Unbound Bandwidth   :  -          CT7 Unbound Bandwidth:  -
    ------------------------------
              BFD Information
    ------------------------------
    NextSessionTunnelIndex  :  -            PrevSessionTunnelIndex:  -
    NextLspId               :  -            PrevLspId          :  -
```

可以看到主隧道和一条自动旁路隧道 Tunnel0/0/2048 绑定。

用命令 **display mpls te tunnel name Tunnel0/0/2048 verbose** 可以看到自动旁路隧道的详细信息。它的带宽和创建、保持优先级和主隧道的 bypass-attribute 配置项一致。

```
[LSRA] display mpls te tunnel name Tunnel0/0/2048 verbose
    No                      :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel0/0/2048
    TunnelIndex             :  3            LSP Index          :  2051
    Session ID              :  1026         LSP ID             :  1
    Lsr Role                :  Ingress      Lsp Type           :  Primary
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
Ingress LSR ID          :  1.1.1.1
Egress LSR ID           :  3.3.3.3
In-Interface            :  -
Out-Interface           :  GE1/0/0
Sign-Protocol           :  RSVP TE      Resv Style        :  SE
IncludeAnyAff           :  0x0          ExcludeAnyAff     :  0x0
IncludeAllAff           :  0x0
LspConstraint           :  -
ER-Hop Table Index      :  -            AR-Hop Table Index:  3
C-Hop Table Index       :  3
PrevTunnelIndexInSession:  -            NextTunnelIndexInSession:  -
PSB Handle              :  1027
Created Time            :  2010/07/01 13:35:53 UTC-08:00
--------------------------------
          DS-TE Information
--------------------------------
Bandwidth Reserved Flag :  Reserved
CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  200          CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
Setup-Priority          :  5            Hold-Priority     :  4
--------------------------------
            FRR Information
--------------------------------
Primary LSP Info
TE Attribute Flag       :  0x3          Protected Flag    :  0x0
Bypass In Use           :  Not Exists
Bypass Tunnel Id        :  -
BypassTunnel            :  -
Bypass Lsp ID           :  -            FrrNextHop        :  -
ReferAutoBypassHandle   :  -
FrrPrevTunnelTableIndex :  -            FrrNextTunnelTableIndex:  -
Bypass Attribute(Not configured)
Setup Priority          :  -            Hold Priority     :  -
HopLimit                :  -            Bandwidth         :  -
IncludeAnyGroup         :  -            ExcludeAnyGroup   :  -
IncludeAllGroup         :  -
Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
CT0 Unbound Bandwidth   :  -          CT1 Unbound Bandwidth:  -
CT2 Unbound Bandwidth   :  -          CT3 Unbound Bandwidth:  -
CT4 Unbound Bandwidth   :  -          CT5 Unbound Bandwidth:  -
CT6 Unbound Bandwidth   :  -          CT7 Unbound Bandwidth:  -
--------------------------------
            BFD Information
--------------------------------
NextSessionTunnelIndex  :  -            PrevSessionTunnelIndex:  -
NextLspId               :  -            PrevLspId         :  -
```

可以看到自动旁路隧道保护主隧道的出接口 GigabitEthernet2/0/0，排除了主隧道路径上的三个地址提供节点保护，并且带宽是 200kbps，建立优先级和保持优先级分别是 5 和 4。

在 LSRA 上用命令 **display mpls te tunnel path** 可以看到主隧道和自动旁路隧道的路径信息，在主隧道的出接口这一跳上显示主隧道受节点保护和带宽保护。

```
[LSRA] display mpls te tunnel path
Tunnel Interface Name : Tunnel2/0/0
 Lsp ID : 1.1.1.1 :200:1
 Hop Information
  Hop 0   2.1.1.1 Local-Protection available | bandwidth | node
  Hop 1   2.1.1.2  Label 106497
  Hop 2   2.2.2.2
  Hop 3   3.1.1.1 Local-Protection available | bandwidth
  Hop 4   3.1.1.2  Label 3
  Hop 5   3.3.3.3
Tunnel Interface Name : Tunnel2/0/2048
 Lsp ID : 2.2.2.2 :5097 :2
 Hop Information
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
  Hop 0   2.2.2.2
  Hop 1   3.2.1.1
  Hop 2   3.2.1.2
  Hop 3   4.4.4.4
  Hop 4   4.1.1.1
  Hop 5   4.1.1.2
  Hop 6   3.3.3.3
Tunnel Interface Name : Tunnel0/0/2048
Lsp ID : 1.1.1.1 :5097:3
Hop Information
  Hop 0   10.1.1.2
  Hop 1   10.1.1.1
  Hop 2   3.3.3.3
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls te auto-frr
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path master
  next hop 2.1.1.2
  next hop 3.1.1.2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 10000
 mpls te bandwidth bc0 10000 bc1 3000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 2.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 10000
 mpls te bandwidth bc0 10000 bc1 3000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
interface Tunnel2/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 200
 mpls te record-route label
 mpls te bandwidth ct0 400
 mpls te path explicit-path master
 mpls te priority 4 3
 mpls te fast-reroute bandwidth
 mpls te bypass-attributes bandwidth 200 priority 5 4
 mpls te commit
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 2.1.1.0 0.0.0.255
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls te auto-frr
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 3.2.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 10000
 mpls te bandwidth bc0 10000 bc1 3000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 3.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 10000
 mpls te bandwidth bc0 10000 bc1 3000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 2.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 3.1.1.0 0.0.0.255
  network 3.2.1.0 0.0.0.255
  network 2.1.1.0 0.0.0.255
  network 2.2.2.2 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ip address 4.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 3.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 3.1.1.0 0.0.0.255
  network 4.1.1.0 0.0.0.255
  network 3.3.3.3 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 4.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 10000
 mpls te bandwidth bc0 10000 bc1 3000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 3.2.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 3.2.1.0 0.0.0.255
  network 4.1.1.0 0.0.0.255
  network 4.4.4.4 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
Return
```

3.25.13 配置 RSVP 认证示例（TE FRR）

本例描述了在 TE FRR 的环境下，用户通过在 MPLS 视图下配置 RSVP 认证功能提高网络安全性。

版权所有 © 华为技术有限公司

组网需求

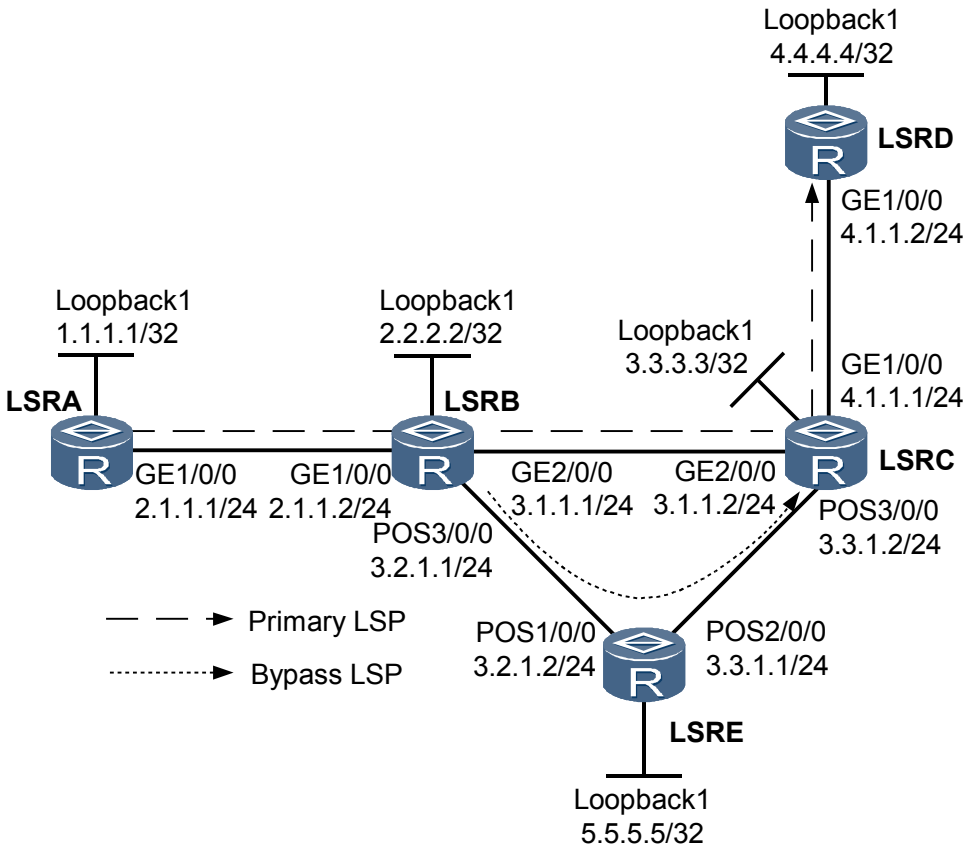
如图 3-14 所示，主 LSP 是 LSRA→LSRB→LSRC→LSRD，要求对 LSRB→LSRC 这段链路通过 FRR 进行链路保护。

建立一条 Bypass LSP，使用路径 LSRB→LSRE→LSRC。LSRB 是本地修复节点 PLR，LSRC 是汇聚点 MP。

使用显式路径方式建立 MPLS TE 的主隧道和旁路隧道。使用的信令协议是 RSVP-TE。

要求在 LSRB 与 LSRC 之间配置 RSVP 认证功能，本例通过使用 LSR-ID 将两个节点配置成邻居。然后再配置认证功能，可以提高 RSVP 认证功能的可靠性。

图 3-14 基于 MPLS TE FRR 的认证配置组网图



配置思路

采用如下的思路配置认证功能：

1. 按照**配置 MPLS TE FRR 示例**配置 MPLS TE FRR。
2. 在隧道的 LSRB 与 LSRC 节点上配置 RSVP 认证功能，防止伪造的 RSVP 资源预留请求非法占用网络资源。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- 各设备的 MPLS LSR-ID
- RSVP 认证的本地密码以及认证密钥
- 需要准备的其他数据请参见**配置 MPLS TE FRR 示例**

操作步骤

步骤 1 配置 MPLS TE FRR

按照**配置 MPLS TE FRR 示例**配置主隧道与旁路隧道，并进行绑定。

步骤 2 在 LSRB 与 LSRC 上配置 RSVP 认证功能，以提高两个节点间报文传输的安全性。为了便于观察认证功能是否配置成功，还配置了 RSVP-TE 握手机制并设置本地密码。

在 LSRB 上配置 RSVP 认证功能

```
[LSRB] mpls rsvp-te peer 3.3.3.3
[LSRB-mpls-rsvp-te-peer-3.3.3.3] mpls rsvp-te authentication plain huawei
[LSRB-mpls-rsvp-te-peer-3.3.3.3] mpls rsvp-te authentication handshake beijingHW
```

在 LSRC 上配置 RSVP 认证功能

```
[LSRC] mpls rsvp-te peer 2.2.2.2
[LSRC-mpls-rsvp-te-peer-2.2.2.2] mpls rsvp-te authentication plain huawei
[LSRC-mpls-rsvp-te-peer-2.2.2.2] mpls rsvp-te authentication handshake beijingHW
```

步骤 3 检查配置结果

在 LSRB 上执行 **display mpls rsvp-te statistics global** 可以查看认证功能的工作状态。通过字段 SendChallengeMsgCounter、RecChallengeMsgCounter、SendResponseMsgCounter 和 RecResponseMsgCounter 的值不为零，可以证明 PLR 与 MP 之间实现了成功握手，由此可见认证功能配置成功。

```
<LSRB> display mpls rsvp-te statistics global
 LSR ID: 2.2.2.2                     LSP Count: 1
 PSB Count: 1                        RSB Count: 1
 RFSB Count: 0

Total Statistics Information:
 PSB CleanupTimeOutCounter: 0        RSB CleanupTimeOutCounter: 0
 SendPacketCounter: 104              RecPacketCounter: 216
 SendCreatePathCounter: 7            RecCreatePathCounter: 57
 SendRefreshPathCounter: 48          RecRefreshPathCounter: 28
 SendCreateResvCounter: 4            RecCreateResvCounter: 4
 SendRefreshResvCounter: 26          RecRefreshResvCounter: 49
 SendResvConfCounter: 0              RecResvConfCounter: 0
 SendHelloCounter: 0                 RecHelloCounter: 0
 SendAckCounter: 0                   RecAckCounter: 0
 SendPathErrCounter: 1               RecPathErrCounter: 0
 SendResvErrCounter: 0               RecResvErrCounter: 0
 SendPathTearCounter: 0              RecPathTearCounter: 1
 SendResvTearCounter: 1              RecResvTearCounter: 1
 SendSrefreshCounter: 0              RecSrefreshCounter: 0
 SendAckMsgCounter: 0                RecAckMsgCounter: 0
 SendChallengeMsgCounter: 1          RecChallengeMsgCounter: 1
 SendResponseMsgCounter: 1           RecResponseMsgCounter: 1
 SendErrMsgCounter: 1                RecErrMsgCounter: 0
 ResourceReqFaultCounter: 0
 Bfd neighbor count: 1               Bfd session count: 0
```

使 PLR 上被保护的出接口失效。

```
[LSRB] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] shutdown
```


版权所有 © 华为技术有限公司

在 LSRA 上执行命令 **display interface tunnel 1/0/0**，查看主 LSP 的状态，可以看到 Tunnel 接口仍然处于 UP 状态。

#在 LSRA 上执行 **tracert lsp te tunnel 1/0/0** 命令来查看隧道经过的路径。

```
<LSRA> tracert lsp te tunnel 1/0/0
  LSP Trace Route FEC: TE TUNNEL IPV4 SESSION QUERY Tunnel1/0/0 , press CTRL_C to break.
  TTL   Replier            Time    Type      Downstream
  0                                Ingress   2.1.1.2/[13312 ]
  1     2.1.1.2            1 ms    Transit   3.2.1.2/[13312 13312 ]
  2     3.2.1.2            16 ms   Transit   3.3.1.2/[3 ]
  3     3.3.1.2            1 ms    Transit   4.1.1.2/[3 ]
  4     4.1.1.2            1 ms    Egress
```

由此可以确认链路已切换到 Bypass Tunnel。

在 LSRB 上执行 **display mpls te tunnel name tunnel1/0/0 verbose** 命令，可以看到旁路隧道被使用。

```
<LSRB> display mpls te tunnel name tunnel1/0/0 verbose
    No                      :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex             :  1            LSP Index          :  4098
    Session ID              :  100          LSP ID             :  1
    Lsr Role                :  Transit      LSP Type           :  Primary
    Ingress LSR ID          :  1.1.1.1
    Egress LSR ID           :  4.4.4.4
    In-Interface            :  GE1/0/0
    Out-Interface           :  GE2/0/0
    Sign-Protocol           :  RSVP TE      Resv Style         :  SE
    IncludeAnyAff           :  0x0          ExcludeAnyAff      :  0x0
    IncludeAllAff           :  0x0
    LspConstraint           :  1
    ER-Hop Table Index      :  3            AR-Hop Table Index:  12
    C-Hop Table Index       :  50
    PrevTunnelIndexInSession:  -            NextTunnelIndexInSession:  -
    PSB Handle              :  66000
    Created Time            :  2009/01/12 10:09:10
    ------------------------------
             DS-TE Information
    ------------------------------
    Bandwidth Reserved Flag :  Unreserved
    CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  50000        CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    Setup-Priority          :  7            Hold-Priority      :  7
    ------------------------------
               FRR Information
    ------------------------------
    Primary LSP Info
    TE Attribute Flag       :  0x63         Protected Flag     :  0x1
    Bypass In Use           :  In Use
    Bypass Tunnel Id        :  67141670
    BypassTunnel            :  Tunnel Index[Tunnel3/0/0], InnerLabel[1024]
    Bypass Lsp ID           :  9            FrrNextHop         :  3.3.1.2
    ReferAutoBypassHandle   :  -
    FrrPrevTunnelTableIndex :  -            FrrNextTunnelTableIndex:  -
    Bypass Attribute(Not configured)
    Setup Priority          :  -            Hold Priority      :  -
    HopLimit                :  -            Bandwidth          :  -
    IncludeAnyGroup         :  -            ExcludeAnyGroup    :  -
    IncludeAllGroup         :  -
    Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
    CT0 Unbound Bandwidth   :  -            CT1 Unbound Bandwidth:  -
    CT2 Unbound Bandwidth   :  -            CT3 Unbound Bandwidth:  -
    CT4 Unbound Bandwidth   :  -            CT5 Unbound Bandwidth:  -
    CT6 Unbound Bandwidth   :  -            CT7 Unbound Bandwidth:  -
    ------------------------------
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
            BFD Information
    --------------------------------
    NextSessionTunnelIndex  :  -          PrevSessionTunnelIndex:  -
    NextLspId               :  -          PrevLspId         :  -
```

执行命令 **display mpls rsvp-te peer** 查看旁路 LSP 是否建立成功。

```
<LSRB> display mpls rsvp-te peer
Remote Node id Neighbor
 Neighbor Addr:  -----
 SrcInstance: 0xDAC29CB4              NbrSrcInstance: 0x0
 PSB Count: 1                         RSB Count: 0
 Hello Type Sent: NONE
 SRefresh Enable: NO
 Last valid seq # rcvd: NULL

Interface: gigabitethernet1/0/0
 Neighbor Addr: 2.1.1.1
 SrcInstance: 0xDAC29CB4              NbrSrcInstance: 0x0
 PSB Count: 1                        RSB Count: 0
 Hello Type Sent: NONE
 SRefresh Enable: NO
 Last valid seq # rcvd: NULL

Interface: gigabitethernet2/0/0
 Neighbor Addr: 3.1.1.2
 SrcInstance: 0xDAC29CB4              NbrSrcInstance: 0x0
 PSB Count: 0                         RSB Count: 0
 Hello Type Sent: NONE
 SRefresh Enable: NO
 Last valid seq # rcvd: NULL

Interface: POS1/0/0
 Neighbor Addr: 3.2.1.2
 SrcInstance: 0xDAC29CB4              NbrSrcInstance: 0x0
 PSB Count: 0                         RSB Count: 1
 Hello Type Sent: NONE
 SRefresh Enable: NO
 Last valid seq # rcvd: NULL
```

LSRB 的 POS1/0/0 接口上的 RSB 数量不为零，说明 LSRB 和邻居 LSRE 在 POS1/0/0 上的 RSVP 密钥认证通过，资源预留成功。

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path pri-path
  next hop 2.1.1.2
  next hop 3.1.1.2
  next hop 4.1.1.2
  next hop 4.4.4.4
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0001.00
 traffic-eng level-2
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 2.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 4.4.4.4
mpls te record-route label
 mpls te path explicit-path pri-path
mpls te tunnel-id 100
 mpls te bandwidth ct0 50000
mpls te fast-reroute
 mpls te commit
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls te timer fast-reroute 5
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path by-path
  next hop 3.2.1.2
  next hop 3.3.1.2
  next hop 3.3.3.3
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0002.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 2.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 3.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface Pos3/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 3.2.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel3/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 300
 mpls te record-route
  mpls te path explicit-path by-path
  mpls te bandwidth ct0 100000
  mpls te bypass-tunnel
 mpls te protected-interface GigabitEthernet 2/0/0
 mpls te commit
mpls rsvp-te peer 3.3.3.3
 mpls rsvp-te authentication plain huawei
 mpls rsvp-te authentication handshake beijingHW
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0003.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 4.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 3.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos3/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 3.3.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
 isis enable 1
mpls rsvp-te peer 2.2.2.2
 mpls rsvp-te authentication plain huawei
 mpls rsvp-te authentication handshake beijingHW
#
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0004.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 4.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRE 的配置文件

```
#
 sysname LSRE
#
 mpls lsr-id 5.5.5.5
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0005.00
 traffic-eng level-2
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 clock master
 ip address 3.2.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 clock master
 ip address 3.3.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
 isis enable 1
#
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
return
```

3.25.14 配置 RSVP-TE 摘要刷新示例（TE FRR）

本例描述了在 TE FRR 的环境下，用户通过配置 RSVP 摘要刷新功能，提高网络资源利用率。

组网需求

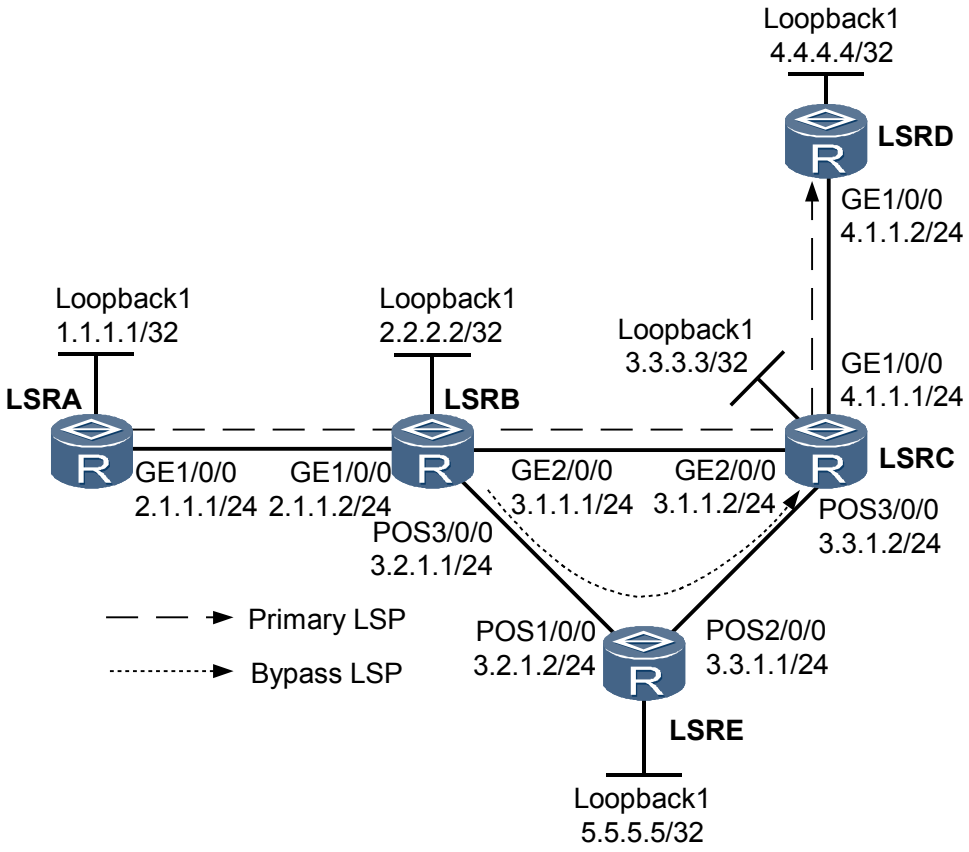
如图 3-15 所示，主 LSP 是 LSRA→LSRB→LSRC→LSRD，要求对 LSRB→LSRC 这段链路通过 FRR 进行链路保护,然后在 LSRB 与 LSRC 之间配置摘要刷新功能。

建立一条 Bypass LSP，使用路径 LSRB→LSRE→LSRC。LSRB 是本地修复节点 PLR，LSRC 是汇聚点 MP。

使用显式路径方式建立 MPLS TE 的主隧道和旁路隧道。使用的信令协议是 RSVP-TE。

现在要求在 LSRB 与 LSRC 之间配置摘要刷新功能，本例在 MPLS 视图下配置认证功能，可以提高摘要刷新功能的可靠性。

图 3-15 基于 MPLS TE FRR 的摘要刷新配置组网图



配置思路

采用如下的思路配置摘要刷新功能：

版权所有 © 华为技术有限公司

1. 按照**配置 MPLS TE FRR 示例**配置 MPLS TE FRR。
2. 在隧道的 PLR 与 MP 节点上配置 RSVP 摘要刷新功能，用于提高 RSVP 消息传输的可靠性和资源的利用率。

数据准备

需要准备的数据请参见**配置 MPLS TE FRR 示例**

操作步骤

步骤 1 配置 MPLS TE FRR

按照**配置 MPLS TE FRR 示例**配置主隧道与旁路隧道，并进行绑定。

步骤 2 在 PLR 即 LSRB 与 MP 即 LSRC 上配置 RSVP 摘要刷新功能

在 LSRB 上配置 RSVP 摘要刷新功能

```
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] mpls rsvp-te srefresh
[LSRB-mpls] quit
```

在 LSRC 上配置 RSVP 摘要刷新功能

```
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] mpls rsvp-te srefresh
[LSRC-mpls] quit
```

步骤 3 检查配置结果

在 LSRB 上执行 **display mpls rsvp-te statistics global** 可以查看摘要刷新功能的工作状态。通过输出信息，可以发现字段 SendSrefreshCounter、RecSrefreshCounter、SendAckMsgCounter 和 RecAckMsgCounter 的统计数字不为零，这表明已经有摘要刷新的数据包成功传输。

```
[LSRB]display mpls rsvp-te statistics global
 LSR ID: 2.2.2.2                     LSP Count: 1
 PSB Count: 1                        RSB Count: 1
 RFSB Count: 0

Total Statistics Information:
 PSB CleanupTimeOutCounter: 0        RSB CleanupTimeOutCounter: 0
 SendPacketCounter: 104              RecPacketCounter: 216
 SendCreatePathCounter: 7            RecCreatePathCounter: 57
 SendRefreshPathCounter: 48          RecRefreshPathCounter: 28
 SendCreateResvCounter: 4            RecCreateResvCounter: 4
 SendRefreshResvCounter: 26          RecRefreshResvCounter: 49
 SendResvConfCounter: 0              RecResvConfCounter: 0
 SendHelloCounter: 0                 RecHelloCounter: 0
 SendAckCounter: 0                   RecAckCounter: 0
 SendPathErrCounter: 1               RecPathErrCounter: 0
 SendResvErrCounter: 0               RecResvErrCounter: 0
 SendPathTearCounter: 0              RecPathTearCounter: 1
 SendResvTearCounter: 1              RecResvTearCounter: 1
 SendSrefreshCounter: 1            RecSrefreshCounter: 6
 SendAckMsgCounter: 6              RecAckMsgCounter: 16
 SendChallengeMsgCounter: 0          RecChallengeMsgCounter: 0
 SendResponseMsgCounter: 0           RecResponseMsgCounter: 0
 SendErrMsgCounter: 1                RecErrMsgCounter: 0
 ResourceReqFaultCounter: 0
 Bfd neighbor count: 1               Bfd session count: 0
```

使 PLR 上的被保护的出接口 GE2/0/0 失效。

```
[LSRB] interface gigabitethernet 2/0/0
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] shutdown
```

在 LSRA 上执行命令 **display interface tunnel 1/0/0**，查看主 LSP 的状态，可以看到 Tunnel 接口仍然处于 UP 状态。

在 LSRA 上执行 **tracert lsp te tunnel 1/0/0** 命令来查看隧道经过的路径。

```
[LSRA] tracert lsp te tunnel 1/0/0
  LSP Trace Route FEC: TE TUNNEL IPV4 SESSION QUERY Tunnel1/0/0 , press CTRL_C to break.
  TTL   Replier            Time    Type      Downstream
  0                                Ingress   2.1.1.2/[13312 ]
  1     2.1.1.2            1 ms    Transit   3.2.1.2/[13312 13312 ]
  2     3.2.1.2            16 ms   Transit   3.3.1.2/[3 ]
  3     3.3.1.2            1 ms    Transit   4.1.1.2/[3 ]
  4     4.1.1.2            1 ms    Egress
```

由此可以确认链路已切换到 Bypass Tunnel。

在 LSRB 上执行 **display mpls te tunnel name tunnel1/0/0 verbose** 命令，可以看到旁路隧道被使用。

```
[LSRB] display mpls te tunnel name tunnel1/0/0 verbose
    No                      :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex             :  1            LSP Index          :  4098
    Session ID              :  100          LSP ID             :  1
    Lsr Role                :  Transit      LSP Type           :  Primary
    Ingress LSR ID          :  1.1.1.1
    Egress LSR ID           :  4.4.4.4
    In-Interface            :  GE1/0/0
    Out-Interface           :  GE2/0/0
    Sign-Protocol           :  RSVP TE      Resv Style         :  SE
    IncludeAnyAff           :  0x0          ExcludeAnyAff      :  0x0
    IncludeAllAff           :  0x0
    LspConstraint           :  1
    ER-Hop Table Index      :  3            AR-Hop Table Index:  12
    C-Hop Table Index       :  50
    PrevTunnelIndexInSession:  -            NextTunnelIndexInSession:  -
    PSB Handle              :  66000
    Created Time            :  2009/01/12 10:09:10
    --------------------------------
              DS-TE Information
    --------------------------------
    Bandwidth Reserved Flag :  Unreserved
    CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  50000        CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    Setup-Priority          :  7            Hold-Priority      :  7
    --------------------------------
               FRR Information
    --------------------------------
    Primary LSP Info
    TE Attribute Flag       :  0x63         Protected Flag     :  0x1
    Bypass In Use           :  In Use
    Bypass Tunnel Id        :  67141670
    BypassTunnel            :  Tunnel Index[Tunnel3/0/0], InnerLabel[1024]
    Bypass Lsp ID           :  9            FrrNextHop         :  3.3.1.2
    ReferAutoBypassHandle   :  -
    FrrPrevTunnelTableIndex :  -            FrrNextTunnelTableIndex:  -
    Bypass Attribute(Not configured)
    Setup Priority          :  -            Hold Priority      :  -
    HopLimit                :  -            Bandwidth          :  -
    IncludeAnyGroup         :  -            ExcludeAnyGroup    :  -
    IncludeAllGroup         :  -
    Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
    CT0 Unbound Bandwidth   :  -            CT1 Unbound Bandwidth:  -
    CT2 Unbound Bandwidth   :  -            CT3 Unbound Bandwidth:  -
    CT4 Unbound Bandwidth   :  -            CT5 Unbound Bandwidth:  -
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  CT6 Unbound Bandwidth   :  -          CT7 Unbound Bandwidth:  -
  ------------------------------
            BFD Information
  ------------------------------
  NextSessionTunnelIndex  :  -          PrevSessionTunnelIndex:  -
  NextLspId               :  -          PrevLspId         :  -
```

#执行命令 **display mpls rsvp-te statistics global** 查看对摘要刷新的统计信息。

```
[LSRB]display mpls rsvp-te statistics global
 LSR ID: 2.2.2.2                    LSP Count: 2
 PSB Count: 2                       RSB Count: 2
 RFSB Count: 1

Total Statistics Information:
 PSB CleanupTimeOutCounter: 0       RSB CleanupTimeOutCounter: 0
 SendPacketCounter: 28              RecPacketCounter: 61
 SendCreatePathCounter: 3           RecCreatePathCounter: 18
 SendRefreshPathCounter: 9          RecRefreshPathCounter: 6
 SendCreateResvCounter: 3           RecCreateResvCounter: 2
 SendRefreshResvCounter: 4          RecRefreshResvCounter: 10
 SendResvConfCounter: 0             RecResvConfCounter: 0
 SendHelloCounter: 0                RecHelloCounter: 0
 SendAckCounter: 0                  RecAckCounter: 0
 SendPathErrCounter: 1              RecPathErrCounter: 0
 SendResvErrCounter: 0              RecResvErrCounter: 0
 SendPathTearCounter: 0             RecPathTearCounter: 0
 SendResvTearCounter: 0             RecResvTearCounter: 0
 SendSrefreshCounter: 14            RecSrefreshCounter: 8
 SendAckMsgCounter: 8               RecAckMsgCounter: 18
 SendChallengeMsgCounter: 0         RecChallengeMsgCounter: 0
 SendResponseMsgCounter: 0          RecResponseMsgCounter: 0
 SendErrMsgCounter: 0               RecErrMsgCounter: 0
 ResourceReqFaultCounter: 0
 Bfd neighbor count: 2              Bfd session count: 0
```

由于 LSRB 和 LSRC 上配置了全局使能的摘要刷新，所以当主隧道失效后，LSRB 和 LSRC 两台设备上的 RSVP 摘要刷新功能依然可以通过其他接口正常工作。

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path pri-path
  next hop 2.1.1.2
  next hop 3.1.1.2
  next hop 4.1.1.2
  next hop 4.4.4.4
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0001.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 2.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 4.4.4.4
mpls te record-route label
 mpls te path explicit-path pri-path
mpls te tunnel-id 100
 mpls te bandwidth ct0 50000
mpls te fast-reroute
 mpls te commit
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls te timer fast-reroute 5
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
  mpls rsvp-te srefresh
#
 explicit-path by-path
  next hop 3.2.1.2
  next hop 3.3.1.2
  next hop 3.3.3.3
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0002.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 2.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 3.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface Pos3/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 3.2.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel3/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 300
 mpls te record-route
  mpls te path explicit-path by-path
  mpls te bandwidth ct0 100000
  mpls te bypass-tunnel
 mpls te protected-interface GigabitEthernet 2/0/0
 mpls te commit
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls rsvp-te srefresh
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0003.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 4.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 3.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos3/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 3.3.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0004.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 4.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRE 的配置文件

```
#
 sysname LSRE
#
 mpls lsr-id 5.5.5.5
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0005.00
 traffic-eng level-2
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 clock master
 ip address 3.2.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 clock master
 ip address 3.3.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

3.25.15 配置 FRR 拔板保护示例

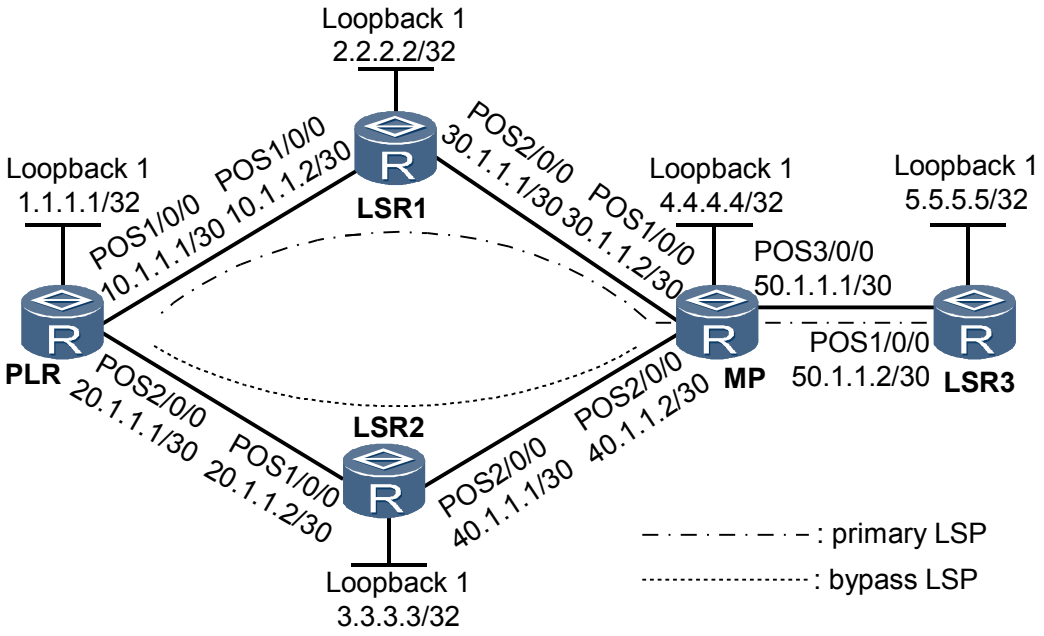
本例描述了如何通过配置实现接口板插拔过程中的 TE 流量的切换与回切。

版权所有 © 华为技术有限公司

组网需求

图 3-16 为 MPLS TE FRR 组网图。主隧道的路径为 PLR→LSR1→MP→LSR3，其旁路隧道的路径为 PLR→LSR2→MP。要求当 PLR 的 POS1/0/0 所在接口板被拔出时，主隧道上的 TE 流量被切换到旁路隧道上，当该接口板被插入时，将流量回切到主隧道上。

图 3-16 配置 FRR 拔板保护组网图



配置思路

采用如下的思路配置 FRR 拔板保护：

1. 将 PLR 上的主隧道和旁路隧道的 Tunnel 接口都配置在主控板上。
2. 配置 MPLS TE FRR 时，指定主隧道和旁路隧道所使用的显式路径。主隧道和旁路隧道的显示路径必须经过 PLR 的不同接口板，否则不能实现拔板保护。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- PLR 上的主控板槽号
- 主隧道和旁路隧道的 tunnel 接口
- 主隧道和旁路隧道在 PLR 上的出接口
- 主隧道和旁路隧道的显式路径

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

按照图 3-16 配置各接口的 IP 地址和掩码，包括各 Loopback 接口，具体配置过程略。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 2 配置 OSPF 协议发布各网段路由及 LSR ID 的主机路由

在所有节点上配置 OSPF 协议，发布 LSR ID 的主机路由，具体配置过程略。

配置完成后，在各节点上执行 **display ip routing-table** 命令，应可以看到相互之间都学到了到对方 LSR ID 的主机路由。

步骤 3 配置 MPLS 基本能力，使能 MPLS TE、RSVP-TE

配置 PLR。

```
[PLR] mpls lsr-id 1.1.1.1
[PLR] mpls
[PLR-mpls] mpls te
[PLR-mpls] mpls rsvp-te
[PLR-mpls] quit
[PLR] interface pos 1/0/0
[PLR-Pos1/0/0] mpls
[PLR-Pos1/0/0] mpls te
[PLR-Pos1/0/0] mpls rsvp-te
[PLR-Pos1/0/0] quit
[PLR] interface pos2/0/0
[PLR-Pos2/0/0] mpls
[PLR-Pos2/0/0] mpls te
[PLR-Pos2/0/0] mpls rsvp-te
[PLR-Pos2/0/0] quit
```

说明

LSR1、LSR2、MP 及 LSR3 的配置与 PLR 的配置相似，此处不再赘述。

步骤 4 配置 OSPF TE，并在隧道入节点使能 CSPF

配置 OSPF TE。

```
[PLR] ospf
[PLR-ospf-1] opaque-capability enable
[PLR-ospf-1] area 0
[PLR-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[PLR-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[PLR-ospf-1] quit
```

说明

LSR1、LSR2、MP、LSR3 上的配置与 PLR 相同，此处不再赘述。

在主隧道入节点使能 CSPF。

```
[PLR] mpls
[PLR-mpls] mpls te cspf
```

步骤 5 在各链路上配置接口带宽属性

配置链路的最大可预留带宽为 10MBit/s；BC0 带宽为 10MBit/s；BC1 带宽为 3MBit/s。

配置 PLR。

```
[PLR] interface pos 1/0/0
[PLR-Pos1/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 10000
[PLR-Pos1/0/0] mpls te bandwidth bc0 10000 bc1 3000
[PLR-Pos1/0/0] quit
[PLR] interface pos 2/0/0
[PLR-Pos2/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 10000
[PLR-Pos2/0/0] mpls te bandwidth bc0 10000 bc1 3000
[PLR-Pos2/0/0] quit
```

在主隧道和旁路隧道沿途的所有链路的出接口都需要进行如上的带宽配置，此处不再赘述。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 6 配置主隧道

在 PLR 上配置主隧道使用的显示路径。

```
[PLR] explicit-path master
[PLR-explicit-path-master] next hop 10.1.1.2
[PLR-explicit-path-master] next hop 30.1.1.2
[PLR-explicit-path-master] next hop 50.1.1.2
[PLR-explicit-path-master] next hop 5.5.5.5
[PLR-explicit-path-master] quit
```

配置主隧道的 tunnel 接口。

```
[PLR] interface tunnel0/0/1
[PLR-Tunnel0/0/1] ip address unnumbered interface loopback1
[PLR-Tunnel0/0/1] tunnel-protocol mpls te
[PLR-Tunnel0/0/1] destination 5.5.5.5
[PLR-Tunnel0/0/1] mpls te tunnel-id 100
[PLR-Tunnel0/0/1] mpls te signal-protocol rsvp-te
[PLR-Tunnel0/0/1] mpls te path explicit-path master
[PLR-Tunnel0/0/1] mpls te bandwidth ct0 400
```

使能 TE FRR。

```
[PLR-Tunnel0/0/1] mpls te fast-reroute
[PLR-Tunnel0/0/1] mpls te commit
[PLR-Tunnel0/0/1] quit
```

配置完成后，在 PLR 上执行 **display interface tunnel** 命令可以看到主隧道的接口 Tunnel0/0/1 状态为 Up。

```
[PLR] display interface tunnel 0/0/1
Tunnel0/0/1 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last up time: 2009-03-29, 16:35:10
Description : Tunnel0/0/1 Interface, Route Port
...
```

步骤 7 配置旁路隧道

在 PLR 上配置旁路隧道使用的显式路径。

```
[PLR] explicit-path by-path
[PLR-explicit-path-by-path] next hop 20.1.1.2
[PLR-explicit-path-by-path] next hop 40.1.1.2
[PLR-explicit-path-by-path] next hop 4.4.4.4
```

配置旁路隧道的 tunnel 接口。

```
[PLR] interface tunnel 0/0/2
[PLR-Tunnel0/0/2] ip address unnumbered interface loopback 1
[PLR-Tunnel0/0/2] tunnel-protocol mpls te
[PLR-Tunnel0/0/2] destination 4.4.4.4
[PLR-Tunnel0/0/2] mpls te tunnel-id 200
[PLR-Tunnel0/0/2] mpls te signal-protocol rsvp-te
[PLR-Tunnel0/0/2] mpls te path explicit-path by-path
[PLR-Tunnel0/0/2] mpls te bypass-tunnel
```

指定旁路隧道保护的接口。

```
[PLR-Tunnel0/0/2] mpls te protected-interface pos 1/0/0
[PLR-Tunnel0/0/2] mpls te commit
```

配置完成后，在 PLR 上执行 **display interface tunnel** 命令可以看到旁路隧道的接口 Tunnel0/0/2 状态为 Up。

```
<PLR> display interface tunnel 0/0/2
Tunnel0/0/2 current state : UP
Line protocol current state : UP
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
Last up time: 2009-03-29, 16:43:34
Description : Tunnel0/0/2 Interface, Route Port
...
```

步骤 8 检查配置结果

在 PLR 上执行 **tracert lsp te tunnel** 命令，可看到 TE 隧道流量从主隧道传输。

```
<PLR> tracert lsp te tunnel 0/0/1
  LSP Trace Route FEC: TE TUNNEL IPV4 SESSION QUERY Tunnel0/0/1 , press CTRL_C to break.
  TTL   Replier            Time    Type      Downstream
  0                                Ingress   10.1.1.2/[65536 ]
  1     10.1.1.2           50 ms   Transit   30.1.1.2/[131072 ]
  2     30.1.1.2           40 ms   Transit   50.1.1.2/[3 ]
  3     5.5.5.5            70 ms   Egress
```

拔出主隧道出接口 POS1/0/0 所在接口板后，执行 **display interface tunnel** 命令，可以看到主隧道的 Tunnel 接口状态仍然是 Up。

在 PLR 上执行 **display mpls te tunnel stale-interface** 命令和 **display mpls te tunnel stale-interface** *interface-index* **verbose** 命令，可发现主隧道出接口处于 stale 状态。

```
<PLR> display mpls stale-interface
Stale-interface       Status    TE Attri   LSP Count  CRLSP Count  Effective MTU
0x018000106           Up        Dis        0          1            -
<PLR> display mpls te tunnel stale-interface 18000106 verbose
    No                      :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel0/0/1
    TunnelIndex             :  0          LSP Index         :  2048
    Session ID              :  100        LSP ID            :  1
    Lsr Role                :  Ingress    LSP Type          :  -
    Ingress LSR ID          :  1.1.1.1
    Egress LSR ID           :  5.5.5.5
    In-Interface            :  -
    Out-Interface           :  0x800086
    Sign-Protocol           :  RSVP TE    Resv Style        :  SE
    IncludeAnyAff           :  0x0        ExcludeAnyAff     :  0x0
    IncludeAllAff           :  0x0
    LspConstraint           :  -
    ER-Hop Table Index      :  0          AR-Hop Table Index:  5
    C-Hop Table Index       :  0
    PrevTunnelIndexInSession:  -          NextTunnelIndexInSession:  -
    PSB Handle              :  1024
    Created Time            :  2009-03-29, 16:43:34
    --------------------------------
             DS-TE Information
    --------------------------------
    Bandwidth Reserved Flag :  Unreserved
    CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    Setup-Priority          :  7          Hold-Priority     :  7
    --------------------------------
               FRR Information
    --------------------------------
    Primary LSP Info
    TE Attribute Flag       :  0x63       Protected Flag    :  0x1
    Bypass In Use           :  In Use
    Bypass Tunnel Id        :  8396808
    BypassTunnel            :  Tunnel Index[Tunnel0/0/2], InnerLabel[65536]
    Bypass Lsp ID           :  1          FrrNextHop        :  40.1.1.2
    ReferAutoBypassHandle   :  -
    FrrPrevTunnelTableIndex :  -          FrrNextTunnelTableIndex:  -
    Bypass Attribute(Not configured)
    Setup Priority          :  -          Hold Priority     :  -
    HopLimit                :  -          Bandwidth         :  -
    IncludeAnyGroup         :  -          ExcludeAnyGroup   :  -
    IncludeAllGroup         :  -
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
  CT0 Unbound Bandwidth   :  -         CT1 Unbound Bandwidth:  -
  CT2 Unbound Bandwidth   :  -         CT3 Unbound Bandwidth:  -
  CT4 Unbound Bandwidth   :  -         CT5 Unbound Bandwidth:  -
  CT6 Unbound Bandwidth   :  -         CT7 Unbound Bandwidth:  -
  --------------------------------
            BFD Information
  --------------------------------
  NextSessionTunnelIndex  :  -           PrevSessionTunnelIndex:  -
  NextLspId               :  -           PrevLspId         :  -
```

在 PLR 上执行 **display mpls te tunnel path** 命令，可查看主隧道的路径信息。

```
<PLR> display mpls te tunnel path Tunnel0/0/1
Tunnel Interface Name : Tunnel0/0/1
 Lsp ID : 1.1.1.1 :100 :1
 Hop Information
  Hop 0   20.1.1.1 Local-Protection in use
  Hop 1   20.1.1.2  Label 65536
  Hop 2   3.3.3.3  Label 65536
  Hop 3   40.1.1.1
  Hop 4   40.1.1.2  Label 131072
  Hop 5   4.4.4.4  Label 131072
  Hop 6   50.1.1.1
  Hop 7   50.1.1.2  Label 3
  Hop 8   5.5.5.5  Label 3
```

在 PLR 上执行 **tracert lsp te tunnel** 命令，可发现流量从旁路隧道传输。

```
<PLR> tracert lsp te tunnel 0/0/1
  LSP Trace Route FEC: TE TUNNEL IPV4 SESSION QUERY Tunnel0/0/1 , press CTRL_C to break.
  TTL   Replier            Time    Type      Downstream
  0                                Ingress   20.1.1.2/[65536 15360 ]
  1     20.1.1.2           50 ms   Transit   40.1.1.2/[131073 ]
  2     40.1.1.2           50 ms   Transit   30.1.1.1/[3 ]
  3     30.1.1.1           4 ms    Transit
  4     30.1.1.2           15 ms   Transit   50.1.1.2/[3 ]
  5     11.1.1.1           6 ms    Egress
```

再插入主隧道出接口所在的接口板后，在 PLR 上执行 **tracert lsp te tunnel** 命令，可看到流量回切到主隧道上。

```
<PLR> tracert lsp te tunnel 0/0/1
  LSP Trace Route FEC: TE TUNNEL IPV4 SESSION QUERY Tunnel6/0/0 , press CTRL_C to break.
  TTL   Replier            Time    Type      Downstream
  0                                Ingress   10.1.1.2/[65537 ]
  1     10.1.1.2           40 ms   Transit   30.1.1.2/[131074 ]
  2     30.1.1.2           50 ms   Transit   50.1.1.2/[3 ]
  3     5.5.5.5            60 ms   Egress
```

----结束

配置文件

- PLR 的配置文件

```
#
 sysname PLR
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path master
  next hop 10.1.1.2
  next hop 30.1.1.2
  next hop 50.1.1.2
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
  next hop 5.5.5.5
#
 explicit-path by-path
  next hop 20.1.1.2
  next hop 40.1.1.2
  next hop 4.4.4.4
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 10000
 mpls te bandwidth bc0 10000 bc1 3000
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 20.1.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 10000
 mpls te bandwidth bc0 10000 bc1 3000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
interface Tunnel0/0/1
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 5.5.5.5
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te bandwidth ct0 400
 mpls te path explicit-path master
 mpls te fast-reroute
 mpls te commit
#
interface Tunnel0/0/2
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 4.4.4.4
 mpls te tunnel-id 200
 mpls te record-route
 mpls te path explicit-path by-path
 mpls te bypass-tunnel
 mpls te protected-interface Pos1/0/0
 mpls te commit
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 20.1.1.0 0.0.0.3
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- LSR1 的配置文件

```
#
 sysname LSR1
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 30.1.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 10000
 mpls te bandwidth bc0 10000 bc1 3000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 30.1.1.0 0.0.0.3
  network 2.2.2.2 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- LSR2 的配置文件

```
#
 sysname LSR2
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 20.1.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 40.1.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 10000
 mpls te bandwidth bc0 10000 bc1 3000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 20.1.1.0 0.0.0.3
  network 30.1.1.0 0.0.0.3
  network 3.3.3.3 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- MP 的配置文件

```
#
 sysname MP
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 30.1.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 40.1.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos3/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 50.1.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 10000
 mpls te bandwidth bc0 10000 bc1 3000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 30.1.1.0 0.0.0.3
  network 40.1.1.0 0.0.0.3
  network 50.1.1.0 0.0.0.3
  network 4.4.4.4 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- LSR3 的配置文件

```
#
 sysname LSR3
#
 mpls lsr-id 5.5.5.5
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 50.1.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 50.1.1.0 0.0.0.3
  network 5.5.5.5 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```


版权所有 © 华为技术有限公司

3.25.16 配置 CR-LSP 热备份示例

本例描述了配置 CR-LSP 热备份的过程，主要包括如何配置 CR-LSP 热备份（hot-standby）和逃生路径（best-effort）。

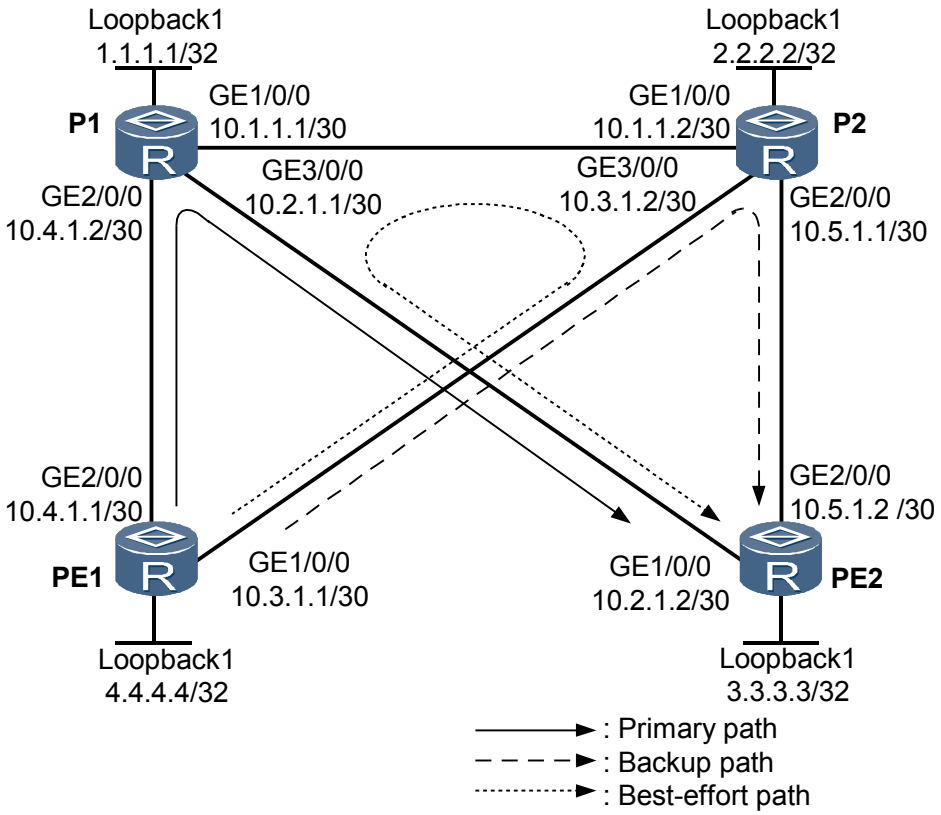
组网需求

图 3-17 为 MPLS VPN 网络。要求从 PE1 上建立一条 TE 隧道，目的地址为 PE2，并配置 CR-LSP 热备份（hot-standby）和逃生路径（best-effort）。其中，

- 主 CR-LSP 的路径为 PE1-->P1-->PE2；
- 备份 CR-LSP 的路径为 PE1-->P2-->PE2；
- 逃生路径为 PE1-->P2-->P1-->PE2。

当主 CR-LSP 故障时，流量切换到备份 CR-LSP；当主 CR-LSP 故障恢复，延时 15 秒后再进行流量回切。如果主、备 CR-LSP 都故障，触发建立逃生路径，使流量切换到逃生路径上。

图 3-17 CR-LSP 热备份组网示意图



配置思路

采用如下思路配置 CR-LSP 热备份：

1. 配置各接口 IP 地址和 IGP 使各节点互通。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

2. 配置 MPLS 和 MPLS TE 基本能力。
3. 在 PE1 上配置主、备显式路径。
4. 在 PE1 上创建目的地址为 PE2 的隧道接口，指定显式路径，并使能热备份和逃生路径，配置回切时间为 15 秒。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- IGP 协议类型及配置 IGP 所需数据
- MPLS LSR-ID
- 隧道沿途链路的带宽属性
- 隧道接口编号、隧道占用的带宽
- 主 CR-LSP 的显式路径和备份 CR-LSP 的显式路径

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

根据组网图为配置 IP 地址，并在节点上创建 Loopback 接口，配置 Loopback 接口的 IP 地址为 MPLS LSR-ID。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 2 配置 IGP

在各个节点上配置 OSPF 或 IS-IS，使各节点能互通。本例使用 IS-IS。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 3 配置 MPLS 基本能力

在各个节点的系统视图下配置 LSR-ID，使能 MPLS，并在物理接口下使能 MPLS。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 4 配置 MPLS TE 基本能力

在各个节点的 MPLS 视图和链路的接口视图下使能 MPLS-TE、MPLS RSVP-TE。配置链路最大可预留带宽为 100Mbps，BC0 带宽为 100Mbps，BC1 带宽为 50Mbps。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 5 配置 IS-IS TE，并配置 CSPF

在各个节点上配置 IS-IS TE，并在 PE1 上配置 CSPF。具体配置过程请参见**配置 RSVP-TE 隧道**。

步骤 6 配置主、备 CR-LSP 使用的显式路径

在 PE1 上配置主 CR-LSP 使用的显式路径。

```
<PE1> system-view
[PE1] explicit-path main
[PE1-explicit-path-main] next hop 10.4.1.2
[PE1-explicit-path-main] next hop 10.2.1.2
[PE1-explicit-path-main] next hop 3.3.3.3
[PE1-explicit-path-main] quit
```

在 PE1 上配置备份 CR-LSP 使用的显式路径。

```
[PE1] explicit-path backup
[PE1-explicit-path-backup] next hop 10.3.1.2
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1-explicit-path-backup] next hop 10.5.1.2
[PE1-explicit-path-backup] next hop 3.3.3.3
[PE1-explicit-path-backup] quit
```

完成此步骤后，可在 PE1 上执行命令查看显式路径是否配置正确。

```
[PE1] display explicit-path main
Path Name : main        Path Status : Enabled
 1      10.4.1.2          Strict      Include
 2      10.2.1.2          Strict      Include
 3      3.3.3.3           Strict      Include
[PE1] display explicit-path backup
Path Name : backup      Path Status : Enabled
 1      10.3.1.2          Strict      Include
 2      10.5.1.2          Strict      Include
 3      3.3.3.3           Strict      Include
```

步骤 7 配置隧道接口

在 PE1 上创建 Tunnel 接口，指定显式路径，配置隧道带宽为 10Mbps。

```
[PE1] interface tunnel 1/0/0
[PE1-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE1-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[PE1-Tunnel1/0/0] destination 3.3.3.3
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te path explicit-path main
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te bandwidth ct0 10000
```

在该 Tunnel 接口配置热备份，回切时间为 15 秒，指定备份显式路径，并配置逃生路径。

```
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te backup hot-standby wtr 15
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te path explicit-path backup secondary
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te backup ordinary best-effort
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[PE1-Tunnel1/0/0] quit
```

完成步骤后，在 PE1 上执行 **display mpls te tunnel-interface tunnel 1/0/0** 命令，可发现主 CR-LSP、备份 CR-LSP 建立成功。

```
[PE1] display mpls te tunnel-interface tunnel 1/0/0
  ============================================================
                            Tunnel1/0/0
  ============================================================
  Tunnel State Desc   :  UP
  Active LSP          :  Primary LSP
  Session ID          :  100
  Ingress LSR ID      :  4.4.4.4          Egress LSR ID:  3.3.3.3
  Admin State         :  UP               Oper State   :  UP
  Primary LSP State      : UP
    Main LSP State       : READY               LSP ID  : 1
  Hot-Standby LSP State  : UP
    Main LSP State       : READY               LSP ID  : 32770
```

可使用命令查看热备份信息。

```
[PE1] display mpls te hot-standby state interface Tunnel 1/0/0
------------------------------------------------------------------------------
Verbose information about the Tunnel1/0/0 hot-standby state
------------------------------------------------------------------------------
session id                              : 100
main LSP token                          : 0x100201a
hot-standby LSP token                   : 0x100201b
HSB switch result                       : Primary LSP
WTR                                     : 15s
using same path                         : no
```

可使用 **ping lsp te** 命令检测热备份 CR-LSP 连通性。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1] ping lsp te tunnel 1/0/0 hot-standby
  LSP PING FEC: TE TUNNEL IPV4 SESSION QUERY Tunnel1/0/0 : 100  data bytes, press CTRL_C to break
    Reply from 3.3.3.3: bytes=100 Sequence=1 time = 380 ms
    Reply from 3.3.3.3: bytes=100 Sequence=2 time = 130 ms
    Reply from 3.3.3.3: bytes=100 Sequence=3 time = 70 ms
    Reply from 3.3.3.3: bytes=100 Sequence=4 time = 120 ms
    Reply from 3.3.3.3: bytes=100 Sequence=5 time = 120 ms

  --- FEC: TE TUNNEL IPV4 SESSION QUERY Tunnel1/0/0 ping statistics ---
    5 packet(s) transmitted
    5 packet(s) received
    0.00% packet loss
    round-trip min/avg/max = 70/164/380 ms
```

可使用 **tracert lsp te** 命令检测热备份 CR-LSP 所经过的路径。

```
[PE1] tracert lsp te tunnel 1/0/0 hot-standby
  LSP Trace Route FEC: TE TUNNEL IPV4 SESSION QUERY Tunnel1/0/0 , press CTRL_C to break.
  TTL   Replier            Time    Type      Downstream
  0                                Ingress   10.3.1.2/[13313 ]
  1     10.3.1.2           90 ms   Transit   10.5.1.2/[3 ]
  2     3.3.3.3            130 ms  Egress
```

步骤 8 检查配置结果

将同一台测试仪的两个接口（Port1 和 Port2）分别接入 PE1 和 PE2，从 Port1 向 Port2 打 MPLS 流（注意标签值的设置）。可发现当拔出 PE1 或 P1 上的 GE2/0/0 接口的线缆时，故障收敛时间为毫秒级。在 PE1 上执行 **display mpls te hot-standby state interface tunnel 1/0/0** 命令，可发现流量被切换到备份 CR-LSP 上。

```
[PE1] display mpls te hot-standby state interface tunnel 1/0/0
------------------------------------------------------------------------------
Verbose information about the Tunnel1/0/0 hot-standby state
------------------------------------------------------------------------------
session id                              : 100
main LSP token                          : 0x0
hot-standby LSP token                   : 0x100201b
HSB switch result                       : Hot-standby LSP
WTR                                     : 15s
using same path                          : no
```

插上刚才拔出的线缆后，等 15 秒后，可发现流量被切换到主 CR-LSP 上。

如果拔出 PE1 或 P1 上的 GE2/0/0 接口后再拔出 PE2 或 P2 上的 GE2/0/0 接口的线缆时，隧道接口变为 Down 后又会变为 Up，逃生路径建立成功，流量被切换到逃生路径上。

```
[PE1] display mpls te tunnel-interface tunnel 1/0/0
    ==============================================================
                              Tunnel1/0/0
    ==============================================================
    Tunnel State Desc   :  UP
    Active LSP          :  Best-Effort LSP
    Session ID          :  100
    Ingress LSR ID      :  4.4.4.4          Egress LSR ID:  3.3.3.3
    Admin State         :  UP               Oper State    :  UP
    Primary LSP State      : DOWN
      Main LSP State       : SETTING UP
    Hot-Standby LSP State  : DOWN
      Main LSP State       : SETTING UP
    Best-Effort LSP State  : UP
      Main LSP State       : READY               LSP ID  : 32773
[PE1] display mpls te tunnel path
 Tunnel Interface Name : Tunnel1/0/0
 Lsp ID : 4.4.4.4 :100 :32776
 Hop Information
  Hop 0   10.3.1.1
  Hop 1   10.3.1.2
  Hop 2   2.2.2.2
  Hop 3   10.1.1.2
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
Hop 4    10.1.1.1
Hop 5    1.1.1.1
Hop 6    10.2.1.1
Hop 7    10.2.1.2
Hop 8    3.3.3.3
```

----结束

配置文件

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path backup
  next hop 10.3.1.2
  next hop 10.5.1.2
  next hop 3.3.3.3
#
 explicit-path main
  next hop 10.4.1.2
  next hop 10.2.1.2
  next hop 3.3.3.3
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0004.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.3.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.4.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te record-route
 mpls te bandwidth ct0 10000
 mpls te path explicit-path main
 mpls te path explicit-path backup secondary
 mpls te backup hot-standby wtr 15
 mpls te backup ordinary best-effort
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te commit
#
return
```

- P1 的配置文件

```
#
 sysname P1
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0001.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.4.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- P2 的配置文件

```
#
 sysname P2
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0002.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 50000
 mpls rsvp-te
#
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.5.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.3.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0003.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.5.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

3.25.17 配置热备份 CR-LSP 属性模板锁定功能示例

本例描述了配置热备份 CR-LSP 属性模板锁定功能的过程。通过配置属性模板锁定功能来避免不必要的 LSP 切换，达到减少系统资源消耗的目的。

组网需求

如图 3-18 所示，需要建立从 LSRA 到 LSRD 的主 CR-LSP，同时为主 CR-LSP 配置热备份 CR-LSP。

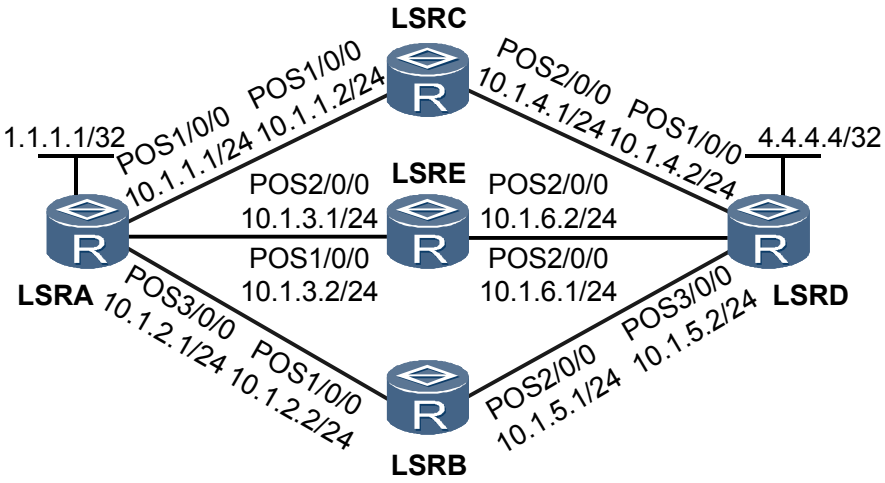
版权所有 © 华为技术有限公司

一条备份 CR-LSP 可以引用三个属性模板，当这三个属性模板创建的 CR-LSP 稳定性相近时，可以配置 CR-LSP 属性模板锁定功能来避免不必要的 LSP 切换，减少系统资源的消耗。

当配置了热备份 CR-LSP 属性模板锁定功能后实现：

- 如果当前是使用低优先级模板建立热备份 CR-LSP 时，系统将不会去尝试使用更高优先级的模板去创建新的热备份 CR-LSP。
- 当去使能链路模板锁定功能后，系统会采用 Make-before-break 机制，使用更高优先级的模板创建新的热备份 CR-LSP。

图 3-18 热备份 CR-LSP 属性模板锁定功能组网图



配置思路

采用如下的思路配置热备份 CR-LSP 属性模板锁定：

1. 配置设备各接口 IP 地址和路由协议，实现网络层的互通。
2. 设备全局及各接口使能 MPLS、MPLS TE、RSVP TE 与 CSPF 功能。
3. 在入节点配置 CR-LSP 属性模板。
4. 在隧道接口下引用 CR-LSP 属性模板建立 CR-LSP，并使能 CR-LSP 热备份链路模板锁定功能。

数据准备

为完成此配置举例，须准备如下的数据：

- 各设备的 MPLS LSR-ID。
- CR-LSP 属性模板的名称及各成员的配置参数。
- 隧道接口的 IP 地址，目的地址，隧道 ID。

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址，并配置 IGP(本例使用 OSPF)，实现网络层的互通

版权所有 © 华为技术有限公司

具体配置过程略。

步骤 2 配置各节点的 MPLS LSR-ID，全局及各接口使能 MPLS、MPLS TE 功能

配置 LSRA。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls te
[LSRA-mpls] mpls rsvp-te
[LSRA-mpls] mpls te cspf
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] interface pos1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls te
[LSRA-Pos1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRA-Pos1/0/0] quit
[LSRA] interface pos2/0/0
[LSRA-Pos2/0/0] mpls
[LSRA-Pos2/0/0] mpls te
[LSRA-Pos2/0/0] mpls rsvp-te
[LSRA-Pos2/0/0] quit
[LSRA] interface pos3/0/0
[LSRA-Pos3/0/0] mpls
[LSRA-Pos3/0/0] mpls te
[LSRA-Pos3/0/0] mpls rsvp-te
[LSRA-Pos3/0/0] quit
```

说明

LSRB、LSRC、LSRD、LSRE 的配置与 LSRA 相似，此处不再赘述。

步骤 3 配置 CR-LSP 属性模板及其显式路径

在 LSRA 上配置显式路径 up_path 路径为 LSRA→LSRC→LSRD。

```
[LSRA] explicit-path up_path
[LSRA-explicit-path-up_path] next hop 10.1.1.2
[LSRA-explicit-path-up_path] next hop 10.1.4.2
[LSRA-explicit-path-up_path] quit
```

在 LSRA 上配置显式路径 down_path 路径为 LSRA→LSRB→LSRD。

```
[LSRA] explicit-path down_path
[LSRA-explicit-path-down_path] next hop 10.1.2.2
[LSRA-explicit-path-down_path] next hop 10.1.5.2
[LSRA-explicit-path-down_path] quit
```

在 LSRA 上配置显式路径 middle_path 路径为 LSRA→LSRE→LSRD。

```
[LSRA] explicit-path middle_path
[LSRA-explicit-path-middle_path] next hop 10.1.3.2
[LSRA-explicit-path-middle_path] next hop 10.1.6.2
[LSRA-explicit-path-middle_path] quit
```

在 LSRA 上配置属性模板 lsp_attribute_1。

```
[LSRA] lsp-attribute lsp_attribute_1
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_1] explicit-path up_path
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_1] priority 5 5
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_1] hop-limit 12
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_1] commit
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_1] quit
```

在 LSRA 上配置属性模板 lsp_attribute_2。

```
[LSRA] lsp-attribute lsp_attribute_2
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_2] explicit-path middle_path
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_2] priority 5 5
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_2] commit
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_2] quit
```

在 LSRA 上配置属性模板 lsp_attribute_3。

```
[LSRA] lsp-attribute lsp_attribute_3
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_3] explicit-path down_path
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_3] priority 5 5
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_3] commit
[LSRA-lsp-attribuLSP_attribute_3] quit
```

说明

同一隧道接口下引用的 CR-LSP 属性模板优先级应相同。

步骤 4 引用属性模板配置 LSRA 到 LSRD 的 CR-LSP

为了使用低优先级的模板建立热备份 CR-LSP，使用 **shutdown** 命令关闭显式路径 down_path。

```
[LSRA] interface Pos3/0/0
[LSRA-Pos3/0/0] shutdown
```

建立 LSRA 到 LSRD 的 CR-LSP，并使能 CR-LSP 热备份链路模板锁定功能。

```
[LSRA] interface tunnel1/0/0
[LSRA-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRA-Tunnel1/0/0] destination 4.4.4.4
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te primary-lsp-constraint lsp-attribute lsp_attribute_1
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te hotstandby-lsp-constraint 1 lsp-attribute lsp_attribute_3
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te hotstandby-lsp-constraint 2 lsp-attribute lsp_attribute_2
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te backup hotstandby-lsp-constraint lock
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te commit
```

在 LSRA 的 Pos3/0/0 使用 **undo shutdown** 命令重新使能显式路径 down_path，令模板 lsp_attribute_3 生效。

```
[LSRA] interface Pos3/0/0
[LSRA-Pos3/0/0] undo shutdown
[LSRA-Pos3/0/0] quit
```

步骤 5 检查配置结果

配置完成后，在主 CR-LSP 上执行 **shutdown** 命令主 CR-LSP，让流量切换到热备份 CR-LSP。

```
[LSRA] interface Pos1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] shutdown
```

待流量切换完成后，在 LSRA 上执行 **tracert lsp te tunnel** 命令，可以看到隧道的热备份 CR-LSP 使用的是模板 lsp_attribute_2 的显示路径。

```
<LSRA> tracert lsp te tunnel
LSP Trace Route FEC: TE TUNNEL IPV4 SESSION QUERY Tunnel1/0/0 , press CTRL_C to break.
  TTL   Replier           Time    Type      Downstream
  0                               Ingress   10.1.3.2/[1024 ]
  1     10.1.3.2          120 ms  Transit   10.1.6.2/[3 ]
  2     4.4.4.4           100 ms  Egress
```

在 LSRA 上执行 **display mpls te tunnel verbose** 命令可以发现热备份 CR-LSP 使用的属性模板编号是 2，即系统引用模板 lsp_attribute_2 建立热备份 CR-LSP，并未执行升级功能。

```
<LSRA> display mpls te tunnel verbose
    No                  :  1
    Tunnel-Name         :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex         :  1          LSP Index        :  2049
    Session ID          :  100        LSP ID           :  32770
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
Lsr Role                :  Ingress      Lsp Type          :  Hot-Standby
Ingress LSR ID          :  1.1.1.1
Egress LSR ID           :  4.4.4.4
In-Interface            :  -
Out-Interface           :  Pos1/0/1
Sign-Protocol           :  RSVP TE      Resv Style        :  SE
IncludeAnyAff           :  0x0          ExcludeAnyAff     :  0x0
IncludeAllAff           :  0x0
LspConstraint         :  2
ER-Hop Table Index      :  2            AR-Hop Table Index:  1
C-Hop Table Index       :  -
PrevTunnelIndexInSession:  -            NextTunnelIndexInSession:  -
PSB Handle              :  1026
Created Time            :  2010/02/21 12:00:50
--------------------------------
          DS-TE Information
--------------------------------
Bandwidth Reserved Flag :  Unreserved
CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
Setup-Priority          :  5            Hold-Priority     :  5
--------------------------------
            FRR Information
--------------------------------
Primary LSP Info
TE Attribute Flag       :  0x3          Protected Flag    :  0x0
Bypass In Use           :  Not Exists
Bypass Tunnel Id        :  -
BypassTunnel            :  -
Bypass Lsp ID           :  -            FrrNextHop        :  -
ReferAutoBypassHandle   :  -
FrrPrevTunnelTableIndex :  -            FrrNextTunnelTableIndex:  -
Bypass Attribute(Not configured)
Setup Priority          :  -            Hold Priority     :  -
HopLimit                :  -            Bandwidth         :  -
IncludeAnyGroup         :  -            ExcludeAnyGroup   :  -
IncludeAllGroup         :  -
Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
CT0 Unbound Bandwidth   :  -          CT1 Unbound Bandwidth:  -
CT2 Unbound Bandwidth   :  -          CT3 Unbound Bandwidth:  -
CT4 Unbound Bandwidth   :  -          CT5 Unbound Bandwidth:  -
CT6 Unbound Bandwidth   :  -          CT7 Unbound Bandwidth:  -
--------------------------------
            BFD Information
--------------------------------
NextSessionTunnelIndex  :  -            PrevSessionTunnelIndex:  -
NextLspId               :  -            PrevLspId         :  -
```

在 LSRA 上执行 **undo mpls te backup hotstandby-lsp-constraint lock** 命令去使能属性模板锁定功能。

```
[LSRA] interface tunnel 1/0/0
[LSRA-Tunnel1/0/0] undo mpls te backup hotstandby-lsp-constraint lock
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel1/0/0] quit
```

在 LSRA 上执行 **tracert lsp te tunnel1/0/0** 命令，可以看到隧道的热备份 CR-LSP 使用的是模板 lsp_attribute_3 的显示路径。

```
<LSRA> tracert lsp te tunnel1/0/0
LSP Trace Route FEC: TE TUNNEL IPV4 SESSION QUERY Tunnel1/0/0 , press CTRL_C to break.
  TTL   Replier            Time    Type      Downstream
  0                                Ingress   10.1.2.2/[1024 ]
  1     10.1.2.2           90 ms   Transit   10.1.5.2/[3 ]
  2     4.4.4.4            100 ms  Egress
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

在 LSRA 上执行 **display mpls te tunnel verbose** 命令可以发现热备份 CR-LSP 用的属性模板编号是 1，即系统引用模板 lsp_attribute_3 建立热备份 CR-LSP。在取消模板锁定功后，系统执行了属性模板的自动升级功能。

```
<LSRA> display mpls te tunnel verbose
No                      :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex             :  0            LSP Index          :  2048
    Session ID              :  100          LSP ID             :  32929
    Lsr Role                :  Ingress      Lsp Type           :  Hot-Standby
    Ingress LSR ID          :  1.1.1.1
    Egress LSR ID           :  4.4.4.4
    In-Interface            :  -
    Out-Interface           :  Pos1/0/2
    Sign-Protocol           :  RSVP TE      Resv Style         :  SE
    IncludeAnyAff           :  0x0          ExcludeAnyAff      :  0x0
    IncludeAllAff           :  0x0
    LspConstraint         :  1
    ER-Hop Table Index      :  1            AR-Hop Table Index:  0
    C-Hop Table Index       :  0
    PrevTunnelIndexInSession:  -            NextTunnelIndexInSession:  -
    PSB Handle              :  1182
    Created Time            :  2010/02/21 18:14:23
    --------------------------------
             DS-TE Information
    --------------------------------
    Bandwidth Reserved Flag :  Unreserved
    CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    Setup-Priority          :  5            Hold-Priority      :  5
    --------------------------------
               FRR Information
    --------------------------------
    Primary LSP Info
    TE Attribute Flag       :  0x3          Protected Flag     :  0x0
    Bypass In Use           :  Not Exists
    Bypass Tunnel Id        :  -
    BypassTunnel            :  -
    Bypass Lsp ID           :  -            FrrNextHop         :  -
    ReferAutoBypassHandle   :  -
    FrrPrevTunnelTableIndex :  -            FrrNextTunnelTableIndex:  -
    Bypass Attribute(Not configured)
    Setup Priority          :  -            Hold Priority      :  -
    HopLimit                :  -            Bandwidth          :  -
    IncludeAnyGroup         :  -            ExcludeAnyGroup    :  -
    IncludeAllGroup         :  -
    Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
    CT0 Unbound Bandwidth   :  -          CT1 Unbound Bandwidth:  -
    CT2 Unbound Bandwidth   :  -          CT3 Unbound Bandwidth:  -
    CT4 Unbound Bandwidth   :  -          CT5 Unbound Bandwidth:  -
    CT6 Unbound Bandwidth   :  -          CT7 Unbound Bandwidth:  -
    --------------------------------
              BFD Information
    --------------------------------
    NextSessionTunnelIndex  :  -            PrevSessionTunnelIndex:  -
    NextLspId               :  -            PrevLspId          :  -
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path middle_path
  next hop 10.1.3.2
  next hop 10.1.6.2
#
 explicit-path up_path
  next hop 10.1.1.2
  next hop 10.1.4.2
#
 explicit-path down_path
  next hop 10.1.2.2
  next hop 10.1.5.2
#
 lsp-attribute lsp_attribute_1
  explicit-path up_path
  priority 5 5
  hop-limit 12
commit
#
 lsp-attribute lsp_attribute_2
  explicit-path down_path
  priority 5 5
commit
#
 lsp-attribute lsp_attribute_3
  explicit-path middle_path
  priority 5 5
commit

#
interface Pos1/0/0
ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
ip address 10.1.3.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos3/0/0
ip address 10.1.2.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
interface Tunnel1/0/0
 tunnel-protocol mpls te
 destination 4.4.4.4
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te primary-lsp-constraint lsp-attribute lsp_attribute_1
 mpls te hotstandby-lsp-constraint 2 lsp-attribute lsp_attribute_2
 mpls te ordinary-lsp-constraint 1 lsp-attribute lsp_attribute_3
 mpls te backup hotstandby-lsp-constraint lock
 mpls te commit
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
  network 10.1.3.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
mpls lsr-id 10.1.5.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
ip address 10.1.2.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 ip address 10.1.5.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
  network 10.1.5.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
mpls lsr-id 10.1.4.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
ip address 10.1.4.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.4.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
ip address 10.1.4.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
ip address 10.1.6.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos3/0/0
ip address 10.1.5.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
#
ospf 1
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 4.4.4.4 0.0.0.0
  network 10.1.4.0 0.0.0.255
  network 10.1.5.0 0.0.0.255
  network 10.1.6.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRE 的配置文件

```
#
 sysname LSRE
#
 mpls lsr-id 10.1.6.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
ip address 10.1.3.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
ip address 10.1.6.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.1.3.0 0.0.0.255
  network 10.1.6.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

3.25.18 配置热备份 CR-LSP 动态带宽功能示例

本例描述了配置热备份 CR-LSP 动态带宽功能的过程，通过配置动态带宽功能达到节约带宽资源的目的。

组网需求

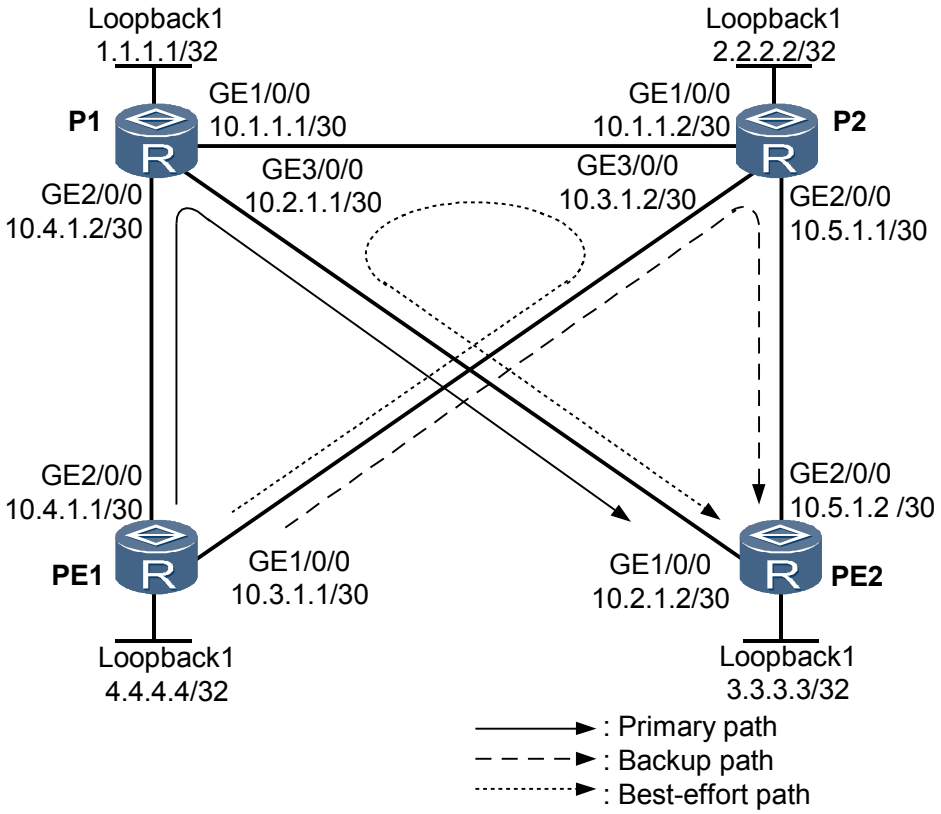
图 3-19 为 CR-LSP 热备份组网图。PE1 上建立了一条 TE 隧道，目的地址为 PE2。该隧道使能了热备份且配置了逃生路径。当主 CR-LSP 故障时，流量切换到备份 CR-LSP；如果主、备 CR-LSP 都故障，触发建立逃生路径，使流量切换到逃生路径上。

当客户的带宽资源比较紧张时，如果配置热备份 CR-LSP，会降低客户的带宽使用效率，提高客户的成本。因为热备份 CR-LSP 占用的这部分带宽只有在流量切换到热备份时才会使用。

如果在隧道接口下使能热备份 CR-LSP 动态带宽功能后可以解决以上的问题：

- 在主 CR-LSP 正常使用时，热备份 CR-LSP 将不占用带宽，节约了客户的带宽资源。
- 当主 CR-LSP 故障后，流量将切换到热备份 CR-LSP 上，此时隧道将采取尽力而为的方式进行流量传输。然后系统会采用 Make-before-break 机制并按照用户期望的带宽重建一条 CR-LSP。当新的热备份 CR-LSP 建立成功后，流量就切换到新的 LSP 上，然后将带宽值为 0 的热备份 CR-LSP 删除。

图 3-19 热备份 CR-LSP 动态带宽功能组网图



版权所有 © 华为技术有限公司

配置思路

采用如下思路配置热备份链路动态带宽功能：

1. 按照**配置 CR-LSP 热备份示例**配置 CR-LSP 热备份。
2. 在 PE1 上使能热备份链路动态带宽功能。

数据准备

为完成此配置例，需准备的数据请参见**配置 CR-LSP 热备份示例**。

操作步骤

步骤 1 配置 CR-LSP 热备份

按照**配置 CR-LSP 热备份示例**配置主、备 CR-LSP 和逃生路径。

步骤 2 配置热备份链路动态带宽功能。

配置 PE1。

```
[PE1] interface tunnel 1/0/0
[PE1-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te backup hot-standby dynamic-bandwidth
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te commit
```

步骤 3 检查配置结果

完成配置步骤后，在 PE1 上执行 **display mpls te tunnel verbose** 命令和 **display mpls te link-administration bandwidth-allocation** 命令，可发现热备份 CR-LSP 未占用带宽。

```
[PE1] display mpls te tunnel verbose
    No                      :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex             :  0            LSP Index          :  2048
    Session ID              :  100          LSP ID             :  1
    Lsr Role                :  Ingress      Lsp Type           :  Primary
    Ingress LSR ID          :  4.4.4.4
    Egress LSR ID           :  3.3.3.3
    In-Interface            :  -
    Out-Interface           :  GE1/0/0
    Sign-Protocol           :  RSVP TE      Resv Style         :  SE
    IncludeAnyAff           :  0x0          ExcludeAnyAff      :  0x0
    IncludeAllAff           :  0x0
    LspConstraint           :  -
    ER-Hop Table Index      :  0            AR-Hop Table Index:  0
    C-Hop Table Index       :  0
    PrevTunnelIndexInSession:  1            NextTunnelIndexInSession:  -
    PSB Handle              :  1024
    Created Time            :  2010/02/22 11:29:14
    --------------------------------
             DS-TE Information
    --------------------------------
    Bandwidth Reserved Flag :  Reserved
    CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  10000        CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    Setup-Priority          :  7            Hold-Priority      :  7
    --------------------------------
               FRR Information
    --------------------------------
    Primary LSP Info
    TE Attribute Flag       :  0x3          Protected Flag     :  0x0
    Bypass In Use           :  Not Exists
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
Bypass Tunnel Id        :  -
BypassTunnel            :  -
Bypass Lsp ID           :  -            FrrNextHop        :  -
ReferAutoBypassHandle   :  -
FrrPrevTunnelTableIndex :  -            FrrNextTunnelTableIndex:  -
Bypass Attribute(Not configured)
Setup Priority          :  -            Hold Priority     :  -
HopLimit                :  -            Bandwidth         :  -
IncludeAnyGroup         :  -            ExcludeAnyGroup   :  -
IncludeAllGroup         :  -
Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
CT0 Unbound Bandwidth   :  -          CT1 Unbound Bandwidth:  -
CT2 Unbound Bandwidth   :  -          CT3 Unbound Bandwidth:  -
CT4 Unbound Bandwidth   :  -          CT5 Unbound Bandwidth:  -
CT6 Unbound Bandwidth   :  -          CT7 Unbound Bandwidth:  -
--------------------------------
          BFD Information
--------------------------------
NextSessionTunnelIndex  :  -            PrevSessionTunnelIndex:  -
NextLspId               :  -            PrevLspId         :  -


No                      :  2
Tunnel-Name             :  Tunnel1/0/0
TunnelIndex             :  1            LSP Index         :  2049
Session ID              :  100          LSP ID            :  32769
Lsr Role                :  Ingress      Lsp Type          :  Hot-Standby
Ingress LSR ID          :  4.4.4.4
Egress LSR ID           :  3.3.3.3
In-Interface            :  -
Out-Interface           :  GE1/0/1
Sign-Protocol           :  RSVP TE      Resv Style        :  SE
IncludeAnyAff           :  0x0          ExcludeAnyAff     :  0x0
IncludeAllAff           :  0x0
LspConstraint           :  -
ER-Hop Table Index      :  1            AR-Hop Table Index:  1
C-Hop Table Index       :  1
PrevTunnelIndexInSession:  -            NextTunnelIndexInSession:  0
PSB Handle              :  1025
Created Time            :  2010/02/22 11:29:15
--------------------------------
         DS-TE Information
--------------------------------
Bandwidth Reserved Flag :  Unreserved
CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  0        CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0            CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
Setup-Priority          :  7            Hold-Priority     :  7
--------------------------------
           FRR Information
--------------------------------
Primary LSP Info
TE Attribute Flag       :  0x3          Protected Flag    :  0x0
Bypass In Use           :  Not Exists
Bypass Tunnel Id        :  -
BypassTunnel            :  -
Bypass Lsp ID           :  -            FrrNextHop        :  -
ReferAutoBypassHandle   :  -
FrrPrevTunnelTableIndex :  -            FrrNextTunnelTableIndex:  -
Bypass Attribute(Not configured)
Setup Priority          :  -            Hold Priority     :  -
HopLimit                :  -            Bandwidth         :  -
IncludeAnyGroup         :  -            ExcludeAnyGroup   :  -
IncludeAllGroup         :  -
Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
CT0 Unbound Bandwidth   :  -          CT1 Unbound Bandwidth:  -
CT2 Unbound Bandwidth   :  -          CT3 Unbound Bandwidth:  -
CT4 Unbound Bandwidth   :  -          CT5 Unbound Bandwidth:  -
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  CT6 Unbound Bandwidth   :  -         CT7 Unbound Bandwidth:  -
  ------------------------------
            BFD Information
  ------------------------------
  NextSessionTunnelIndex  :  -          PrevSessionTunnelIndex:  -
  NextLspId               :  -          PrevLspId         :  -
[PE1] display mpls te link-administration bandwidth-allocation
Link ID:  GigabitEthernet1/0/1
  Bandwidth Constraint Model   :  Russian Dolls Model (RDM)
  Maximum Link Reservable Bandwidth(Kbits/sec):  0
  Reservable Bandwidth BC0(Kbits/sec)          :  0
  Reservable Bandwidth BC1(Kbits/sec)          :  0
  Downstream Bandwidth (Kbits/sec)            :  0
  IPUpdown Link Status                        :  UP
  PhysicalUpdown Link Status                  :  UP
  ------------------------------------------------------------------------------
  TE-CLASS  CT    PRIORITY   BW RESERVED   BW AVAILABLE   DOWNSTREAM
                             (Kbit/sec)     (Kbit/sec) RSVPLSPNODE COUNT
  ------------------------------------------------------------------------------
     0      0        0           0             0                0
     1      0        1           0             0                0
     2      0        2           0             0                0
     3      0        3           0             0                0
     4      0        4           0             0                0
     5      0        5           0             0                0
     6      0        6           0             0                0
     7      0        7           0             0                0
     8      1        0           0             0                0
     9      1        1           0             0                0
     10     1        2           0             0                0
     11     1        3           0             0                0
     12     1        4           0             0                0
     13     1        5           0             0                0
     14     1        6           0             0                0
     15     1        7           0             0                0
  ------------------------------------------------------------------------------

  Link ID:  GigabitEthernet1/0/0
  Bandwidth Constraint Model   :  Russian Dolls Model (RDM)
  Maximum Link Reservable Bandwidth(Kbits/sec):  100000
  Reservable Bandwidth BC0(Kbits/sec)          :  100000
  Reservable Bandwidth BC1(Kbits/sec)          :  50000
  Downstream Bandwidth (Kbits/sec)            :  10000
  IPUpdown Link Status                        :  UP
  PhysicalUpdown Link Status                  :  UP
  ------------------------------------------------------------------------------
  TE-CLASS  CT    PRIORITY   BW RESERVED   BW AVAILABLE   DOWNSTREAM
                             (Kbit/sec)     (Kbit/sec) RSVPLSPNODE COUNT
  ------------------------------------------------------------------------------
     0      0        0           0             100000           0
     1      0        1           0             100000           0
     2      0        2           0             100000           0
     3      0        3           0             100000           0
     4      0        4           0             100000           0
     5      0        5           0             100000           0
     6      0        6           0             100000           0
     7      0        7           10000         90000            1
     8      1        0           0             50000            0
     9      1        1           0             50000            0
     10     1        2           0             50000            0
     11     1        3           0             50000            0
     12     1        4           0             50000            0
     13     1        5           0             50000            0
     14     1        6           0             50000            0
     15     1        7           0             50000            0
  ------------------------------------------------------------------------------
```

在 PE1 上执行 **shutdown** 命令，使主 CR-LSP 失效。

```
[PE1] interface gigabitethernet2/0/0
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] shutdown
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] quit
```

在 PE1 上执行 **display mpls te tunnel-interface** 命令可以发现在主 CR-LSP 失效后，热备份 CR-LSP 为 Up 状态并处于重建过程中。

```
[PE1-GigabitEthernet1/0/0] display mpls te tunnel-interface
=============================================================
                            Tunnel1/0/0
    =========================================================
    Tunnel State Desc   :  UP
    Active LSP          :  Hot-Standby LSP
    Session ID          :  100
    Ingress LSR ID      :  4.4.4.4          Egress LSR ID:  3.3.3.3
    Admin State         :  UP               Oper State    :  UP
    Primary LSP State      : DOWN
      Main LSP State       : SETTING UP
    Hot-Standby LSP State  : UP
      Main LSP State       : READY              LSP ID  : 32769
      Modify LSP State     : SETTING UP
```

当重建成功后，在 PE1 上执行 **display mpls te tunnel verbose** 命令和 **display mpls te link-administration bandwidth-allocation** 命令，可以发现热备份 CR-LSP 开始占用带宽。

```
[PE1] display mpls te tunnel verbose
    No                      :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex             :  0          LSP Index         :  2048
    Session ID              :  100        LSP ID            :  32773
    Lsr Role                :  Ingress    Lsp Type          :  Hot-Standby
    Ingress LSR ID          :  4.4.4.4
    Egress LSR ID           :  3.3.3.3
    In-Interface            :  -
    Out-Interface           :  GE1/0/1
    Sign-Protocol           :  RSVP TE    Resv Style        :  SE
    IncludeAnyAff           :  0x0        ExcludeAnyAff     :  0x0
    IncludeAllAff           :  0x0
    LspConstraint           :  -
    ER-Hop Table Index      :  1          AR-Hop Table Index:  0
    C-Hop Table Index       :  0
    PrevTunnelIndexInSession:  -          NextTunnelIndexInSession:  -
    PSB Handle              :  1026
    Created Time            :  2010/02/22 14:22:36
    --------------------------------
              DS-TE Information
    --------------------------------
    Bandwidth Reserved Flag :  Reserved
    CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  10000      CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0          CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
    Setup-Priority          :  7          Hold-Priority     :  7
    --------------------------------
               FRR Information
    --------------------------------
    Primary LSP Info
    TE Attribute Flag       :  0x3        Protected Flag    :  0x0
    Bypass In Use           :  Not Exists
    Bypass Tunnel Id        :  -
    BypassTunnel            :  -
    Bypass Lsp ID           :  -          FrrNextHop        :  -
    ReferAutoBypassHandle   :  -
    FrrPrevTunnelTableIndex :  -          FrrNextTunnelTableIndex:  -
    Bypass Attribute(Not configured)
    Setup Priority          :  -          Hold Priority     :  -
    HopLimit                :  -          Bandwidth         :  -
    IncludeAnyGroup         :  -          ExcludeAnyGroup   :  -
    IncludeAllGroup         :  -
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
  CT0 Unbound Bandwidth   :  -          CT1 Unbound Bandwidth:  -
  CT2 Unbound Bandwidth   :  -          CT3 Unbound Bandwidth:  -
  CT4 Unbound Bandwidth   :  -          CT5 Unbound Bandwidth:  -
  CT6 Unbound Bandwidth   :  -          CT7 Unbound Bandwidth:  -
  ------------------------------
            BFD Information
  ------------------------------
  NextSessionTunnelIndex  :  -          PrevSessionTunnelIndex:  -
  NextLspId               :  -          PrevLspId         :  -
[PE1] display mpls te link-administration bandwidth-allocation
Link ID:  GigabitEthernet1/0/1
  Bandwidth Constraint Model   :  Russian Dolls Model (RDM)
  Maximum Link Reservable Bandwidth(Kbits/sec):  100000
  Reservable Bandwidth BC0(Kbits/sec)         :  100000
  Reservable Bandwidth BC1(Kbits/sec)         :  50000
  Downstream Bandwidth (Kbits/sec)           :  10000
  IPUpdown Link Status                       :  UP
  PhysicalUpdown Link Status                 :  UP
  ------------------------------------------------------------------------
  TE-CLASS  CT    PRIORITY   BW RESERVED   BW AVAILABLE   DOWNSTREAM
                             (Kbit/sec)     (Kbit/sec) RSVPLSPNODE COUNT
  ------------------------------------------------------------------------
     0      0        0          0             100000          0
     1      0        1          0             100000          0
     2      0        2          0             100000          0
     3      0        3          0             100000          0
     4      0        4          0             100000          0
     5      0        5          0             100000          0
     6      0        6          0             100000          0
     7      0        7          10000         90000           1
     8      1        0          0             50000           0
     9      1        1          0             50000           0
     10     1        2          0             50000           0
     11     1        3          0             50000           0
     12     1        4          0             50000           0
     13     1        5          0             50000           0
     14     1        6          0             50000           0
     15     1        7          0             50000           0
  ------------------------------------------------------------------------

  Link ID:  GigabitEthernet1/0/0
  Bandwidth Constraint Model   :  Russian Dolls Model (RDM)
  Maximum Link Reservable Bandwidth(Kbits/sec):  100000
  Reservable Bandwidth BC0(Kbits/sec)         :  100000
  Reservable Bandwidth BC1(Kbits/sec)         :  50000
  Downstream Bandwidth (Kbits/sec)           :  0
  IPUpdown Link Status                       :  DOWN
  PhysicalUpdown Link Status                 :  DOWN
  ------------------------------------------------------------------------
  TE-CLASS  CT    PRIORITY   BW RESERVED   BW AVAILABLE   DOWNSTREAM
                             (Kbit/sec)     (Kbit/sec) RSVPLSPNODE COUNT
  ------------------------------------------------------------------------
     0      0        0          0             100000          0
     1      0        1          0             100000          0
     2      0        2          0             100000          0
     3      0        3          0             100000          0
     4      0        4          0             100000          0
     5      0        5          0             100000          0
     6      0        6          0             100000          0
     7      0        7          0             100000          0
     8      1        0          0             50000           0
     9      1        1          0             50000           0
     10     1        2          0             50000           0
     11     1        3          0             50000           0
     12     1        4          0             50000           0
     13     1        5          0             50000           0
     14     1        6          0             50000           0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  15      1          7            0              50000            0
------------------------------------------------------------------------------
```

----结束

配置文件

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path backup
  next hop 10.3.1.2
  next hop 10.5.1.2
  next hop 3.3.3.3
#
 explicit-path main
  next hop 10.4.1.2
  next hop 10.2.1.2
  next hop 3.3.3.3
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0004.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface gigabitethernet1/0/0
 ip address 10.3.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface gigabitethernet2/0/0
 ip address 10.4.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te record-route
 mpls te bandwidth ct0 10000
 mpls te path explicit-path main
 mpls te path explicit-path backup secondary
 mpls te backup hot-standby wtr 15
 mpls te backup ordinary best-effort
 tunnel-protocol mpls te
 mpls te backup hot-standby dynamic-bandwidth
 mpls te commit
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
return
```

- P1 的配置文件

```
#
 sysname P1
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0001.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface gigabitethernet1/0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface gigabitethernet2/0/0
 ip address 10.4.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface gigabitethernet3/0/0
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 50000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- P2 的配置文件

```
#
 sysname P2
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0002.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface gigabitethernet1/0/0
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 50000
 mpls rsvp-te
#
interface gigabitethernet2/0/0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ip address 10.5.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000 bc1 50000
 mpls rsvp-te
#
interface gigabitethernet3/0/0
 ip address 10.3.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0003.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface gigabitethernet1/0/0
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface gigabitethernet2/0/0
 ip address 10.5.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

3.25.19 配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步示例

通过配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步，当主 CR-LSP 故障后，系统启用 TE FRR 旁路保护隧道（即主 CR-LSP 处于 Frr-in-use 状态）并尝试恢复主 CR-LSP 的同时，也会尝试创建备份 CR-LSP。

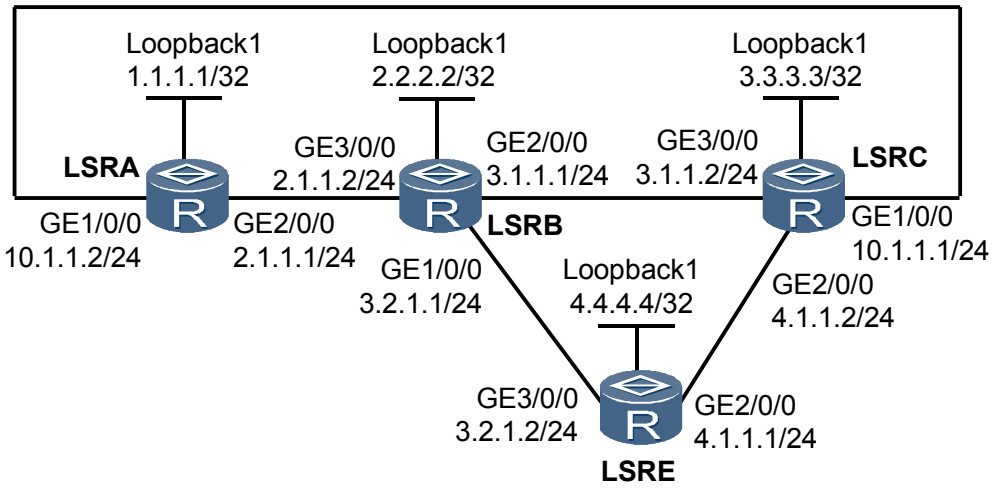
组网需求

如图 3-20 所示，要求创建一条沿显式路径：LSRA→LSRB→LSRC 的主隧道。在中间节点 LSRB 上配置一条 TE FRR 的旁路保护隧道，路径为 LSRB→LSRE→LSRC；并在入节点 LSRA 上配置普通备份 CR-LSP，路径为 LSRA→LSRC。

版权所有 © 华为技术有限公司

当 LSRB 和 LSRC 之间的链路出现故障后，系统启用 TE FRR 旁路保护隧道（即主 CR-LSP 处于 Frr-in-use 状态）并尝试恢复主 CR-LSP 的同时，也会尝试创建备份 CR-LSP。

图 3-20 配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步组网图



配置思路

采用如下的思路配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步：

1. 在 LSRA 上创建目的地址为 LSRC 的主隧道。
2. 在中间节点 LSRB 上配置 TE FRR 旁路保护隧道，路径为 LSRB→LSRE→LSRC，用来保护 LSRB 和 LSRC 之间的链路。
3. 在入节点 LSRA 上配置普通备份 CR-LSP，路径为 LSRA→LSRC。
4. 在隧道接口视图下配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步功能。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- IGP 协议类型及配置 IGP 所需数据
- 链路最大可预留带宽和 BC 带宽
- 主 CR-LSP 的显式路径和备份 CR-LSP 的显式路径
- TE FRR 的保护方式，以及需要保护的具体链路或节点
- 主隧道接口的接口编号、IP 地址、目的地址、隧道 ID、隧道信令协议（为 RSVP-TE）、隧道带宽

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

按照图 3-20 配置各接口的 IP 地址和掩码，包括各 Loopback 接口，具体配置过程略。

步骤 2 配置 IGP

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

在各个节点上配置 OSPF 或 IS-IS，使各节点能互通。本例使用 OSPF。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 3 配置 MPLS 基本能力

在各个节点的系统视图下配置 LSR ID，使能 MPLS，并在物理接口下使能 MPLS。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 4 配置 MPLS TE 基本能力

在各个节点的 MPLS 视图和链路的接口视图下使能 MPLS TE、MPLS RSVP-TE。配置链路最大可预留带宽为 100Mbps，BC0 带宽为 100Mbps。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 5 配置 OSPF TE，并配置 CSPF

在各个节点上配置 OSPF TE，并在 LSRA 和 LSRB 上配置 CSPF。具体配置过程请参见**配置 RSVP-TE 隧道**。

步骤 6 配置主、备 CR-LSP 使用的显式路径

在 LSRA 上配置主 CR-LSP 使用的显示路径。

```
[LSRA] explicit-path master
[LSRA-explicit-path-master] next hop 2.1.1.2
[LSRA-explicit-path-master] next hop 3.1.1.2
```

在 LSRA 上配置备份 CR-LSP 使用的显示路径。

```
[LSRA] explicit-path backup
[LSRA-explicit-path-backup] next hop 10.1.1.1
```

步骤 7 配置隧道接口

在 LSRA 上创建 Tunnel 接口，指定主隧道的显式路径，并配置隧道带宽为 20Mbps。

```
[LSRA] interface tunnel2/0/0
[LSRA-Tunnel2/0/0] ip address unnumbered interface loopback1
[LSRA-Tunnel2/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRA-Tunnel2/0/0] destination 3.3.3.3
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te tunnel-id 200
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te record-route label
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te bandwidth ct0 20000
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te path explicit-path master
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel2/0/0] quit
```

步骤 8 使能 TE Auto FRR，配置链路保护

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface Tunnel 2/0/0
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te fast-reroute
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel2/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] interface gigabitethernet2/0/0
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] mpls te auto-frr link
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置完成后，在 LSRA 上执行 **display mpls te tunnel path lsp-id 1.1.1.1 1 1** 命令可以看到旁路保护隧道建立成功。

```
[LSRA] display mpls te tunnel path lsp-id 1.1.1.1 1 1
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
Tunnel Interface Name : Tunnel2/0/0
Lsp ID : 1.1.1.1 :1 :1
Hop Information
 Hop 0   2.1.1.1
 Hop 1   2.1.1.2  Label 11264
 Hop 2   2.2.2.2  Label 11264
 Hop 3   3.1.1.1 Local-Protection available
 Hop 4   3.1.1.2  Label 3
 Hop 5   3.3.3.3  Label 3
```

步骤 9 配置主 CR-LSP 的普通备份 CR-LSP，并指定备份显式路径。

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface tunnel2/0/0
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te backup ordinary
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te path explicit-path backup secondary
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel2/0/0] quit
```

步骤 10 在主 CR-LSP 的入节点配置旁路保护隧道与备份 CR-LSP 同步功能。

配置 LSRA。

```
[LSRA] interface tunnel2/0/0
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te backup frr-in-use
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel2/0/0] quit
```

在入节点 LSRA 上执行 **display mpls te tunnel-interface Tunnel 2/0/0** 命令可以查看主 CR-LSP 的信息。

```
[LSRA] display mpls te tunnel-interface Tunnel 2/0/0
  ===============================================================
                            Tunnel2/0/0
  ===============================================================
  Tunnel State Desc   :  UP
  Active LSP          :  Primary LSP
  Session ID          :  1
  Ingress LSR ID      :  1.1.1.1          Egress LSR ID:  3.3.3.3
  Admin State         :  UP               Oper State    :  UP
  Primary LSP State      : UP
    Main LSP State       : READY               LSP ID  : 2
```

步骤 11 检查配置结果

使 LSRB 上被保护的出接口失效。

```
[LSRB] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] shutdown
```

在 LSRA 上配置隧道的亲和属性。

```
[LSRA] interface tunnel2/0/0
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te affinity property f0 mask ff secondary
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel2/0/0] quit
```

在入节点 LSRA 上执行 **display mpls te tunnel-interface** 命令，可以看到隧道状态为“Up”，说明主隧道处于 Frr-in-use 状态的同时，正在创建普通备份的 CR-LSP 和恢复主 CR-LSP。

```
  ===============================================================
                            Tunnel2/0/0
  ===============================================================
  Tunnel State Desc   :  UP
  Active LSP          :  Primary LSP
  Session ID          :  1
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
    Ingress LSR ID      :  1.1.1.1          Egress LSR ID:  3.3.3.3
    Admin State         :  UP               Oper State    :  UP
    Primary LSP State       : UP
      Main LSP State        : READY               LSP ID  : 5
      Modify LSP State      : SETTING UP          LSP ID  : 6
    Ordinary LSP State      : DOWN
      Main LSP State        : SETTING UP
[LSRA] display mpls te tunnel-interface
```

即当主 CR-LSP 故障后，系统启用 TE FRR 旁路保护隧道（即主 CR-LSP 处于 Frr-in-use 状态）并尝试恢复主 CR-LSP 的同时，也会尝试创建备份 CR-LSP。

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path master
  next hop 2.1.1.2
  next hop 3.1.1.2
#
 explicit-path backup
  next hop 10.1.1.2

#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip address 2.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 1000
 mpls te bandwidth bc0 1000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 1000
 mpls te bandwidth bc0 1000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack0
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
interface Tunnel2/0/0
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 1
 mpls te record-route label
 mpls te path explicit-path master
 mpls te path explicit-path backup secondary
 mpls te affinity property f0 mask ff secondary
 mpls te fast-reroute
 mpls te backup ordinary
 mpls te backup frr-in-use
 mpls te commit
#
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 2.1.1.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 undo shutdown
 ip address 2.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 1000
 mpls te bandwidth bc0 1000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 3.2.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 1000
 mpls te bandwidth bc0 1000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip address 3.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te auto-frr link
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 1000
 mpls te bandwidth bc0 1000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack0
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.2 0.0.0.0
  network 2.1.1.0 0.0.0.255
  network 3.1.1.0 0.0.0.255
  network 3.2.1.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  mpls te cspf
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip address 4.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 1000
 mpls te bandwidth bc0 1000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 1000
 mpls te bandwidth bc0 1000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 undo shutdown
 ip address 3.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 1000
 mpls te bandwidth bc0 1000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack0
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.3 0.0.0.0
  network 3.1.1.0 0.0.0.255
  network 4.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRE 的配置文件

```
#
 sysname LSRE
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip address 4.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 1000
 mpls te bandwidth bc0 1000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 undo shutdown
 ip address 3.2.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 1000
 mpls te bandwidth bc0 1000
 mpls rsvp-te
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
interface LoopBack0
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 4.4.4.4 0.0.0.0
  network 3.2.1.0 0.0.0.255
  network 4.1.1.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

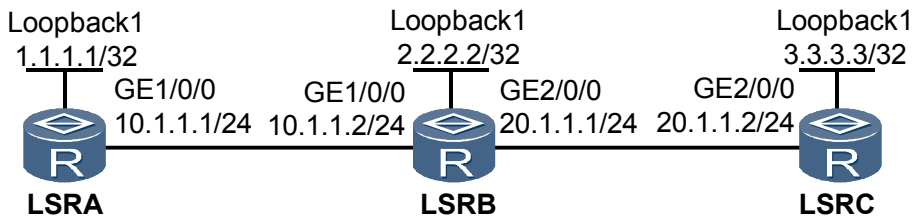
3.25.20 配置 RSVP GR 示例

本例描述了如何通过配置 RSVP GR 实现主备板切换时保持 MPLS 转发不间断。

组网需求

如图 3-21 所示，LSRA、LSRB 和 LSRC 都为双主控设备。3 台设备通过 IS-IS 协议实现网络互连，用 RSVP 协议建立一条从 LSRA 到 LSRC 的 TE 隧道。要求配置 RSVP GR，使 LSRA、LSRB 或 LSRC 在主备板切换时保持 MPLS 转发不间断。

图 3-21 RSVP GR 的配置举例



配置思路

采用如下思路配置 RSVP GR：

1. 配置各设备接口的 IP 地址及作为 LSR-ID 的 Loopback 地址。
2. 运行 IS-IS 协议，实现各节点互通，并使能 IS-IS TE。
3. 配置 LSR-ID
4. 全局使能 MPLS、MPLS TE、MPLS RSVP-TE。
5. 使能各接口的 MPLS、MPLS TE 和 MPLS RSVP-TE，并配置链路的 MPLS TE 带宽属性。
6. 在入节点 LSRA 上使能 MPLS CSPF，并创建隧道接口，指定隧道的 IP 地址、隧道协议、目的地址、隧道 ID 及动态信令协议 RSVP-TE。
7. 在各节点使能 IS-IS GR。
8. 在各节点使能 RSVP GR。

数据准备

为完成此配置示例，需要准备如下数据：

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- 各节点的接口 IP 地址
- IS-IS 的网络实体名称 NET 及各节点所属的 IS-IS Level
- 各节点的 MPLS LSR-ID
- 隧道沿途各链路的带宽属性
- 入节点的 Tunnel 接口的编号、Tunnel ID、隧道带宽

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址（略）

步骤 2 配置 IS-IS 基本功能

配置 LSRA。

```
[LSRA] isis 1
[LSRA-isis-1] network-entity 00.0005.0000.0000.0001.00
[LSRA-isis-1] is-level level-2
[LSRA-isis-1] quit
[LSRA] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] isis enable 1
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] quit
[LSRA] interface loopback 1
[LSRA-LoopBack1] isis enable 1
[LSRA-LoopBack1] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] isis 1
[LSRB-isis-1] network-entity 00.0005.0000.0000.0002.00
[LSRB-isis-1] is-level level-2
[LSRB-isis-1] quit
[LSRB] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRB-GigabitEthernet1/0/0] isis enable 1
[LSRB-GigabitEthernet1/0/0] quit
[LSRB] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] isis enable 1
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] quit
[LSRB] interface loopback 1
[LSRB-LoopBack1] isis enable 1
[LSRB-LoopBack1] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] isis 1
[LSRC-isis-1] network-entity 00.0005.0000.0000.0003.00
[LSRC-isis-1] is-level level-2
[LSRC-isis-1] quit
[LSRC] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRC-GigabitEthernet2/0/0] isis enable 1
[LSRC-GigabitEthernet2/0/0] quit
[LSRC] interface loopback 1
[LSRC-LoopBack1] isis enable 1
[LSRC-LoopBack1] quit
```

配置完成后，在各节点上执行 **display ip routing-table** 命令，可以看到相互之间都学到了到对方的路由。

步骤 3 配置 MPLS 基本能力，使能 MPLS TE、RSVP-TE 和 CSPF，并配置链路的带宽属性

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls te
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRA-mpls] mpls rsvp-te
[LSRA-mpls] mpls te cspf
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls te
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls lsr-id 2.2.2.2
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] mpls te
[LSRB-mpls] mpls rsvp-te
[LSRB-mpls] quit
[LSRB] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRB-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[LSRB-GigabitEthernet1/0/0] mpls te
[LSRB-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRB-GigabitEthernet1/0/0] quit
[LSRB] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] mpls
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] mpls te
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] mpls rsvp-te
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] mpls lsr-id 3.3.3.3
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] mpls te
[LSRC-mpls] mpls rsvp-te
[LSRC-mpls] quit
[LSRC] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRC-GigabitEthernet2/0/0] mpls
[LSRC-GigabitEthernet2/0/0] mpls te
[LSRC-GigabitEthernet2/0/0] mpls rsvp-te
[LSRC-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

步骤 4 配置 IS-IS TE 并使能 IS-IS GR

配置 LSRA。

```
[LSRA] isis 1
[LSRA-isis-1] cost-style wide
[LSRA-isis-1] is-name LSRA
[LSRA-isis-1] traffic-eng level-2
[LSRA-isis-1] graceful-restart
[LSRA-isis-1] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] isis 1
[LSRB-isis-1] cost-style wide
[LSRB-isis-1] is-name LSRB
[LSRB-isis-1] traffic-eng level-2
[LSRB-isis-1] graceful-restart
[LSRB-isis-1] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] isis 1
[LSRC-isis-1] cost-style wide
[LSRC-isis-1] is-name LSRC
[LSRC-isis-1] traffic-eng level-2
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRC-isis-1] graceful-restart
[LSRC-isis-1] quit
```

步骤 5 配置 MPLS TE 隧道

在 LSRA 上配置 MPLS TE 隧道。

```
[LSRA] interface tunnel 1/0/0
[LSRA-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRA-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRA-Tunnel1/0/0] destination 3.3.3.3
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te signal-protocol rsvp-te
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te bandwidth ct0 20000
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel1/0/0] quit
```

配置完成后，在 LSRA 上执行 **display interface tunnel** 命令可以看到隧道接口状态为 Up。

```
[LSRA] display interface tunnel
Tunnel1/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last up time: 2007-10-29, 16:35:10
Description : Tunnel1/0/0 Interface
...
```

步骤 6 使能 RSVP GR

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls rsvp-te hello
[LSRA-mpls] mpls rsvp-te hello full-gr
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te hello
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] mpls rsvp-te hello
[LSRB-mpls] mpls rsvp-te hello full-gr
[LSRB-mpls] quit
[LSRB] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRB-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te hello
[LSRB] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRB-GigabitEthernet2/0/0] mpls rsvp-te hello
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] mpls rsvp-te hello
[LSRC-mpls] mpls rsvp-te hello full-gr
[LSRC-mpls] quit
[LSRC] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRC-GigabitEthernet2/0/0] mpls rsvp-te hello
```

步骤 7 检查配置结果

配置完成后，在 LSRB 上执行 **display mpls rsvp-te graceful-restart** 命令可以看到本地 GR 的状态、重启时间、恢复时间。

```
[LSRB] display mpls rsvp-te graceful-restart
Display Mpls Rsvp te graceful restart information
 LSR ID: 2.2.2.2
 Graceful-Restart Capability:    GR-Self GR-Support
 Restart Time:  90060 Milli Second
 Recovery Time: 0 Milli Second
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 GR Status:  Gracefully Restart Not going on
 Number of Restarting neighbors: 0
 Number of LSPs recovered: 0
 Received Gr Path message count: 0
 Send Gr Path message count: 0
 Received RecoveryPath message count: 0
 Send RecoveryPath message count: 0
```

在 LSRB 上执行 **display mpls rsvp-te graceful-restart peer** 命令可以看到邻居节点 GR 状态。

```
[LSRB] display mpls rsvp-te graceful-restart peer
Neighbor on Interface GigabitEthernet1/0/0
 Neighbor Addr: 10.1.1.1
 SrcInstance: 47860                    NbrSrcInstance: 49409
 Neighbor Capability:
                     Can Do Self GR
                     Can Support GR
 GR Status:          Normal
 Restart Time:  90060 Milli Second
 Recovery Time: 0 Milli Second
 Stored GR message number: 0
```

在 LSRA 执行 **display this interface** 命令，查看 **Tunnel up/down statistics** 字段，可以看到该字段值为 0，表示隧道没有振荡过。

```
[LSRA] display this interface
Tunnel1/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last line protocol up time : 2010-07-13 16:10:09
Description: Tunnel1/0/0 Interface
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 1500
Internet protocol processing : disabled
Encapsulation is TUNNEL, loopback not set
Tunnel destination 3.3.3.3
Tunnel up/down statistics 0
Tunnel protocol/transport MPLS/MPLS, ILM is available,
...
```

在 LSRB 上执行主备倒换命令 **slave switchover**，强制 LSRB 进行主备倒换。

```
[LSRB] slave switchover enable
[LSRB] slave switchover
Caution!!! Confirm switch slave to master[Y/N] ?
[LSRB] y
```

再次在 LSRA 执行 **display this interface** 命令，查看 **Tunnel up/down statistics** 字段，可以看到该字段值仍为 0，表明 LSRB 主备倒换后，隧道并没有发生振荡，即 RSVP GR 配置成功。

```
[LSRA] display this interface
Tunnel1/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last line protocol up time : 2010-07-13 16:13:53
Description: Tunnel1/0/0 Interface
Route Port,The Maximum Transmit Unit is 1500
Internet protocol processing : disabled
Encapsulation is TUNNEL, loopback not set
Tunnel destination 3.3.3.3
Tunnel up/down statistics 0
Tunnel protocol/transport MPLS/MPLS, ILM is available,
...
```

----结束

版权所有 © 华为技术有限公司

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
  mpls rsvp-te hello
  mpls rsvp-te hello full-gr
#
isis 1
 graceful-restart
 is-level level-2
 cost-style wide
 is-name LSRA
 network-entity 00.0005.0000.0000.0001.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te bandwidth ct0 20000
 mpls te commit
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
slave switchover enable
slave switchover
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls rsvp-te hello
  mpls rsvp-te hello full-gr
#
isis 1
 graceful-restart
 is-level level-2
 cost-style wide
 is-name LSRB
 network-entity 00.0005.0000.0000.0002.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
#
interface GigabitEthernet2/0/0
ip address 20.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls rsvp-te hello
  mpls rsvp-te hello full-gr
#
isis 1
 graceful-restart
 is-level level-2
 cost-style wide
 is-name LSRC
 network-entity 00.0005.0000.0000.0003.00
 traffic-eng level-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 20.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

3.25.21 配置静态 BFD for CR-LSP 示例

本例描述了通过配置静态 BFD for CR-LSP 实现一条隧道上使能热备份且配置有逃生路径。

组网需求

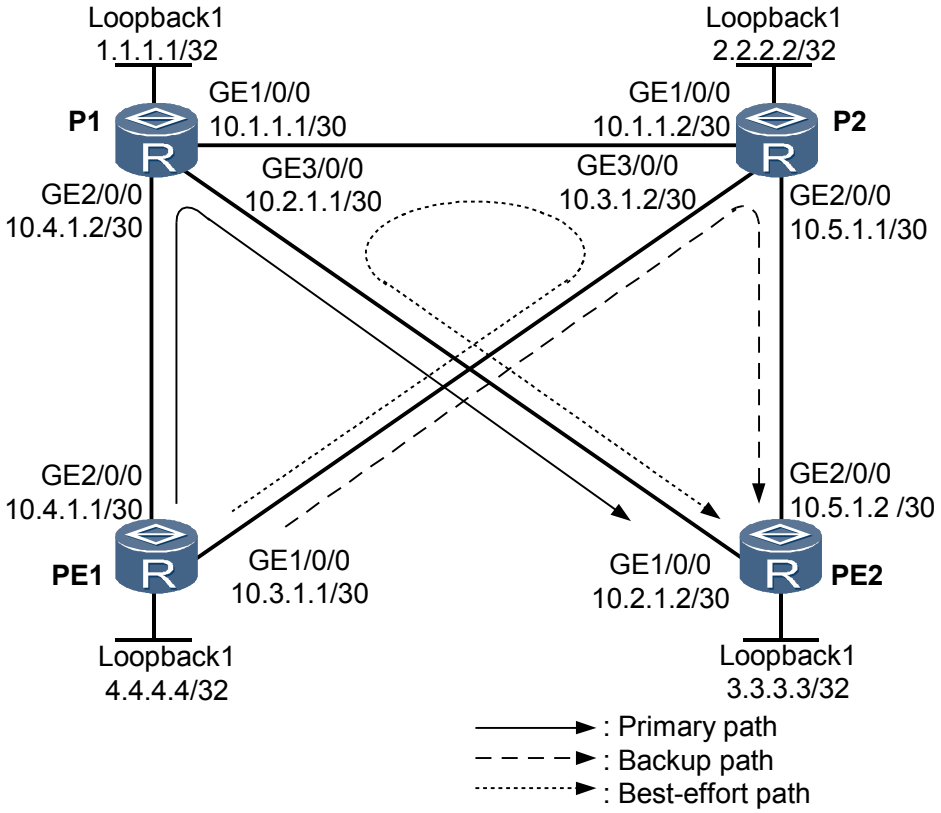
图 3-22 为 CR-LSP 热备份组网图。PE1 上建立了一条 TE 隧道，目的地址为 PE2。该隧道使能了热备份且配置了逃生路径。当主 CR-LSP 故障时，流量切换到备份 CR-LSP；当主 CR-LSP 故障恢复，延时 15 秒后再进行流量回切。如果主、备 CR-LSP 都故障，触发建立逃生路径，使流量切换到逃生路径上。

版权所有 © 华为技术有限公司

现要求配置两个静态 BFD 会话，分别检测主、备 CR-LSP，使得：

- 主 CR-LSP 故障时，将流量快速切换到备份 CR-LSP；
- 在主 CR-LSP 恢复后的延时回切时间（15 秒）内，如果备份 CR-LSP 故障，可快速感知故障并将流量回切到主 CR-LSP。

图 3-22 CR-LSP 热备份组网示意图



配置思路

采用如下思路配置静态 BFD for CR-LSP：

1. 按照**配置 CR-LSP 热备份示例**配置 CR-LSP 热备份。
2. 在 PE1 上建立两个 BFD 会话，绑定 CR-LSP，分别检测主 CR-LSP 和备份 CR-LSP；PE2 上配置两个 BFD 会话，绑定 IP（PE2-->PE1 路由可达即可）。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- BFD 配置名、本地标识符和远端标识符
- BFD 报文最大接收时间间隔和最大发送时间间隔
- BFD 本地检测倍数
- 需要准备的其他数据请参见**配置 CR-LSP 热备份示例**

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 配置 CR-LSP 热备份

按照**配置 CR-LSP 热备份示例**配置主、备 CR-LSP 和逃生路径。

步骤 2 配置 BFD for CR-LSP

在 PE1 和 PE2 之间建立 BFD 会话检测主、备 CR-LSP 故障。PE1 上的 BFD 会话绑定 CR-LSP，PE2 上的 BFD 会话绑定 IP。指定发送 BFD 报文的最小时间间隔和允许接收 BFD 报文的最小时间间隔为 100 毫秒，BFD 本地检测倍数为 3。

配置 PE1。

```
[PE1] bfd
[PE1-bfd] quit
[PE1] bfd mainlsptope2 bind mpls-te interface tunnel1/0/0 te-lsp
[PE1-bfd-lsp-session-mainlsptope2] discriminator local 413
[PE1-bfd-lsp-session-mainlsptope2] discriminator remote 314
[PE1-bfd-lsp-session-mainlsptope2] min-tx-interval 100
[PE1-bfd-lsp-session-mainlsptope2] min-rx-interval 100
[PE1-bfd-lsp-session-mainlsptope2] detect-multiplier 3
[PE1-bfd-lsp-session-mainlsptope2] process-pst
[PE1-bfd-lsp-session-mainlsptope2] commit
[PE1-bfd-lsp-session-mainlsptope2] quit
[PE1] bfd backuplsptope2 bind mpls-te interface tunnel1/0/0 te-lsp backup
[PE1-bfd-lsp-session-backuplsptope2] discriminator local 423
[PE1-bfd-lsp-session-backuplsptope2] discriminator remote 324
[PE1-bfd-lsp-session-backuplsptope2] min-tx-interval 100
[PE1-bfd-lsp-session-backuplsptope2] min-rx-interval 100
[PE1-bfd-lsp-session-backuplsptope2] detect-multiplier 3
[PE1-bfd-lsp-session-backuplsptope2] process-pst
[PE1-bfd-lsp-session-backuplsptope2] commit
[PE1-bfd-lsp-session-backuplsptope2] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] bfd
[PE2-bfd] quit
[PE2] bfd mainlsptope2 bind peer-ip 4.4.4.4
[PE2-bfd-lsp-session-mainlsptope2] discriminator local 314
[PE2-bfd-lsp-session-mainlsptope2] discriminator remote 413
[PE2-bfd-lsp-session-mainlsptope2] min-tx-interval 100
[PE2-bfd-lsp-session-mainlsptope2] min-rx-interval 100
[PE2-bfd-lsp-session-mainlsptope2] detect-multiplier 3
[PE2-bfd-lsp-session-mainlsptope2] commit
[PE2-bfd-lsp-session-mainlsptope2] quit
[PE2] bfd backuplsptope2 bind peer-ip 4.4.4.4
[PE2-bfd-lsp-session-backuplsptope2] discriminator local 324
[PE2-bfd-lsp-session-backuplsptope2] discriminator remote 423
[PE2-bfd-lsp-session-backuplsptope2] min-tx-interval 100
[PE2-bfd-lsp-session-backuplsptope2] min-rx-interval 100
[PE2-bfd-lsp-session-backuplsptope2] detect-multiplier 3
[PE2-bfd-lsp-session-backuplsptope2] commit
[PE2-bfd-lsp-session-backuplsptope2] quit
```

完成此步骤后，在 PE1 和 PE2 上执行 **display bfd session discriminator** *local-discriminator-value*，可发现 BFD 会话状态为 Up。

以 PE1 的显示为例：

```
[PE1] display bfd session discriminator 413
--------------------------------------------------------------------------------
Local  Remote PeerIpAddr      InterfaceName                 State     Type
--------------------------------------------------------------------------------
413    314    3.3.3.3         Tunnel1/0/0                   Up        S_TE_LSP
--------------------------------------------------------------------------------
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1] display bfd session discriminator 423
--------------------------------------------------------------------------------
Local  Remote PeerIpAddr      InterfaceName                 State     Type
--------------------------------------------------------------------------------
423    324    3.3.3.3         Tunnel1/0/0                   Up        S_TE_LSP
--------------------------------------------------------------------------------
```

步骤 3 检查配置结果

将同一台测试仪的两个接口（Port1 和 Port2）分别接入 PE1 和 PE2，从 Port1 向 Port2 打 MPLS 流（注意标签值的设置）。可发现当拔出 PE1 或 P1 上的 GE2/0/0 接口的线缆时，故障收敛时间为毫秒级。

插入拔出的 GE2/0/0 接口的线缆并在 15 秒内拔出 PE1 的 GE1/0/0 接口线缆时，可发现故障收敛时间为毫秒级。

----结束

配置文件

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
 bfd
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  lsp-trigger all
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path backup
  next hop 10.3.1.2
  next hop 10.5.1.2
  next hop 3.3.3.3
#
 explicit-path main
  next hop 10.4.1.2
  next hop 10.2.1.2
  next hop 3.3.3.3
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0004.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.3.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.4.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te record-route
 mpls te bandwidth ct0 10000
 mpls te path explicit-path main
 mpls te path explicit-path backup secondary
 mpls te backup hot-standby wtr 15
 mpls te backup ordinary best-effort
 mpls te commit
#
bfd backuplsptope2 bind mpls-te interface Tunnel1/0/0 te-lsp backup
 discriminator local 423
 discriminator remote 324
 min-tx-interval 100
 min-rx-interval 100
 process-pst
 commit
#
bfd mainlsptope2 bind mpls-te interface Tunnel1/0/0 te-lsp
 discriminator local 413
 discriminator remote 314
 min-tx-interval 100
 min-rx-interval 100
 process-pst
 commit
#
return
```

- P1 的配置文件

```
#
 sysname P1
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0001.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.4.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- P2 的配置文件

```
#
 sysname P2
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0002.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.5.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 50000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.3.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
 bfd
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  lsp-trigger all
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0003.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.5.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
 isis enable 1
#
bfd backuplsptope2 bind peer-ip 4.4.4.4
 discriminator local 324
 discriminator remote 423
 min-tx-interval 100
 min-rx-interval 100
 commit
#
bfd mainlsptope2 bind peer-ip 4.4.4.4
 discriminator local 314
 discriminator remote 413
 min-tx-interval 100
 min-rx-interval 100
 commit
#
return
```

3.25.22 配置静态 BFD for TE 示例

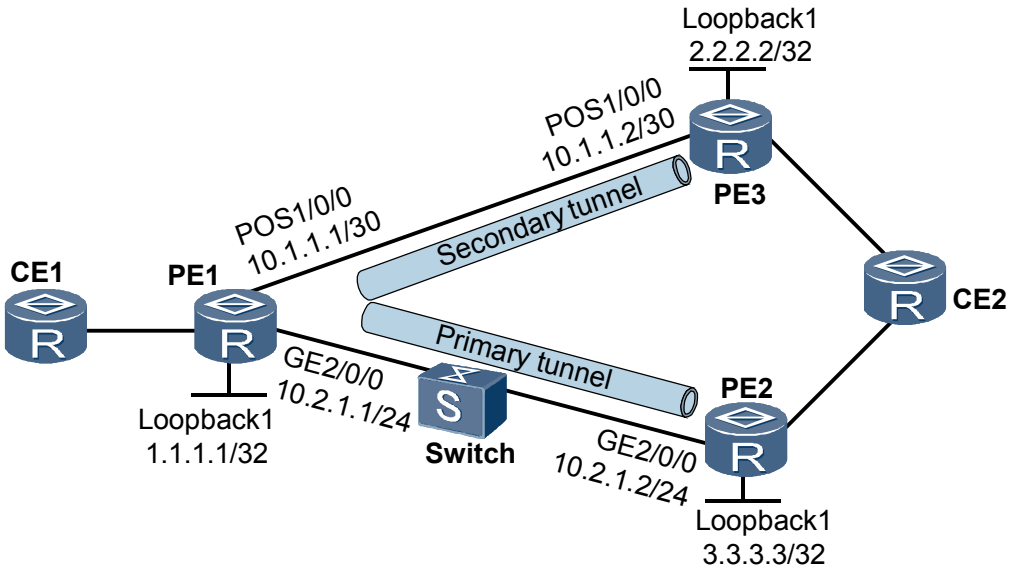
配置了 BFD for TE 检测主路径的隧道，可以使 VPN 能快速感知隧道故障，进行流量切换，减少故障时间。

组网需求

图 3-23 为 MPLS 网络，PE1 和 PE2 之间存在二层设备（交换机）。在 PE1 上配置了 VPN FRR，使用 MPLS TE 隧道。其中 VPN FRR 使用的主路径是 PE1->Switch->PE2，备份路径是 PE1->PE3。当网络没有故障时，使用主路径传输 VPN 流量，当主路径出现故障时，VPN 流量切换到上备份路径上。要求配置 BFD for TE 检测主路径的隧道，使 VPN 能快速感知隧道故障，进行流量切换，减少故障时间。

版权所有 © 华为技术有限公司

图 3-23 静态 BFD for TE 组网示意图



说明

为简单起见，图中省略了 PE 和 CE 之间的 IP 地址。

配置思路

采用如下思路配置静态 BFD for TE：

1. 配置 MPLS 网络，在 PE1 和 PE2 之间，及 PE1 和 PE3 之间建立双向 TE 隧道。
2. 部署 VPN FRR。
3. 在 PE1、PE2、PE3 上使能全局 BFD 能力。
4. 在 PE1 上配置 BFD 会话，检测主路径上的 TE 隧道。
5. 在 PE2 和 PE3 配置 BFD 会话，指定 BFD 的反向通道为 TE 隧道。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- IGP 协议类型及配置 IGP 所需数据
- BGP 的 AS 号、BGP 会话接口
- MPLS LSR-ID
- 隧道沿途链路的出接口的最大可预留带宽和 BC 带宽
- 隧道接口编号、隧道占用的带宽及使用的显示路径
- VPN 实例的名称、RD 和 Route-Target
- 隧道策略的名称
- PE1 上配置 VPN FRR 所需数据，如 IP 前缀名称、路由策略名称
- BFD 的名称、本地和远端标识符

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

根据组网图为配置 IP 地址，并在节点上创建 Loopback 接口，配置 Loopback 接口的 IP 地址为 MPLS LSR-ID。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 2 配置交换机

配置交换机，使 PE1 和 PE2 能互通。具体配置过程略。

步骤 3 配置 IGP

在各个节点上配置 OSPF 或 IS-IS，使 PE1 和 PE2 能互通，PE1 和 PE3 能互通。本例使用 OSPF，具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 4 配置 MPLS 基本能力

在各个节点的系统视图下配置 LSR-ID，使能 MPLS，并在物理接口下使能 MPLS。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 5 配置 MPLS TE 基本能力

在各个节点的 MPLS 视图和物理接口视图下使能 MPLS-TE、MPLS RSVP-TE。在隧道沿途链路的出接口的 MPLS TE 最大可预留带宽为 100Mbps，BC 带宽为 100Mbps。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 6 配置 OSPF TE，并配置 CSPF

在各个节点上配置 OSPF TE，并在 PE1 上配置 CSPF。具体配置过程请参见**配置 RSVP-TE 隧道**。

步骤 7 配置 Tunnel 接口

在 PE1、PE2 和 PE3 上配置显式路径，其中 PE1 上需创建两个显式路径。

配置 PE1。

```
<PE1>system-view
[PE1] explicit-path tope2
[PE1-explicit-path-tope2] next hop 10.2.1.2
[PE1-explicit-path-tope2] next hop 3.3.3.3
[PE1-explicit-path-tope2] quit
[PE1] explicit-path tope3
[PE1-explicit-path-tope3] next hop 10.1.1.2
[PE1-explicit-path-tope3] next hop 2.2.2.2
[PE1-explicit-path-tope3] quit
```

配置 PE2。

```
<PE2>system-view
[PE2] explicit-path tope1
[PE2-explicit-path-tope1] next hop 10.2.1.1
[PE2-explicit-path-tope1] next hop 1.1.1.1
[PE2-explicit-path-tope1] quit
```

配置 PE3。

```
<PE3> system-view
[PE3] explicit-path tope1
[PE3-explicit-path-tope1] next hop 10.1.1.1
[PE3-explicit-path-tope1] next hop 1.1.1.1
[PE3-explicit-path-tope1] quit
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

在 PE1、PE2 和 PE3 上创建 Tunnel 接口，配置显式路径，隧道带宽为 10Mbps。并配置绑定，预留给 VPN 使用。其中 PE1 上需创建两个 Tunnel 接口。

配置 PE1。

```
[PE1] interface tunnel 2/0/0
[PE1-Tunnel2/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE1-Tunnel2/0/0] tunnel-protocol mpls te
[PE1-Tunnel2/0/0] destination 3.3.3.3
[PE1-Tunnel2/0/0] mpls te tunnel-id 200
[PE1-Tunnel2/0/0] mpls te path explicit-path tope2
[PE1-Tunnel2/0/0] mpls te bandwidth ct0 10000
[PE1-Tunnel2/0/0] mpls te reserved-for-binding
[PE1-Tunnel2/0/0] mpls te commit
[PE1-Tunnel2/0/0] quit
[PE1] interface tunnel 1/0/0
[PE1-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE1-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[PE1-Tunnel1/0/0] destination 2.2.2.2
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te path explicit-path tope3
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te bandwidth ct0 10000
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te reserved-for-binding
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[PE1-Tunnel1/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] interface tunnel 2/0/0
[PE2-Tunnel2/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE2-Tunnel2/0/0] tunnel-protocol mpls te
[PE2-Tunnel2/0/0] destination 1.1.1.1
[PE2-Tunnel2/0/0] mpls te tunnel-id 200
[PE2-Tunnel2/0/0] mpls te path explicit-path tope1
[PE2-Tunnel2/0/0] mpls te bandwidth ct0 10000
[PE2-Tunnel2/0/0] mpls te reserved-for-binding
[PE2-Tunnel2/0/0] mpls te commit
[PE2-Tunnel2/0/0] quit
```

配置 PE3。

```
[PE3] interface tunnel 1/0/0
[PE3-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE3-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[PE3-Tunnel1/0/0] destination 1.1.1.1
[PE3-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[PE3-Tunnel1/0/0] mpls te path explicit-path tope1
[PE3-Tunnel1/0/0] mpls te bandwidth ct0 10000
[PE3-Tunnel1/0/0] mpls te reserved-for-binding
[PE3-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[PE3-Tunnel1/0/0] quit
```

完成此步骤后，在 PE 上执行 **display mpls te tunnel-interface tunnel** *interface-number*，可发现在 PE1 的 Tunnel1/0/0 和 Tunnel2/0/0、PE2 的 Tunnel2/0/0 和 PE3 的 Tunnel1/0/0 的状态都为“Up”。

步骤 8 配置 VPN FRR

在 PE1、PE2 和 PE3 上配置 VPN 实例，VPN 实例名都设置为 vpn1，RD 分别为 100:1、100:2 和 100:3，Rout-Target 属性都为 100:1。并接入 CE 设备。具体配置过程略。

在 PE1 和 PE2 之间，及 PE1 和 PE3 之间建立 MP-IBGP 对等体。PE1、PE2 和 PE3 上的 BGP AS 号都为 100，使用 Loopback1 作为 BGP 会话接口。具体配置过程略。

在 PE1、PE2 和 PE3 上配置隧道策略，并应用到 VPN 实例中。

配置 PE1。

版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1] tunnel-policy policy1
[PE1-tunnel-policy-policy1] tunnel binding destination 3.3.3.3 te tunnel 2/0/0
[PE1-tunnel-policy-policy1] tunnel binding destination 2.2.2.2 te tunnel 1/0/0
[PE1-tunnel-policy-policy1] quit
[PE1] ip vpn-instance vpn1
[PE1-ip-vpn-instance-vpn1] ipv4-family
[PE1-ip-vpn-instance-vpn1-af-ipv4] tnl-policy policy1
[PE1-ip-vpn-instance-vpn1-af-ipv4] quit
[PE1-ip-vpn-instance-vpn1] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] tunnel-policy policy1
[PE2-tunnel-policy-policy1] tunnel binding destination 1.1.1.1 te tunnel 2/0/0
[PE2-tunnel-policy-policy1] quit
[PE2] ip vpn-instance vpn1
[PE2-ip-vpn-instance-vpn1] ipv4-family
[PE2-ip-vpn-instance-vpn1-af-ipv4] tnl-policy policy1
[PE2-ip-vpn-instance-vpn1-af-ipv4] quit
[PE2-ip-vpn-instance-vpn1] quit
```

配置 PE3。

```
[PE3] tunnel-policy policy1
[PE3-tunnel-policy-policy1] tunnel binding destination 1.1.1.1 te tunnel 1/0/0
[PE3-tunnel-policy-policy1] quit
[PE3] ip vpn-instance vpn1
[PE3-ip-vpn-instance-vpn1] ipv4-family
[PE3-ip-vpn-instance-vpn1-af-ipv4] tnl-policy policy1
[PE3-ip-vpn-instance-vpn1-af-ipv4] quit
[PE3-ip-vpn-instance-vpn1] quit
```

在 PE1 上配置 VPN FRR。

```
[PE1] ip ip-prefix vpn_frr_list permit 3.3.3.3 32
[PE1] route-policy vpn_frr_rp permit node 10
[PE1-route-policy] if-match ip next-hop ip-prefix vpn_frr_list
[PE1-route-policy] apply backup-nexthop 2.2.2.2
[PE1-route-policy] quit
[PE1] ip vpn-instance vpn1
[PE1-vpn-instance-vpn1] ipv4-family
[PE1-vpn-instance-vpn1-af-ipv4] vpn frr route-policy vpn_frr_rp
[PE1-vpn-instance-vpn1-af-ipv4] quit
[PE1-vpn-instance-vpn1] quit
```

完成此步骤后，CE 之间可以互通，且流量经过 PE1、Switch 和 PE2。当拔出 PE1 和 PE2 之间任意一个接口的线缆，或 Swith 节点故障，或 PE2 故障时，VPN 流量被切换到备份路径 PE1->PE3 上。故障收敛时间几乎为 IGP 的收敛时间。

步骤 9 配置 BFD for TE

在 PE1 上配置 BFD 会话，检测主路径上的 TE 隧道。并指定发送 BFD 报文的最小时间间隔和允许接收 BFD 报文的最小时间间隔，以及 BFD 本地检测倍数。

```
[PE1] bfd
[PE1-bfd] quit
[PE1] bfd test bind mpls-te interface tunnel2/0/0
[PE1-bfd-lsp-session-test] discriminator local 12
[PE1-bfd-lsp-session-test] discriminator remote 21
[PE1-bfd-lsp-session-test] min-tx-interval 100
[PE1-bfd-lsp-session-test] min-rx-interval 100
[PE1-bfd-lsp-session-test] detect-multiplier 3
[PE1-bfd-lsp-session-test] process-pst
[PE1-bfd-lsp-session-test] commit
```

在 PE2 上配置 BFD 会话，指定 BFD 的反向通道为 TE 隧道。并指定发送 BFD 报文的最小时间间隔和允许接收 BFD 报文的最小时间间隔，以及 BFD 本地检测倍数。

```
[PE2] bfd
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE2-bfd] quit
[PE2] bfd test bind mpls-te interface tunnel2/0/0
[PE2-bfd-lsp-session-test] discriminator local 21
[PE2-bfd-lsp-session-test] discriminator remote 12
[PE2-bfd-lsp-session-test] min-tx-interval 100
[PE2-bfd-lsp-session-test] min-rx-interval 100
[PE2-bfd-lsp-session-test] detect-multiplier 3
[PE2-bfd-lsp-session-test] commit
```

完成此步骤后，在 PE1 和 PE2 上执行命令 **display bfd session** { **all** | **discriminator** *discr-value* | **mpls-te** | [**slot** *slot-id*] [**verbose**]命令，可发现 BFD 会话状态为 Up。

步骤 10 检查配置结果

将同一台测试仪的两个接口（Port1 和 Port2）分别接入 CE1 和 CE2，从 Port1 向 Port2 打流，可发现当拔出 PE1 和 PE2 之间任意一个接口的线缆时，故障时间为毫秒级。

----结束

配置文件

说明

本例省略了 CE1、CE2 和 Switch 的配置文件，及 PE 接入 CE 的相关配置。

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
ip vpn-instance vpn1
 ipv4-family
  route-distinguisher 100:1
  vpn frr route-policy vpn_frr_rp
  tnl-policy policy1
  vpn-target 100:1 export-extcommunity
  vpn-target 100:1 import-extcommunity
#
 bfd
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path tope2
  next hop 10.2.1.2
  next hop 3.3.3.3
#
 explicit-path tope3
  next hop 10.1.1.2
  next hop 2.2.2.2
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 2.2.2.2
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te bandwidth ct0 10000
 mpls te path explicit-path tope3
 mpls te reserved-for-binding
 mpls te commit
#
interface Tunnel2/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 200
 mpls te bandwidth ct0 10000
 mpls te path explicit-path tope2
 mpls te reserved-for-binding
 mpls te commit
#
bgp 100
 peer 2.2.2.2 as-number 100
 peer 2.2.2.2 connect-interface LoopBack1
 peer 3.3.3.3 as-number 100
 peer 3.3.3.3 connect-interface LoopBack1
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  peer 2.2.2.2 enable
  peer 3.3.3.3 enable
#
 ipv4-family vpnv4
  policy vpn-target
  peer 2.2.2.2 enable
  peer 3.3.3.3 enable
#
 ipv4-family vpn-instance vpn1
  import-route direct
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 10.2.1.0 0.0.0.255
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
route-policy vpn_frr_rp permit node 10
 if-match ip next-hop ip-prefix vpn_frr_list
 apply backup-nexthop 2.2.2.2
#
ip ip-prefix vpn_frr_list permit 3.3.3.3 32
#
tunnel-policy  policy1
 tunnel binding destination 3.3.3.3 te Tunnel2/0/0
 tunnel binding destination 2.2.2.2 te Tunnel1/0/0
#
bfd test bind mpls-te interface Tunnel2/0/0
 discriminator local 12
 discriminator remote 21
 min-tx-interval 100
 min-rx-interval 100
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 process-pst
 commit
#
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
ip vpn-instance vpn1
 ipv4-family
  route-distinguisher 100:2
  tnl-policy policy1
  vpn-target 100:1 export-extcommunity
  vpn-target 100:1 import-extcommunity
#
 bfd
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path tope1
  next hop 10.2.1.1
  next hop 1.1.1.1
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
interface Tunnel2/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 1.1.1.1
 mpls te tunnel-id 200
 mpls te bandwidth ct0 10000
 mpls te path explicit-path tope1
 mpls te reserved-for-binding
 mpls te commit
#
bgp 100
 peer 1.1.1.1 as-number 100
 peer 1.1.1.1 connect-interface LoopBack1
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  peer 1.1.1.1 enable
#
 ipv4-family vpnv4
  policy vpn-target
  peer 1.1.1.1 enable
#
 ipv4-family vpn-instance vpn1
  import-route direct
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.2.1.0 0.0.0.255
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  network 3.3.3.3 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
tunnel-policy  policy1
 tunnel binding destination 1.1.1.1 te Tunnel2/0/0
#
bfd test bind mpls-te interface Tunnel2/0/0
 discriminator local 21
 discriminator remote 12
 min-tx-interval 100
 min-rx-interval 100
 commit
#
return
```

- PE3 的配置文件

```
#
 sysname PE3
#
ip vpn-instance vpn1
 ipv4-family
  route-distinguisher 100:3
  tnl-policy policy1
  vpn-target 100:1 export-extcommunity
  vpn-target 100:1 import-extcommunity
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path tope1
  next hop 10.1.1.1
  next hop 1.1.1.1
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 1.1.1.1
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te bandwidth ct0 10000
 mpls te path explicit-path tope1
 mpls te reserved-for-binding
 mpls te commit
#
bgp 100
 peer 1.1.1.1 as-number 100
 peer 1.1.1.1 connect-interface LoopBack1
 #
 ipv4-family unicast
  undo synchronization
  peer 1.1.1.1 enable
#
 ipv4-family vpnv4
  policy vpn-target
  peer 1.1.1.1 enable
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
 ipv4-family vpn-instance vpn1
  import-route direct
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 2.2.2.2 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
tunnel-policy  policy1
 tunnel binding destination 1.1.1.1 te Tunnel1/0/0
#
return
```

3.25.23 配置动态 BFD for CR-LSP 示例

本例描述了通过配置动态 BFD for CR-LSP 实现一条隧道上使能热备份且配置有逃生路径。

组网需求

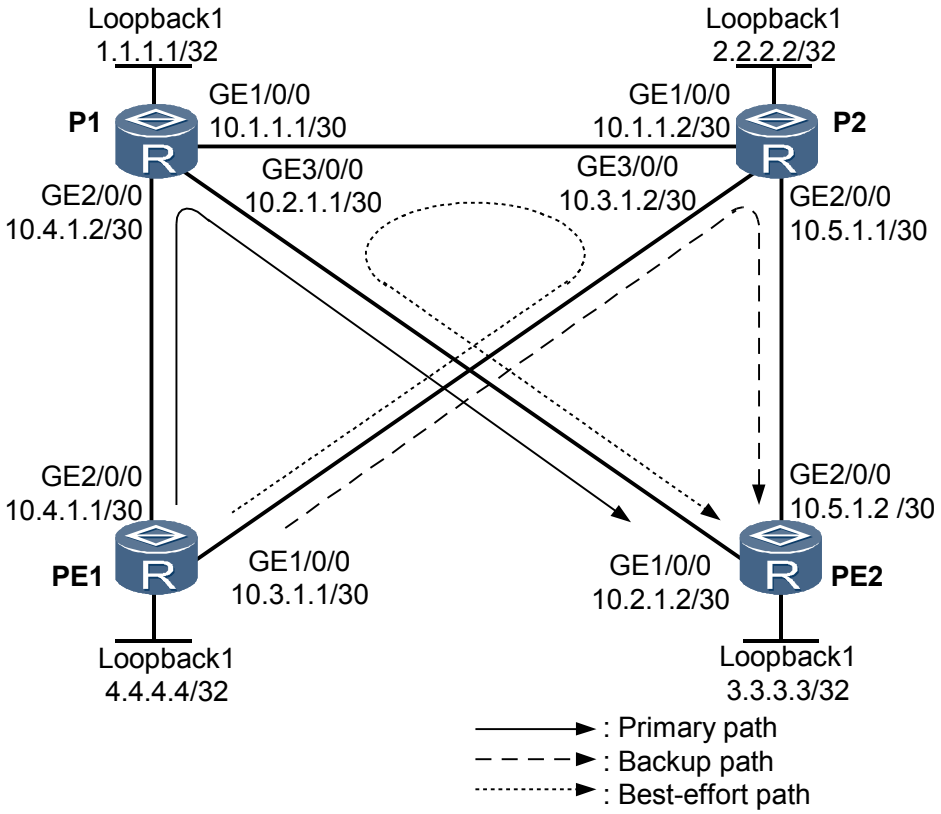
图 3-24 为 CR-LSP 热备份组网图。PE1 上建立了一条 TE 隧道，目的地址为 PE2。该隧道使能了热备份且配置了逃生路径。当主 CR-LSP 故障时，流量切换到备份 CR-LSP；当主 CR-LSP 故障恢复，延时 15 秒后再进行流量回切。如果主、备 CR-LSP 都故障，触发建立逃生路径，使流量切换到逃生路径上。

现要求配置动态 BFD for CR-LSP 检测主、备 CR-LSP，使得：

- 主 CR-LSP 故障时，流量快速切换到备份 CR-LSP；
- 在主 CR-LSP 恢复后的延时回切时间（15 秒）内，如果备份 CR-LSP 故障，可快速感知故障并将流量回切到主 CR-LSP。

版权所有 © 华为技术有限公司

图 3-24 CR-LSP 热备份组网示意图



说明

相对静态 BFD 而言，动态 BFD 配置简单，且使用动态 BFD 可减少 BFD 会话数目，即可以减少网络上的 BFD 报文数，节约网络资源。因为使用动态 BFD 检测，同一时间内一个 Tunnel 接口只建立了一个 BFD 会话。

配置思路

采用如下思路配置动态 BFD for CR-LSP：

1. 按照**配置 CR-LSP 热备份示例**配置 CR-LSP 热备份。
2. 在隧道 Ingress 端使能 BFD，配置 MPLS TE BFD，并指定本地发送 BFD 报文的最小时间间隔和允许接收 BFD 报文的最小时间间隔，以及 BFD 本地检测倍数。
3. 在 Egress 端使能被动创建 BFD 会话。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- Ingress 端发送 BFD 报文的最小时间间隔和允许接收的最小时间间隔（缺省值取决于许可证文件）
- Ingress 端的 BFD 本地检测倍数（缺省值取决于许可证文件）
- 其他需准备的数据请参见**配置 CR-LSP 热备份示例**

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 配置 CR-LSP 热备份

按照 **3.25.16 配置 CR-LSP 热备份示例**配置主、备 CR-LSP 和逃生路径。

步骤 2 在隧道 Ingress 端使能 BFD 并配置 MPLS TE BFD

在 PE1 上的 Tunnel 接口下使能 MPLS TE BFD，并指定本地发送 BFD 报文的最小时间间隔和允许接收的最小时间间隔都为 100 毫秒，BFD 本地检测倍数为 3。

```
<PE1> system-view
[PE1] bfd
[PE1-bfd] quit
[PE1] interface tunnel 1/0/0
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te bfd enable
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te bfd min-tx-interval 100 min-rx-interval 100 detect-multiplier 3
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te commit
```

步骤 3 在隧道 Egress 端使能被动创建 BFD 会话

```
<PE2> system-view
[PE2] bfd
[PE2-bfd] mpls-passive
[PE2-bfd] quit
```

完成此步骤后，在 PE1 和 PE2 上执行 **display bfd session discriminator** *local-discriminator-value*，可发现 BFD 会话状态为 Up。

```
[PE1] display bfd sesion mpls-te interface Tunnel 1/0/0 te-lsp
--------------------------------------------------------------------------------
Local  Remote PeerIpAddr      InterfaceName                 State     Type
--------------------------------------------------------------------------------
8208   8217   3.3.3.3         Tunnel1/0/0                   Up        D_TE_LSP
--------------------------------------------------------------------------------
     Total UP/DOWN Session Number : 1/0
```

步骤 4 检查配置结果

将同一台测试仪的两个接口（Port1 和 Port2）分别接入 PE1 和 PE2，从 Port1 向 Port2 打 MPLS 流（注意标签值的设置）。可发现当拔出 PE1 或 P1 上的 GE2/0/0 接口的线缆时，故障收敛时间为毫秒级。

插入拔出的 GE2/0/0 接口的线缆并在 15 秒内拔出 PE1 的 GE1/0/0 接口线缆时，可发现故障收敛时间为毫秒级。

----结束

配置文件

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
 bfd
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path backup
  next hop 10.3.1.2
  next hop 10.5.1.2
  next hop 3.3.3.3
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
 explicit-path main
  next hop 10.4.1.2
  next hop 10.2.1.2
  next hop 3.3.3.3
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0004.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.3.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.4.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te bfd enable
 mpls te record-route
 mpls te bandwidth ct0 10000
 mpls te path explicit-path main
 mpls te path explicit-path backup secondary
 mpls te backup hot-standby wtr 15
 mpls te backup ordinary best-effort
 mpls te commit
#
return
```

- P1 的配置文件

```
#
 sysname P1
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0001.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.4.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- P2 的配置文件

```
#
 sysname P2
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0002.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.5.1.1 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.3.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
 bfd
 mpls-passive
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 cost-style wide
 network-entity 10.0000.0000.0003.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.5.1.2 255.255.255.252
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

3.25.24 配置动态 BFD for RSVP 示例

当两个节点间存在二层设备时，可以通过部署 BFD for RSVP，从而实现此链路发生故障时，节点能正确感知故障而进行 TE FRR 的切换。

组网需求

图 3-25 为 MPLS 网络。P1 和 P2 之间存在二层设备（交换机）。在 PE1 和 PE2 之间建立了一条 MPLS TE 隧道，并且以 P1 作为 PLR 节点，PE2 作为 MP 节点配置了 TE FRR，其主 CR-LSP 的路径是 PE1-->P1-->Switch-->P2-->PE2，bypass CR-LSP 的路径是 P1-->P3-->PE2。此外，在每个节点上都部署了 RSVP GR。

当以下任一种情况发生时 P1 的 GE2/0/0 都无法接收到邻居的 RSVP Hello 消息：

- 当 P2 节点处于 RSVP GR 状态
- P1 和 P2 之间的链路故障（包括 Switch 发生故障）

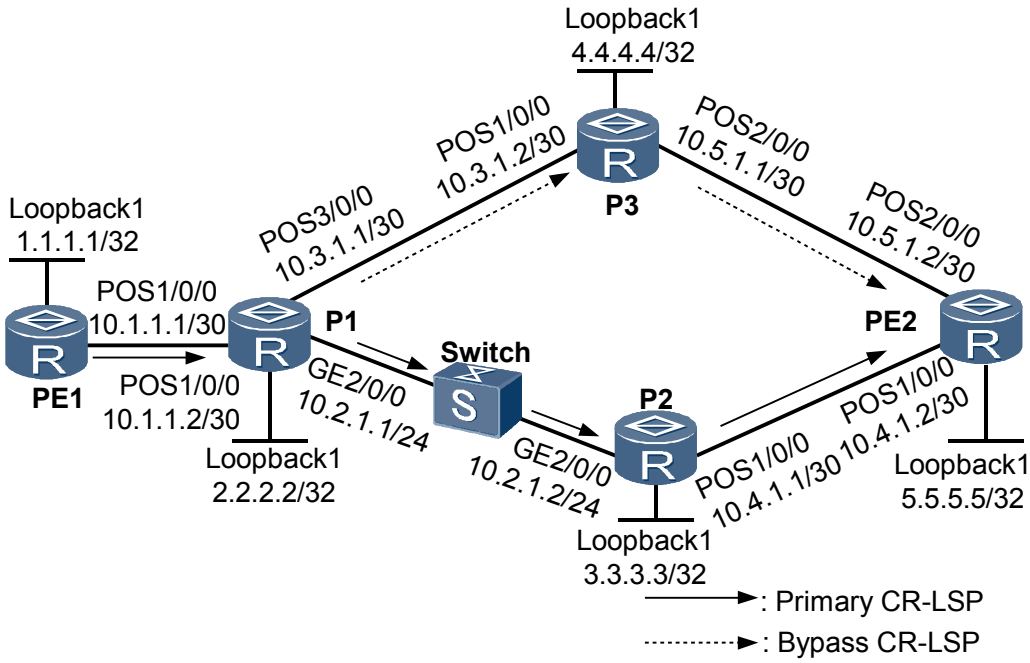
此时 P1 无法辨别是链路故障还是邻居在做 RSVP GR，因此 P1 无法确定是否该进行 TE FRR 切换。

缺省情况下，RSVP 发送 Hello 报文的时间间隔为 3 秒，宣告邻居 down 的时间即相邻节点失效的时间为 Hello 报文间隔的 3 倍。因此，节点感知到 RSVP 邻居故障的时间最短是秒级。而 BFD 可以提供毫秒级别的故障检测时间。

因此，如果在上述组网中部署 BFD for RSVP，当 P1 和 P2 之间的链路发生故障时，P1 能正确感知故障而进行 TE FRR 的切换。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

图 3-25 BFD for RSVP 组网图



配置思路

采用如下思路配置动态 BFD for RSVP：

1. 配置各接口 IP 地址和 IGP 使各节点互通。并使能 IGP GR，要支持 RSVP GR 需要配置 IGP GR。
2. 配置 MPLS 网络并配置 MPLS TE 基本能力。
3. 配置主隧道和旁路隧道的显式路径。
4. 在 PE1 上创建 TE 主隧道接口并使能 TE FRR，在 P1 配置旁路隧道。
5. 在所有 LSR 上配置 RSVP GR，并在 P1 和 PE2 之间建立 Hello 会话。

   说明

   对于部署 TE FRR 的网络，配置 RSVP GR 时，需要在旁路隧道的 PLR 节点和 MP 节点间建立 hello 会话。否则，当主隧道故障时，流量切换到旁路隧道，此时如果 PLR 或 MP 节点进行 RSVP GR，主隧道会变为 Down 状态。
6. 在 P1 和 P2 上配置 BFD for RSVP。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- IGP 协议类型及配置 IGP 所需数据
- MPLS LSR-ID
- 隧道沿途链路的出接口带宽属性
- 主隧道接口编号、隧道占用的带宽及使用的显示路径
- 旁路隧道接口编号、隧道占用的带宽及使用的显示路径

版权所有 © 华为技术有限公司

- 旁路隧道所要保护的物理接口
- 发送 BFD 报文的最小时间间隔和允许接收 BFD 报文的最小时间间隔（缺省值取决于许可证文件）
- BFD 本地检测倍数（缺省值取决于许可证文件）

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

根据组网图为各接口配置 IP 地址，并在节点上创建 Loopback 接口，配置 Loopback 接口的 IP 地址为 MPLS LSR-ID。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 2 配置交换机

配置交换机，使 P1 和 P2 能互通。具体配置过程略。

步骤 3 配置 IGP 并配置 IGP GR

在各个节点上配置 OSPF 或 IS-IS，使各节点能互通，并配置 IGP GR 以支持 RSVP GR。本例使用 OSPF。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 4 配置 MPLS 基本能力

在各个节点的系统视图下配置 LSR-ID，使能 MPLS，并在物理接口下使能 MPLS。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 5 配置 MPLS TE 基本能力

在各个节点的 MPLS 视图和物理接口视图下使能 MPLS-TE、MPLS RSVP-TE。在隧道沿途链路的出接口上配置链路的最大可预留带宽为 100Mbps，BC0 带宽为 100Mbps。具体配置内容请参见本例的配置文件。

步骤 6 配置 OSPF TE，并配置 CSPF

在各个节点上配置 OSPF TE，并在 PE1 和 P1 上配置 CSPF。具体配置过程请参见**配置 RSVP-TE 隧道**。

步骤 7 配置主隧道

在 PE1 上配置主隧道的显式路径。

```
<PE1> system-view
[PE1] explicit-path tope2
[PE1-explicit-path-tope2] next hop 10.1.1.2
[PE1-explicit-path-tope2] next hop 10.2.1.2
[PE1-explicit-path-tope2] next hop 10.4.1.2
[PE1-explicit-path-tope2] next hop 5.5.5.5
[PE1-explicit-path-tope2] quit
```

在 PE1 上创建 Tunnel 接口，指定显式路径，配置隧道带宽为 10Mbps，并使能 TE FRR。

```
[PE1] interface tunnel 1/0/0
[PE1-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE1-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[PE1-Tunnel1/0/0] destination 5.5.5.5
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te path explicit-path tope2
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te bandwidth ct0 10000
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te fast-reroute
[PE1-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[PE1-Tunnel1/0/0] quit
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

完成此步骤后，在 PE1 上执行 **display mpls te tunnel-interface tunnel** *interface-number*，可发现在 PE1 的 Tunnel1/0/0 的状态都为“Up”。

步骤 8 配置旁路隧道

在 P1 上配置旁路隧道的显示路径。

```
<P1> system-view
[P1] explicit-path tope2
[P1-explicit-path-tope2] next hop 10.3.1.2
[P1-explicit-path-tope2] next hop 10.5.1.2
[P1-explicit-path-tope2] next hop 5.5.5.5
[P1-explicit-path-tope2] quit
```

在 P1 上配置旁路隧道接口。指定显式路径，配置隧道带宽为 20Mbps，可保护的带宽为 10Mbps，并指定旁路隧道要保护的物理接口。

```
[P1] interface tunnel 3/0/0
[P1-Tunnel3/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[P1-Tunnel3/0/0] tunnel-protocol mpls te
[P1-Tunnel3/0/0] destination 5.5.5.5
[P1-Tunnel3/0/0] mpls te tunnel-id 300
[P1-Tunnel3/0/0] mpls te path explicit-path tope2
[P1-Tunnel3/0/0] mpls te bandwidth ct0 20000
[P1-Tunnel3/0/0] mpls te bypass-tunnel
[P1-Tunnel3/0/0] mpls te protected-interface gigabitethernet 2/0/0
[P1-Tunnel3/0/0] mpls te commit
[P1-Tunnel3/0/0] quit
```

步骤 9 配置 RSVP GR

在所有 LSR 上配置 RSVP GR，并在 P1 和 PE2 之间建立 Hello 会话。

配置 PE1。

```
[PE1] mpls
[PE1-mpls] mpls rsvp-te hello
[PE1-mpls] mpls rsvp-te hello full-gr
[PE1-mpls] quit
[PE1] interface pos1/0/0
[PE1-Pos1/0/0] mpls rsvp-te hello
```

配置 P1。

```
[P1] mpls
[P1-mpls] mpls rsvp-te hello
[P1-mpls] mpls rsvp-te hello full-gr
[P1-mpls] mpls rsvp-te hello nodeid-session 5.5.5.5
[P1-mpls] quit
[P1] interface pos1/0/0
[P1-Pos1/0/0] mpls rsvp-te hello
[P1-Pos1/0/0] quit
[P1] interface gigabitethernet 2/0/0
[P1-GigabitEthernet2/0/0] mpls rsvp-te hello
[P1-GigabitEthernet2/0/0] quit
[P1] interface pos 3/0/0
[P1-Pos3/0/0] mpls rsvp-te hello
[P1-Pos3/0/0] quit
```

配置 P2。

```
[P2] mpls
[P2-mpls] mpls rsvp-te hello
[P2-mpls] mpls rsvp-te hello full-gr
[P2-mpls] quit
[P2] interface pos1/0/0
[P2-Pos1/0/0] mpls rsvp-te hello
[P2-Pos1/0/0] quit
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[P2] interface gigabitethernet 2/0/0
[P2-GigabitEthernet2/0/0] mpls rsvp-te hello
[P2-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置 P3。

```
[P3] mpls
[P3-mpls] mpls rsvp-te hello
[P3-mpls] mpls rsvp-te hello full-gr
[P3-mpls] quit
[P3] interface pos1/0/0
[P3-Pos1/0/0] mpls rsvp-te hello
[P3-Pos1/0/0] quit
[P3] interface pos 2/0/0
[P3-Pos2/0/0] mpls rsvp-te hello
[P3-Pos2/0/0] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] mpls
[PE2-mpls] mpls rsvp-te hello
[PE2-mpls] mpls rsvp-te hello full-gr
[PE2-mpls] mpls rsvp-te hello nodeid-session 2.2.2.2
[PE2-mpls] quit
[PE2] interface pos1/0/0
[PE2-Pos1/0/0] mpls rsvp-te hello
[PE2-Pos1/0/0] quit
[PE2] interface pos 2/0/0
[PE2-Pos2/0/0] mpls rsvp-te hello
[PE2-Pos2/0/0] quit
```

步骤 10 配置 BFD for RSVP

在 P1 和 P2 上的 GE2/0/0 上使能 BFD for RSVP，并指定发送 BFD 报文的最小时间间隔和允许接收 BFD 报文的最小时间间隔，以及 BFD 本地检测倍数。

配置 P1。

```
[P1] bfd
[P1-bfd] quit
[P1] interface gigabitethernet 2/0/0
[P1-GigabitEthernet2/0/0] mpls rsvp-te bfd enable
[P1-GigabitEthernet2/0/0] mpls rsvp-te bfd min-tx-interval 100 min-rx-interval 100 detect-
multiplier 3
[P1-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置 P2。

```
[P2] bfd
[P2-bfd] quit
[P2] interface gigabitethernet 2/0/0
[P2-GigabitEthernet2/0/0] mpls rsvp-te bfd enable
[P2-GigabitEthernet2/0/0] mpls rsvp-te bfd min-tx-interval 100 min-rx-interval 100 detect-
multiplier 3
[P2-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

完成此步骤后，在 PE1 和 PE2 上执行命令 **display mpls rsvp-te bfd session** { **all** | **interface** *interface-name* | **peer** *ip-addr* }命令，可发现 BFD 会话状态为 Up。

步骤 11 检查配置结果

将同一台测试仪的两个接口（Port1 和 Port2）分别接入 PE1 和 PE2，从 Port1 向 Port2 打 MPLS 流（注意标签值的设置）。可发现当拔出 P1 和 P2 之间任意一个接口的线缆时，故障时间限制在毫秒级别。

----结束

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

配置文件

说明

本例省略了 Switch 的配置文件。

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls rsvp-te hello
  mpls rsvp-te hello full-gr
  mpls te cspf
#
 explicit-path tope2
  next hop 10.1.1.2
  next hop 10.2.1.2
  next hop 10.4.1.2
  next hop 5.5.5.5
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 5.5.5.5
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te bandwidth ct0 10000
 mpls te path explicit-path tope2
 mpls te fast-reroute
 mpls te commit
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 graceful-restart
 area 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- P1 的配置文件

```
#
 sysname P1
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls rsvp-te hello
  mpls rsvp-te hello full-gr
  mpls rsvp-te hello nodeid-session 5.5.5.5
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  mpls te cspf
#
 explicit-path tope2
  next hop 10.3.1.2
  next hop 10.5.1.2
  next hop 5.5.5.5
#
 bfd
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.2.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
 mpls rsvp-te bfd enable
#
interface Pos3/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.3.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
interface Tunnel3/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 5.5.5.5
 mpls te tunnel-id 300
 mpls te bandwidth ct0 20000
 mpls te path explicit-path tope2
 mpls te bypass-tunnel
 mpls te protected-interface GigabitEthernet 2/0/0
 mpls te commit
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 graceful-restart
 area 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.3
  network 10.2.1.0 0.0.0.255
  network 10.3.1.0 0.0.0.3
  network 2.2.2.2 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- P2 的配置文件

```
#
 sysname P2
#
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls rsvp-te hello
  mpls rsvp-te hello full-gr
#
bfd
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.4.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.2.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
 mpls rsvp-te bfd enable
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 graceful-restart
 area 0.0.0.0
  network 10.2.1.0 0.0.0.255
  network 10.4.1.0 0.0.0.3
  network 3.3.3.3 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- P3 的配置文件

```
#
 sysname P3
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls rsvp-te hello
  mpls rsvp-te hello full-gr
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.3.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
#
interface Pos2/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.5.1.1 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 graceful-restart
 area 0.0.0.0
  network 10.3.1.0 0.0.0.3
  network 10.5.1.0 0.0.0.3
  network 4.4.4.4 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
 mpls lsr-id 5.5.5.5
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls rsvp-te hello
  mpls rsvp-te hello full-gr
  mpls rsvp-te hello nodeid-session 2.2.2.2
#
interface Pos1/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.4.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
#
interface Pos2/0/0
 undo shutdown
 link-protocol ppp
 ip address 10.5.1.2 255.255.255.252
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
 mpls rsvp-te hello
#
interface LoopBack1
 ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
#
ospf 1
 opaque-capability enable
 graceful-restart
 area 0.0.0.0
  network 10.4.1.0 0.0.0.3
  network 10.5.1.0 0.0.0.3
  network 5.5.5.5 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

3.25.25 配置 LDP over TE 示例

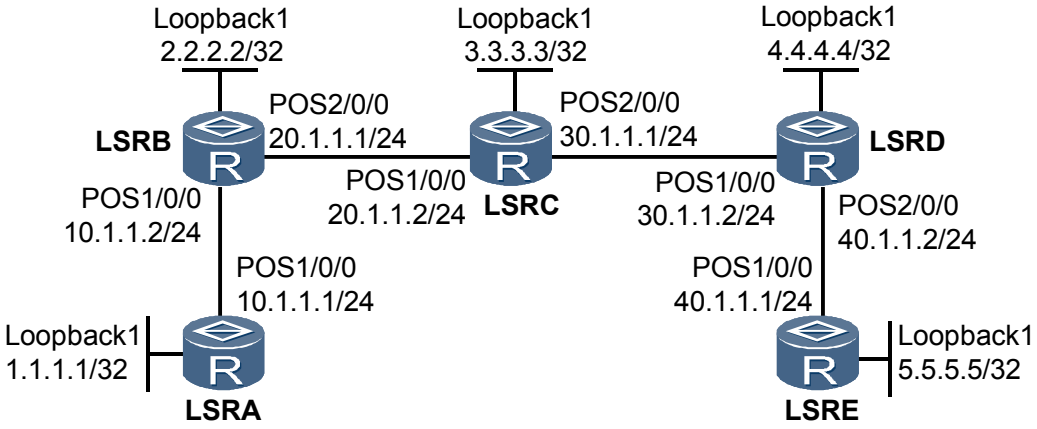
通过实例介绍如何实现跨 TE 域的 LDP LSP。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

组网需求

如图 3-26 所示，在 LSRA 和 LSRB 之间，LSRD 和 LSRE 之间运行 LDP。LSRB、LSRC、LSRD 之间不运行 LDP。LSRB 上配置一条 RSVP Tunnel，其目的地为 LSRD；在LSRD 上也配置了一条 RSVP Tunnel，其目的地为 LSRB。要求 LSRA 和 LSRE 之间的流量经过 Tunnel。

图 3-26 LDP over TE 配置组网图



配置思路

采用如下的思路实现 LDP over TE：

1. 配置各节点的接口 IP 地址及作为 LSR ID 的 Loopback 地址，并配置 IGP。
2. 在支持 TE 的区域使能 OSPF TE 或 IS-IS TE，并创建 MPLS TE 隧道。
3. 在非 TE 域使能 MPLS LDP，并在 TE 边界上配置 LDP 远端对等体。
4. 配置 TE 的转发邻接特性。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点的 IS-IS 区域 ID、IS-IS Level
- LSP 的建立触发策略（本例为 all）
- LSRB 和 LSRD 的远端对等体名称和 IP 地址
- 隧道沿途的链路的带宽属性
- 节点 LSRB 和 LSRD 上隧道接口的接口编号、IP 地址、目的地址、隧道 ID、隧道信令协议（为缺省的 RSVP-TE）、隧道带宽、TE 度量值、链路开销值

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址

按照图 3-26 配置各接口的 IP 地址和掩码，包括各 Loopback 接口，具体配置过程略。

版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 2 配置 IGP 协议

在所有节点上配置 IS-IS 协议，发布 LSR ID 的主机路由。

配置 LSRA。

```
[LSRA] isis 1
[LSRA-isis-1] network-entity 86.1111.1111.1111.00
[LSRA-isis-1] is-level level-2
[LSRA-isis-1] cost-style wide
[LSRA-isis-1] quit
[LSRA] interface loopback 1
[LSRA-LoopBack1] isis enable 1
[LSRA-LoopBack1] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] isis 1
[LSRB-isis-1] network-entity 86.2222.2222.2222.00
[LSRB-isis-1] is-level level-2
[LSRB-isis-1] cost-style wide
[LSRB-isis-1] traffic-eng level-2
[LSRB-isis-1] quit
[LSRB] interface loopback 1
[LSRB-LoopBack1] isis enable 1
[LSRB-LoopBack1] quit
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRB-Pos1/0/0] quit
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] isis enable 1
[LSRB-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] isis 1
[LSRC-isis-1] network-entity 86.3333.3333.3333.00
[LSRC-isis-1] is-level level-2
[LSRC-isis-1] cost-style wide
[LSRC-isis-1] traffic-eng level-2
[LSRC-isis-1] quit
[LSRC] interface loopback 1
[LSRC-LoopBack1] isis enable 1
[LSRC-LoopBack1] quit
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRC-Pos1/0/0] quit
[LSRC] interface pos 2/0/0
[LSRC-Pos2/0/0] isis enable 1
[LSRC-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] isis 1
[LSRD-isis-1] network-entity 86.4444.4444.4444.00
[LSRD-isis-1] is-level level-2
[LSRD-isis-1] cost-style wide
[LSRD-isis-1] traffic-eng level-2
[LSRD-isis-1] quit
[LSRD] interface loopback 1
[LSRD-LoopBack1] isis enable 1
[LSRD-LoopBack1] quit
[LSRD] interface pos 1/0/0
[LSRD-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRD-Pos1/0/0] quit
[LSRD] interface pos 2/0/0
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRD-Pos2/0/0] isis enable 1
[LSRD-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRE。

```
[LSRE] isis 1
[LSRE-isis-1] network-entity 86.5555.5555.5555.00
[LSRE-isis-1] is-level level-2
[LSRE-isis-1] cost-style wide
[LSRE-isis-1] quit
[LSRE] interface loopback 1
[LSRE-LoopBack1] isis enable 1
[LSRE-LoopBack1] quit
[LSRE] interface pos 1/0/0
[LSRE-Pos1/0/0] isis enable 1
[LSRE-Pos1/0/0] quit
```

配置完后，在各节点上执行 **display ip routing-table**，可以看到相互之间都学到了对方的路由，以 LSRA 的显示为例：

```
[LSRA] display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 13        Routes : 13

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost      Flags NextHop         Interface

        1.1.1.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
        2.2.2.2/32  ISIS    15   10          D   10.1.1.2        Pos1/0/0
        3.3.3.3/32  ISIS    15   20          D   10.1.1.2        Pos1/0/0
        4.4.4.4/32  ISIS    15   30          D   10.1.1.2        Pos1/0/0
        5.5.5.5/32  ISIS    15   40          D   10.1.1.2        Pos1/0/0
       10.1.1.0/24  Direct  0    0           D   10.1.1.1        Pos1/0/0
       10.1.1.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
       10.1.1.2/32  Direct  0    0           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
       20.1.1.0/24  ISIS    15   20          D   10.1.1.2        Pos1/0/0
       30.1.1.0/24  ISIS    15   30          D   10.1.1.2        Pos1/0/0
       40.1.1.0/24  ISIS    15   40          D   10.1.1.2        Pos1/0/0
      127.0.0.0/8   Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
      127.0.0.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
```

步骤 3 配置 MPLS 基本功能，LSRA 与 LSRB 之间，LSRD 与 LSRE 之间使能 LDP，LSRB 与 LSRC、LSRD 之间使能 RSVP

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls ldp
[LSRA-mpls-ldp] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRA-Pos1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls lsr-id 2.2.2.2
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] mpls te
[LSRB-mpls] mpls rsvp-te
[LSRB-mpls] mpls te cspf
[LSRB-mpls] quit
[LSRB] mpls ldp
[LSRB-mpls-ldp] quit
[LSRB] interface pos 1/0/0
[LSRB-Pos1/0/0] mpls
[LSRB-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRB-Pos1/0/0] quit
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] mpls
[LSRB-Pos2/0/0] mpls te
[LSRB-Pos2/0/0] mpls rsvp-te
[LSRB-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] mpls lsr-id 3.3.3.3
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] mpls te
[LSRC-mpls] mpls rsvp-te
[LSRC-mpls] quit
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] mpls
[LSRC-Pos1/0/0] mpls te
[LSRC-Pos1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRC-Pos1/0/0] quit
[LSRC] interface pos 2/0/0
[LSRC-Pos2/0/0] mpls
[LSRC-Pos2/0/0] mpls te
[LSRC-Pos2/0/0] mpls rsvp-te
[LSRC-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] mpls lsr-id 4.4.4.4
[LSRD] mpls
[LSRD-mpls] mpls te
[LSRD-mpls] mpls rsvp-te
[LSRD-mpls] mpls te cspf
[LSRD-mpls] quit
[LSRD] mpls ldp
[LSRD-mpls-ldp] quit
[LSRD] interface pos 1/0/0
[LSRD-Pos1/0/0] mpls
[LSRD-Pos1/0/0] mpls te
[LSRD-Pos1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRD-Pos1/0/0] quit
[LSRD] interface pos 2/0/0
[LSRD-Pos2/0/0] mpls
[LSRD-Pos2/0/0] mpls ldp
[LSRD-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRE。

```
[LSRE] mpls lsr-id 5.5.5.5
[LSRE] mpls
[LSRE-mpls] quit
[LSRE] mpls ldp
[LSRE-mpls-ldp] quit
[LSRE] interface pos 1/0/0
[LSRE-Pos1/0/0] mpls
[LSRE-Pos1/0/0] mpls ldp
[LSRE-Pos1/0/0] quit
```

完成上述配置后，LSRA 与 LSRB，LSRD 与 LSRE 之间的本地 LDP 会话应该建立成功。

在节点 LSRA、LSRB、LSRD、LSRE 上执行 **display mpls ldp session** 命令，可以看到 LDP 会话的建立情况。

执行 **display mpls ldp peer** 命令，可以看到 LDP 对等体情况。

执行 **display mpls lsp** 可以看到 LDP LSP 的信息，RSVP 尚未建立 LSP。以节点 LSRA 的显示为例：

```
[LSRA] display mpls ldp session
 LDP Session(s) in Public Network
 Codes: LAM(Label Advertisement Mode), SsnAge Unit(DDDD:HH:MM)
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 A '*' before a session means the session is being deleted.
 ------------------------------------------------------------------------------
 PeerID             Status      LAM  SsnRole  SsnAge      KASent/Rcv
 ------------------------------------------------------------------------------
 2.2.2.2:0          Operational DU   Passive  0000:00:00  1/1
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 1 session(s) Found.
[LSRA] display mpls ldp peer
 LDP Peer Information in Public network
 A '*' before a peer means the peer is being deleted.
 ------------------------------------------------------------------------------
 PeerID               TransportAddress   DiscoverySource
 ------------------------------------------------------------------------------
 2.2.2.2:0            2.2.2.2            Pos1/0/0
 ------------------------------------------------------------------------------
 TOTAL: 1 Peer(s) Found.
[LSRA] display mpls lsp
-------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
-------------------------------------------------------------------
FEC               In/Out Label  In/Out IF                    Vrf Name
2.2.2.2/32        NULL/3        -/Pos1/0/0
2.2.2.2/32        1024/3        -/Pos1/0/0
4.4.4.4/32        NULL/1026     -/Pos1/0/0
4.4.4.4/32        1027/1026     -/Pos1/0/0
3.3.3.3/32        NULL/1028     -/Pos1/0/0
3.3.3.3/32        1029/1028     -/Pos1/0/0
5.5.5.5/32        NULL/1029     -/Pos1/0/0
5.5.5.5/32        1030/1029     -/Pos1/0/0
```

步骤 4 配置 LSRB 与 LSRD 之间的 LDP 远端会话

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls ldp remote-peer lsrd
[LSRB-mpls-ldp-remote-lsrd] remote-ip 4.4.4.4
[LSRB-mpls-ldp-remote-lsrd] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] mpls ldp remote-peer lsrb
[LSRD-mpls-ldp-remote-lsrb] remote-ip 2.2.2.2
[LSRD-mpls-ldp-remote-lsrb] quit
```

完成上述配置后，在 LSRB 与 LSRD 间建立起远端会话，在 LSRB 或 LSRD 上执行 **display mpls ldp remote-peer** 将显示远端会话实体信息，以 LSRB 的显示为例：

```
[LSRB] display mpls ldp remote-peer LSRD

                    LDP Remote Entity Information
 ------------------------------------------------------------------------------
 Remote Peer Name  : lsrd
 Remote Peer IP    : 4.4.4.4            LDP ID        : 2.2.2.2:0
 Transport Address : 2.2.2.2            Entity Status : Active

 Configured Keepalive Hold Timer  : 45 Sec
 Configured Keepalive Send Timer  : ---
 Configured Hello Hold Timer      : 45 Sec
 Negotiated Hello Hold Timer      : 45 Sec
 Configured Hello Send Timer      : ---
 Configured Delay Timer           : 0 Sec
 Hello Packet sent/received       : 19/16
 Remote Peer Deletion Status      : No
 ------------------------------------------------------------------------------
```

步骤 5 在 TE 隧道沿途链路的出接口上配置带宽属性

配置 LSRB。

```
[LSRB] interface pos 2/0/0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRB-Pos2/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 20000
[LSRB-Pos2/0/0] mpls te bandwidth bc0 20000
[LSRB-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] interface pos 1/0/0
[LSRC-Pos1/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 20000
[LSRC-Pos1/0/0] mpls te bandwidth bc0 20000
[LSRC-Pos1/0/0] quit
[LSRC] interface pos 2/0/0
[LSRC-Pos2/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 20000
[LSRC-Pos2/0/0] mpls te bandwidth bc0 20000
[LSRC-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] interface pos 1/0/0
[LSRD-Pos1/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 20000
[LSRD-Pos1/0/0] mpls te bandwidth bc0 20000
[LSRD-Pos1/0/0] quit
```

步骤 6 配置 LSRB 到 LSRD 的 Tunnel

配置节点 LSRB。在 Tunnel 接口上使能转发邻接，并调整转发邻接的 metric 值，使到 LSRD 或 LSRE 的流量经过 Tunnel。

```
[LSRB] interface tunnel 1/0/0
[LSRB-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRB-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRB-Tunnel1/0/0] destination 4.4.4.4
[LSRB-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[LSRB-Tunnel1/0/0] mpls te bandwidth ct0 10000
[LSRB-Tunnel1/0/0] mpls te igp advertise
[LSRB-Tunnel1/0/0] mpls te igp metric absolute 1
[LSRB-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[LSRB-Tunnel1/0/0] isis enable 1
```

步骤 7 配置 LSRD 到 LSRB 的 Tunnel

配置节点 LSRD。在 Tunnel 接口上使能转发邻接，并调整转发邻接的 metric 值，使到 LSRA 或 LSRB 的流量经过 Tunnel。

```
[LSRD] interface tunnel 1/0/0
[LSRD-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRD-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRD-Tunnel1/0/0] destination 2.2.2.2
[LSRD-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[LSRD-Tunnel1/0/0] mpls te bandwidth ct0 10000
[LSRD-Tunnel1/0/0] mpls te igp advertise
[LSRD-Tunnel1/0/0] mpls te igp metric absolute 1
[LSRD-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[LSRD-Tunnel1/0/0] isis enable 1
```

步骤 8 检查配置结果

完成上述配置后，Tunnel 建立成功，在 LSRB 上使用 **display interface tunnel** 显示 tunnel 信息。

```
[LSRB] display interface tunnel
Tunnel1/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last up time: 2007-10-29, 16:35:10
Description : Tunnel1/0/0Interface
...
```

在节点 LSRB、LSRC、LSRD 上使用 **display mpls lsp** 显示 LSP 信息，发现新增了 RSVP 的 LSP。以 LSRB 的显示为例：

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRB] display mpls lsp
------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: RSVP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
4.4.4.4/32         NULL/1024     -/Pos2/0/0
------------------------------------------------------------------------------
                LSP Information: LDP LSP
------------------------------------------------------------------------------
FEC                In/Out Label  In/Out IF                      Vrf Name
3.3.3.3/32         1024/NULL     -/-
1.1.1.1/32         NULL/3        -/Pos1/0/0
1.1.1.1/32         1028/3        -/Pos1/0/0
4.4.4.4/32         NULL/3        -/Tun1/0/0
4.4.4.4/32         1025/3        -/Tun1/0/0
5.5.5.5/32         NULL/1029     -/Tun1/0/0
5.5.5.5/32         1026/1029     -/Tun1/0/0
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
#
mpls ldp
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 86.1111.1111.1111.00
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
mpls ldp
#
 mpls ldp remote-peer lsrd
 remote-ip 4.4.4.4
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 86.2222.2222.2222.00
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 traffic-eng level-2
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 20.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 20000
 mpls te bandwidth bc0 20000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 4.4.4.4
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te bandwidth ct0 10000
 mpls te igp advertise
 mpls te igp metric absolute 1
 mpls te commit
 isis enable 1
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 86.3333.3333.3333.00
 traffic-eng level-2
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 20.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 20000
 mpls te bandwidth bc0 20000
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 30.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 20000
 mpls te bandwidth bc0 20000
 mpls rsvp-te
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
mpls ldp
#
 mpls ldp remote-peer lsrb
 remote-ip 2.2.2.2
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 86.4444.4444.4444.00
 traffic-eng level-2
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 30.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 20000
 mpls te bandwidth bc0 20000
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 40.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 2.2.2.2
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te bandwidth ct0 10000
 mpls te igp advertise
 mpls te igp metric absolute 1
 mpls te commit
 isis enable 1
#
return
```

- LSRE 的配置文件

```
#
 sysname LSRE
#
 mpls lsr-id 5.5.5.5
 mpls
#
mpls ldp
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 86.5555.5555.5555.00
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 40.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls ldp
#
interface LoopBack1
 ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

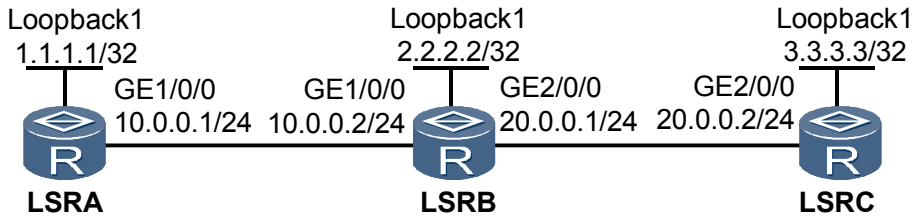
3.25.26 配置 OSPF 多区域发布 MPLS LSR-ID 示例

组网需求

如图 3-27 所示，LSRA、LSRB、LSRC 运行 OSPF。LSRA 和 LSRB 接入 Area0；LSRB 和 LSRC 接入 Area1（即 LSRB 是 ABR）。

要求在 LSRA 和 LSRC 上分别建立一条到 LSRB 的 Tunnel 接口，并且在 LSRA 和 LSRC 上使能 IGP shortcut，使 LSRA 和 LSRC 上到达 LSRB 的路由都使用 Tunnel 作为出接口。

图 3-27 配置区域间隧道组网图



配置思路

采用如下的思路配置：

1. 配置各节点接口的 IP 地址及作为 MPLS LSR-ID 的 Loopback 接口的地址，并用 OSPF 协议通告各接口所连网段和 LSR ID 主机路由。
2. 配置 LSR-ID 并全局使能各节点的 MPLS 和 MPLS TE 和各接口的 MPLS、MPLS TE 和 MPLS RSVP-TE。
3. 在 LSRA 和 LSRC 上分别建立一条到 LSRB 的 Tunnel 接口，并且在 LSRA 和 LSRC 上使能 IGP shortcut。
4. 在 LSRB 上配置 **advertise mpls-lsr-id** 命令，以便让主机路由(2.2.2.2)以区域内路由的形式同时发布到左右两个区域。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- 各节点的 OSPF 进程号及区域号
- LSRA 和 LSRC 上隧道的接口编号、隧道接口 IP 地址、目的地址、隧道 ID

操作步骤

步骤 1 配置各接口的 IP 地址及 OSPF 路由协议

配置各接口的 IP 地址和掩码，并配置 OSPF 路由协议，保证各 LSR 之间在网络层互通。

具体配置过程略。

步骤 2 配置 MPLS 基本能力，使能 MPLS TE、RSVP-TE

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls te
[LSRA-mpls] mpls rsvp-te
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] ospf network-type p2p
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls te
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] quit
```

LSRB、LSRC 与 LSRA 类似，不再赘述。

步骤 3 配置 MPLS TE 隧道及 IGP Shortcut

在 LSRA 上配置 LSRA 至 LSRB 的 MPLS TE 隧道并配置 IGP shortcut。Tunnel 的 OSPF Cost 应小于物理链路的 OSPF Cost。

```
[LSRA] interface tunnel 1/0/0
[LSRA-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRA-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRA-Tunnel1/0/0] destination 2.2.2.2
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te igp shortcut ospf
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te igp metric absolute 1
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel1/0/0] quit
```

在 LSRC 上配置 LSRC 至 LSRB 的 MPLS TE 隧道并配置 IGP shortcut。Tunnel 的 OSPF Cost 应小于物理链路的 OSPF Cost。

```
[LSRC] interface tunnel 2/0/0
[LSRC-Tunnel2/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRC-Tunnel2/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRC-Tunnel2/0/0] destination 2.2.2.2
[LSRC-Tunnel2/0/0] mpls te tunnel-id 200
[LSRC-Tunnel2/0/0] mpls te igp shortcut ospf
[LSRC-Tunnel2/0/0] mpls te igp metric absolute 1
[LSRC-Tunnel2/0/0] mpls te commit
[LSRC-Tunnel2/0/0] quit
```

完成此步骤后，在 LSRA 上执行 **display interface tunnel** 命令，可以看到 Tunnel 接口的状态为 Up。

在各节点上执行 **display mpls te tunnel** 命令，可以看到 MPLS TE 隧道的建立情况。

```
<LSRA> display mpls te tunnel
LSP-Id                  Destination          In/Out-If
1.1.1.1:100:1           2.2.2.2              -/GE1/0/0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
<LSRC> display mpls te tunnel
LSP-Id                    Destination          In/Out-If
3.3.3.3:200:1             2.2.2.2              -/GE2/0/0
```

步骤 4 在 ABR（LSRB）上配置多区域发布 MPLS LSR-ID 特性

```
[LSRB] ospf 1
[LSRB-ospf-1] advertise mpls-lsr-id
```

步骤 5 检查配置结果

在 LSRB 上执行 **display ospf peer brief** 命令，可以看到同时在 Area0 和 Area1 分别建立一个邻居，状态为 Full。

```
[LSRB] display ospf peer brief

         OSPF Process 1 with Router ID 2.2.2.2
                 Peer Statistic Informations
----------------------------------------------------------------------------
Area Id          Interface                  Neighbor id         State
0.0.0.0          GigabitEthernet1/0/0             1.1.1.1             Full
0.0.0.1          GigabitEthernet2/0/0             3.3.3.3             Full
----------------------------------------------------------------------------
```

在 LSRA 上执行 **display ip routing-table 2.2.2.2**，可以看到路由表中到达 2.2.2.2 的路由出接口为 Tunnel 接口。

```
<LSRA> display ip routing-table 2.2.2.2
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Table : Public
Summary Count : 1
Destination/Mask    Proto  Pre  Cost      Flags NextHop         Interface

        2.2.2.2/32  OSPF   10   1         D     1.1.1.1         Tunnel1/0/0

<LSRC> display ip routing-table 2.2.2.2
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Table : Public
Summary Count : 1
Destination/Mask    Proto  Pre  Cost      Flags NextHop         Interface

        2.2.2.2/32  OSPF   10   1         D     3.3.3.3         Tunnel2/0/0
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.0.0.1 255.255.255.0
 ospf cost 10
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 2.2.2.2
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te igp shortcut ospf
 mpls te igp metric absolute 1
 mpls te commit
#
ospf 1 router-id 1.1.1.1
 opaque-capability enable
 enable traffic-adjustment
 area 0.0.0.0
  network 10.0.0.0 0.0.0.255
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 undo shutdown
 ip address 10.0.0.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 undo shutdown
 ip address 20.0.0.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack0
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
ospf 1 router-id 2.2.2.2
 opaque-capability enable
 enable traffic-adjustment
 advertise mpls-lsr-id
 area 0.0.0.0
  network 10.0.0.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
 area 0.0.0.1
  network 20.0.0.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 undo shutdown
 ip address 20.0.0.2 255.255.255.0
 ospf cost 10
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface NULL0
#
interface LoopBack0
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
interface Tunnel2/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack0
 tunnel-protocol mpls te
 destination 2.2.2.2
 mpls te tunnel-id 200
 mpls te igp shortcut ospf
 mpls te igp metric absolute 1
 mpls te commit
#
ospf 1 router-id 3.3.3.3
 opaque-capability enable
 enable traffic-adjustment
 area 0.0.0.1
  network 20.0.0.0 0.0.0.255
  network 3.3.3.3 0.0.0.0
  mpls-te enable
#
return
```

3.25.27 配置区域间隧道示例

本例描述了配置一条跨越 IS-IS 区域的 TE 隧道的方法。

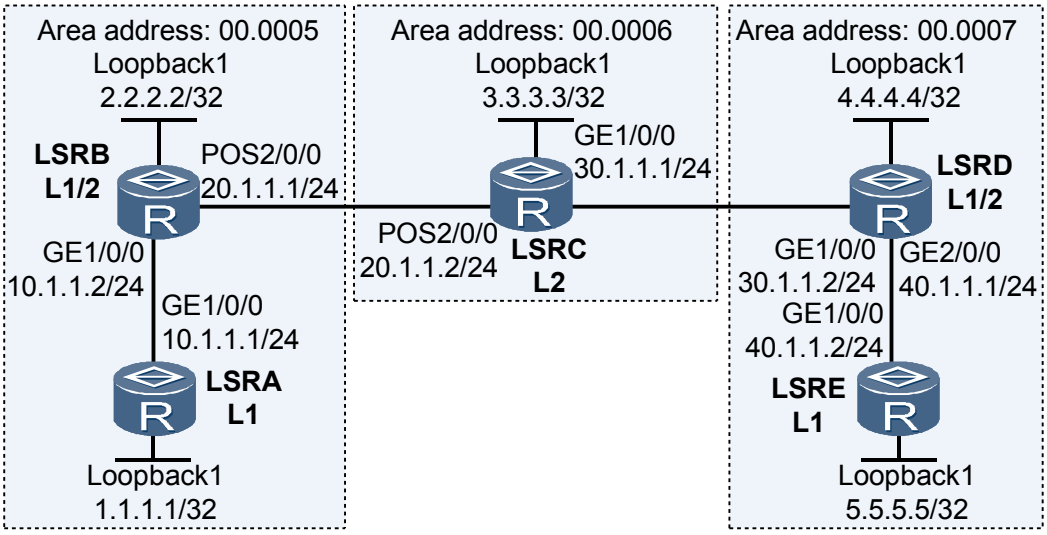
组网需求

如图 3-28 所示：

- LSRA、LSRB、LSRC、LSRD 和 LSRE 运行 IS-IS
  - LSRA 和 LSRE 属于 Level-1
  - LSRB 和 LSRD 属于 Level-1-2
  - LSRC 属于 Level-2。
- 使用 RSVP-TE 从 LSRA 到 LSRE 建立一条跨越 IS-IS 区域的 TE 隧道，带宽为 20Mbit/s。
- 隧道沿途的链路最大可预留带宽为 100Mbit/s，BC0 带宽为 100Mbit/s。

版权所有 © 华为技术有限公司

图 3-28 配置区域间隧道组网图



配置思路

采用如下的思路使用 RSVP-TE 配置 MPLS TE 隧道：

1. 配置各 LSR 的接口 IP 地址及作为 LSR ID 的 Loopback 地址。
2. 全局使能 ISIS 协议，并使能 IS-IS TE。
3. 配置松散显式路径，路径节点包括 ABR（LSRB、LSRC 和 LSRD）。
4. 配置 MPLS RSVP-TE。
5. 在隧道沿途的各链路出接口上配置链路的带宽属性。
6. 在入节点创建隧道接口，指定隧道的 IP 地址、隧道协议、目的地址、隧道 ID、动态信令协议 RSVP-TE 以及隧道带宽。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各 LSR 的 IS-IS 区域 ID、起始的系统 ID、IS-IS Level
- 隧道沿途的链路最大可预留带宽和 BC 带宽
- 隧道接口的接口编号、IP 地址、目的地址、隧道 ID、隧道信令协议（为 RSVP-TE）隧道带宽

操作步骤

步骤 1 配置各 LSR 的接口 IP 地址

按照图 3-28 配置接口的 IP 地址和掩码，具体配置过程略。

步骤 2 配置 IS-IS 协议发布路由

配置 LSRA。

```
[LSRA] isis 1
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRA-isis-1] network-entity 00.0005.0000.0000.0001.00
[LSRA-isis-1] is-level level-1
[LSRA-isis-1] quit
[LSRA] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] isis enable 1
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] quit
[LSRA] interface loopback 1
[LSRA-LoopBack1] isis enable 1
[LSRA-LoopBack1] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] isis 1
[LSRB-isis-1] network-entity 00.0005.0000.0000.0002.00
[LSRB-isis-1] is-level level-1-2
[LSRB-isis-1] import-route isis level-2 into level-1
[LSRB-isis-1] quit
[LSRB] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRB-GigabitEthernet1/0/0] isis enable 1
[LSRB-GigabitEthernet1/0/0] quit
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] isis enable 1
[LSRB-Pos2/0/0] quit
[LSRB] interface loopback 1
[LSRB-LoopBack1] isis enable 1
[LSRB-LoopBack1] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] isis 1
[LSRC-isis-1] network-entity 00.0006.0000.0000.0003.00
[LSRC-isis-1] is-level level-2
[LSRC-isis-1] quit
[LSRC] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRC-GigabitEthernet1/0/0] isis enable 1
[LSRC-GigabitEthernet1/0/0] quit
[LSRC] interface pos 2/0/0
[LSRC-Pos2/0/0] isis enable 1
[LSRC-Pos2/0/0] quit
[LSRC] interface loopback 1
[LSRC-LoopBack1] isis enable 1
[LSRC-LoopBack1] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] isis 1
[LSRD-isis-1] network-entity 00.0007.0000.0000.0004.00
[LSRD-isis-1] is-level level-1-2
[LSRD-isis-1] import-route isis level-2 into level-1
[LSRD-isis-1] quit
[LSRD] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRD-GigabitEthernet1/0/0] isis enable 1
[LSRD-GigabitEthernet1/0/0] quit
[LSRD] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRD-GigabitEthernet2/0/0] isis enable 1
[LSRD-GigabitEthernet2/0/0] quit
[LSRD] interface loopback 1
[LSRD-LoopBack1] isis enable 1
[LSRD-LoopBack1] quit
```

配置 LSRE。

```
[LSRE] isis 1
[LSRE-isis-1] network-entity 00.0007.0000.0000.0005.00
[LSRE-isis-1] is-level level-1
[LSRE-isis-1] quit
[LSRE] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRE-GigabitEthernet1/0/0] isis enable 1
[LSRE-GigabitEthernet1/0/0] quit
[LSRE] interface loopback 1
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRE-LoopBack1] isis enable 1
[LSRE-LoopBack1] quit
```

步骤 3 配置 MPLS 基本能力，使能 MPLS TE、RSVP-TE，在隧道入节点使能 CSPF

配置 LSRA。

```
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls te
[LSRA-mpls] mpls rsvp-te
[LSRA-mpls] mpls te cspf
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls te
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] mpls lsr-id 2.2.2.2
[LSRB] mpls
[LSRB-mpls] mpls te
[LSRB-mpls] mpls rsvp-te
[LSRB-mpls] quit
[LSRB] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRB-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[LSRB-GigabitEthernet1/0/0] mpls te
[LSRB-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRB-GigabitEthernet1/0/0] quit
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] mpls
[LSRB-Pos2/0/0] mpls te
[LSRB-Pos2/0/0] mpls rsvp-te
[LSRB-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] mpls lsr-id 3.3.3.3
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] mpls te
[LSRC-mpls] mpls rsvp-te
[LSRC-mpls] quit
[LSRC] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRC-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[LSRC-GigabitEthernet1/0/0] mpls te
[LSRC-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRC-GigabitEthernet1/0/0] quit
[LSRC] interface pos 2/0/0
[LSRC-Pos2/0/0] mpls
[LSRC-Pos2/0/0] mpls te
[LSRC-Pos2/0/0] mpls rsvp-te
[LSRC-Pos2/0/0] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] mpls lsr-id 4.4.4.4
[LSRD] mpls
[LSRD-mpls] mpls te
[LSRD-mpls] mpls rsvp-te
[LSRD-mpls] quit
[LSRD] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRD-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[LSRD-GigabitEthernet1/0/0] mpls te
[LSRD-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRD-GigabitEthernet1/0/0] quit
[LSRD] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRD-GigabitEthernet2/0/0] mpls
[LSRD-GigabitEthernet2/0/0] mpls te
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRD-GigabitEthernet2/0/0] mpls rsvp-te
[LSRD-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

配置 LSRE。

```
[LSRE] mpls lsr-id 5.5.5.5
[LSRE] mpls
[LSRE-mpls] mpls te
[LSRE-mpls] mpls rsvp-te
[LSRE-mpls] quit
[LSRE] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRE-GigabitEthernet1/0/0] mpls
[LSRE-GigabitEthernet1/0/0] mpls te
[LSRE-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te
[LSRE-GigabitEthernet1/0/0] quit
```

步骤 4 配置 IS-IS TE

配置 LSRA。

```
[LSRA] isis 1
[LSRA-isis-1] cost-style wide
[LSRA-isis-1] traffic-eng level-1
[LSRA-isis-1] quit
```

配置 LSRB。

```
[LSRB] isis 1
[LSRB-isis-1] cost-style wide
[LSRB-isis-1] traffic-eng level-1-2
[LSRB-isis-1] quit
```

配置 LSRC。

```
[LSRC] isis 1
[LSRC-isis-1] cost-style wide
[LSRC-isis-1] traffic-eng level-2
[LSRC-isis-1] quit
```

配置 LSRD。

```
[LSRD] isis 1
[LSRD-isis-1] cost-style wide
[LSRD-isis-1] traffic-eng level-1-2
[LSRD-isis-1] quit
```

配置 LSRE。

```
[LSRE] isis 1
[LSRE-isis-1] cost-style wide
[LSRE-isis-1] traffic-eng level-1
[LSRE-isis-1] quit
```

步骤 5 配置松散显式路径

```
[LSRA] explicit-path atoe
[LSRA-explicit-path-atoe] next hop 10.1.1.2 include loose
[LSRA-explicit-path-atoe] next hop 20.1.1.2 include loose
[LSRA-explicit-path-atoe] next hop 30.1.1.2 include loose
[LSRA-explicit-path-atoe] next hop 40.1.1.2 include loose
```

步骤 6 配置链路的 MPLS TE 属性

在 LSRA 上配置链路的最大可预留带宽和 BC0 带宽。

```
[LSRA] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRA-GigabitEthernet1/0/0] quit
```

在 LSRB 上配置链路的最大带宽和最大可预留带宽。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRB-Pos2/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRB-Pos2/0/0] quit
```

在 LSRC 上配置链路的最大带宽和最大可预留带宽。

```
[LSRC] interface gigabitethernet 1/0/0
[LSRC-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRC-GigabitEthernet1/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRC-GigabitEthernet1/0/0] quit
```

在 LSRD 上配置链路的最大带宽和最大可预留带宽。

```
[LSRD] interface gigabitethernet 2/0/0
[LSRD-GigabitEthernet2/0/0] mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
[LSRD-GigabitEthernet2/0/0] mpls te bandwidth bc0 100000
[LSRD-GigabitEthernet2/0/0] quit
```

步骤 7 配置 MPLS TE 隧道

在 LSRA 上配置 MPLS TE 隧道。

```
[LSRA] interface tunnel 1/0/0
[LSRA-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRA-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRA-Tunnel1/0/0] destination 5.5.5.5
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te signal-protocol rsvp-te
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te bandwidth ct0 20000
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te path explicit-path atoe
[LSRA-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel1/0/0] quit
```

步骤 8 验证配置结果

配置完成后，在 LSRA 上执行 **display interface tunnel** 命令可以看到隧道接口状态为 up。

```
[LSRA] display interface Tunnel
Tunnel1/0/0 current state : UP
Line protocol current state : UP
Last up time: 2009-01-16, 10:36:20
Description : Tunnel1/0/0 Interface, Route Port
...
```

在 LSRA 上执行 **display mpls te tunnel verbose** 命令可以看到隧道详细信息。

```
[LSRA] display mpls te tunnel verbose
    No                      :  1
    Tunnel-Name             :  Tunnel1/0/0
    TunnelIndex             :  0          LSP Index         :  2048
    Session ID              :  100        LSP ID            :  1
    Lsr Role                :  Ingress    Lsp Type          :  Primary
    Ingress LSR ID          :  1.1.1.1
    Egress LSR ID           :  5.5.5.5
    In-Interface            :  -
    Out-Interface           :  GE1/0/0
    Sign-Protocol           :  RSVP TE    Resv Style        :  SE
    IncludeAnyAff           :  0x0        ExcludeAnyAff     :  0x0
    IncludeAllAff           :  0x0
    LspConstraint           :  -
    ER-Hop Table Index      :  0          AR-Hop Table Index:  -
    C-Hop Table Index       :  0
    PrevTunnelIndexInSession:  -          NextTunnelIndexInSession:  -
    PSB Handle              :  1024
    Created Time            :  2010/09/09 16:40:44 UTC-08:00
    --------------------------------
              DS-TE Information
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
--------------------------------
Bandwidth Reserved Flag :  Reserved
CT0 Bandwidth(Kbit/sec) :  20000       CT1 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT2 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT3 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT4 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT5 Bandwidth(Kbit/sec):  0
CT6 Bandwidth(Kbit/sec) :  0           CT7 Bandwidth(Kbit/sec):  0
Setup-Priority          :  7           Hold-Priority     :  7
--------------------------------
           FRR Information
--------------------------------
Primary LSP Info
TE Attribute Flag       :  0x3         Protected Flag    :  0x0
Bypass In Use           :  Not Exists
Bypass Tunnel Id        :  -
BypassTunnel            :  -
Bypass Lsp ID           :  -           FrrNextHop        :  -
ReferAutoBypassHandle   :  -
FrrPrevTunnelTableIndex :  -           FrrNextTunnelTableIndex:  -
Bypass Attribute(Not configured)
Setup Priority          :  -           Hold Priority     :  -
HopLimit                :  -           Bandwidth         :  -
IncludeAnyGroup         :  -           ExcludeAnyGroup   :  -
IncludeAllGroup         :  -
Bypass Unbound Bandwidth Info(Kbit/sec)
CT0 Unbound Bandwidth   :  -         CT1 Unbound Bandwidth:  -
CT2 Unbound Bandwidth   :  -         CT3 Unbound Bandwidth:  -
CT4 Unbound Bandwidth   :  -         CT5 Unbound Bandwidth:  -
CT6 Unbound Bandwidth   :  -         CT7 Unbound Bandwidth:  -
--------------------------------
           BFD Information
--------------------------------
NextSessionTunnelIndex  :  -           PrevSessionTunnelIndex:  -
NextLspId               :  -           PrevLspId         :  -
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
 explicit-path atoe
  next hop 10.1.1.2 include loose
  next hop 20.1.1.2 include loose
  next hop 30.1.1.2 include loose
  next hop 40.1.1.2 include loose
#
isis 1
 is-level level-1
 cost-style wide
 network-entity 00.0005.0000.0000.0001.00
 traffic-eng level-1
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
 isis enable 1
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 5.5.5.5
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te bandwidth ct0 20000
mpls te path explicit-path atoe
 mpls te commit
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-1-2
 cost-style wide
 import-route isis level-2 into level-1
 network-entity 00.0005.0000.0000.0002.00
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 clock master
 ip address 20.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0006.0000.0000.0003.00
 traffic-eng level-2
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 30.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 20.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
#
isis 1
 is-level level-1-2
 cost-style wide
 network-entity 00.0007.0000.0000.0004.00
 import-route isis level-2 into level-1
 traffic-eng level-1-2
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 30.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 40.1.1.1 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls te bandwidth max-reservable-bandwidth 100000
 mpls te bandwidth bc0 100000
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```

- LSRE 的配置文件

```
#
 sysname LSRE
#
 mpls lsr-id 5.5.5.5
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
isis 1
 is-level level-1
 cost-style wide
 network-entity 00.0007.0000.0000.0005.00
 traffic-eng level-1
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 40.1.1.2 255.255.255.0
 isis enable 1
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface LoopBack1
 ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
 isis enable 1
#
return
```


版权所有 © 华为技术有限公司

4 MPLS 公共配置

关于本章

MPLS 公共配置包括 MPLS TTL 的处理模式、MPLS 三层负载分担、配置公网报文策略路由到 LSP 和调整优化 MPLS。

4.1 MPLS 公共配置简介
MPLS 支持多层标签，并且转发平面面向连接，故具有良好的扩展性，使在统一的 MPLS/IP 基础网络架构上为客户提供各类服务成为可能。

4.2 配置 MPLS TTL 的处理模式
只有配置了 MPLS 或 MPLS VPN，才可以配置 MPLS TTL 的处理模式。

4.3 配置 MPLS 三层负载分担
配置 MPLS 三层负载分担有两种方式，逐流转发方式和逐包转发方式。

4.4 调整优化 MPLS
优化 MPLS 可以调整的参数有：倒数第二跳弹出特性 PHP、接口的 MPLS MTU 以及 MPLS 三层转发负载分担。

4.5 维护 MPLS 公共配置
维护 MPLS 公共配置，包括清除 MPLS 的统计信息、检测 LSP 连通性/可达性、维护策略路由到 LSP。

版权所有 © 华为技术有限公司

4.1 MPLS 公共配置简介

MPLS 支持多层标签，并且转发平面面向连接，故具有良好的扩展性，使在统一的 MPLS/IP 基础网络架构上为客户提供各类服务成为可能。

4.1.1 MPLS 公共特性概述
MPLS 提高了网络的转发速度，并且在提供各种新业务方面，也有很大的发展。

4.1.2 NE20E-X6 支持的 MPLS 公共特性
系统支持的 MPLS 公共特性有 MPLS TTL 的处理模式、策略路由到 LSP、MPLS Ping/Traceroute。

4.1.1 MPLS 公共特性概述

MPLS 提高了网络的转发速度，并且在提供各种新业务方面，也有很大的发展。

MPLS 最初是为提高设备的转发速度而提出的一个协议，随着硬件技术的进步，这个初衷已经没有意义。但是 MPLS 支持多层标签和面向连接的特点，及其良好的扩展性，使它在统一的 MPLS 和 IP 基础网络架构上为客户提供各类服务成为可能，从而使 MPLS 日益成为大规模网络的基础技术。

在解决企业互连，提供各种新业务方面，MPLS VPN 越来越被运营商看好，成为在 IP 网络运营商提供增值业务的重要手段。采用 MPLS VPN 技术可以把现有的 IP 网络分解成逻辑上隔离的网络：可以用于解决企业单独互连，也可以用来提供新的业务，如为 IP 电话业务专门开辟一个 VPN、以此解决 IP 网络地址不足、QoS 保证、以及开展新业务等问题。

4.1.2 NE20E-X6 支持的 MPLS 公共特性

系统支持的 MPLS 公共特性有 MPLS TTL 的处理模式、策略路由到 LSP、MPLS Ping/Traceroute。

MPLS TTL 的处理模式

MPLS 标签中包含一个 8 位的 TTL 域，其含义与 IP 头中的 TTL 域相同。TTL 除了用于防止产生路由环路外，也用于实现 Traceroute 功能。

NE20E-X6 支持对 VPN 报文和公网报文分别设置不同的 TTL 处理模式，实现 Traceroute 的不同显示结果。

MPLS Ping/Traceroute

MPLS Ping/Traceroute 为用户提供了发现 LSP 错误、并及时定位失效节点的机制。

类似于普通 IP 的 Ping/Traceroute，MPLS Ping/Traceroute 使用 MPLS Echo Request 和 MPLS Echo Reply 检测 LSP 的可用性。这两种消息以 UDP（User Datagram Protocol）报文格式发送，端口号为 3503。

4.2 配置 MPLS TTL 的处理模式

只有配置了 MPLS 或 MPLS VPN，才可以配置 MPLS TTL 的处理模式。

版权所有 © 华为技术有限公司

4.2.1 建立配置任务
在配置 MPLS TTL 的处理模式前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

4.2.2 配置 MPLS Uniform 模式
MPLS 对 TTL 的处理模式有两种， Uniform 模式是其中一种。

4.2.3 配置 MPLS Pipe 模式
MPLS 对 TTL 的处理模式有两种， Pipe 模式是其中一种。

4.2.4 配置 ICMP 响应报文使用的路径
配置 ICMP 响应报文使用的路径，需要在 Ingress 和 Egress 上分别进行相关配置。

4.2.1 建立配置任务

在配置 MPLS TTL 的处理模式前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

MPLS 对 TTL 的处理包括两个方面：

- MPLS 对 TTL 的处理模式
  - 在 Ingress 配置 MPLS Uniform 模式和使能 IP TTL 复制实现的功能是相同的。报文在 MPLS 网络中每经过一跳，IP TTL 减 1，Traceroute 的结果将反映报文实际经过的路径。
  - 在 Ingress 配置 MPLS Pipe 模式和去使能 IP TTL 复制实现的功能是相同的。报文在 MPLS 网络中不是每经过一跳 IP TTL 都减 1，Traceroute 的结果不包括 MPLS 骨干网络中每一跳，就好像 Ingress 与 Egress 是直连的。

  关于 MPLS 的 IP TTL 复制功能，需要注意：
  - 在 MPLS 域内部，MPLS 报文多层标签之间的 TTL 在压栈时，从下层标签将 TTL 复制给上层，出栈时从上层标签将 TTL 复制给下层。
  - MPLS 的 IP TTL 复制功能对本地发送报文没有影响，本地发送报文都将进行 TTL 复制，从而保证本地管理员能够使用 tracert 检测网络。

  在 MPLS VPN 应用中，出于网络安全的考虑，需要隐藏 MPLS 骨干网络的结构，这种情况下，对于私网报文，Ingress 上不能使用 TTL 的复制功能。
- ICMP 响应报文

  在 MPLS VPN 网络中，服务提供商 ISP 的骨干节点无法对 MPLS 承载的 VPN 报文进行路由。当 MPLS 报文的 TTL 超时时，ICMP 响应报文将按照 LSP 继续传送，到达 LSP 出节点后，再根据 IP 路由转发 ICMP 响应报文。这种处理方式增加了网络流量和报文转发时延。

  对于仅有一层标签的 MPLS 报文，当 TTL 超时时，用户可以配置直接使用 IP 路由而不是 LSP 返回 ICMP 响应报文。

  在 MPLS 业务中，一般情况下 P 节点仅有公网路由，而一层标签的 MPLS 报文承载的也是公网报文，可以配置使用 IP 路由返回 ICMP 响应报文。

说明

关于 HoVPN 和 SPE 请参见《HUAWEI NetEngine20E-X6 高端业务路由器 配置指南-VPN》。

前置任务

在配置 MPLS 对 TTL 的处理之前，需完成以下任务：

版权所有 © 华为技术有限公司

- 配置 MPLS 或 MPLS VPN。

数据准备

在配置 MPLS TTL 的处理模式之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	MPLS TTL 的处理模式
2	ICMP 响应报文返回的路径

4.2.2 配置 MPLS Uniform 模式

MPLS 对 TTL 的处理模式有两种， Uniform 模式是其中一种。

背景信息

配置 MPLS Uniform 模式和配置 MPLS 的 IP TTL 复制实现的功能是相同的，报文在 MPLS 网络中的每一跳都体现为 IP TTL 减 1。

操作步骤

- 配置 MPLS Uniform 模式

  请在 Ingress PE 进行以下配置。

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **ip vpn-instance** *vpn-instance-name*，进入 vpn-instance 视图。
  3. 执行命令 **ttl-mode uniform**，配置 MPLS Uniform 模式。

     缺省情况下，MPLS 对 TTL 的处理模式为 Pipe。

----结束

4.2.3 配置 MPLS Pipe 模式

MPLS 对 TTL 的处理模式有两种， Pipe 模式是其中一种。

背景信息

配置 MPLS Pipe 模式和没有使能 MPLS 的 IP TTL 复制实现的功能是相同的，即报文经过 MPLS 网络时，把 Ingress 和 Egress 当成直连的，IP TTL 的值分别在 Ingress 和 Egress 减 1。

请在 Ingress PE 进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **ip vpn-instance** *vpn-instance-name*，进入 vpn-instance 视图。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

步骤 3 执行命令 **ttl-mode pipe**，配置 MPLS Pipe 模式。

缺省情况下，MPLS 对 TTL 的处理模式为 Pipe。

----结束

4.2.4 配置 ICMP 响应报文使用的路径

配置 ICMP 响应报文使用的路径，需要在 Ingress 和 Egress 上分别进行相关配置。

背景信息

请在 Ingress PE 和 Egress PE 进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **ttl expiration pop**，使用 IP 路由返回 ICMP 响应报文。

或执行命令 **undo ttl expiration pop**，使用 LSP 返回 ICMP 响应报文。

缺省情况下，对于一层标签的 MPLS TTL 超时报文，将根据本地 IP 路由返回 ICMP 报文。

----结束

4.3 配置 MPLS 三层负载分担

配置 MPLS 三层负载分担有两种方式，逐流转发方式和逐包转发方式。

4.3.1 建立配置任务
在配置 MPLS 三层负载分担前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

4.3.2 配置 MPLS 三层转发非等值负载分担方式
配置 MPLS 三层转发非等值负载分担方式，需要在 Transit 上进行非等值负载分担方式的配置。

4.3.1 建立配置任务

在配置 MPLS 三层负载分担前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

在现有网络中，并不是所有设备都支持 MPLS TE，可能仅有网络的核心部分支持 MPLS TE，而在网络边缘使用 LDP。由此就产生了 LDP over TE 的应用，即 TE Tunnel 作为整个 LDP LSP 的“一跳”。目前，LDP 被广泛应用在 MPLS VPN 中，为防止 VPN 流量在某些节点发生拥塞，可以配置 LDP over TE 特性。当 transit 节点有多条 TE 隧道指向下游设备时，可以通过在 transit 节点配置负载分担权重，将总流量分担到各 TE 上，这样就可以根据各链路实际负载来调整负载分担权重。 请在 transit 上进行以下配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

前置任务

在配置 MPLS 三层转发负载分担之前，需完成以下任务：

- 配置 LSR ID
- 使能 MPLS

数据准备

无

4.3.2 配置 MPLS 三层转发非等值负载分担方式

配置 MPLS 三层转发非等值负载分担方式，需要在 Transit 上进行非等值负载分担方式的配置。

背景信息

请在 transit 上进行以下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **load-balance unequal-cost enable**，使能非等值负载分担功能。

如果到达目的地有多条带宽不同的等价链路，则流量会根据带宽按比例分担到每条链路上。这样所有链路可根据带宽不同而分担不同比例的流量，使负载分担更合理。

步骤 3 执行命令 **load-balance unequal-cost weight**，配置总流量在各链路上的非等值负载分担权重。

- 如果负载分担链路中只有部分链路配置了负载分担权重，则按照全部链路都没有配置权重来处理。即进行等值负载分担。
- 如果所有负载分担链路均配置了权重，则流量的分配按照配置的权重做加权处理（即本链路的权重=32/各链路权重之和*本链路的权重）后的比例进行。但是由于实际配置的各链路的权重之和不一定能被 32 整除，各链路的实际流量可能会和计算流量略有差别，但最终的权重之和是 32。

----结束

4.4 调整优化 MPLS

优化 MPLS 可以调整的参数有：倒数第二跳弹出特性 PHP、接口的 MPLS MTU 以及 MPLS 三层转发负载分担。

4.4.1 建立配置任务
在调整优化 MPLS 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

4.4.2 配置 PHP 特性
配置 PHP 特性，需要在 Ingress 上配置向倒数第二跳分配的标签。

4.4.3 配置接口的 MPLS MTU

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

通过配置接口的 MPLS MTU，可以决定发送 MPLS 转发报文的大小。

4.4.4 配置 MPLS 统计信息上报的时间间隔
配置 MPLS 统计信息上报的时间间隔，需要在所有节点上进行相关配置。

4.4.5 检查配置结果
调整优化 MPLS 配置成功后，可以指定查看使能了 MPLS 的接口信息。

4.4.1 建立配置任务

在调整优化 MPLS 前了解此特性的应用环境、配置此特性的前置任务和数据准备，可以快速、准确地完成配置任务。

应用环境

MPLS 有许多基本参数，这些参数可以在不同的环境下进行调整。

- 倒数第二跳弹出特性 PHP

  倒数第二跳弹出特性 PHP（Penultimate Hop Popping）在 Egress 上配置，根据倒数第二跳节点对 PHP 特性的支持情况选择标签分配方式。
- 接口的 MPLS MTU

  对于使能了 MPLS 的接口，在将报文转发到 LSP 前，需要根据本接口的 MPLS MTU 值检查报文大小，决定是否对报文分片。通常情况下，接口的 MPLS MTU 等于接口缺省 MTU，即，等于 IP 报文的 MTU。

前置任务

在调整 MPLS 参数之前，需完成以下任务：

- 配置 MPLS 能力

数据准备

在调整 MPLS 参数之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	接口的 MTU 值
2	MPLS 统计信息上报的时间间隔

4.4.2 配置 PHP 特性

配置 PHP 特性，需要在 Ingress 上配置向倒数第二跳分配的标签。

背景信息

请在 Egress 进行以下配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **label advertise** { **explicit-null** | **implicit-null** | **non-null** }，配置向倒数第二跳分配的标签。

- 缺省情况下，使用的是 **implicit-null**，表示支持 PHP。Egress 向倒数第二跳节点分配隐式空标签，值为 3。
- 如果配置的是 **explicit-null**，表示不支持 PHP。Egress 节点向倒数第二跳分配显式空标签，值为 0。
- 如果配置的是 **non-null**，表示不支持 PHP。Egress 向倒数第二跳正常分配标签，即分配的标签值不小于 16。

说明

PHP 特性的修改只对以后建立的 LSP 生效。

----结束

4.4.3 配置接口的 MPLS MTU

通过配置接口的 MPLS MTU，可以决定发送 MPLS 转发报文的大小。

背景信息

接口的 MPLS MTU 与接口本身的 MTU 之间存在下述关系：

- 如果没有配置接口的 MPLS MTU 值，则采用接口的 MTU 值。
- 如果配置了接口的 MPLS MTU 值，则与接口的 MTU 值比较，采用两者中的较小值。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface** *interface-type interface-number*，进入使能了 MPLS 的接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls mtu** *mtu*，配置接口的 MPLS MTU。

配置接口的 MPLS MTU 后会直接生效，不需要重启接口。

----结束

4.4.4 配置 MPLS 统计信息上报的时间间隔

配置 MPLS 统计信息上报的时间间隔，需要在所有节点上进行相关配置。

背景信息

请在 MPLS 域的所有节点上进行以下配置。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **statistics interval** *interval-time*，配置统计信息上报的时间间隔。

缺省情况下，统计信息上报的时间间隔为 0，即不上报。

----结束

4.4.5 检查配置结果

调整优化 MPLS 配置成功后，可以指定查看使能了 MPLS 的接口信息。

前提条件

已经完成调整优化 MPLS 功能的所有配置。

操作步骤

步骤 1 使用 **display mpls interface** [*interface-type interface-number*] [**verbose**]命令查看使能了 MPLS 的接口信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，应该能得到如下信息。

```
<HUAWEI> display mpls interface
Interface             Status    TE Attr   LSP Count  CRLSP Count Effective MTU
Pos1/0/0               Up         Dis        0           0             1500
```

4.5 维护 MPLS 公共配置

维护 MPLS 公共配置，包括清除 MPLS 的统计信息、检测 LSP 连通性/可达性、维护策略路由到 LSP。

4.5.1 清除 MPLS 的统计信息
通过执行 **reset** 命令，清除 MPLS 的统计信息。

4.5.2 检测 LSP 连通性/可达性
通过执行 **ping**/**tracert** 命令，检测 LSP 连通性/可达性。

4.5.1 清除 MPLS 的统计信息

通过执行 **reset** 命令，清除 MPLS 的统计信息。

背景信息

在确认需要清除 MPLS 的统计信息后，请在用户视图下执行下面的 **reset** 命令。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

- 使用 **reset mpls statistics interface** { *interface-type interface-number* | **all** }命令清除 MPLS 接口统计信息。
- 使用 **reset mpls statistics lsp** { *lsp-name* | **all** }命令清除 LSP 统计信息。

----结束

4.5.2 检测 LSP 连通性/可达性

通过执行 **ping/tracert** 命令，检测 LSP 连通性/可达性。

背景信息

可以在任意视图下选择执行以下命令，进行 MPLS Ping/Traceroute 测试。

操作步骤

- 执行 **ping lsp** [**-a** *source-ip* | **-c** *count* | **-exp** *exp-value* | **-h** *ttl-value* | **-m** *interval* | **-r** *reply-mode* | **-s** *packet-size* | **-t** *time-out* | **-v**] * **ip** *destination-address mask-length* [*ip-address*] [**nexthop** *nexthop-address* | **draft6**]命令，进行 MPLS Ping 测试。

  如果指定 **draft6** 参数，**ping lsp** 命令按 draft-ietf-mpls-lsp-ping-06 实现。默认情况下按 RFC4379 实现。
- 执行 **tracert lsp** [**-a** *source-ip* | **-exp** *exp-value* | **-h** *ttl-value* | **-r** *reply-mode* | **-t** *time-out*] * **ip** *destination-address mask-length* [*ip-address*] [**nexthop** *nexthop-address* | **draft6**] 命令，进行 MPLS Traceroute 测试。

  如果指定 **draft6** 参数，**tracert** 命令按 draft-ietf-mpls-lsp-ping-06 实现。默认情况下按 RFC4379 实现。

----结束

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

5 MPLS OAM 配置

关于本章

介绍了 MPLS OAM 的基本原理，保护倒换功能、远程链路状态通告功能的配置过程和典型配置举例。

5.1 MPLS OAM 配置简介
MPLS OAM（Operation Administration & Maintenance）机制用于 MPLS 层的运维管理。

5.2 配置 MPLS OAM 基本检测功能
在 LSP 出入节点上配置 MPLS OAM 功能，检测 LSP 的连通性。MPLS OAM 功能可用于检测 TE 隧道绑定的 LSP 的连通性。

5.3 配置 MPLS OAM 保护倒换功能
MPLS OAM 保护倒换是指用一条隧道保护另一条或多条隧道。被保护的隧道叫主隧道（Working tunnel）；保护主隧道的隧道叫保护隧道（Protection tunnel）。一条保护隧道保护一条主隧道的保护叫做 1:1 保护。

5.4 维护 MPLS OAM
使用 display 命令可以对 MPLS OAM 和隧道保护组进行监控。

5.5 配置举例
应用 MPLS OAM 功能的典型场景举例：MPLS OAM 检测 LSP 的配置以及 MPLS OAM 和保护组联动进行保护倒换。

版权所有 © 华为技术有限公司

5.1 MPLS OAM 配置简介

MPLS OAM（Operation Administration & Maintenance）机制用于 MPLS 层的运维管理。

5.1.1 MPLS OAM 概述
MPLS OAM 可以有效检测、识别和定位 MPLS 用户层面故障；在链路或节点出现缺陷或故障时迅速进行保护倒换。

5.1.2 NE20E-X6 支持的 MPLS OAM 特性
MPLS OAM 支持连通性检测、故障检测、保护倒换功能。

5.1.1 MPLS OAM 概述

MPLS OAM 可以有效检测、识别和定位 MPLS 用户层面故障；在链路或节点出现缺陷或故障时迅速进行保护倒换。

运维管理 OAM（Operation Administration & Maintenance）是降低网络维护成本的有效手段，MPLS OAM 机制用于 MPLS 层的运维管理。

MPLS OAM 是一个完全不依赖于任何上层或下层的机制，主要实现以下功能。

- 有效检测、识别和定位 MPLS 用户层面故障。
- 在链路或节点出现缺陷或故障时迅速进行保护倒换，减少故障持续时间，提高网络可靠性。

关于 MPLS OAM 需求背景的详细介绍可参考 ITU-T Recommendation Y.1710。关于 MPLS OAM 实现机制的详细介绍可参见 ITU-T Recommendation Y.1711。

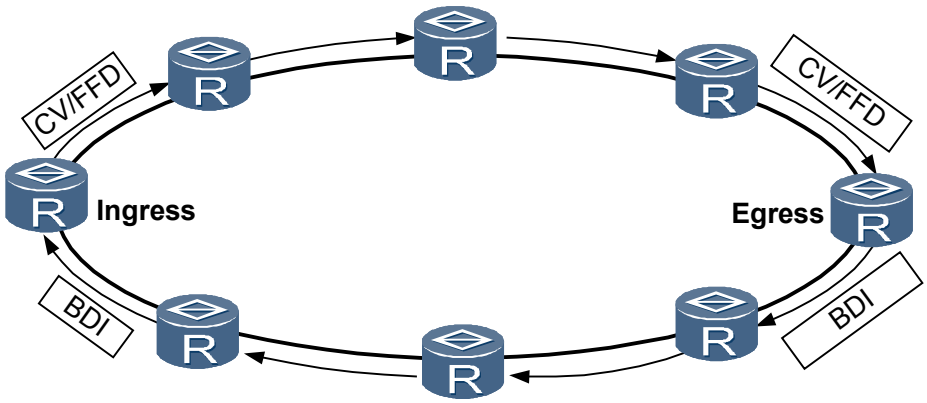
5.1.2 NE20E-X6 支持的 MPLS OAM 特性

MPLS OAM 支持连通性检测、故障检测、保护倒换功能。

MPLS OAM 基本检测

MPLS OAM 基本检测功能主要是指对 LSP 的连通性检测。

图 5-1 MPLS OAM 连通性检测示意图



华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

如图 5-1，MPLS OAM 的工作过程如下：

1. 入节点发送 CV/FFD 检测报文，报文通过被检测的 LSP 到达出节点。
2. 出节点把接收到的报文类型、频率、TTSI 等信息与本地记录的应该收到的对应值相比较，判断报文是否正确，并统计检测周期内收到的正确报文与错误报文的数量，从而对 LSP 的连通性进行监控。
3. 当出节点检测到 LSP 缺陷后，分析缺陷类型，通过反向通道将携带缺陷信息的 BDI（Backward Defect Indication，后向缺陷通告）报文发送给入节点，从而使入节点及时获知缺陷状态。如果正确配置了保护组，还会触发相应的保护倒换。

反向通道

在配置 OAM 基本检测功能时，需要为被检测的 LSP 绑定一条反向通道，传送 BDI 报文。

反向通道可以是与被检测 LSP 具有相反入节点和出节点的 LSP，也可以是连接被检测 LSP 的入节点和出节点的非 MPLS 路径。

具体来说，承载 BDI 报文的反向通道包括以下三种类型：

- 专用反向 LSP
- 共享反向 LSP
- 非 MPLS 返回路径

说明

在 NE20E-X6 目前的实现中，只支持使用 LSP 作为反向通道。

MPLS OAM 自动协议

ITU-T Recommendation Y.1710 协议中存在一些不完善的地方，例如：

- 如果 LSP 入节点晚于出节点开启 OAM 功能，或出节点开启而入节点不开启 OAM 功能，出节点将产生连通性检测丢失 dLOCV（Loss of Connectivity Verification defect）告警。
- 如果 LSP 的出节点开启 OAM 功能，而入节点的 OAM 功能被去使能，出节点也将产生 dLOCV 告警。
- 当需要修改检测报文的类型以及频率时，必须先分别在出节点和入节点停止 OAM 功能。
- 入节点和出节点的 OAM 参数需要分别配置，这容易导致人为的检测报文类型及发送频率配置不一致。

NE20E-X6 实现 OAM 自动协议解决 ITU-T Y.1710 种存在的问题。

OAM 自动协议在出节点配置，提供首包触发和动态启停功能。

保护倒换

保护倒换 PS（Protection Switching）是为主隧道建立相应的保护隧道（备用隧道），主隧道和保护隧道构成一对保护组。主隧道发生缺陷时，数据流迅速倒换到保护隧道，从而提高网络可靠性。

保护倒换和 CR-LSP 备份的区别：

版权所有 © 华为技术有限公司

- 保护倒换：用一个隧道保护另一个隧道。保护组内的各隧道的属性没有联系。例如，带宽为 10Mbit/s 的保护隧道可以保护 100Mbit/s 带宽要求的主隧道。
- CR-LSP 备份：在同一条隧道中创建主、备两条 CR-LSP。备份 CR-LSP 保护主 CR-LSP。主、备 CR-LSP 的属性（例如带宽，建立优先级，保持优先级）一致，除了 TE FRR 属性。

保护模式

NE20E-X6 实现下列两种保护倒换模式：

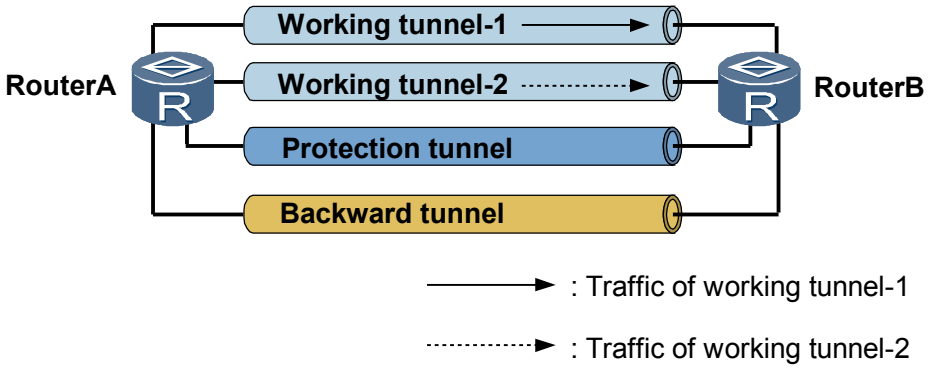
- 1:1 保护模式

  1:1 模式是在 Tunnel 的入节点和出节点间提供主备两条 Tunnel：
  - 正常情况下，数据在主 Tunnel 传输。
  - 主 Tunnel 故障时，入节点进行保护倒换，将数据切换到备用 Tunnel 上继续传输。
- N:1 保护模式

  N:1 模式是将一条 Tunnel 作为多条主用 Tunnel 的备用 Tunnel，如图 5-2。

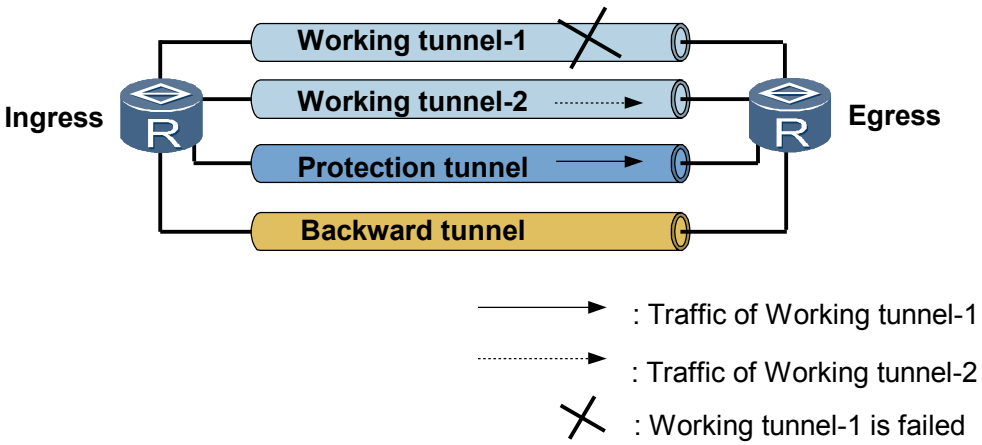
  这种模式主要是为了在网状拓扑结构的网络中节省带宽。

图 5-2 N：1 保护模式



当任何一条主用 Tunnel 故障时，都将数据倒换到共享的备用 Tunnel 上，如图 5-3。

图 5-3 N：1 保护模式——主隧道故障



华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

5.2 配置 MPLS OAM 基本检测功能

在 LSP 出入节点上配置 MPLS OAM 功能，检测 LSP 的连通性。MPLS OAM 功能可用于检测 TE 隧道绑定的 LSP 的连通性。

5.2.1 建立配置任务
MPLS OAM 可用于检测普通 LSP 和 TE LSP。配置 MPLS OAM 前，需要先创建 LSP。以下说明配置 OAM 的基本检测功能的应用环境、前置任务、数据准备、配置过程。

5.2.2 配置入节点 OAM 功能
在 LSP 入节点上配置 OAM 功能时，可以选择指定或不指定反向通道。

5.2.3 配置出节点 OAM 功能
在 LSP 出节点上配置 OAM 功能时，需要指定是否使能 OAM 自动协议扩展。缺省情况下，使用 OAM 自动协议扩展功能。

5.2.4 检查配置结果
配置完成后，使用相关 display 命令可以在 LSP 出入节点上查看到 LSP 信息、OAM 检测信息和 OAM 反向通道信息。

5.2.1 建立配置任务

MPLS OAM 可用于检测普通 LSP 和 TE LSP。配置 MPLS OAM 前，需要先创建 LSP。以下说明配置 OAM 的基本检测功能的应用环境、前置任务、数据准备、配置过程。

应用环境

NE20E-X6 支持的 MPLS OAM 功能可用于检测 TE 隧道绑定的 LSP 的连通性，包括 RSVP CR-LSP、静态 CR-LSP 和静态 LSP。

为实现 MPLS OAM 功能，需要创建用于承载 BDI 报文的反向通道。反向通道的类型可以不同于被检测的 LSP，但也必须是与 TE 隧道绑定的。

前置任务

在配置 MPLS OAM 的基本检测功能之前，需完成以下任务：

- 配置 MPLS 基本功能
- 创建前向 LSP，即 OAM 检测的 LSP，该 LSP 是 TE 隧道绑定的
- 创建反向 LSP

说明

如果前向 LSP 是静态的、反向 LSP 是动态的、且反向通道采用共享方式，则使用 **static-lsp egress** 或 **static-cr-lsp egress** 命令创建前向 LSP 时，必须指定参数 **lsrid** *ingress-lsr-id* **tunnel-id** *tunnel-id*。关于与 TE 隧道绑定的 LSP 的创建请参见“3 MPLS TE 配置”。

数据准备

在配置 MPLS OAM 基本检测功能之前，需准备以下数据。

版权所有 © 华为技术有限公司

序号	数据
1	入节点：被检测 LSP 对应的 Tunnel 接口编号
2	（可选）入节点：反向通道 ● 如果使用静态 LSP 或静态 CR-LSP 作为反向通道，需要准备静态 LSP 或静态 CR-LSP 的名称。 ● 如果使用动态 LSP（RSVP-TE LSP）作为反向通道，需要准备 TE 隧道的 LSR ID 和 Tunnel ID。
3	出节点：反向通道的 Tunnel 接口编号及保护方式
4	出节点：被检测的 LSP ● 如果检测静态 LSP 或静态 CR-LSP，需要准备 LSP 的名称、LSR ID 和 Tunnel ID。 ● 如果检测动态 LSP（RSVP-TE LSP），需要准备 TE 隧道的 LSR ID 和 Tunnel ID。
5	（可选）MPLS OAM 参数： ● 入节点参数：包括检测类型、FFD 发送频率、检测报文发送优先级。 ● 出节点参数：包括检测类型、FFD 发送频率、是否使能自动协议、自动协议超时时间、BDI 发送频率。

说明

- 出节点必须指定反向通道，否则 BDI 报文不能正确传送给源端。
- 如果采用共享反向通道，则入节点不需要指定反向通道。

5.2.2 配置入节点 OAM 功能

在 LSP 入节点上配置 OAM 功能时，可以选择指定或不指定反向通道。

背景信息

在 Tunnel 的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls oam**，全局使能 MPLS OAM。

缺省情况下，关闭全局 MPLS OAM 功能。

步骤 4 执行命令 **quit**，退回系统视图。

步骤 5 配置入节点的 OAM 参数。

如果创建反向通道时没有配置倒数第二跳弹出功能，则配置 MPLS OAM 入节点参数时必须指定反向通道。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

- 不指定反向通道：执行命令 **mpls oam ingress tunnel** *tunnel-number* [**type** { **cv** | **ffd frequency** *ffd-fre* }] [**backward-lsp share**]，配置入节点的 MPLS OAM 参数。

  说明

  反向通道的具体参数取决于出节点的配置。

- 指定反向通道：执行命令 **mpls oam ingress tunnel** *tunnel-number* [**type** { **cv** | **ffd frequency** *ffd-fre* }] **backward-lsp** { **lsp-name** *lsp-name* | **lsr-id** *rev-ingress-lsr-id* **tunnel-id** *rev-tunnel-id* }，配置入节点的 MPLS OAM 参数。

  当反向通道是静态 LSP 或者静态 CR-LSP 时，必须采用独占方式。

  当执行 **static-lsp egress** *lsp-name* **incoming-interface** *interface-type interface-number* **in-label** *in-label* [**lsrid** *ingress-lsr-id* 或 **static-cr-lsp egress** *lsp-name* **incoming-interface** *interface-type interface-number* **in-label** *in-label* [**lsrid** *ingress-lsr-id* **tunnel-id** *tunnel-id*] 命令创建反向 LSP 时，如果指定了参数 **lsrid** *ingress-lsr-id* 和 **tunnel-id** *tunnel-id*，则在此步骤中配置反向通道可以选用参数 **lsr-id** *rev-ingress-lsr-id* 和 **tunnel-id** *rev-tunnel-id*，否则只能用参数 **lsp-name** *lsp-name*。

缺省情况下，检测报文类型为 CV，且 CV 报文的发送频率固定为 1 秒。

步骤 6 执行命令 **mpls oam ingress enable** { **all** | **tunnel** *tunnel-number* }，启动入节点 OAM 功能。

----结束

5.2.3 配置出节点 OAM 功能

在 LSP 出节点上配置 OAM 功能时，需要指定是否使能 OAM 自动协议扩展。缺省情况下，使用 OAM 自动协议扩展功能。

背景信息

在 Tunnel 的出节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **mpls**，进入 MPLS 视图。

步骤 3 执行命令 **mpls oam**，全局使能 MPLS OAM。

步骤 4 执行命令 **quit**，退回系统视图

步骤 5 配置出节点的 OAM 参数。

- 执行命令 **mpls oam egress** { **lsp-name** *lsp-name* | **lsr-id** *ingress-lsr-id* **tunnel-id** *tunnel-id* } [**auto-protocol** [**overtime** *over-time*]] [**backward-lsp tunnel** *tunnel-number* [**private** | **share**] [**bdi-frequency** { **detect-freq** | **per-second** }]]，使能 OAM 自动协议扩展。
- 或执行命令 **mpls oam egress** { **lsp-name** *lsp-name* | **lsr-id** *ingress-lsr-id* **tunnel-id** *tunnel-id* } **type** { **cv** | **ffd frequency** *ffd-fre* } [**backward-lsp tunnel** *tunnel-number* [**private** | **share**] [**bdi-frequency** { **detect-freq** | **per-second** }]]，配置出节点不使用 OAM 自动协议扩展时的 OAM 参数。

如果执行 **static-lsp egress** *lsp-name* **incoming-interface** *interface-type interface-number* **in-label** *in-label* [**lsrid** *ingress-lsr-id* **tunnel-id** *tunnel-id*]或 **static-cr-lsp egress** *lsp-name*

版权所有 © 华为技术有限公司

incoming-interface *interface-type interface-number* **in-label** *in-label* [**lsrid** *ingress-lsr-id* **tunnel-id** *tunnel-id*]命令创建前向 LSP 时，指定了参数 **lsrid** *ingress-lsr-id* 和 **tunnel-id** *tunnel-id*，则在此步骤中可以选用参数 **lsr-id** *ingress-lsr-id* **tunnel-id** *tunnel-id*，否则只能使用参数**lsp-name** *lsp-name*。

缺省情况下，使用 OAM 自动协议扩展功能，首包超时等待时间为 5 分钟。

缺省情况下，反向通道采用共享方式。反向通道是静态 LSP 或静态 CR-LSP 时，必须采用独占方式。

缺省情况下，反向 BDI 的发送频率是 detect-freq。

说明

如果步骤 5 配置了使能 OAM 自动协议扩展采用共享反向通道，则不需要执行步骤 6。出节点在接收到第一个 CV/FFD 报文后，自动记录报文类型和发送频率，并以此时作为连通性检测的起点。

步骤 6 执行命令 **mpls oam egress enable** { **all** | **lsp-name** *lsp-name* | **lsr-id** *ingress-lsr-id* **tunnel-id** *tunnel-id* }，启动出节点 OAM 功能。

----结束

5.2.4 检查配置结果

配置完成后，使用相关 display 命令可以在 LSP 出入节点上查看到 LSP 信息、OAM 检测信息和 OAM 反向通道信息。

前提条件

已经完成 MPLS OAM 基本检测功能的所有配置。

操作步骤

- 使用命令 **display mpls oam ingress** { **all** | **tunnel** *interface-number* } [**slot** *slot-id* | **verbose**]在入节点查看 MPLS OAM 信息。
- 使用命令 **display mpls oam egress** { **all** | **lsp-name** *lsp-name* | **lsr-id** *ingress-lsr-id* **tunnel-id** *tunnel-id* } [**slot** *slot-id* | **verbose**]在出节点查看 MPLS OAM 信息。

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，应能得到如下的结果：

- LSP 基本信息，包括 Tunnel-name、LSP 类型、LSP ingress LSR ID、LSP Tunnel ID 等。
- OAM 基本信息，包括 Tunnel-name、TTSI、报文类型、发送频率等。
- OAM 检测信息，包括发送报文类型、发送周期、检测状态、缺陷状态等。链路正常情况下，检测状态为 Start，缺陷状态为 non-defect。
- OAM 反向通道信息，包括共享类型、反向通道 LSP 的配置信息。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

5.3 配置 MPLS OAM 保护倒换功能

MPLS OAM 保护倒换是指用一条隧道保护另一条或多条隧道。被保护的隧道叫主隧道（Working tunnel）；保护主隧道的隧道叫保护隧道（Protection tunnel）。一条保护隧道保护一条主隧道的保护叫做 1:1 保护。

5.3.1 建立配置任务
MPLS OAM 保护倒换是用于隧道保护的高可靠性技术。建立主隧道和保护隧道，使用保护隧道来保护主隧道，增强隧道可靠性。以下说明配置 MPLS OAM 保护倒换功能的应用环境、前置任务、数据准备、配置过程。

5.3.2 创建 Tunnel 保护组
在 Tunnel 入节点上为主隧道配置隧道保护组。创建隧道保护组时，可以配置倒换延迟时间和回切模式。回切模式分为可回切和不可回切。缺省情况下为可回切模式。配置为可回切模式时，还可以配置回切时间。

5.3.3 （可选）配置保护倒换触发机制
配置了隧道保护组以后，还可以通过配置保护倒换触发机制，强制流量在主 LSP、备用 LSP 传输，或者通过手工倒换。

5.3.4 （可选）使能 MPLS OAM 检测双向 LSP
当主隧道和保护隧道的反向路径也是 LSP 时，可以在反向 LSP 上也启用 MPLS OAM。即，使用 MPLS OAM 检测双向 LSP。

5.3.5 检查配置结果
配置完成后，使用 display 命令可以查看隧道保护组信息和隧道绑定信息。

5.3.1 建立配置任务

MPLS OAM 保护倒换是用于隧道保护的高可靠性技术。建立主隧道和保护隧道，使用保护隧道来保护主隧道，增强隧道可靠性。以下说明配置 MPLS OAM 保护倒换功能的应用环境、前置任务、数据准备、配置过程。

应用环境

如果隧道需要高可靠性，则可考虑配置 MPLS OAM 保护倒换。

MPLS OAM 保护倒换是指用一条隧道保护另一条或多条隧道。被保护的隧道叫主隧道（Working tunnel）；保护主隧道的隧道叫保护隧道（Protection tunnel）。主隧道和保护隧道共同形成一个隧道保护组。

一条保护隧道可以只保护一条隧道，也可以同时保护多条主隧道。其中，一条保护隧道保护一条主隧道的保护叫做 1:1 保护；一条保护隧道同时保护多条主隧道的保护叫做 N:1 保护。“N”表示一个保护组中的主隧道数目。保护组的所有主隧道具有相同的入节点和出节点。

NE20E-X6 支持 1:1 保护和 N:1 保护。

- 主隧道和保护隧道

  隧道保护组中，主隧道和保护隧道的隧道属性没有继承关系。例如，主隧道的带宽为 100Mbit/s，可以使用 50Mbit/s 的隧道作为其保护隧道。

  在使用隧道保护组对主隧道进行保护的同时，可以在保护组的主隧道上配置 TE FRR，对主隧道进行双重保护。

版权所有 © 华为技术有限公司

目前，保护隧道不能再作为主隧道被别的隧道保护，且保护隧道上不能配置 TE FRR。

- 保护倒换触发机制

  NE20E-X6 遵从如下倒换请求标准。

表 5-1 倒换请求标准

倒换请求	优先级	描述
Clear	最高	清除用户通过命令下发的倒换请求，包括强制倒换和手工倒换，对 Signal Failure 不起作用。
信令故障触发的倒换请求（Signal Failure）	↑	信令故障时，自动触发主隧道和保护隧道之间的倒换。
手工倒换（Manual Switch）	↑	仅当保护隧道没有故障时才允许从主隧道切换到保护隧道；或者仅当主隧道没有故障时才允许从保护隧道切换到主隧道。
WTR（Wait To Restore）	↑	WTR 是保护倒换的一种状态，在此状态下，主隧道故障恢复后并不立即倒换到主隧道，而是等待一段时间后才回切。这段时间的长短决定于 WTR 定时器的设置。
No Request	最低	表示没有任何倒换请求。

前置任务

在配置 MPLS OAM 保护倒换功能之前，需完成以下任务：

- 创建 MPLS TE 主隧道和保护隧道
- **配置 MPLS OAM 基本检测功能**

数据准备

在配置 MPLS OAM 保护倒换功能之前，需准备以下数据。

序号	数据
1	保护组中主 Tunnel 的接口编号 **说明** 一个保护组可保护的主隧道的最大数决定于 License，且 License 中定义的值不超过 16。
2	保护组中备用 Tunnel ID
3	保护组配置参数（如 Hold off 时间、回切模式、WTR 时间）

版权所有 © 华为技术有限公司

5.3.2 创建 Tunnel 保护组

在 Tunnel 入节点上为主隧道配置隧道保护组。创建隧道保护组时，可以配置倒换延迟时间和回切模式。回切模式分为可回切和不可回切。缺省情况下为可回切模式。配置为可回切模式时，还可以配置回切时间。

背景信息

在 Tunnel 的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 Tunnel 接口视图。

步骤 3 执行命令 **mpls te protection tunnel** *tunnel-id* [**holdoff** *holdoff-time*] [**mode** { **non-revertive** | **revertive** [**wtr** *wtr-time*] }]，配置主 Tunnel 的保护组。

请注意以下参数的含义：

- *tunnel-id* 表示保护隧道的 Tunnel-ID。
- hold-off time 表示信令发生故障到信令故障通告后系统进行保护倒换算法的初始化之间的时间间隔，取值范围是 0 ～ 10，缺省值是 0。参数 *holdoff-time* 是 hold-off time 的步长数，每个步长是 100 毫秒。

  说明

  hold-off time = 100 毫秒 × *holdoff-time*
- non-revertive 模式是指主隧道故障恢复后，流量不回切到主隧道上。
- revertive 模式是指主隧道故障恢复后，流量回切到主隧道上。

  缺省情况下，保护组采用 revertive 模式。
- WTR time 是指回切的等待时间，取值范围是 0 ～ 30 分钟，缺省值是 12 分钟。参数 *wtr-time* 是 WTR time 的步长数。每个步长是 30 秒。

  说明

  WTR time = 30 秒 × *wtr-time*

说明

如果保护组中的主隧道有 N 个，请使用不同的 *tunnel-number* 重复 N 次步骤 2 和步骤 3 的配置。

步骤 4 执行命令 **mpls te commit**，使配置生效。

----结束

后续处理

本节配置也适用于修改保护组。

保护组的主隧道不仅可以用保护组来提高可靠性，还可以同时对主隧道配置 TE FRR 来进行双重保护。但是保护隧道不能再作为保护组的主隧道被别的隧道保护，也不能配置 TE FRR。

版权所有 © 华为技术有限公司

5.3.3 （可选）配置保护倒换触发机制

配置了隧道保护组以后，还可以通过配置保护倒换触发机制，强制流量在主 LSP、备用 LSP 传输，或者通过手工倒换。

背景信息

配置此节之前，请注意**倒换请求标准**。

在保护组的入节点上进行如下配置。

操作步骤

步骤 1 执行命令 **system-view**，进入系统视图。

步骤 2 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入 Tunnel 接口视图。

步骤 3 根据实际需要选择要进行的外部倒换操作：

- 如果要将流量倒换到主 LSP，执行命令 **mpls te protect-switch manual protect-lsp**。
- 如果将流量倒换到备用 LSP，执行命令 **mpls te protect-switch manual work-lsp**。

步骤 4 执行命令 **mpls te commit**，使当前配置生效。

----结束

5.3.4 （可选）使能 MPLS OAM 检测双向 LSP

当主隧道和保护隧道的反向路径也是 LSP 时，可以在反向 LSP 上也启用 MPLS OAM。即，使用 MPLS OAM 检测双向 LSP。

背景信息

进行如下配置之前，需配置主隧道和保护隧道的反向 LSP。主 LSP 和保护 LSP 与其反向 LSP 构成双向 LSP。

说明

反向 LSP 必须是静态 LSP 或者静态 CR-LSP；主 LSP 和保护 LSP 可以是静态 LSP 或静态 CR-LSP，也可以是 RSVP LSP。

推荐主 LSP 及其反向 LSP 都为静态 LSP 或者都为静态 CR-LSP；保护 LSP 及其反向 LSP 都为静态 LSP 或者都为静态 CR-LSP。

保护组的入节点上，反向 LSP 的入接口和主 LSP 或保护 LSP 的出接口必须相同。

操作步骤

- 使能 MPLS OAM 检测主隧道

  在主隧道的入节点进行如下配置：

  1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
  2. 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入主隧道的 Tunnel 接口视图。
  3. 执行命令 **mpls te reverse-lsp lsp-name** *lsp-name*，指定主隧道的反向 LSP。
  4. 执行命令 **mpls te commit**，使当前配置生效。
- 使能 MPLS OAM 检测保护隧道

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

在保护隧道的入节点进行如下配置：

1. 执行命令 **system-view**，进入系统视图。
2. 执行命令 **interface tunnel** *tunnel-number*，进入保护隧道的 Tunnel 接口视图。
3. 执行命令 **mpls te reverse-lsp lsp-name** *lsp-name*，指定保护隧道的反向 LSP。
4. 执行命令 **mpls te commit**，使当前配置生效。

----结束

5.3.5 检查配置结果

配置完成后，使用 display 命令可以查看隧道保护组信息和隧道绑定信息。

前提条件

已经完成 MPLS OAM 保护倒换功能的所有配置。

操作步骤

步骤 1 使用 **display mpls te protection tunnel** { **all** | *tunnel-id* | **interface tunnel** *interface-number* } [**verbose**]命令查看 Tunnel 保护组信息。

步骤 2 使用 **display mpls te protection binding protect-tunnel** { *tunnel-id* | **interface tunnel** *interface-number* }命令，查看隧道绑定关系。

----结束

任务示例

在配置成功时，执行上面的命令，应能得到保护组的配置信息。

5.4 维护 MPLS OAM

使用 display 命令可以对 MPLS OAM 和隧道保护组进行监控。

5.4.1 监控 MPLS OAM 的运行状况
使用 display 命令可以查看 MPLS OAM 的运行状况，包括在 OAM 源端、宿端上查看启动了 OAM 功能的 LSP 的状态。

5.4.2 监控隧道保护组的运行状况
使用 display 命令可以查看隧道保护组以及隧道保护组中的隧道信息。

5.4.1 监控 MPLS OAM 的运行状况

使用 display 命令可以查看 MPLS OAM 的运行状况，包括在 OAM 源端、宿端上查看启动了 OAM 功能的 LSP 的状态。

背景信息

在日常维护工作中，可以在任意视图下选择执行以下命令，了解 MPLS OAM 的运行状况。

版权所有 © 华为技术有限公司

操作步骤

- 使用 **display mpls oam egress** { **all** | **lsp-name** *lsp-name* | **lsr-id** *ingress-lsr-id* **tunnel-id** *tunnel-id* } [**slot** *slot-id* | **verbose**]命令在 OAM 宿端查看配置了 OAM 功能的 LSP 当前状态与配置信息。
- 使用 **display mpls oam ingress** { **all** | **tunnel** *tunnel-number* } [**slot** *slot-id* | **verbose**]命令在 OAM 源端查看 LSP 的 MPLS OAM 参数及状态信息。
- 使用 **display mpls oam oam-index** *index-value* [**slot** *slot-id*]命令查看 MPLS OAM 参数及状态信息。

----结束

5.4.2 监控隧道保护组的运行状况

使用 display 命令可以查看隧道保护组以及隧道保护组中的隧道信息。

背景信息

在日常维护过程中，在任意视图下执行如下命令,可以查看隧道保护组的运行状况。

操作步骤

步骤 1 使用 **display mpls te protection tunnel** { **all** | *tunnel-id* | **interface tunnel** *interface-number* } [**verbose**]命令查看隧道保护组。

步骤 2 使用 **display mpls te protection binding protect-tunnel** { *tunnel-id* | **interface tunnel** *interface-number* }命令查看隧道保护组中的隧道。

----结束

5.5 配置举例

应用 MPLS OAM 功能的典型场景举例：MPLS OAM 检测 LSP 的配置以及 MPLS OAM 和保护组联动进行保护倒换。

5.5.1 配置 MPLS OAM 检测静态 LSP 连通性示例
创建静态 LSP，配置 MPLS OAM 检测静态 LSP 连通性的举例。

5.5.2 配置 MPLS OAM 保护倒换示例
建立主隧道和保护隧道，配置 MPLS OAM 保护倒换功能的举例。

5.5.1 配置 MPLS OAM 检测静态 LSP 连通性示例

创建静态 LSP，配置 MPLS OAM 检测静态 LSP 连通性的举例。

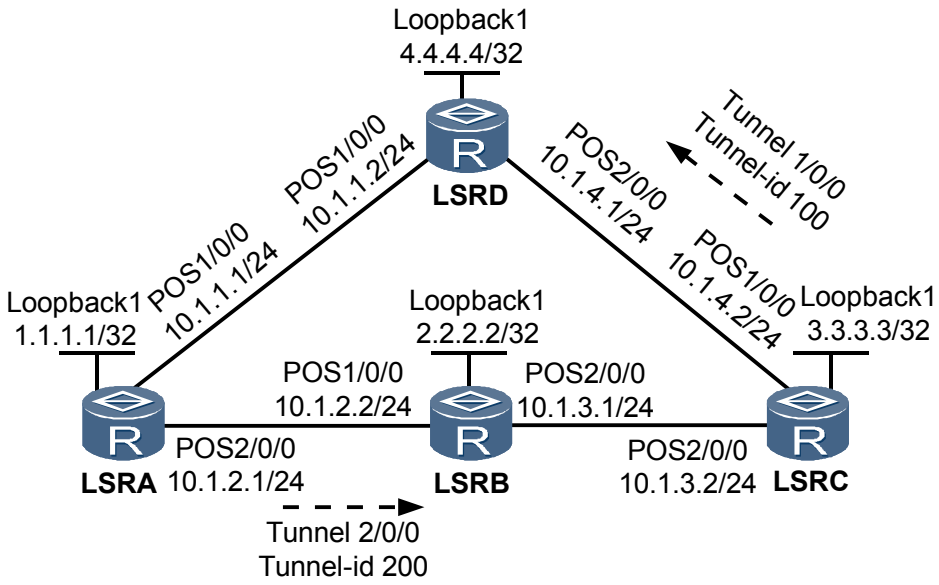
组网需求

在图 5-4 所示的 MPLS 网络中，LSRA→LSRB→LSRC 存在一条静态 LSP 隧道。

要求使用 MPLS OAM 机制，对这条静态 LSP 进行连通性检测。出现连通性故障时，由出节点 LSRC 向入节点 LSRA 通告缺陷。

版权所有 © 华为技术有限公司

图 5-4 配置 MPLS OAM 基本检测功能组网图



配置思路

采用如下思路进行配置：

1. 在 LSRA 上建立一条使用静态 LSP 的 TE 隧道，目的地是 LSRC。
2. 建立一条从 LSRC 经 LSRD 到达 LSRA 的静态 CR-LSP，作为反向通道，向入节点通告故障。
3. 在入节点 LSRA 配置 OAM 参数，并启动 OAM 功能。
4. 在出节点 LSRC 配置 OAM 参数，使用 OAM 自动协议功能。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点的接口 IP 地址、各隧道接口名、隧道 ID
- 发送的检测报文类型
- 反向通道的模式（share 或 private）

操作步骤

步骤 1 配置各接口 IP 地址和路由协议

按照图 5-4 配置各接口的 IP 地址和掩码，包括各 Loopback 接口。

在所有节点上配置 OSPF 协议，发布各自 Loopback 接口的主机路由，具体配置过程略。

配置完成后，各 LSR 可以互相 Ping 通对方的 LSR-ID，在各 LSR 上执行 **display ip routing-table** 命令可以看到到达各 LSR-ID 的路由表项。

以 LSRA 的显示为例：

```
<LSRA> display ip routing-table
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 14        Routes : 15

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost      Flags NextHop         Interface

        1.1.1.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
        2.2.2.2/32  OSPF    10   2           D   10.1.2.2        Pos2/0/0
        3.3.3.3/32  OSPF    10   3           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
                    OSPF    10   3           D   10.1.2.2        Pos2/0/0
        4.4.4.4/32  OSPF    10   2           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
       10.1.1.0/24  Direct  0    0           D   10.1.1.1        Pos1/0/0
       10.1.1.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
       10.1.1.2/32  Direct  0    0           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
       10.1.2.0/24  Direct  0    0           D   10.1.2.1        Pos2/0/0
       10.1.2.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
       10.1.2.2/32  Direct  0    0           D   10.1.2.2        Pos2/0/0
       10.1.3.0/24  OSPF    10   2           D   10.1.2.2        Pos2/0/0
       10.1.4.0/24  OSPF    10   2           D   10.1.1.2        Pos1/0/0
        127.0.0.0/8 Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
      127.0.0.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0
```

步骤 2 建立被检测的静态 LSP

在 LSRA 上配置 MPLS 基本能力和 MPLS TE 基本能力。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls te
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] interface pos 1/0/0
[LSRA-Pos1/0/0] mpls
[LSRA-Pos1/0/0] mpls te
[LSRA-Pos1/0/0] quit
[LSRA] interface pos 2/0/0
[LSRA-Pos2/0/0] mpls
[LSRA-Pos2/0/0] mpls te
[LSRA-Pos2/0/0] quit
```

LSRB、LSRC 和 LSRD 上的配置与 LSRA 相似，此处不再赘述。

在 LSRA 上配置去往 LSRC 的 MPLS TE 隧道，使用静态 LSP。

```
<LSRA> system-view
[LSRA] interface tunnel 2/0/0
[LSRA-Tunnel2/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRA-Tunnel2/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRA-Tunnel2/0/0] destination 3.3.3.3
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te tunnel-id 200
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te signal-protocol static
[LSRA-Tunnel2/0/0] mpls te commit
[LSRA-Tunnel2/0/0] quit
```

配置 LSRA 为静态 LSP 的入节点，使用 TE 隧道。

```
[LSRA] static-lsp ingress tunnel-interface tunnel 2/0/0 destination 3.3.3.3 nexthop 10.1.2.2 out-label 20
```

配置 LSRB 为静态 LSP 的中间节点。

```
<LSRB> system-view
[LSRB] static-lsp transit oamlsp incoming-interface pos 1/0/0 in-label 20 nexthop 10.1.3.2 out-label 30
```

配置 LSRC 为静态 LSP 的出节点，指定 **lsrid** 和 **tunnel-id**。

```
<LSRC> system-view
[LSRC] static-lsp egress oamlsp incoming-interface pos 2/0/0 in-label 30 lsrid 1.1.1.1 tunnel-id 200
```


版权所有 © 华为技术有限公司

配置完成后，在 LSRA 上执行 **display mpls te tunnel-interface** 命令，可以看到 TE 隧道的运行状态为 UP。主要关注以下信息：

```
[LSRA] display mpls te tunnel-interface
*************************************************************
                        Tunnel2/0/0
*************************************************************
Tunnel State Desc   :  UP
Active LSP          :  Primary LSP
Session ID          :  200
Ingress LSR ID      :  1.1.1.1          Egress LSR ID:  3.3.3.3
Admin State         :  UP               Oper State   :  UP
Primary LSP State      : UP
  Main LSP State       : READY              LSP ID  : 1
```

在 LSRA 上执行 **display mpls static-lsp** 命令，可以看到 Tunnel2/0/0 对应的静态 LSP 状态为 Up。

```
<LSRA> display mpls static-lsp
TOTAL          : 1       STATIC LSP(S)
UP             : 1       STATIC LSP(S)
DOWN           : 0       STATIC LSP(S)
Name            FEC           I/O Label  I/O If                    Stat
Tunnel2/0/0     3.3.3.3/32    NULL/20    -/Pos2/0/0                Up
```

步骤 3 建立反向通道

在 LSRC 上配置去往 LSRA 的 MPLS TE 隧道，使用静态 CR-LSP。

```
[LSRC] interface Tunnel 1/0/0
[LSRC-Tunnel1/0/0] ip address unnumbered interface loopback 1
[LSRC-Tunnel1/0/0] tunnel-protocol mpls te
[LSRC-Tunnel1/0/0] destination 1.1.1.1
[LSRC-Tunnel1/0/0] mpls te tunnel-id 100
[LSRC-Tunnel1/0/0] mpls te signal-protocol cr-static
[LSRC-Tunnel1/0/0] mpls te commit
[LSRC-Tunnel1/0/0] quit
```

配置 LSRC 为静态 CR-LSP 的入节点。

```
[LSRC] static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel1/0/0 destination 1.1.1.1 nexthop 10.1.4.1 out-label 70
```

配置 LSRD 为静态 CR-LSP 的中间节点。

```
<LSRD> system-view
[LSRD] static-cr-lsp transit Tunnel1/0/0 incoming-interface pos 2/0/0 in-label 70 nexthop 10.1.1.1 out-label 80
```

配置 LSRA 为静态 CR-LSP 的出节点，指定 **lsrid** 和 **tunnel-id**。

```
[LSRA] static-cr-lsp egress tunnel1/0/0 incoming-interface pos 1/0/0 in-label 80 lsrid 3.3.3.3 tunnel-id 100
```

配置完成后，在 LSRC 上执行 **display mpls te tunnel-interface** 命令，可以看到反向 TE 隧道的运行状态为 UP。主要关注如下信息：

```
[LSRC] display mpls te tunnel-interface
*************************************************************
                        Tunnel1/0/0
*************************************************************
Tunnel State Desc   :  UP
Active LSP          :  Primary LSP
Session ID          :  100
Ingress LSR ID      :  3.3.3.3          Egress LSR ID:  1.1.1.1
Admin State         :  UP               Oper State   :  UP
Primary LSP State      : UP
  Main LSP State       : READY              LSP ID  : 1
```


版权所有 © 华为技术有限公司

在 LSRC 上执行 **display mpls static-cr-lsp** 命令，可以看到建立的静态 CR-LSP 状态为 Up。

```
[LSRC] display mpls static-cr-lsp
TOTAL          : 1     STATIC CRLSP(S)
UP             : 1     STATIC CRLSP(S)
DOWN           : 0     STATIC CRLSP(S)
Name            FEC            I/O Label  I/O If                    Stat
Tunnel1/0/0     1.1.1.1/32     NULL/70    -/Pos1/0/0                Up
```

步骤 4 配置 MPLS OAM 功能

在 LSRA 上配置入节点的 MPLS OAM 功能。采用缺省配置，即发送 CV 报文。反向通道的具体参数取决于出节点的配置。

```
[LSRA] mpls
[LSRA-mpls] mpls oam
[LSRA-mpls] quit
[LSRA] mpls oam ingress tunnel 2/0/0
[LSRA] mpls oam ingress enable all
```

在 LSRC 上配置出节点的 MPLS OAM 功能。

```
[LSRC] mpls
[LSRC-mpls] mpls oam
[LSRC-mpls] quit
```

配置出节点使用 OAM 自动协议，指定对名为 oamlsp 的 LSP 进行检测，反向通道为 tunnel1/0/0 对应的 LSP，采用独占方式。

```
[LSRC] mpls oam egress lsp-name oamlsp auto-protocol backward-lsp Tunnel 1/0/0 private
```

出节点配置自动协议后，当出节点收到第一个正确的检测报文后，自动启动 OAM 功能。

配置完成后，在入节点 LSRA 和出节点 LSRC 上查看 LSP 的 MPLS OAM 参数及状态信息。可以看到入节点和出节点都处于正常检测状态，没有故障。

```
[LSRA] display mpls oam ingress all verbose
------------------------------------------------------------------------------
Verbose information about the NO.1 oam at the ingress
------------------------------------------------------------------------------
lsp basic information:                oam basic information:
----------------------------------    ----------------------------------
Tunnel-name          : Tunnel2/0/0    Oam-Index                : 256
Lsp signal status    : Up             Oam select board         : 1
Lsp establish type   : Static lsp     Enable-state             : Manual enable
Lsp ingress lsr-id   : 1.1.1.1        Ttsi/lsr-id              : 1.1.1.1
Lsp tnl-id/Lsp-id    : 200/1          Ttsi/tunnel-id           : 200
oam detect information:               oam backward information:
----------------------------------    ----------------------------------
Type                 : CV             Share attribute     : Private
Frequency            : 1 s            Lsp-name            : Tunnel1/0/0
Detect-state         : Start          Lsp ingress lsr-id  : 3.3.3.3
Defect-state         : Non-defect     Lsp tnl-id/lsp id   : 100/1
Available-state      : Available      Lsp-inLabel         : 80
Unavailable time (s): 0               Lsp signal status   : Up
------------------------------------------------------------------------------
Total Oam Num:                    1
Total Start Oam Num:              1
Total Defect Oam Num:             0
Total Unavaliable Oam Num:        0
[LSRC] display mpls oam egress all verbose
------------------------------------------------------------------------------
Verbose information about the NO.1 oam at the egress
------------------------------------------------------------------------------
lsp basic information:                oam basic information:
----------------------------------    ----------------------------------
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
Lsp name            : oamlsp          Oam-Index           : 256
Lsp signal status   : Up              Oam select board    : 1
Lsp establish type  : Static lsp      Enable-state        : --
Lsp incoming Label  : 30              Auto-protocol       : Enable
Lsp ingress lsr-id  : 1.1.1.1         Auto-overtime (s)   : 300
Lsp tnl-id/lsp-id   : 200/1           Ttsi/lsr-id         : 1.1.1.1
Lsp Incoming-int      Pos 2/0/0       Ttsi/tunnel-id      : 200
oam detect information:               oam backward information:
----------------------------------    ----------------------------------
Type                : CV              Tunnel name         : Tunnel1/0/0
Frequency           : 1 s             Share attribute     : Private
Detect-state        : Start           Lsp signal status   : Up
Defect-state        : Non-defect      Bdi-frequency       : Detect frequency
Available-state     : Available
Unavailable time (s): 0
--------------------------------------------------------------------------------
Total Oam Num:                    1
Total Start Oam Num:              1
Total Defect Oam Num:             0
Total Unavaliable Oam Num:        0
```

步骤 5 验证配置结果

对 LSRB 的 POS2/0/0 接口执行 **shutdown** 命令，模拟链路故障。

```
[LSRB] interface pos 2/0/0
[LSRB-Pos2/0/0] shutdown
```

到 LSRC 上执行 **display mpls oam egress all verbose** 命令，可以看到 LSRC 发现了这个故障，缺陷状态为 dLocv。

```
<LSRC> display mpls oam egress all verbose
--------------------------------------------------------------------------------
Verbose information about the NO.1 oam at the egress
--------------------------------------------------------------------------------
lsp basic information:                oam basic information:
----------------------------------    ----------------------------------
Lsp name            : oamlsp          Oam-Index           : 256
Lsp signal status   : Up              Oam select board    : 1
Lsp establish type  : Static lsp      Enable-state        : --
Lsp incoming Label  : 30              Auto-protocol       : Enable
Lsp ingress lsr-id  : 1.1.1.1         Auto-overtime (s)   : 300
Lsp tnl-id/lsp-id   : 200/1           Ttsi/lsr-id         : 1.1.1.1
Lsp Incoming-int      Pos 2/0/0       Ttsi/tunnel-id      : 200
oam detect information:                oam backward information:
----------------------------------    ----------------------------------
Type                : CV              Tunnel name         : Tunnel1/0/0
Frequency           : 1 s             Share attribute     : Private
Detect-state        : Start           Lsp signal status   : Up
Defect-type         : dLocv           Bdi-frequency       : Detect frequency
Available-state     : Unavailable
Unavailable time (s): 0
--------------------------------------------------------------------------------
Total Oam Num:                    1
Total Start Oam Num:              1
Total Defect Oam Num:             1
Total Unavaliable Oam Num:        1
```

----结束

配置文件

- LSRA 的配置文件

```
#
 sysname LSRA
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
  mpls te
  mpls oam
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.2.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
interface Tunnel2/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 3.3.3.3
 mpls te signal-protocol static
 mpls te tunnel-id 200
 mpls te commit
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
#
 static-lsp ingress tunnel-interface tunnel2/0/0 destination 3.3.3.3 nexthop 10.1.2.2 out-
label 20
 static-cr-lsp egress tunnel1/0/0 incoming-interface Pos1/0/0 in-label 80 lsrid 3.3.3.3 tunnel-
id 1
#
 mpls oam ingress Tunnel2/0/0
 mpls oam ingress enable Tunnel2/0/0
#
return
```

- LSRB 的配置文件

```
#
 sysname LSRB
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.2.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.3.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.2 0.0.0.0
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
  network 10.1.3.0 0.0.0.255
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
 static-lsp transit oamlsp incoming-interface Pos1/0/0 in-label 20 nexthop 10.1.3.2 out-label
30
#
return
```

- LSRC 的配置文件

```
#
 sysname LSRC
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls oam
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.4.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.3.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
interface Tunnel1/0/0
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 1.1.1.1
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te tunnel-id 100
 mpls te commit
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.3 0.0.0.0
  network 10.1.3.0 0.0.0.255
  network 10.1.4.0 0.0.0.255
#
 static-lsp egress oamlsp incoming-interface Pos2/0/0 in-label 30 lsrid 1.1.1.1 tunnel-id 200
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel1/0/0 destination 1.1.1.1 nexthop 10.1.4.1 out-
label 70 bandwidth bc0 0
#
 mpls oam egress lsp-name oamlsp backward-lsp Tunnel1/0/0 private
#
return
```

- LSRD 的配置文件

```
#
 sysname LSRD
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
#
interface Pos1/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface Pos2/0/0
 link-protocol ppp
 ip address 10.1.4.1 255.255.255.0
 mpls
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 mpls te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
#
ospf 1
 area 0.0.0.0
  network 4.4.4.4 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.4.0 0.0.0.255
#
 static-cr-lsp transit tunnel1/0/0 incoming-interface Pos2/0/0 in-label 70 nexthop 10.1.1.1
out-label 80 bandwidth bc0 0
#
return
```

5.5.2 配置 MPLS OAM 保护倒换示例

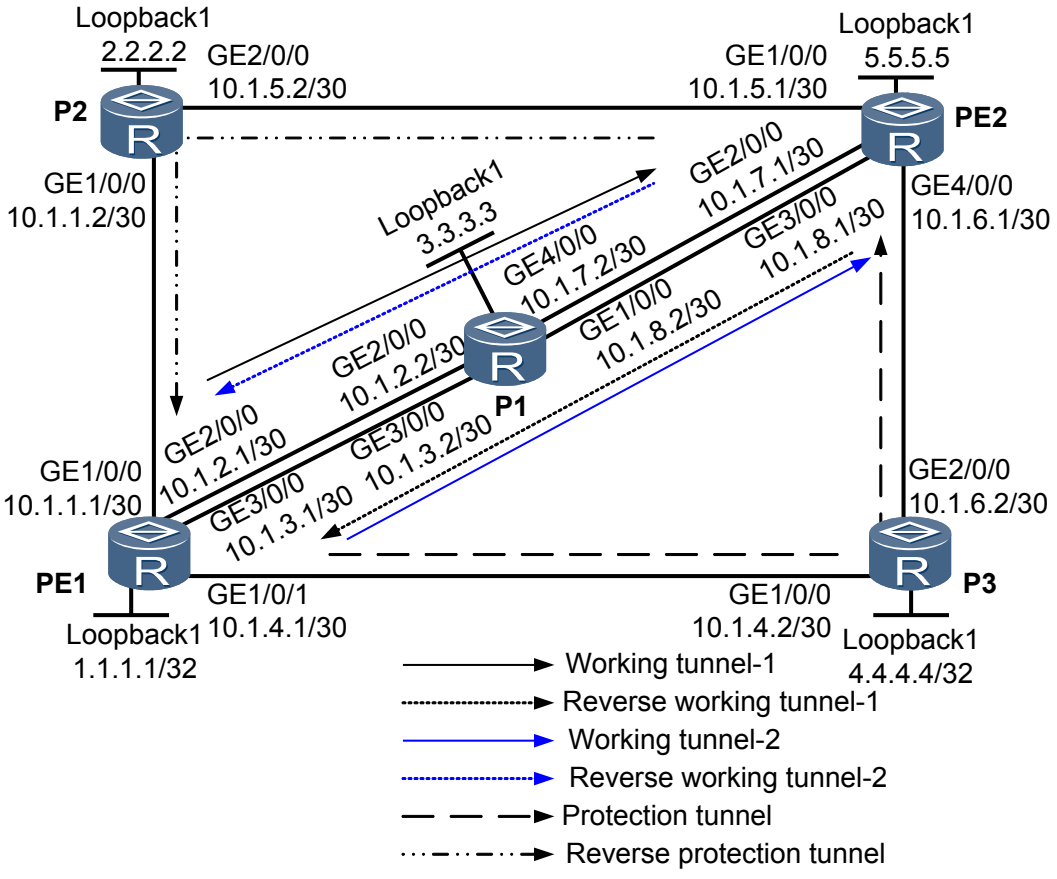
建立主隧道和保护隧道，配置 MPLS OAM 保护倒换功能的举例。

组网需求

在图 5-5 所示的 MPLS 网络中，PE1 和 PE2 之间存在三条双向 LSP，分别绑定三个 Tunnel 接口，Tunnel1/0/10、Tunnel 1/0/11 和 Tunnel 1/0/12。其中 Tunnel1/0/10 和 Tunnel1/0/11 作为主用隧道；Tunnel1/0/12 作为保护隧道。

要求配置 MPLS OAM 保护倒换，Tunnel1/0/12 同时作为 Tunnel1/0/10 和 Tunnel1/0/11 的保护隧道。当某一主隧道发生故障时，该主隧道上的流量被切换到保护隧道上。

图 5-5 配置 MPLS OAM 保护倒换组网图



华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

配置思路

采用如下思路进行配置：

1. 在各节点上配置各接口 IP 地址和 OSPF。
2. 在各节点上使能 MPLS、MPLS TE、MPLS OAM
3. 在 PE1 和 PE2 上创建三个 Tunnel 接口（Tunnel1/0/10、Tunnel1/0/11 和 Tunnel1/0/12），其中两个作为主隧道及其反向隧道的 Tunnel 接口，另一个作为保护隧道及其反向隧道的 Tunnel 接口。
4. 在 PE1 配置两条静态 CR-LSP 并将静态 LSP 分别与 Tunnel1/0/10 和 Tunnel1/0/12 绑定。
5. 在 PE1 上配置一条到 PE2 的 RSVP-TE 隧道。
6. 在 PE2 上配置三条到 PE1 的静态 CR-LSP 作为反向 LSP，分别绑定 Tunnel1/0/10、Tunnel1/0/11 和 Tunnel1/0/12。
7. 设置 MPLS OAM 参数并使能 MPLS OAM 检测双向 LSP。

数据准备

为完成此配置例，需准备如下的数据：

- 各节点的接口 IP 地址、各隧道接口名和隧道 ID
- MPLS OAM 检测报文类型
- 隧道保护组参数，包括倒换延迟时间、回切模式、回切等待时间

操作步骤

步骤 1 在各节点上配置 IP 地址和路由协议

配置各接口的 IP 地址和掩码，包括各 Loopback 接口。

在所有节点上配置 OSPF 协议，发布各自 Loopback 接口的主机路由，具体配置过程略。

置完成后，各 LSR 可以互相 Ping 通对方的 LSR-ID。

步骤 2 在各节点的全局和物理接口上使能 MPLS 和 MPLS TE

具体配置过程略。

步骤 3 配置 Tunnel 接口

在 PE1 和 PE2 上配置 Tunnel1/0/10 和 Tunnel1/0/11 作为主隧道的 Tunnel 接口。配置 Tunnel1/0/12 作为保护隧道的 Tunnel 接口。Tunnel1/0/12 同时保护 Tunnel1/0/10 和 Tunnel1/0/11。Tunnel1/0/11 信令协议为 RSVP-TE，Tunnel1/0/10 和 Tunnel1/0/12 信令协议为“cr-static”。

配置 PE1。

```
<PE1> system-view
[PE1] interface tunnel1/0/10
[PE1-Tunnel1/0/10] description Working tunnel-1 to PE2
[PE1-Tunnel1/0/10] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE1-Tunnel1/0/10] tunnel-protocol mpls te
[PE1-Tunnel1/0/10] destination 5.5.5.5
[PE1-Tunnel1/0/10] mpls te signal-protocol cr-static
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1-Tunnel1/0/10] mpls te tunnel-id 1010
[PE1-Tunnel1/0/10] mpls te commit
[PE1-Tunnel1/0/10] quit
[PE1] interface tunnel1/0/11
[PE1-Tunnel1/0/11] description Working tunnel-2 to PE2
[PE1-Tunnel1/0/11] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE1-Tunnel1/0/11] tunnel-protocol mpls te
[PE1-Tunnel1/0/11] destination 5.5.5.5
[PE1-Tunnel1/0/11] mpls te signal-protocol rsvp-te
[PE1-Tunnel1/0/11] mpls te tunnel-id 1011
[PE1-Tunnel1/0/11] mpls te commit
[PE1-Tunnel1/0/11] quit
[PE1] interface tunnel1/0/12
[PE1-Tunnel1/0/12] description Protection tunnel to PE2
[PE1-Tunnel1/0/12] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE1-Tunnel1/0/12] tunnel-protocol mpls te
[PE1-Tunnel1/0/12] destination 5.5.5.5
[PE1-Tunnel1/0/12] mpls te signal-protocol cr-static
[PE1-Tunnel1/0/12] mpls te tunnel-id 1012
[PE1-Tunnel1/0/12] mpls te commit
[PE1-Tunnel1/0/12] quit
```

配置 PE2。

```
<PE2> system-view
[PE2] interface tunnel1/0/10
[PE2-Tunnel1/0/10] description Working tunnel-1 to PE1
[PE2-Tunnel1/0/10] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE2-Tunnel1/0/10] tunnel-protocol mpls te
[PE2-Tunnel1/0/10] destination 1.1.1.1
[PE2-Tunnel1/0/10] mpls te signal-protocol cr-static
[PE2-Tunnel1/0/10] mpls te tunnel-id 1010
[PE2-Tunnel1/0/10] mpls te commit
[PE2-Tunnel1/0/10] quit
[PE2] interface tunnel1/0/11
[PE2-Tunnel1/0/11] description Working tunnel-2 to PE1
[PE2-Tunnel1/0/11] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE2-Tunnel1/0/11] tunnel-protocol mpls te
[PE2-Tunnel1/0/11] destination 1.1.1.1
[PE2-Tunnel1/0/11] mpls te signal-protocol cr-static
[PE2-Tunnel1/0/11] mpls te tunnel-id 1011
[PE2-Tunnel1/0/11] mpls te commit
[PE2-Tunnel1/0/11] quit
[PE2] interface tunnel1/0/12
[PE2-Tunnel1/0/12] description Protection tunnel to PE1
[PE2-Tunnel1/0/12] ip address unnumbered interface loopback 1
[PE2-Tunnel1/0/12] tunnel-protocol mpls te
[PE2-Tunnel1/0/12] destination 1.1.1.1
[PE2-Tunnel1/0/12] mpls te signal-protocol cr-static
[PE2-Tunnel1/0/12] mpls te tunnel-id 1012
[PE2-Tunnel1/0/12] mpls te commit
[PE2-Tunnel1/0/12] quit
```

步骤 4 配置两条从 PE1 到 PE2 的静态 CR-LSP，并将静态 CR-LSP 与 Tunnel 接口绑定。

配置 PE1。

```
[PE1] static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel1/0/10 destination 5.5.5.5 nexthop 10.1.2.2 out-label 10
[PE1] static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel1/0/12 destination 5.5.5.5 nexthop 10.1.4.2 out-label 30
```

配置 P1。

```
<P1> system-view
[P1] static-cr-lsp transit PE1toPE2-2 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 10 nexthop 10.1.7.1 out-label 11
```

配置 P3。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
<P3> system-view
[P3] static-cr-lsp transit PE1toPE2-3 incoming-interface gigabitethernet1/0/0 in-label 30 nexthop
10.1.6.1 out-label 31
```

配置 PE2。

```
[PE2] static-cr-lsp egress PE1toPE2-2 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 11 lsrid
1.1.1.1 tunnel-id 1010
[PE2] static-cr-lsp egress PE1toPE2-3 incoming-interface gigabitethernet1/0/1 in-label 31 lsrid
1.1.1.1 tunnel-id 1012
```

完成此步骤后，在 PE1 和 PE2 上执行命令 **display mpls te tunnel**，可看到创建的隧道。

以 PE1 上的显示为例。

```
[PE1] display mpls te tunnel
LSP-Id                Destination     In/Out-If
1.1.1.1:1012:1        5.5.5.5         -/GE1/0/1
1.1.1.1:1010:1        5.5.5.5         -/GE2/0/0
```

步骤 5 配置 RSVP-TE 隧道

配置 PE1。

```
[PE1] mpls
[PE1-mpls] mpls rsvp-te
[PE1-mpls] mpls te cspf
[PE1-mpls] quit
[PE1] interface gigabitethernet3/0/0
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] mpls rsvp-te
[PE1-GigabitEthernet3/0/0] quit
[PE1] ospf 1
[PE1-ospf-1] opaque-capability enable
[PE1-ospf-1] area 0
[PE1-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[PE1-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[PE1-ospf-1] quit
```

配置 P1。

```
[P1] mpls
[P1-mpls] mpls rsvp-te
[P1-mpls] mpls te cspf
[P1-mpls] quit
[P1] interface gigabitethernet3/0/0
[P1-GigabitEthernet3/0/0] mpls rsvp-te
[P1-GigabitEthernet3/0/0] quit
[P1] interface gigabitethernet1/0/0
[P1-GigabitEthernet1/0/0] mpls rsvp-te
[P1-GigabitEthernet1/0/0] quit
[P1] ospf 1
[P1-ospf-1] opaque-capability enable
[P1-ospf-1] area 0
[P1-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
[P1-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[P1-ospf-1] quit
```

配置 PE2。

```
[PE2] mpls
[PE2-mpls] mpls rsvp-te
[PE2-mpls] mpls te cspf
[PE2-mpls] quit
[PE2] interface gigabitethernet3/0/0
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] mpls rsvp-te
[PE2-GigabitEthernet3/0/0] quit
[PE2] ospf 1
[PE2-ospf-1] opaque-capability enable
[PE2-ospf-1] area 0
[PE2-ospf-1-area-0.0.0.0] mpls-te enable
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE2-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[PE2-ospf-1] quit
```

在 PE1 上执行命令 **display mpls te tunnel-interface tunnel1/0/11** 查看隧道 Tunnel1/0/11 的信息。

```
[PE1] display mpls te tunnel-interface tunnel1/0/11
============================================================
                        Tunnel1/0/11
============================================================
Tunnel State Desc   :  UP
Active LSP          :  Primary LSP
Session ID          :  1011
Ingress LSR ID      :  1.1.1.1          Egress LSR ID:  5.5.5.5
Admin State         :  UP               Oper State   :  UP
Primary LSP State      : UP
  Main LSP State       : READY               LSP ID  : 1
```

步骤 6 配置三条从 PE2 到 PE1 的静态 CR-LSP 并将三条静态 CR-LSP 分别与 Tunnel 接口绑定。

配置 PE2。

```
[PE2] static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel1/0/10 destination 1.1.1.1 nexthop 10.1.7.2 out-label 11
[PE2] static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel1/0/11 destination 1.1.1.1 nexthop 10.1.8.2 out-label 21
[PE2] static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel1/0/12 destination 1.1.1.1 nexthop 10.1.5.2 out-label 31
```

配置 P1。

```
[P1] static-cr-lsp transit PE2toPE1-2 incoming-interface gigabitethernet1/0/1 in-label 11 nexthop 10.1.2.1 out-label 10
[P1] static-cr-lsp transit PE2toPE1-1 incoming-interface gigabitethernet1/0/0 in-label 21 nexthop 10.1.3.1 out-label 20
```

配置 P2。

```
<P2> system-view
[P2] static-cr-lsp transit PE2toPE1-3 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 31 nexthop 10.1.1.1 out-label 30
```

配置 PE1。

```
[PE1] static-cr-lsp egress PE2toPE1-2 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 10 lsrid 1.1.1.1 tunnel-id 1010
[PE1] static-cr-lsp egress PE2toPE1-1 incoming-interface gigabitethernet3/0/0 in-label 20 lsrid 1.1.1.1 tunnel-id 1011
[PE1] static-cr-lsp egress PE2toPE1-3 incoming-interface gigabitethernet1/0/0 in-label 30 lsrid 1.1.1.1 tunnel-id 1012
```

步骤 7 将反向 LSP 与 Tunnel 接口绑定。

配置 PE1。

```
[PE1] interface tunnel1/0/10
[PE1-Tunnel1/0/10] mpls te reverse-lsp lsp-name PE2toPE1-1
[PE1-Tunnel1/0/10] mpls te commit
[PE1-Tunnel1/0/10] quit
[PE1] interface tunnel1/0/11
[PE1-Tunnel1/0/11] mpls te reverse-lsp lsp-name PE2toPE1-2
[PE1-Tunnel1/0/11] mpls te commit
[PE1-Tunnel1/0/11] quit
[PE1] interface tunnel1/0/12
[PE1-Tunnel1/0/12] mpls te reverse-lsp lsp-name PE2toPE1-3
[PE1-Tunnel1/0/12] mpls te commit
[PE1-Tunnel1/0/12] quit
```

配置 PE2。

华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE2] interface tunnel1/0/10
[PE2-Tunnel1/0/10] mpls te reverse-lsp lsp-name PE1toPE2-1
[PE2-Tunnel1/0/10] mpls te commit
[PE2-Tunnel1/0/10] quit
[PE2] interface tunnel1/0/11
[PE2-Tunnel1/0/11] mpls te reverse-lsp lsp-name PE1toPE2-2
[PE2-Tunnel1/0/11] mpls te commit
[PE2-Tunnel1/0/11] quit
[PE2] interface tunnel1/0/12
[PE2-Tunnel1/0/12] mpls te reverse-lsp lsp-name PE1toPE2-3
[PE2-Tunnel1/0/12] mpls te commit
[PE2-Tunnel1/0/12] quit
```

步骤 8 使能 MPLS OAM 并配置 MPLS OAM 检测 LSP。

Configure PE1.

```
[PE1] mpls
[PE1-mpls] mpls oam
[PE1-mpls] quit
[PE1] mpls oam ingress Tunnel1/0/10
[PE1] mpls oam ingress Tunnel1/0/11
[PE1] mpls oam ingress Tunnel1/0/12
[PE1] mpls oam ingress enable all
[PE1] mpls oam egress lsp-name PE2toPE1-1
[PE1] mpls oam egress lsp-name PE2toPE1-2
[PE1] mpls oam egress lsp-name PE2toPE1-3
[PE1] mpls oam egress enable all
```

配置 PE2。

```
[PE2] mpls
[PE2-mpls] mpls oam
[PE2-mpls] quit
[PE2] mpls oam ingress Tunnel1/0/10
[PE2] mpls oam ingress Tunnel1/0/11
[PE2] mpls oam ingress Tunnel1/0/12
[PE2] mpls oam ingress enable all
[PE2] mpls oam egress lsp-name PE1toPE2-1
[PE2] mpls oam egress lsp-name PE1toPE2-2
[PE2] mpls oam egress lsp-name PE1toPE2-3
[PE2] mpls oam egress enable all
```

完成此步骤后，执行命令 **display mpls oam ingress all verbose** 查看 MPLS OAM 参数和 LSP 的状态，可发现被检测的 LSP 状态为“Non-defect”。

以 PE1 的显示为例。

```
[PE1] display mpls oam ingress all verbose

------------------------------------------------------------------------------

Verbose information about NO.1 oam at the ingress
------------------------------------------------------------------------------


lsp basic information:                    oam basic information:
----------------------------------------  ----------------------------------------
Tunnel-name          : Tunnel1/0/10       Oam-Index           : 512
Lsp signal status    : Up                 Oam select board    : 2
Lsp establish type   : Static lsp         Enable-state        : Manual disable
Lsp ingress lsr-id   : 1.1.1.1            Ttsi/lsr-id         : 1.1.1.1
Lsp tnl-id/Lsp-id    : 1010/1             Ttsi/tunnel-id      : 1010

oam detect information:                   oam backward information:
----------------------------------------  ----------------------------------------
Type                 : CV                 Share attribute     : Share
Frequency            : 1 s                Lsp-name            : --
Detect-state         : Start              Lsp ingress lsr-id  : --
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
Defect-state        : Non-defect          Lsp tnl-id/lsp id   : --/--
Available-state     : Available           Lsp-inLabel         : --
Unavailable time (s): 0                   Lsp signal status   : --

------------------------------------------------------------------------------

Verbose information about NO.2 oam at the ingress
------------------------------------------------------------------------------


lsp basic information:                    oam basic information:
---------------------------------------   ---------------------------------------
Tunnel-name         : Tunnel1/0/11        Oam-Index           : 513
Lsp signal status   : Up                  Oam select board    : 3
Lsp establish type  : RSVP-TE             Enable-state        : Manual disable
Lsp ingress lsr-id  : 1.1.1.1             Ttsi/lsr-id         : 1.1.1.1
Lsp tnl-id/Lsp-id   : 1011/1              Ttsi/tunnel-id      : 1011

oam detect information:                   oam backward information:
---------------------------------------   ---------------------------------------
Type                : CV                  Share attribute     : Share
Frequency           : 1 s                 Lsp-name            : --
Detect-state        : Start               Lsp ingress lsr-id  : --
Defect-type         : Non-defect          Lsp tnl-id/lsp id   : --/--
Available-state     : Available           Lsp-inLabel         : --
Unavailable time (s): 0                   Lsp signal status   : --

------------------------------------------------------------------------------

Verbose information about NO.3 oam at the ingress
------------------------------------------------------------------------------


lsp basic information:                    oam basic information:
---------------------------------------   ---------------------------------------
Tunnel-name         : Tunnel1/0/12        Oam-Index           : 514
Lsp signal status   : Up                  Oam select board    : 4
Lsp establish type  : Static lsp          Enable-state        : Manual disable
Lsp ingress lsr-id  : 1.1.1.1             Ttsi/lsr-id         : 1.1.1.1
Lsp tnl-id/Lsp-id   : 1012/1              Ttsi/tunnel-id      : 1012

oam detect information:                   oam backward information:
---------------------------------------   ---------------------------------------
Type                : CV                  Share attribute     : Share
Frequency           : 1 s                 Lsp-name            : --
Detect-state        : Start               Lsp ingress lsr-id  : --
Defect-type         : Non-defect          Lsp tnl-id/lsp id   : --/--
Available-state     : Available           Lsp-inLabel         : --
Unavailable time (s): 0                   Lsp signal status   : --

------------------------------------------------------------------------------

Total Oam Num:                  3
Total Start Oam Num:            3
Total Defect Oam Num:           0
Total Unavailable Oam Num:      0
```

步骤 9 配置隧道保护组

在 PE1 上配置 Tunnel1/0/10 和 Tunnel 1/0/11 作为主隧道，Tunnel1/0/12 作为保护隧道，采用 revertive 模式，WTR 为 2 分钟。

```
[PE1] interface tunnel 1/0/10
[PE1-Tunnel1/0/10] mpls te protection tunnel 1/0/12 mode revertive wtr 4
[PE1-Tunnel1/0/10] mpls te commit
[PE1-Tunnel1/0/10] quit
[PE1] interface tunnel 1/0/11
[PE1-Tunnel1/0/11] mpls te protection tunnel 1/0/12 mode revertive wtr 4
[PE1-Tunnel1/0/11] mpls te commit
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
[PE1-Tunnel1/0/11] quit
```

完成此步骤后，在 PE 上执行命令 **display mpls te protection tunnel all**，可发现所有隧道接口都为“Non-defect”状态，流量由主隧道转发。

以 PE1 的显示为例。

```
[PE1] display mpls te protection tunnel all
------------------------------------------------------------------------------
No. Work-tunnel status  /id  Protect-tunnel status /id    Switch-Result
------------------------------------------------------------------------------
1          non-defect   /1010       non-defect     /1012    work-tunnel
2          non-defect   /1011       non-defect     /1012    work-tunnel
```

在 PE 上执行命令 **display mpls te protection binding protect-tunnel**，可发现 Tunnel 1/0/12 同时保护了 Tunnel 1/0/10 和 Tunnel 1/0/11。

以 PE1 的显示为例。

```
[PE1] display mpls te protection binding protect-tunnel 1012
------------------------------------------------------------------------------
Binding information of( tunnel id:  1012 )
------------------------------------------------------------------------------
    Protect-tunnel id                   :1012
    Protect-tunnel name                 :Tunnel1/0/12
    Maximum number of bound work-tunnels :8
    Currently bound work-tunnels        :Total( 2 )
                                        :Tunnel1/0/10
                                        :Tunnel1/0/11
```

步骤 10 检查配置结果

在 PE 上执行命令 **display mpls te protection tunnel interface tunnel** *interface-number* **verbose**，可查看保护组的详细信息。以 PE1 上的 Tunnel 1/0/10 的显示为例。

```
[PE1] display mpls te protection tunnel interface tunnel 1010 verbose
------------------------------------------------------------------
Verbose information about the  1th proteciton-group
------------------------------------------------------------------
Work-tunnel id                          : 1010
Protect-tunnel id                       : 1012
Work-tunnel name                        : Tunnel1/0/10
Protect-tunnel name                     : Tunnel1/0/12
Work-tunnel reverse-lsp name            : PE2toPE1-1
Protect-tunnel reverse-lsp name         : PE2toPE1-3
switch result                           : work-tunnel
Tunnel using Best-Effort                : none
Tunnel using Ordinary                   : none
work-tunnel defect state                : non-defect
protect-tunnel defect state             : non-defect
work-tunnel reverse-lsp defect state    : non-defect
protect-tunnel reverse-lsp defect state : non-defect
HoldOff                                 : 0ms
WTR                                     : 120s
Mode                                    : revertive
Using same path                         : --
```

在 PE1 的 Tunnel1/0/10 上执行命令 **mpls te protect-switch manual work-lsp**，手工触发保护倒换。

```
[PE1] interface tunnel1/0/10
[PE1] mpls te protect-switch manual work-lsp
```

在 PE1 上执行命令 **display mpls te protection tunnel all**，可发现 Tunnel 1/0/10 的 **Switch-Result** 字段为“**protect-tunnel**”。

```
[PE1] display mpls te protection tunnel all
------------------------------------------------------------------------------
No. Work-tunnel status  /id  Protect-tunnel status /id      Switch-Result
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
------------------------------------------------------------------------
1          non-defect   /1010       non-defect     /1012   protect-tunnel
2          non-defect   /1011       non-defect     /1012     work-tunnel
```

在 PE1 的 GE1/0/1 上执行命令 **shutdown** 模拟保护隧道的物理链路故障。

```
[PE1] interface gigabitethernet1/0/1
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] shutdown
[PE1-GigabitEthernet1/0/1] quit
```

#在 PE1 上执行命令 **display mpls te protection tunnel all** 可发现 Tunnel1/0/10 的“Protect-tunnel status”字段为“in-defect”，“Switch-Result”字段为“work-tunnel”。

```
[PE1] display mpls te protection tunnel all
------------------------------------------------------------------------
No. Work-tunnel status  /id  Protect-tunnel status /id    Switch-Result
------------------------------------------------------------------------
1          non-defect   /1010        in-defect     /1012    work-tunnel
2          non-defect   /1011       non-defect     /1012    work-tunnel
```

说明

当所有隧道都没有故障，且主隧道的 Tunnel 接口上配置了 **mpls te protect-switch manual work-lsp** 命令，则流量被切换到保护隧道上。此时，如果保护隧道的链路发生故障，流量被切换回主隧道且主隧道 Tunnel 接口下的 **mpls te protect-switch manual work-lsp** 命令会被自动删除。那是因为链路故障会触发 Signaling Failure 倒换请求，Signaling Failure 倒换请求的优先级高于手工倒换。

----结束

配置文件

- PE1 的配置文件

```
#
 sysname PE1
#
 mpls lsr-id 1.1.1.1
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
  mpls oam
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.1.2.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.1.3.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet1/0/1
 ip address 10.1.4.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface LoopBack1
 ip address 1.1.1.1 255.255.255.255
#
interface Tunnel1/0/10
 description Working tunnel-1 to PE2
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 5.5.5.5
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te tunnel-id 1010
 mpls te protection tunnel 1/0/12 mode revertive wtr 4
 mpls te reverse-lsp lsp-name PE2toPE1-1
 mpls te commit
#
interface Tunnel1/0/11
 description Working tunnel-2 to PE2
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 5.5.5.5
 mpls te tunnel-id 1011
 mpls te protection tunnel 1/0/12 mode revertive wtr 4
 mpls te reverse-lsp lsp-name PE2toPE1-2
 mpls te commit
#
interface Tunnel1/0/12
 description Protection tunnel to PE2
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 5.5.5.5
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te tunnel-id 1012
 mpls te reverse-lsp lsp-name PE2toPE1-3
 mpls te commit
#
ospf 100
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 1.1.1.1 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
  network 10.1.3.0 0.0.0.255
  network 10.1.4.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel1/0/10 destination 5.5.5.5 nexthop 10.1.2.2 out-
label 10
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel1/0/12 destination 5.5.5.5 nexthop 10.1.4.2 out-
label 30
 static-cr-lsp egress PE2toPE1-2 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 10 lsrid
1.1.1.1 tunnel-id 1010
 static-cr-lsp egress PE2toPE1-1 incoming-interface gigabitethernet3/0/0 in-label 20 lsrid
1.1.1.1 tunnel-id 1011
 static-cr-lsp egress PE2toPE1-3 incoming-interface gigabitethernet1/0/0 in-label 30 lsrid
1.1.1.1 tunnel-id 1012
#
 mpls oam ingress Tunnel1/0/10
 mpls oam ingress Tunnel1/0/11
 mpls oam ingress Tunnel1/0/12
 mpls oam ingress enable all
 mpls oam egress lsp-name PE2toPE1-1
 mpls oam egress lsp-name PE2toPE1-2
 mpls oam egress lsp-name PE2toPE1-3
 mpls oam egress enable all
#
return
```

- P2 的配置文件

```
#
 sysname P2
#
 mpls lsr-id 2.2.2.2
 mpls
  mpls te
#
interface GigabitEthernet1/0/0
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.1.5.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface LoopBack1
 ip address 2.2.2.2 255.255.255.255
#
ospf 100
 area 0.0.0.0
  network 2.2.2.2 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.5.0 0.0.0.255
#
 static-cr-lsp transit PE2toPE1-3 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 31 nexthop
10.1.1.1 out-label 30
#
return
```

- P1 的配置文件

```
#
 sysname P1
#
 mpls lsr-id 3.3.3.3
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.8.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.1.2.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.1.3.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet1/0/1
 ip address 10.1.7.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface LoopBack1
 ip address 3.3.3.3 255.255.255.255
#
ospf 100
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 3.3.3.3 0.0.0.0
  network 10.1.1.0 0.0.0.255
  network 10.1.2.0 0.0.0.255
  network 10.1.7.0 0.0.0.255
  network 10.1.8.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
 static-cr-lsp transit PE1toPE2-2 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 10 nexthop
10.1.7.1 out-label 11
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
 static-cr-lsp transit PE2toPE1-2 incoming-interface gigabitethernet1/0/1 in-label 11 nexthop
10.1.2.1 out-label 10
 static-cr-lsp transit PE2toPE1-1 incoming-interface gigabitethernet1/0/0 in-label 21 nexthop
10.1.3.1 out-label 20
#
return
```

- P3 的配置文件

```
#
 sysname P3
#
 mpls lsr-id 4.4.4.4
 mpls
  mpls te
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.4.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.1.6.2 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface LoopBack1
 ip address 4.4.4.4 255.255.255.255
#
ospf 100
 area 0.0.0.0
  network 4.4.4.4 0.0.0.0
  network 10.1.4.0 0.0.0.255
  network 10.1.6.0 0.0.0.255
#
 static-cr-lsp transit PE1toPE2-3 incoming-interface gigabitethernet1/0/0 in-label 30 nexthop
10.1.6.1 out-label 31
#
return
```

- PE2 的配置文件

```
#
 sysname PE2
#
 mpls lsr-id 5.5.5.5
 mpls
  mpls te
  mpls rsvp-te
  mpls te cspf
  mpls oam
#
interface GigabitEthernet1/0/0
 ip address 10.1.5.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface GigabitEthernet2/0/0
 ip address 10.1.7.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
#
interface GigabitEthernet3/0/0
 ip address 10.1.8.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
 mpls rsvp-te
#
interface GigabitEthernet1/0/1
 ip address 10.1.6.1 255.255.255.0
 mpls
 mpls te
```


版权所有 © 华为技术有限公司

```
#
interface LoopBack1
 ip address 5.5.5.5 255.255.255.255
#
interface Tunnel1/0/10
 description Working tunnel-1 to PE1
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 1.1.1.1
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te tunnel-id 1010
 mpls te protection tunnel 1/0/12 mode revertive wtr 4
 mpls te commit
#
interface Tunnel1/0/11
 description Working tunnel-2 to PE1
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 1.1.1.1
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te tunnel-id 1011
 mpls te protection tunnel 1/0/12 mode revertive wtr 4
 mpls te commit
#
interface Tunnel1/0/12
 description Protection tunnel to PE1
 ip address unnumbered interface LoopBack1
 tunnel-protocol mpls te
 destination 1.1.1.1
 mpls te signal-protocol cr-static
 mpls te tunnel-id 1012
 mpls te commit
#
ospf 100
 opaque-capability enable
 area 0.0.0.0
  network 5.5.5.5 0.0.0.0
  network 10.1.5.0 0.0.0.255
  network 10.1.6.0 0.0.0.255
  network 10.1.7.0 0.0.0.255
  network 10.1.8.0 0.0.0.255
  mpls-te enable
#
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel1/0/10 destination 1.1.1.1 nexthop 10.1.7.2 out-
label 11
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel1/0/11 destination 1.1.1.1 nexthop 10.1.8.2 out-
label 21
 static-cr-lsp ingress tunnel-interface tunnel1/0/12 destination 1.1.1.1 nexthop 10.1.5.2 out-
label 31
 static-cr-lsp egress PE1toPE2-2 incoming-interface gigabitethernet2/0/0 in-label 11 lsrid
1.1.1.1 tunnel-id 1010
 static-cr-lsp egress PE1toPE2-3 incoming-interface gigabitethernet1/0/1 in-label 31 lsrid
1.1.1.1 tunnel-id 1012
#
 mpls oam ingress Tunnel1/0/10
 mpls oam ingress Tunnel1/0/11
 mpls oam ingress Tunnel1/0/12
 mpls oam ingress enable all
 mpls oam egress lsr-id 1.1.1.1 tunnel-id 1011
 mpls oam egress lsp-name PE1toPE2-2
 mpls oam egress lsp-name PE1toPE2-3
 mpls oam egress enable all
#
return
```


华为专有和保密信息
版权所有 © 华为技术有限公司

A 术语

列出了本手册中使用的术语。

B

BC	一个或一组 CT 可能占用的链路带宽。
BC 模型	表示 CT 和 BC 之间的关系。
BFD	一种轻负荷的快速故障检测机制，能实现毫秒级别的链路缺陷检测。
标签	标签（Label）是一个短而定长的、只具有本地意义的标识符，用于唯一标识一个分组所属的转发等价类。
标签分发	将目的地址相同的分组报文划分为一个转发等价类，然后从标签资源池中取出一个标签，分配给这个转发等价类。标签交换节点记录该标签和转发等价类的对应关系，并将该对应关系封装成消息报文，通告给上游的标签交换节点，这个过程称为标签分发。
标签空间	分配标签的数值范围称为标签空间（Label Space）。
标签交换路由器	指可以进行 MPLS 标签交换和转发的网络设备，也称为 MPLS 节点。
标签交换路径	一个转发等价类在 MPLS 网络中经过的路径称为标签交换路径。

C

CR-LSP	基于一定约束条件建立的 LSP 称为 CR-LSP。
出节点	标签交换路径的末节点。
CT	为了提供差分服务，DS-TE 将 LSP 的带宽划分为 1 ～ 8 个部分，每部分被赋予不同的服务等级。这样一条或一组 LSP 的相同服务等级的集合称为一个 CT。一个 CT 只能承载一种业务类型的流量。

D

DS-TE	能够区分业务类型的 MPLS 流量工程。
单 CT	指一条 LSP 只允许承载一个 CT 的流量。

版权所有 © 华为技术有限公司

多 CT	指一条 LSP 允许同时承载多个 CT 的流量。

F

泛洪阈值	为防止链路带宽变化导致的泛洪占用过多资源，可以规定当带宽变化到达一定限度时才进行泛洪。泛洪阈值是指变化的带宽与上次链路未泛洪的预留带宽值的比值。

G

GR	IETF 针对 IP/MPLS 转发相关的协议（如 OSPF、IS-IS、BGP、LDP 和 RSVP）进行扩展，实现协议重启时转发不中断的功能，使系统进行主备倒换时控制层协议的震荡在一定程度上得到限制。这一系列标准统称为各个协议的 Graceful Restart 扩展，简称 GR。
管理组	管理组是一个表示链路属性的 32 位向量。在 RFC3209 中，链路管理组被称为链路属性（Link-attribute）。

L

LDP 对等体	LDP 对等体是指相互之间存在 LDP 会话、使用 LDP 来交换标签/FEC 映射关系的两个 LSR。
LDP 标识符	LDP 标识符（LDP Identifier）用于标识特定 LSR 的标签空间范围。
LSP	对于一条 LSP，一旦在 Ingress 节点为报文分配了标签，流量的转发就完全由标签决定，流量对 LSP 的中间节点透明，从这个意义上来说，一条 LSP 可以看作是一条 LSP 隧道。
链路颜色	通过赋予链路以颜色属性，可以帮助选择链路。链路能够支持多达 32 种颜色。在指定 CR-LSP 路径时，可以增加颜色的约束，可以要求所经历的路径是某种颜色，也可以要求所经历的路径不是某种颜色。
路由锁定	路由锁定（Pinning）属性要求在网络拓扑变化时，CR-LSP 能够保持初始选定的路径，而不会按照新的可能的路径重新建立。该属性的目的是保证业务流量的连续性，并能够提供一定的安全保证。

M

Make-before-break	更新 CR-LSP 的一种方式，即先建立新的 CR-LSP，再拆除旧的 CR-LSP，这种方式可以保证 CRLSP 上传送的业务流量在更新过程中不会出现中断。
MPLS TE 隧道	在部署重路由（reroute）或需要将流量通过多条路径传输时，可能需要用到多条 LSP 隧道。在 TE 中，这样的一组 LSP 隧道称为 TE 隧道。这类 LSP 隧道由两个标识符标识：一个是 SENDER 对象携带的 Tunnel ID，用于唯一定义 TE 隧道；另一个是 SENDER_TEMPLATE 对象或 FILTER_SPEC 对象携带的 LSP ID。

P

PHB	用来描述拥有相同 DSCP 值的报文的下一步转发动作。一般 PHB 包括延时、丢包率等流量特性。

版权所有 © 华为技术有限公司

Q

抢占	在建立 CR-LSP 的过程中，无法找到满足所需带宽要求的路径，这时，需要拆除另外一条已经建立的路径，占用为它分配的带宽资源，这种处理方式称为抢占（Preemption）。
亲和属性	亲和属性是一个 32 位向量，表示隧道链路的颜色。

R

RSVP	资源预留协议 RSVP 是为 Integrated Service 模型而设计的，用于在一条路径的各节点上进行资源预留。RSVP 工作在传输层，但不参与应用数据的传送，是一种网络上的控制协议，类似于 ICMP。
RSVP-TE	一种扩展的 RSVP 信令协议，可用于建立基于约束的 LSP。
入节点	标签交换路径的起始节点。

S

SE	建立单一的资源预留。该预留允许 Resv 消息中指定的一系列发送者共享。即同一链路的不同 LSP 共享一个资源预留。
松散显式路径	松散方式可以指定路径上必须经过那些节点，但是该节点和前一跳之间可以有其他节点。
隧道重优化	隧道重优化是指动态优化 CR-LSP，即定期重计算 CR-LSP 穿越的路由。如果重计算的路由优于当前路由，则创建一条新的 CR-LSP，为之分配新路由，并将业务从旧的 CR-LSP 切换至新的 CR-LSP，删除旧 CR-LSP。

T

TE-Class	指 CT 和 LSP 的抢占优先级 P 的组合<CT,P>。
TE-Class 映射表	由一组 TE-Class 组成。
Tunnel 接口	Tunnel 接口是为实现报文的封装而提供的一种点对点类型的虚拟接口，与 Loopback 接口类似，都是一种逻辑接口。

X

显式路径	CRLSP 能够按照指定的路径建立，该路径称为显式路径。显式路径分为严格显式路径和松散显式路径。

Y

严格显式路径	所谓的严格显示路径，就是下一跳与前一跳必须直接相连。通过严格显示路径，可以最精确地控制 LSP 所经过的路径。

Z

仲裁	CSPF（Constraint Shortest Path First）在计算路径的过程中，如果遇到多条权值相同的路径，将根据策略选择其中的一条。这个过程称为仲裁(tie-breaking)

版权所有 © 华为技术有限公司

转发等价类	转发等价类 FEC（Forwarding Equivalence Class）是一组具有某些共性的数据流的集合。这些数据流在转发过程中被 LSR 以相同方式处理。例如，在传统的采用最长匹配算法的 IP 转发中，到同一条路由的所有报文就是一个转发等价类。

版权所有 © 华为技术有限公司

B 缩略语

列出了本手册中使用的缩略语。

A

AF	Assured Forwarding	确保转发
AS	Autonomous System	自治系统
ASIC	Application Specific Integrated Circuit	专用集成电路
ATM	Asynchronous Transfer Mode	异步传输模式

B

BC	Bandwidth Constraint	带宽约束
BDI	Backward Defect Indication	后向缺陷通告
BFD	Bidirectional Forwarding Detection	双向转发检测
BGP	Border Gateway Protocol	边界网关协议

C

CE	Customer Edge	用户边缘
CLNP	Connectionless Network Protocol	无连接网络协议
CMD	Core Management Device	核心管理设备
CR	Constraint-based Routing	基于约束的路由
CR-LSP	Constraint-based Routed Label Switched Path	基于约束路由的标签交换路径
CSPF	Constraint Shortest Path First	基于约束的最短路径优先
CT	Class Type	服务类型
CV	Connectivity Verification	连通性检测

版权所有 © 华为技术有限公司

D

DoD	Downstream-on-Demand	下游按需方式
DS	Differentiated Services	差分业务
DS-TE	DiffServ-aware Traffic Engineering	差分服务的流量工程
DSCP	DS CodePoint	服务代码点
DU	Downstream Unsolicited	下游自主方式

E

EF	Expedited Forwarding	优先转发
ER	Explicit Route	显式路由
ERO	Explicit Route Object	显式路由对象
Extended-MAM	Extended Maximum Allocation Model	扩展的最大带宽分配模型
E-LSP	EXP-Inferred-PSC LSP	

F

FDI	Forward Defect Indication	前向缺陷通告
FEC	Forwarding Equivalence Class	转发等价类
FF	Fixed-Filter	固定过滤器
FFD	Fast Failure Detection	快速缺陷检测
FIB	Forward Information Base	转发信息库
FR	Frame Relay	帧中继
FRR	Fast ReRoute	快速重路由
FS	Forced Switch	强制倒换
FTN	FEC to NHLFE	FEC 到 NHLFE 映射

G

GR	Graceful Restart	平滑重启
GRE	Generic Routing Encapsulation	通用路由封装
GTSM	Generalized TTL Security Mechanism	通用 TTL 安全保护机制

H

HA	High Availability	高可用性
HoVPN	Hierarchy of VPN	分层 VPN

版权所有 © 华为技术有限公司

I

ICMP	Internet Control Message Protocol	因特网控制消息协议
IGP	Interior Gateway Protocol	内部网关协议
ILM	Incoming Label Map	入标签映射
IPTN	IP Telecommunication Network	IP 电信网
IPX	Internet Packet Exchange	因特网分组交换协议
IS-IS	Intermedia System-Intermedia System	IS-IS 路由协议

L

L2TP	Layer 2 Tunneling Protocol	二层隧道协议
LAM	Label Advertisement Mode	标签发布模式
LDP	Label Distribution Protocol	标记分发协议/标签分发协议
LER	Label Edge Router	标记边缘路由器
LFIB	Label Forward Information Base	转发信息库
LOM	Local Overbooking Multipliers	本地过预订倍数
LoP	Lockout of Protection	保护锁定
LSA	Link State Advertisement	链路状态通告
LSP	Label Switched Path	标签交换路径
LSR	Label Switching Router	标签交换路由器
L-LSP	Label-Only-Inferred-PSC LSP	

M

MA	Management Area	管理区域
MAM	Maximum Allocation Model	最大带宽分配模型
MD5	Message Digest 5	一种 Hash 算法
MP	Merge Point	汇聚点
MPLS	Multiprotocol Label Switching	多协议标签交换
MS	Manual Switch	手工倒换
MTU	Maximum Transmission Unit	最大传输单元

N

NHLFE	Next Hop Label Forwarding Entry	下一跳标签转发项

O

版权所有 © 华为技术有限公司

OAM	Operation, Administration and Maintenance	可操作、可管理、可维护
OSPF	Open Shortest Path First	开放最短路径优先
P		
PDU	Protocol Data Unit	协议数据单元
PE	Provider Edge	运营商边缘
PHB	Per Hop Behavior	每跳行为
PHP	Penultimate Hop Popping	倒数第二跳弹出
PLR	Point of Local Repair	本地修复节点
PSB	Path State Block	路径状态块
Q		
QoS	Quality of Service	服务质量
R		
RDM	Russian Dolls Model	俄罗斯套娃带宽分配模型
RLSN	Remote Link Status Notification	远程链路状态通告
RM	Resource Management	资源管理
RRO	Record Route Object	记录路由对象
RSB	Reservation State Block	预留状态块
RSVP	Resource Reservation Protocol	资源预留协议
RSVP-TE	RSVP-Traffic Engineering	RSVP-流量工程
S		
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字体系、同步数字系列
SE	Shared-Explicit	共享显式
SF	Signal Fail	信令失效
SLA	Service Level Agreement	服务等级协议
SPE	Superstratum PE；Service provider-end PE	上层 PE；运营商侧 PE
SPF	Shortest Path First	最短路径优先
T		
TCP	Transmission Control Protocol	传输控制协议
TE	Traffic Engineering	流量工程

版权所有 © 华为技术有限公司

TEDB	Traffic Engineering DataBase	流量工程数据库
TLV	Type-Length-Value	类型-长度-值
ToS	Type of Service	服务类型
TTL	time to live	生存时间
TTSI	Trail Termination Source Identifier	LSP 源宿连接标识

U

UDP	User Datagram Protocol	用户数据报协议

V

VCI	Virtual Channel Identifier	虚通路标识
VLL	Virtual Leased Line	虚拟租用专线
VPI	Virtual Path Identifier	虚通道标识
VPN	Virtual Private Network	虚拟私有网

W

WTR	Wait To Restore	恢复等待

版权所有 © 华为技术有限公司