

H3C RX8800 路由器

Segment Routing 配置指导

新华三技术有限公司
<http://www.h3c.com>

资料版本：6W100-20200525
产品版本：RX8800-CMW710-R8151P10 及以上版本

Copyright © 2020 新华三技术有限公司及其许可者 版权所有，保留一切权利。

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

除新华三技术有限公司的商标外，本手册中出现的其它公司的商标、产品标识及商品名称，由各自权利人拥有。

由于产品版本升级或其他原因，本手册内容有可能变更。**H3C** 保留在没有任何通知或者提示的情况下对本手册的内容进行修改的权利。本手册仅作为使用指导，**H3C** 尽全力在本手册中提供准确的信息，但是 **H3C** 并不确保手册内容完全没有错误，本手册中的所有陈述、信息和建议也不构成任何明示或暗示的担保。

前言

本配置指导主要介绍 SR（Segment Routing，分段路由）的配置方法。

前言部分包含如下内容：

- [读者对象](#)
- [本书约定](#)
- [资料意见反馈](#)

读者对象

本手册主要适用于如下工程师：

- 网络规划人员
- 现场技术支持与维护人员
- 负责网络配置和维护的网络管理员

本书约定

1. 命令行格式约定






格式	意义
粗体	命令行关键字（命令中保持不变、必须照输的部分）采用 加粗 字体表示。
<i>斜体</i>	命令行参数（命令中必须由实际值进行替代的部分）采用 <i>斜体</i> 表示。
[]	表示用“[]”括起来的部分在命令配置时是可选的。
{x y ...}	表示从多个选项中仅选取一个。
[x y ...]	表示从多个选项中选择一个或者不选。
{x y ...}*	表示从多个选项中至少选取一个。
[x y ...]*	表示从多个选项中选择一个、多个或者不选。
&<1-n>	表示符号&前面的参数可以重复输入1~n次。
#	由“#”号开始的行表示为注释行。

2. 图形界面格式约定

格式	意义
<>	带尖括号“<>”表示按钮名，如“单击<确定>按钮”。
[]	带方括号“[]”表示窗口名、菜单名和数据表，如“弹出[新建用户]窗口”。
/	多级菜单用“/”隔开。如[文件/新建/文件夹]多级菜单表示[文件]菜单下的[新建]子菜单下的[文件夹]菜单项。

3. 各类标志

本书还采用各种醒目标志来表示在操作过程中应该特别注意的地方，这些标志的意义如下：

 警告	该标志后的注释需给予格外关注，不当的操作可能会对人身造成伤害。
 注意	提醒操作中应注意的事项，不当的操作可能会导致数据丢失或者设备损坏。
 提示	为确保设备配置成功或者正常工作而需要特别关注的操作或信息。
 说明	对操作内容的描述进行必要的补充和说明。
 窍门	配置、操作、或使用设备的技巧、小窍门。

4. 图标约定

本书使用的图标及其含义如下：

	该图标及其相关描述文字代表一般网络设备，如路由器、交换机、防火墙等。
	该图标及其相关描述文字代表一般意义下的路由器，以及其他运行了路由协议的设备。
	该图标及其相关描述文字代表二、三层以太网交换机，以及运行了二层协议的设备。
	该图标及其相关描述文字代表无线控制器、无线控制器业务板和有线无线一体化交换机的无线控制引擎设备。
	该图标及其相关描述文字代表无线接入点设备。
	该图标及其相关描述文字代表无线终结单元。
	该图标及其相关描述文字代表无线终结者。
	该图标及其相关描述文字代表无线Mesh设备。
	该图标代表发散的无线射频信号。
	该图标代表点到点的无线射频信号。
	该图标及其相关描述文字代表防火墙、UTM、多业务安全网关、负载均衡等安全设备。
	该图标及其相关描述文字代表防火墙插卡、负载均衡插卡、NetStream插卡、SSL VPN插卡、IPS插卡、ACG插卡等安全插卡。

5. 示例约定

由于设备型号不同、配置不同、版本升级等原因，可能造成本手册中的内容与用户使用的设备显示信息不一致。实际使用中请以设备显示的内容为准。

本手册中出现的端口编号仅作示例，并不代表设备上实际具有此编号的端口，实际使用中请以设备上存在的端口编号为准。

资料意见反馈

如果您在使用过程中发现产品资料的任何问题，可以通过以下方式反馈：

E-mail: info@h3c.com

感谢您的反馈，让我们做得更好！

目 录

1 MPLS SR	1-1
1.1 MPLS SR 简介	1-1
1.1.1 MPLS SR 的特点	1-1
1.1.2 MPLS SR 基本概念	1-1
1.1.3 MPLS SR 运行机制	1-2
1.1.4 静态配置 Segment	1-2
1.1.5 通过 IGP 协议动态分配 SID	1-2
1.1.6 通过 BGP 协议动态分配 SID	1-3
1.1.7 通过 BGP-EPE 功能分配 SID	1-3
1.1.8 根据 SID 建立标签转发表项	1-3
1.1.9 建立 SRLSP	1-6
1.1.10 MPLS SR 报文转发过程	1-6
1.2 SR 与 LDP 互通	1-9
1.2.1 SR to LDP	1-9
1.2.2 LDP to SR	1-10
1.2.3 SR over LDP	1-11
1.3 TI-LFA FRR	1-12
1.3.1 TI-LFA FRR 优势	1-12
1.3.2 TI-LFA FRR 相关概念	1-13
1.3.3 TI-LFA FRR 保护类型	1-13
1.3.4 TI-LFA FRR 路径计算	1-13
1.3.5 TI-LFA FRR 转发流程	1-14
1.3.6 正切防微环	1-15
1.3.7 回切防微环	1-16
1.4 协议规范	1-16
1.5 MPLS SR 配置限制和指导	1-17
1.6 MPLS SR 配置任务简介	1-17
1.6.1 SRLSP 转发 IP 流量配置任务简介	1-17
1.6.2 MPLS TE 隧道采用静态 SRLSP 转发流量配置任务简介	1-17
1.6.3 MPLS TE 隧道采用显式路径 SRLSP 转发流量配置任务简介	1-17
1.6.4 MPLS TE 隧道采用 PCE 计算建立的 SRLSP 转发流量配置任务简介	1-18
1.7 配置基于 MPLS 的 SRGB 的标签范围	1-18
1.8 配置基于 MPLS 的 SRLB 的标签范围	1-19

1.9 静态配置 Segment	1-19
1.9.1 配置准备	1-19
1.9.2 配置静态 Adjacency Segment	1-19
1.9.3 配置静态 Prefix Segment	1-20
1.10 配置通过 IGP 扩展通告 SID	1-20
1.10.1 通过 IGP 分配 SID 配置任务简介	1-20
1.10.2 配置准备	1-21
1.10.3 开启 IGP 支持 MPLS SR 功能	1-21
1.10.4 配置前缀 SID	1-22
1.10.5 开启 IGP 邻接标签分配功能	1-23
1.10.6 配置邻接 SID	1-23
1.11 配置通过 BGP 扩展通告 SID	1-24
1.11.1 通过 BGP 分配 SID 配置任务简介	1-24
1.11.2 配置准备	1-24
1.11.3 开启 BGP 支持 MPLS SR 功能	1-25
1.11.4 配置 BGP SR 前缀 SID	1-25
1.12 配置通过 BGP-EPE 功能分配 SID	1-26
1.13 配置设备建立 SRLSP 的触发策略	1-27
1.14 配置优先使用 SRLSP 转发流量	1-27
1.14.1 功能简介	1-27
1.14.2 配置限制和指导	1-27
1.14.3 配置优先使用 IS-IS SR 建立的 SRLSP 转发流量	1-28
1.14.4 配置优先使用 OSPF SR 建立的 SRLSP 转发流量	1-28
1.15 配置 MPLS TE 隧道采用静态 SRLSP	1-28
1.15.1 MPLS TE 隧道采用静态 SRLSP 配置任务简介	1-28
1.15.2 配置用于 MPLS TE 的静态 SRLSP	1-28
1.15.3 配置 MPLS TE 隧道采用静态 SRLSP	1-29
1.16 配置 MPLS TE 隧道采用显式路径 SRLSP	1-29
1.16.1 配置 MPLS TE 隧道采用显式路径 SRLSP 配置任务简介	1-29
1.16.2 配置准备	1-29
1.16.3 配置用于 MPLS TE 的显式路径 SRLSP	1-29
1.16.4 配置 MPLS TE 隧道采用显式路径 SRLSP	1-30
1.17 配置 MPLS TE 隧道采用 PCE 计算建立 SRLSP	1-30
1.17.1 MPLS TE 隧道采用 PCE 计算建立 SRLSP 配置任务简介	1-30
1.17.2 配置 MPLS TE 隧道采用 PCE 计算 SRLSP	1-31
1.18 配置 SR 和 LDP 互通	1-31

1.18.1 SR 和 LDP 互通配置限制和指导	1-31
1.18.2 SR to LDP 配置任务简介	1-31
1.18.3 LDP to SR 配置任务简介	1-32
1.18.4 SR over LDP 配置任务简介	1-32
1.18.5 SR 和 LDP 互通配置准备	1-32
1.18.6 开启通告本地 SID 标签映射消息功能	1-32
1.18.7 配置前缀和 SID 的映射关系	1-33
1.18.8 开启接收远端 SID 标签映射消息功能	1-33
1.19 配置 TI-LFA FRR	1-34
1.19.1 TI-LFA FRR 配置限制和指导	1-34
1.19.2 TI-LFA FRR 配置任务简介	1-34
1.19.3 开启 TI-LFA FRR 功能	1-34
1.19.4 配置接口不参与 TI-LFA 计算	1-35
1.19.5 配置防微环功能	1-35
1.20 MPLS SR 显示和维护	1-37
1.21 MPLS SR 典型配置举例	1-38
1.21.1 静态配置 Segment 配置举例	1-38
1.21.2 通过 IS-IS 通告 SID 配置举例	1-44
1.21.3 通过 OSPF 通告 SID 配置举例	1-51
1.21.4 通过显式路径计算 SRLSP 配置举例	1-58
1.21.5 通过 PCE 计算 SRLSP 配置举例	1-64
1.21.6 跨域 VPN-OptionB 方式 MPLS SR 配置举例	1-69
1.21.7 跨域 VPN-OptionC 方式 MPLS SR 配置举例一	1-75
1.21.8 跨域 VPN-OptionC 方式 MPLS SR 配置举例二	1-82
1.21.9 跨域 VPN-OptionC 方式 MPLS SR 配置举例三	1-89
1.21.10 MPLS SR to LDP 配置举例 (IS-IS)	1-97
1.21.11 MPLS SR to LDP 配置举例 (OSPF)	1-100
1.21.12 MPLS SR over LDP 网络互通配置举例	1-103
1.21.13 IS-IS TI-LFA FRR 配置举例	1-108

1 MPLS SR

1.1 MPLS SR简介

SR（Segment Routing，分段路由）采用源路径选择机制，预先在源节点封装好路径所要经过节点分配的 SID（Segment Identifier，段标识），当报文经过 SR 节点时，该节点根据报文的 SID 对报文进行转发。除源节点外，其它节点无需维护路径状态。MPLS SR（Segment Routing with MPLS，MPLS 段路由）是指在 MPLS 网络中使用 SR、将标签作为 SID 对报文进行转发。

1.1.1 MPLS SR 的特点

MPLS SR 具有以下优点：

- 直接应用现有的 MPLS 框架进行转发，无需对网络进行改造。MPLS 网络架构的详细介绍，请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS 基础”。
- 通过对现有的 IGP 协议和 BGP 进行扩展和优化，可以直接利用 IGP 协议和 BGP 来进行标签的分发。
- 能够更加简单地实现 MPLS TE 等网络功能，解决了现有网络为实现上述功能而带来的部署路由协议过多、部署过程复杂等问题。

1.1.2 MPLS SR 基本概念

SR 主要涉及如下概念：

- **SR 节点**：开启 MPLS SR 功能的设备通常被称为 SR 节点。其中，负责为进入 MPLS SR 网络的报文添加标签的入口节点称为源节点；负责剥离报文中标签、并将报文转发给目的网络的出口节点称为尾节点。
- **段**：用来指明节点对入报文所执行的操作。
- **SID**：段标识，在 MPLS SR 中为 MPLS 标签。
- **分段类型**：根据 SID 分配形式不同，SR 的分段类型有如下两种：
 - **Prefix Segment**：前缀类型的段，按目的 IP 地址前缀为网络的节点分配 SID 并建立转发表项。
 - **Adjacency Segment**：邻接类型的段，为节点的不同邻接链路分别分配 SID。
- **SRLSP（Segment Routing Label Switched Path，基于段路由的 LSP）**：以标签作为 SID 对报文进行段路由转发，报文所经过的路径称为 SRLSP。
- **SRGB（Segment Routing Global Block，分段路由全局标签段）**：专门用于 MPLS SR 前缀类型 SID（Prefix SID）的全局标签范围，各个节点的 SRGB 范围可以不同，SRGB 的标签范围由标签段基值和 Range 确定，其中标签段基值表示 SRGB 标签段的最小值，Range 表示标签数目。
- **SRLB（Segment Routing Local Block，分段路由本地标签段）**：专门用于 MPLS SR 邻接类型 SID（Adjacency SID）的本地标签范围，各个节点的 SRLB 范围相同，SRLB 的标签范围

由标签段基值和 Range 确定，其中标签段基值表示 SRLB 标签段的最小值，Range 表示标签数目。

1.1.3 MPLS SR 运行机制

要想通过 SRLSP 转发报文，需要完成以下工作：

- (1) 进行标签分配，为报文转发路径中的每个节点和链路规划标签信息，可以使用静态配置 Segment 或者动态分配 SID 两种方式。
- (2) 建立标签转发表项，运行 MPLS SR 的设备组成的分段路由域内的设备根据分配的标签信息形成本地的标签转发表项。
- (3) 建立 SRLSP，SRLSP 可以手工配置，也可以通过 IGP/BGP 协议动态建立或通过控制器下发。
- (4) 将 MPLS TE 隧道和 SRLSP 关联，以便 MPLS TE 隧道采用 SRLSP 进行报文转发。

完成上述步骤后，SRLSP 即可用来转发流量。当源节点接收到用户网络的报文后，会为报文封装所经过路径上的标签信息，并通过 SRLSP 将报文转发给尾节点；尾节点从 SRLSP 接收到报文后，会剥离报文中的标签，根据原始报文的地址查找路由表进行报文转发。

如果将 SRLSP 与上层应用关联，如 MPLS TE，则可以实现通过 SRLSP 来转发 MPLS TE 等流量。

1.1.4 静态配置 Segment

静态配置 Segment 的方式为：

- **Prefix Segment:** 在每台 SR 节点上为目的 IP 地址前缀手工指定入标签、出标签和下一跳。
- **Adjacency Segment:** 在每台 SR 节点上为与邻接设备相连的链路手工指定入标签和下一跳对应关系。

1.1.5 通过 IGP 协议动态分配 SID

对 IGP 协议（如 IS-IS、OSPF）进行扩展后，可以在 IGP 协议报文中通告 SID。动态分配和通告 SID 的方式为：

- Prefix SID
- Adjacency SID

1. Prefix SID

每个 SR 节点均手工为自己的 Loopback 地址指定 SID，该 SID 用来标识特定的 SR 节点。运行 MPLS SR 的设备组成的分段路由域内，通过 IGP 通告 SR 节点的 Prefix SID，其他节点根据收到的报文自动计算到达该 SR 节点的 Prefix SID。通告的形式有两种：

- 通告绝对值：直接将 Prefix SID 和本地 SRGB 标签段通告出去；
- 通告索引值：为每个 SR 节点分配一个全局唯一的 Index，即每个 SR 节点的前缀与 Index 一一对应。通过 IGP 扩展通告各个 SR 节点的 SRGB 标签段和段内 Index。SR 节点的 SRGB 基值 + 前缀的 Index 即为该节点为该前缀分配的 Prefix SID。



说明

目前，设备仅支持以索引值的形式进行 Prefix SID 的通告。

2. Adjacency SID

SR 节点间通过 IGP 协议通告为邻接链路分配 SID，该 SID 用来标识本地设备的特定邻接链路。Adjacency SID 分配方式有两种：

- 自动分配 Adjacency SID：自动从 SRLB 中选择标签分配给邻接链路。
- 手工指定 Adjacency SID：
 - 绝对值方式：直接指定 Adjacency SID。
 - 索引值方式：为邻接链路分配 Index。SR 节点的 SRLB 基值+Index 即为该节点为邻接链路分配的 Adjacency SID。

1.1.6 通过 BGP 协议动态分配 SID

对 BGP 协议进行扩展后，BGP 对等体之间可以通过协议报文通告 Prefix SID。BGP 在引入路由时通过路由策略为不同前缀地址分配 SID，该 SID 用来表示特定的 SR 节点。运行 MPLS SR 的设备组成的分段路由域内，通过 BGP 通告 SR 节点的 Prefix SID。BGP 通告时会将前缀的 SID 和 SID 索引值一同向邻居通告，其他节点根据收到的报文获得到达该 SR 节点的 Prefix SID。

通过 BGP 协议动态分配的 BGP Prefix SID 信息只能通过 IPv4 单播路由在 BGP 对等体间进行交换，通常应用于跨域 VPN-Option C 方式组网。

1.1.7 通过 BGP-EPE 功能分配 SID

BGP-EPE（BGP Egress Peer Engineering，BGP 出口对等体工程）功能通过为 BGP 对等体分配标签来控制跨域流量从特定的 BGP 邻居或链路进行转发。

在设备上配置 BGP-EPE 功能后，该设备为相连的 BGP 对等体/对等体组分配 SID，用来标识与本设备相连的特定 BGP 邻居或链路。

通常把这些段叫做 BGP peering segments 或 BGP peering SIDs，BGP peering segments 分为以下三种：

- PeerNode segment/SID：节点类型，通常用于为以直连口建立 BGP 会话的邻居分配 SID。
- PeerAdj segment/SID：邻接类型，通常用于为以非直连口（环回口）建立 BGP 会话的邻居分配 SID。
- PeerSet segment/SID：Set 类型，通常用于与 BGP 邻居之间存在多条等价链路的情况，为不同链路分配 SID。
- 通过 BGP-EPE 功能为邻居分配的 SID 仅具有本地意义，不会向其他设备通告，因此不受 BGP 对等体间交换路由信息类型的影响。通常应用于跨域 VPN-Option B 方式组网。

1.1.8 根据 SID 建立标签转发表项

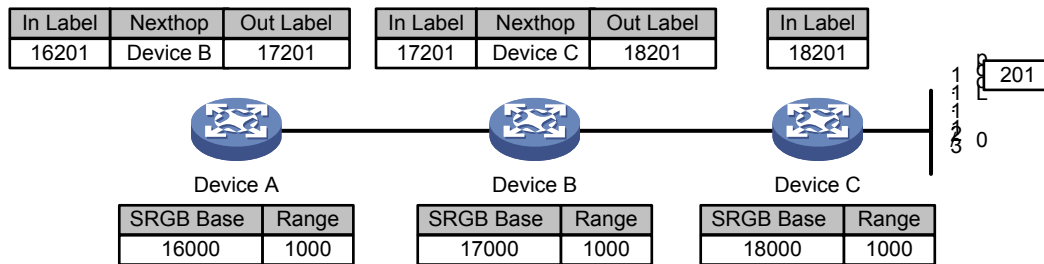
1. 根据 IGP Prefix SID 建立标签转发表项

通过 Prefix SID 建立的标签转发表项可以分为：

- 静态标签转发表项：设备根据手工指定的入标签、出标签以及下一跳的对应关系形成本地的标签转发表项；
- 动态标签转发表项：设备通过 IGP 协议将本地 SRGB 和为本地 Loopback 接口地址分配的 Prefix SID 的索引值在分段路由域内进行泛洪。分段路由域内的其他设备根据收到的信息计算

出本地的标签转发表项，入标签为本地 SRGB 标签段基值+Index，出标签为下一跳的 SRGB 基值+Index。

图1-1 根据 IGP Prefix SID 建立标签转发表项



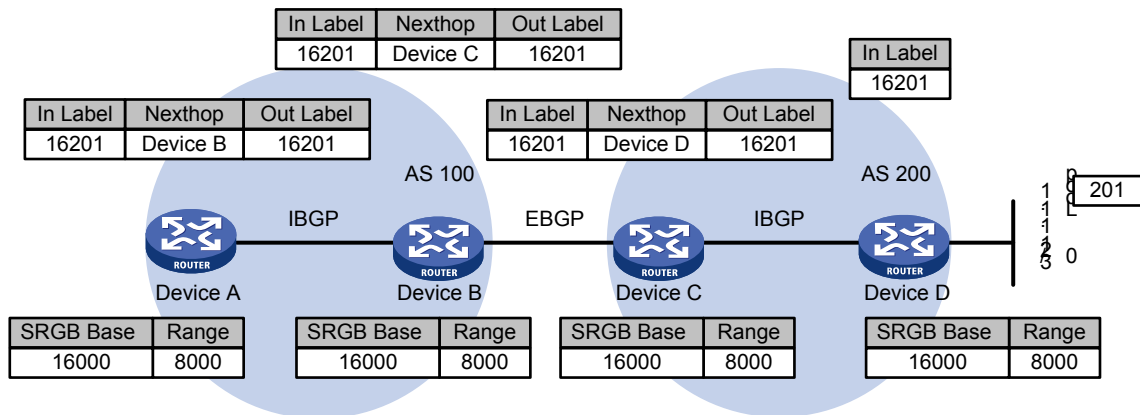
如图 1-1 所示，以动态分配 Prefix SID 为例。网络管理员将索引值 201 分配给 Device C 上的 Loopback 地址 1.1.1.1/32。Device C 通过 IGP 协议报文将该索引值以及本地 SRGB 通告出去。运行 IGP SR 的节点，形成的标签转发表项如下：

- Device C 上标签转发表项的入标签为 18201；
- Device B 收到该通告后，形成 SRLSP 标签转发表项，入标签为 17201，出标签为 18201，下一跳为 Device C；
- Device A 收到该通告后，形成 SRLSP 标签转发表项，入标签为 16201，出标签为 17201，下一跳为 Device B。

2. 根据 BGP Prefix SID 建立标签转发表项

BGP 引入路由并通过路由策略为前缀分配 Prefix SID 后，将前缀的 SID 和 SID 索引值一同向邻居通告，其他节点根据收到的报文计算出本地的标签转发表项，入标签为本地 SRGB 标签段基值+Index，出标签为收到的 SID。

图1-2 根据 BGP Prefix SID 建立标签转发表项



如图 1-2 所示，网络管理员将索引值 201 分配给 Device D 上的 Loopback 地址 1.1.1.1/32。Device D 引入 Loopback 地址的路由后为其分配 SID 并通过 BGP 协议报文将该 SID 以及 SID 的索引值通告出去。运行 BGP SR 的节点，形成的标签转发表项如下：

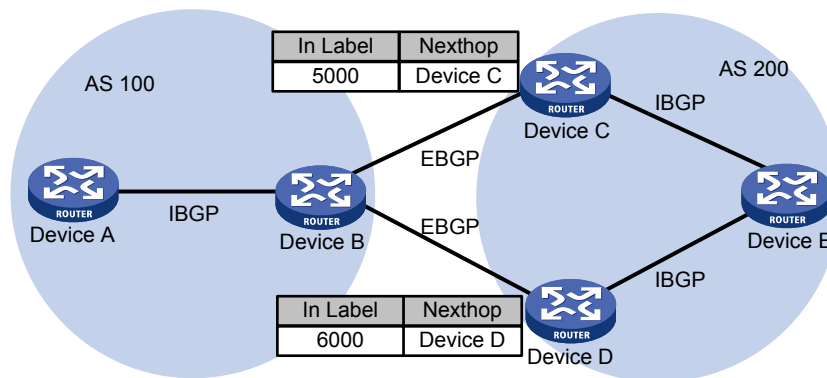
- Device D 上标签转发表项的入标签为 16201；

- Device C 收到该通告后，形成 SRLSP 标签转发表项，入标签为 16201，出标签为 16201，下一跳为 Device D；
- Device B 收到该通告后，形成 SRLSP 标签转发表项，入标签为 16201，出标签为 16201，下一跳为 Device C。
- Device A 收到该通告后，形成 SRLSP 标签转发表项，入标签为 16201，出标签为 16201。下一跳仍为 DeviceB。

3. 配置 BGP-EPE 功能根据邻居建立标签转发表项

通过在边界设备上配置 BGP-EPE 功能，为指定对等体/对等体组分配标签值。

图1-3 配置 BGP-EPE 功能建立标签转发表项

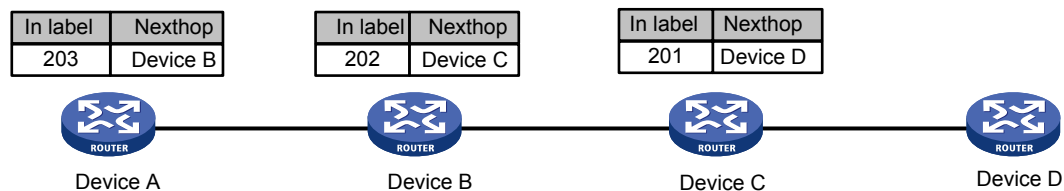


- 如图 1-3 所示，在 Device B 上开启 BGP-EPE 功能，分别为 EBGP 邻居 Device C 和 Device D 分配 BGP peering SID。通过 BGP-EPE 功能为邻居分配的标签仅具有本地意义，不再向邻居进行通告。

4. 根据 Adjacency SID 建立标签转发表项

当采用 Adjacency 方式时，设备为与邻接设备相连的链路静态或动态分配入标签。该标签值只在本地有效，不同设备上的 Adjacency SID 可以相同。

图1-4 根据 Adjacency SID 建立标签转发表项



如图 1-4 所示，设备之间运行 IGP 协议，当 IGP 邻居建立后，Device A 为与 Device B 连接的链路分配的标签为 203，Device B 为与 Device C 连接的链路分配的标签为 202，Device C 为与 Device D 连接的链路分配的标签为 201。各设备上形成的标签转发表项如下：

- Device A 形成标签转发表项的入标签 203、下一跳为 Device B；
- Device B 形成标签转发表项的入标签为 202、下一跳为 Device C；
- Device C 形成标签转发表项的入标签为 201、下一跳为 Device D。

1.1.9 建立 SRLSP

SRLSP 建立方式包括：

- 静态配置：根据转发路径需要，在隧道头节点上指定报文转发时携带的标签栈。标签栈中的每个标签对应一个 Prefix SID 或 Adjacency SID，根据 Prefix SID 或 Adjacency SID 可以找到报文的出标签、下一跳等信息。
- 根据 IGP/BGP 协议动态建立：SR 节点通过 IGP/BGP 协议搜集 MPLS SR 网络中的前缀 SID 信息，并根据该信息及 IGP/BGP 网络拓扑信息，计算出到达 MPLS SR 网络中各个 SR 节点的最短路径，并在该路径上建立 SRLSP。
- 控制器下发：由控制器下发配置，在设备上创建 SRLSP。该方式的详细介绍请参见控制器相关资料。

1.1.10 MPLS SR 报文转发过程

根据 SID 分配方式的不同，MPLS SR 报文转发过程主要分为以下几种：

- Prefix 方式：在源节点将为尾节点分配的 Prefix SID 封装到报文中，各中间节点查找标签转发表项进行转发。
- Adjacency 方式：在源节点将所有经过节点为邻接链路分配的 Adjacency SID 组成的标签栈封装到报文中，各中间节点根据标签栈最外层标签查找下一跳邻居，并在转发报文时删除标签栈最外层标签。
- Prefix/Adjacency 方式：采用 Prefix 和 Adjacency 组合方式进行报文转发。

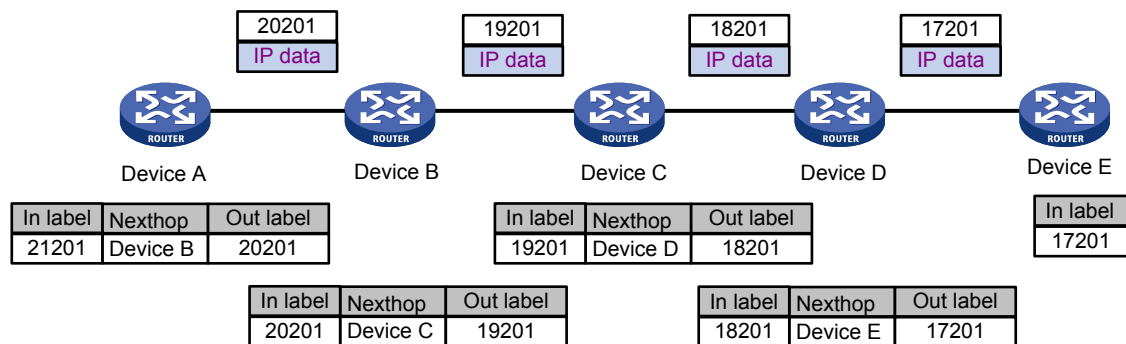
1. Prefix 方式同一 AS 内报文转发过程

如图 1-5 所示，Device A 通过 SRLSP 将报文转发到 Device E 时，需要为报文指定出标签为 21201。

Prefix 方式报文转发过程如下：

- (1) 在源节点 Device A 根据 21201 查找标签转发表项，判断该标签对应的下一跳为 Device B，出标签为 20201，Device A 为报文封装标签 20201，发送给中间节点 Device B。
- (2) 中间节点 Device B 的入标签为 20201，出标签为 19201，将 20201 替换为 19201，发送给下一个中间节点 Device C 继续转发。
- (3) 中间节点 Device C 及 Device D 的转发过程和 Device B 类似。
- (4) 报文到达尾节点 Device E 后，Device E 删除报文中的标签 17201，按 IP 继续转发即可。

图1-5 Prefix 方式同一 AS 内报文转发过程示意图

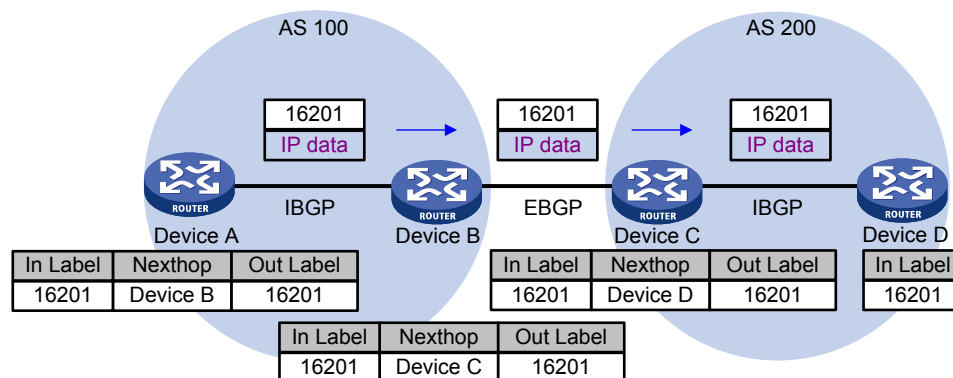


2. Prefix 方式报文跨 AS 转发过程

如图 1-6 所示, Device A 通过 SRLSP 将报文转发到 Device D 时, 需要为报文指定出标签为 16201。报文转发过程如下:

- (1) 在源节点 Device A 根据 16201 查找标签转发表项, 判断该标签对应的下一跳为 Device B, 出标签为 16201, Device A 为报文封装标签 16201, 发送给中间节点 Device B。
- (2) 中间节点 Device B 的入标签为 16201, 出标签为 16201, 将入向标签 16201 替换为出向标签 16201, 发送给下一个中间节点 Device C 继续转发。
- (3) 中间节点 Device C 的转发过程和 Device B 类似。
- (4) 报文到达尾节点 Device D 后, Device D 删除报文中的标签 16201, 按 IP 继续转发即可。

图1-6 Prefix 方式报文跨 AS 转发过程示意图

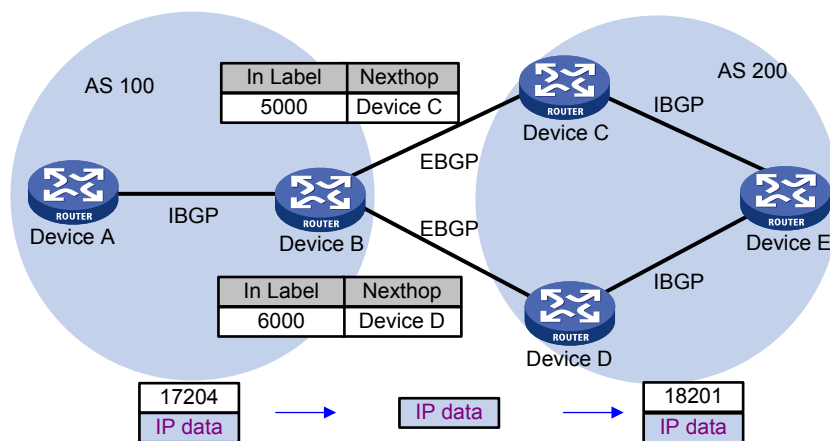


3. BGP-EPE 功能报文跨 AS 转发过程

如图 1-7 所示, Device B 上配置 BGP-EPE 功能和配置用于 MPLS TE 隧道的静态 SRLSP 后, 可以控制报文经过 Device C 或 Device D 转发到 Device E。以报文依次经过 Device A、B、D、E 为例, Device B 通过 BGP-EPE 功能为 Device D 分配的标签为 6000; Device B 和 Device D 之间建立用于 MPLS TE 的静态 SRLSP, 为 Device B 和 Device D 之间链路分配的 SID 为 6000。报文转发过程如下:

- (1) 在 AS 100 内, 源节点 Device A 收到报文后, 根据建立的 SRLSP, 为其封装标签 17204, 并将报文转发给 Device B。
- (2) Device B 收到报文后, 查找标签转发表, 删除报文中的标签 17204, 将通过 BGP-EPE 功能创建的标签转发表项迭代到用于 MPLS TE 的静态 SRLSP 上, 通过 MPLS TE 隧道将报文转发给 Device D。
- (3) 在 AS 200 内, Device D 收到报文后, 根据建立的 SRLSP 查找标签转发表, 为其封装标签 18201, 将报文转发给 Device E。
- (4) 报文到达尾节点 Device E 后, Device D 删除报文中的标签 18201, 按 IP 继续转发即可。

图1-7 BGP-EPE 功能报文跨 AS 转发过程示意图

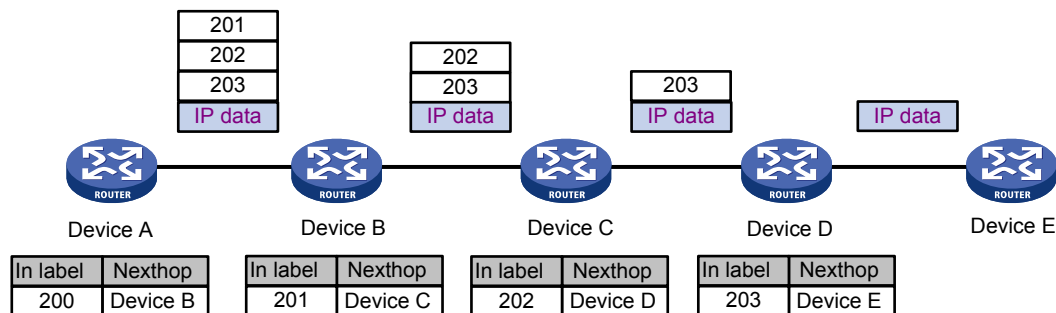


4. Adjacency 方式报文转发过程

如图 1-8 所示，Device A、Device B、Device C、Device D 为链路分配的 Adjacency SID 分别为 200、201、202、203。Device A 通过 SRLSP 将报文转发到 Device E 时，需要为报文指定出标签栈为 (200, 201, 202, 203)。Adjacency 方式报文转发过程如下：

- (1) 在源节点 Device A 根据栈顶标签 200 查找标签转发表项，判断该标签对应的下一跳为 Device B。Device A 为报文封装标签栈 (201, 202, 203) 后，将该报文转发给 Device B。
- (2) 中间节点 Device B 接收到报文后，根据入标签 201 查找标签转发表项，判断该标签对应的下一跳为 Device C。Device B 删除标签栈最外层标签 201 后，发送给下一个中间节点 Device C 继续转发。
- (3) 中间节点 Device C 接收到报文后，根据入标签 202 查找标签转发表项，判断该标签对应的下一跳为 Device D。Device C 删除标签栈最外层标签 202 后，发送给下一个中间节点 Device D 继续转发。
- (4) 中间节点 Device D 接收到报文后，根据入标签 203 查找标签转发表项，判断该标签对应的下一跳为 Device E。Device D 删除标签栈最外层标签 203 后，发送给 Device E 继续转发。
- (5) Device E 收到的是一个 IP 报文，按 IP 转发即可。

图1-8 Adjacency 方式报文转发过程示意图



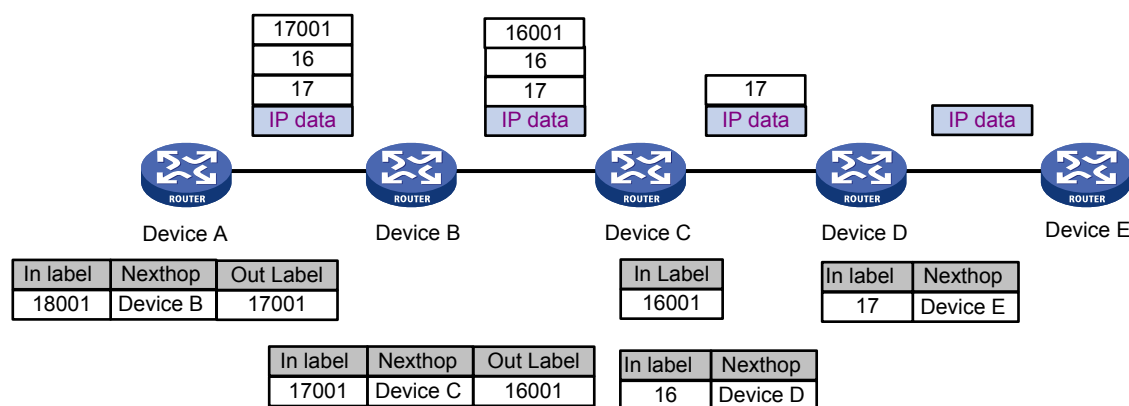
5. Prefix/Adjacency 组合方式报文转发过程

如图 1-9 所示，Device C 为本节点分配的 Prefix SID 索引值为 1，Device A、Device B、Device C 上对应的 Prefix SID 分别为 18001、17001、16001，Device C、Device D 为邻接链路分配的 Adjacency SID 分别为 16、17，Device A 通过 SRLSP 将报文转发到 Device E 时，需要为报文指定出标签栈为（18001，16，17）。

Adjacency/Prefix 组合方式报文转发过程如下：

- (1) 在源节点 Device A 根据 18001 查找标签转发表项，判断该标签对应的下一跳为 Device B，出标签为 17001，Device A 为报文封装标签栈（17001，16，17），发送给中间节点 Device B。
- (2) 中间节点 Device B 前缀路径入标签为 17001，出标签为 16001，将 17001 替换为 16001，发送给下一个中间节点 Device C 继续转发。
- (3) 中间节点 Device C 前缀路径入标签 16001，邻接路径入标签为 16，删除标签栈最外层标签（16001，16）后，根据邻接路径将报文发送给下一个中间节点 Device D 继续转发。
- (4) 中间节点 Device D 删除标签栈最外层标签 17 后，将报文发送给尾节点 Device E，Device E 收到是一个 IP 报文，按 IP 转发即可。

图1-9 Adjacency/Prefix 组合方式报文转发过程示意图



1.2 SR与LDP互通

在 MPLS SR 和 LDP 共存的网路环境中，需要解决 SR 网络和 LDP 网络之间互通的问题。SR 与 LDP 互通是一项让 SR 协议和 LDP 协议在同一网络中共同工作的技术。通过此技术可以让 SR 网络连接到 LDP 网络中，实现两个网络之间的 MPLS 转发。

SR 与 LDP 互通包括以下组网方式：

- SR to LDP：通过将 LDP 网络的前缀地址映射为 SR 网络的 SID，实现数据流量从 SR 网络转发到 LDP 网络。
- LDP to SR：通过 IGP 协议通告 SID，将 SID 和 LDP 标签关联，实现数据流量从 LDP 网络转发到 SR 网络。
- SR over LDP：SR 网络跨越 LDP 网络交互数据流量。

1.2.1 SR to LDP

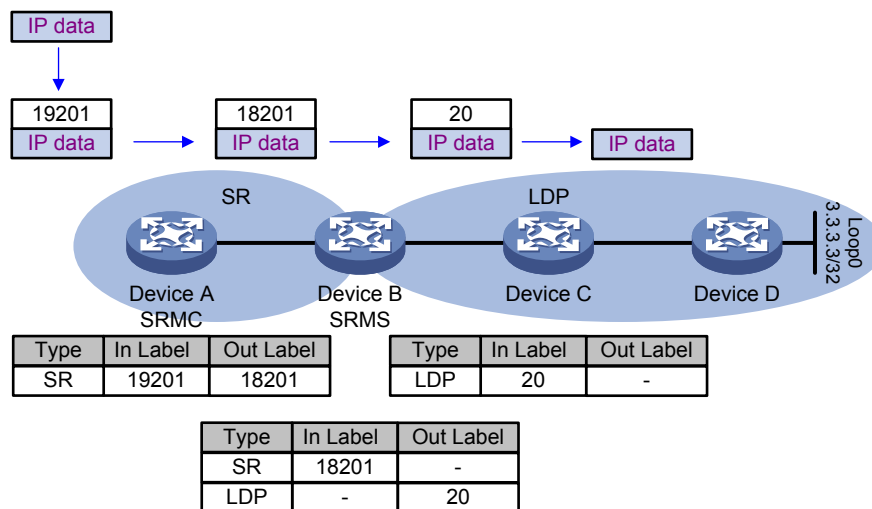
SR to LDP 中定义了以下两个角色：

- SRMS（Segment Routing Mapping Server，段路由映射服务器）：SR 网络中代替不支持 MPLS SR 的 LDP 设备发布 SID。在 SRMS 上配置前缀地址与 SID 的映射关系，并且发布给 SRMC。
- SRMC（Segment Routing Mapping Client，段路由映射客户端）：SR 网络中接收 SRMS 发布的前缀地址与 SID 的映射关系，创建 MPLS SR 标签转发表。

如图 1-10 所示，Device B、Device C 和 Device D 运行 LDP 协议，Device D 为目的地址 3.3.3.3/32 分发标签，Device B、Device C 上形成 LDP 标签转发表项；Device A 和 Device B 运行 MPLS SR 功能，SRLSP 和 LDP LSP 映射关系建立过程如下：

- (1) Device B 作为 SRMS，为 Device D 上的 Loopback 地址 3.3.3.3/32 分配索引值 201，同时向 Device A 发布 Mapping TLV。
- (2) Device A 作为 SRMC，接收通告信息，形成 MPLS SR 标签转发表。
- (3) Device B 上建立 SRLSP 与 LDP LSP 的映射关系。

图1-10 SR to LDP 报文转发过程示意图



当 Device A 通过 SRLSP 将报文转发到 Device D 时，报文转发过程如下：

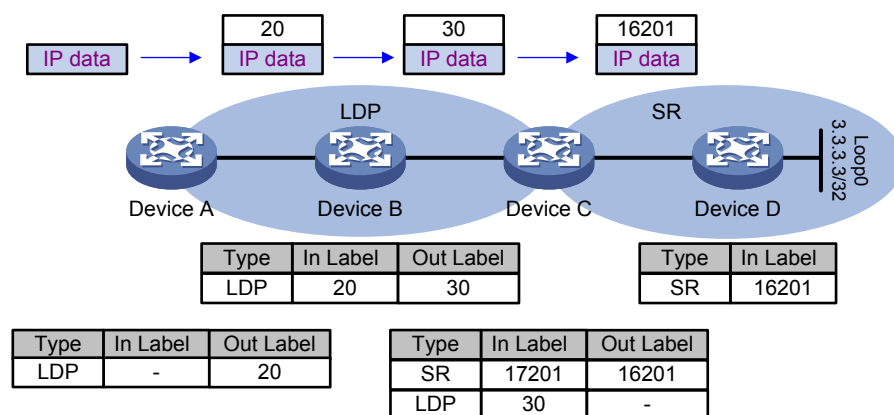
- (4) 源节点 Device A 为报文封装标签 18201，发送给中间节点 Device B。
- (5) 中间节点 Device B 根据报文的入标签 18201，查找 MPLS SR 标签转发表项，发现出标签不存在，此时设备上存在关于目的地址 3.3.3.3/32 的有效 LDP 出标签 20，将出标签 20 作为 SR 的出标签，发送报文给下一个中间节点 Device C 继续转发。
- (6) Device C 收到报文后，根据报文的入标签 20 查找对应的 LDP 标签转发表项，删除报文中的标签，将报文发送给尾节点 Device D。
- (7) 报文到达尾节点 Device D 后，按 IP 继续转发即可。

1.2.2 LDP to SR

如图 1-11 所示，Device A、Device B 和 Device C 运行 LDP 协议，为目的地址 3.3.3.3/32 分发标签，形成 LDP 标签转发表项。Device C 和 Device D 运行 MPLS SR 功能，MPLS SR 标签与 LDP 标签关联过程如下：

- (1) 网络管理员将索引值 201 分配给 Device D 上的 Loopback 地址 3.3.3.3/32，Device D 通过 IGP 协议报文将该索引值以及本地 SRGB 通告出去。
- (2) Device C 收到通告信息后，形成 MPLS SR 标签转发表。
- (3) Device C 上 MPLS SR 标签与 LDP 标签关联。

图1-11 LDP to SR 报文转发过程示意图



当 Device A 通过 LDP LSP 将报文转发到 Device D 时，报文转发过程如下：

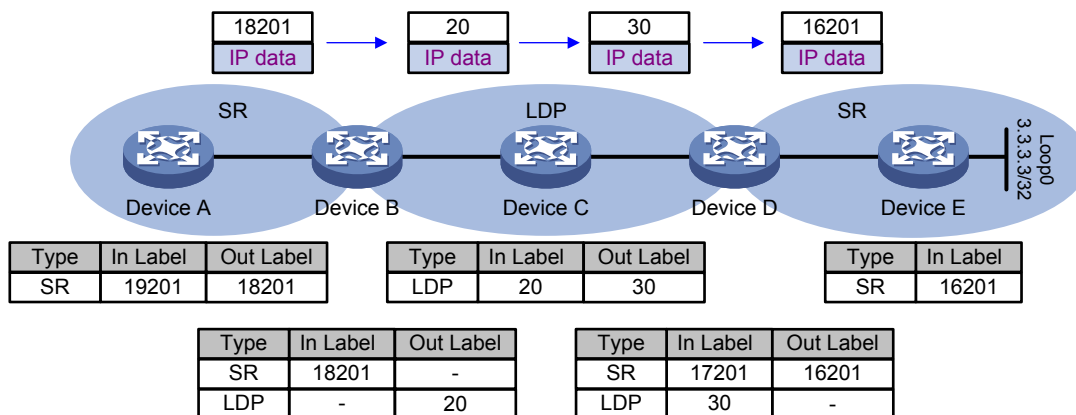
- (4) Device A 接收到不带标签的报文，根据 LDP 标签转发表项为报文添加标签，并将报文转发给下一跳 Device B，出标签为 20。
- (5) Device B 收到报文后根据 LDP 标签转发表项将报文转发给下一跳 Device C，出标签为 30。
- (6) Device C 收到报文后，根据报文的入标签 30 查找对应的 LDP 标签转发表项，发现出标签不存在，此时设备上存在关于目的地址 3.3.3.3/32 的有效 MPLS SR 出标签 16201，将出标签 16201 作为 LDP 的出标签，发送报文给尾节点 Device D。
- (7) 报文到达尾节点 Device D 后，Device D 删除报文中的标签 16201，按 IP 继续转发即可。

1.2.3 SR over LDP

SR 网络需要跨越 LDP 网络交互数据，这种组网被称为 SR over LDP。在 SR over LDP 组网环境下，需要边界设备将一个协议的无效出标签替换为另一个协议的有效出标签，完成标签的连接。SR over LDP 组网主要包含如下两种情况：

- MPLS SR 到 LDP 标签连接：当 MPLS SR 出标签不存在时，如果存在有效的 LDP 出标签，则将 LDP 出标签作为 SR 出标签。
- LDP 到 MPLS SR 标签连接：当 LDP 出标签不存在时，如果存在有效的 MPLS SR 出标签，则将 MPLS SR 出标签作为 LDP 出标签。

图1-12 SR over LDP 网络互通示意图



如图 1-12 所示，Device A、Device B、Device D 和 Device E 运行 MPLS SR 功能，网络管理员将索引值 201 分配给 Device E 上的 Loopback 地址 3.3.3.3/32，Device E 通过 IGP 协议报文将该索引值以及本地 SRGB 通告出去，Device A、Device B、Device D 收到通告信息后，形成 MPLS SR 标签转发表；Device B、Device C 和 Device D 运行 LDP 协议，为目的地址 3.3.3.3/32 分发标签，形成 LDP 标签转发表项。当 Device A 通过 SRLSP 将报文转发到 Device E 时，报文转发过程如下：

- (2) 源节点 Device A 为报文封装标签 18201，发送给中间节点 Device B。
- (3) 中间节点 Device B 根据报文的入标签 18201，查找 MPLS SR 标签转发表项，发现出标签不存在，此时设备上存在关于目的地址 3.3.3.3/32 的有效 LDP 出标签 20，将出标签 20 作为 SR 的出标签，发送报文给下一个中间节点 Device C 继续转发。
- (4) Device C 收到报文后根据 LDP 标签转发表项将报文转发给下一跳 Device D，出标签为 30。
- (5) Device D 收到报文后，根据报文的入标签 30 查找对应的 LDP 标签转发表项，发现出标签不存在，此时设备上存在关于目的地址 3.3.3.3/32 的有效 MPLS SR 出标签 16201，将出标签 16201 作为 LDP 的出标签，发送报文给尾节点 Device E。
- (6) 报文到达尾节点 Device E 后，Device E 删除报文中的标签 16201，按 IP 继续转发即可。

1.3 TI-LFA FRR

TI-LFA FRR (Topology-Independent Loop-free Alternate Fast Reroute, 拓扑无关无环备份快速重路由) 能为 Segment Routing 隧道提供链路及节点的保护。当某处链路或节点故障时，流量会快速切换到备份路径，继续转发。从而最大程度上避免流量的丢失。

1.3.1 TI-LFA FRR 优势

基于 Segment Routing 的 TI-LFA FRR 技术有如下优势：

- 满足 IP FRR 快速收敛的基本要求。
- 原则上，对流量的保护不受组网环境的限制。
- 算法复杂度适中。
- 选择收敛后的路径作为备份路由转发路径，相比其他 FRR 技术，转发过程中设备不会有正在收敛的中间态。

1.3.2 TI-LFA FRR 相关概念

TI-LFA FRR 主要涉及以下概念：

- P 空间：以保护链路源端为根节点建立 SPF（Shortest Path First，最短路径优先）树，所有从根节点不经过保护链路可达的节点集合称为 P 空间。P 空间内的节点被称为 P 节点。
- 扩展 P 空间：以保护链路源端的所有邻居为根节点分别建立 SPF 树，所有从根节点不经过保护链路可达的节点集合称为扩展 P 空间。P 空间在扩展 P 空间范围内。
- Q 空间：以目的节点为根节点建立反向 SPF 树，所有从根节点不经过保护链路可达的节点集合称为 Q 空间。Q 空间内的节点被称为 Q 节点。
- TI-LFA 算法：在实际组网环境中，P 空间和 Q 空间既没有交集，也没有直连的邻居，设备无法计算出备份路径，不能满足可靠性要求。而 TI-LFA 算法可以根据保护链路计算出扩展 P 空间、Q 空间、收敛后的 SPF 树、Repair List 和备份出接口，形成 TI-LFA 备份下一跳保护。

1.3.3 TI-LFA FRR 保护类型

TI-LFA 流量保护分为以下两种类型：

- 链路保护：当需要保护的對象是经过特定链路的流量时，流量保护类型为链路保护。
 - 节点保护：当需要保护的對象是经过特定设备的流量时，流量保护类型为节点保护。
- 节点保护优先级高于链路保护。

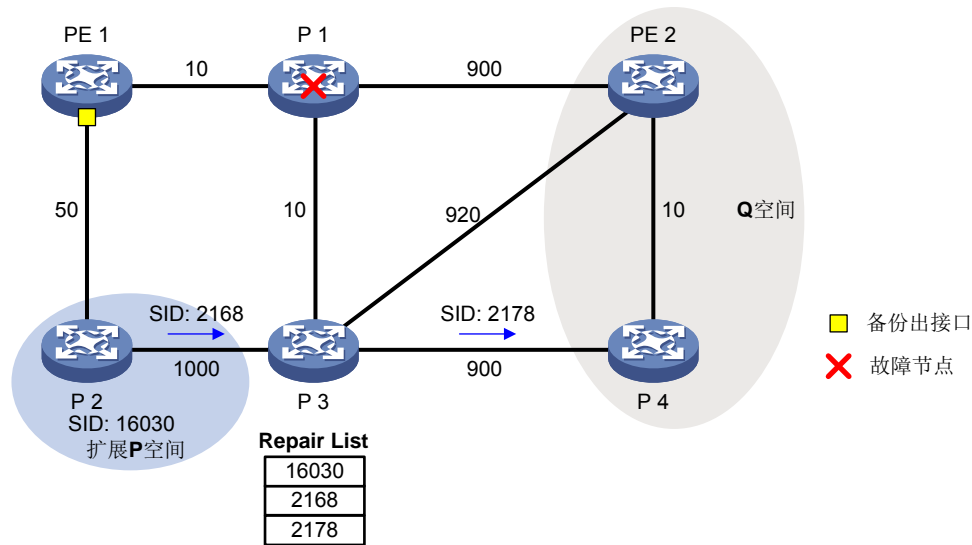
1.3.4 TI-LFA FRR 路径计算

如图 1-13 所示，PE 1 为源节点，P 1 节点为故障节点，PE 2 为目的节点，链路中间的数字表示 cost 值。假设流量路径为：PE 1—>P 1—>PE 2，为避免 P 1 节点故障导致流量丢失，TI-LFA 会计算出扩展 P 空间、Q 空间、P 1 故障收敛后的 SPF 树、Repair List 和备份出接口，最终生成备份转发表项。

TI-LFA 计算备份路径步骤如下：

- (1) 计算扩展 P 空间：至少存在一个邻居节点到 P 节点的路径不经过故障链路的集合，即 P 2。
- (2) 计算 Q 空间：Q 节点到目的节点不经过故障链路的集合，即 PE 2 和 P 4。
- (3) 计算收敛后的 SPF 树：计算 P 1 故障收敛后的 SPF 树，SPF 树为 PE 1—>P 2—>P 4—>PE 2。
- (4) 计算 Repair List：Repair List 是一个约束路径，当 P 空间和 Q 空间没有交集时，用来指示如何到达 Q 节点，Repair List 由“P 节点的标签+P 节点到 Q 节点路径上的邻接标签”组成。在图 1-13 中，Repair List 为 P 2 的节点标签 16030，加上 P 2 到 P 3 的邻接标签 2168，以及 P 3 到 P 4 的邻接标签 2178。
- (5) 计算备份出接口：PE 1 到 P 1 链路故障后的下一跳出接口。

图1-13 TI-LFA 典型组网图



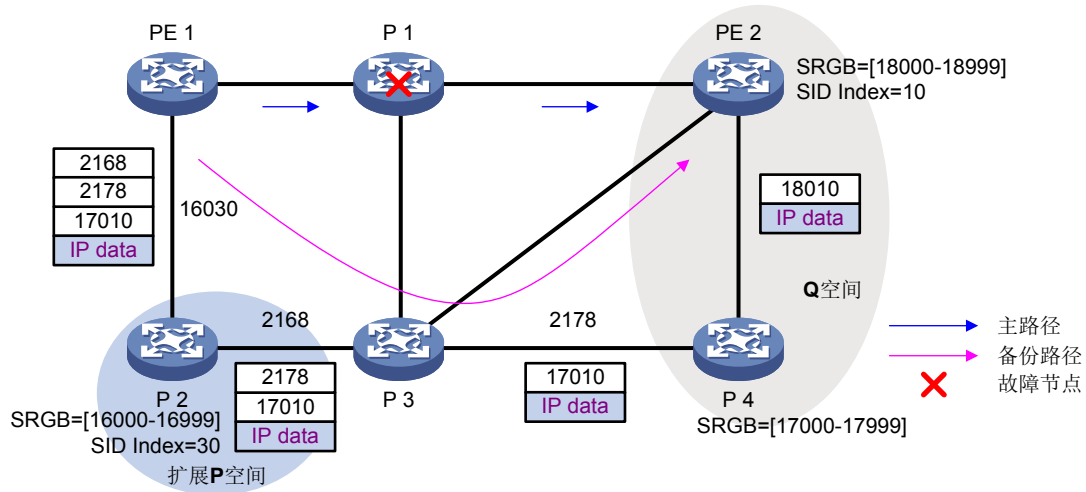
1.3.5 TI-LFA FRR 转发流程

TI-LFA 备份路径计算完成之后，如果主路径发生故障，就可以根据备份路径进行转发，避免流量丢失。

如图 1-14 所示，P 2 为 P 节点，P 4 为 Q 节点。主下一跳 P 1 故障时，触发 FRR 切换到备路径，详细过程如下：

- (1) PE 1 根据 Repair List 封装标签栈，最外层封装 P 节点（P 2）的节点标签=P 节点的 SRGB 起始值+P 节点前缀 SID 索引值=16030，然后就封装 P 节点到 Q 节点的标签，分别为 2168 和 2178，目的节点标签=Q 节点的 SRGB 起始值+目的节点(PE 2)的前缀 SID 索引值=17010。
- (2) P 2 收到报文后，根据最外层标签查找标签转发表，弹出 2168 标签，将报文转发给 P 3。
- (3) P 3 收到报文后，根据最外层标签查找标签转发表，弹出 2178 标签，将报文转发给 P 4。
- (4) P 4 收到报文后，根据最外层标签查找标签转发表，出标签为 18010，下一跳为 PE 2。于是将最外层标签替换成 18010，报文转发给 PE 2，如此按照最短路径的方式将报文转发到目的节点 PE 2。

图1-14 TI-LFA FRR 备份路径转发流程图

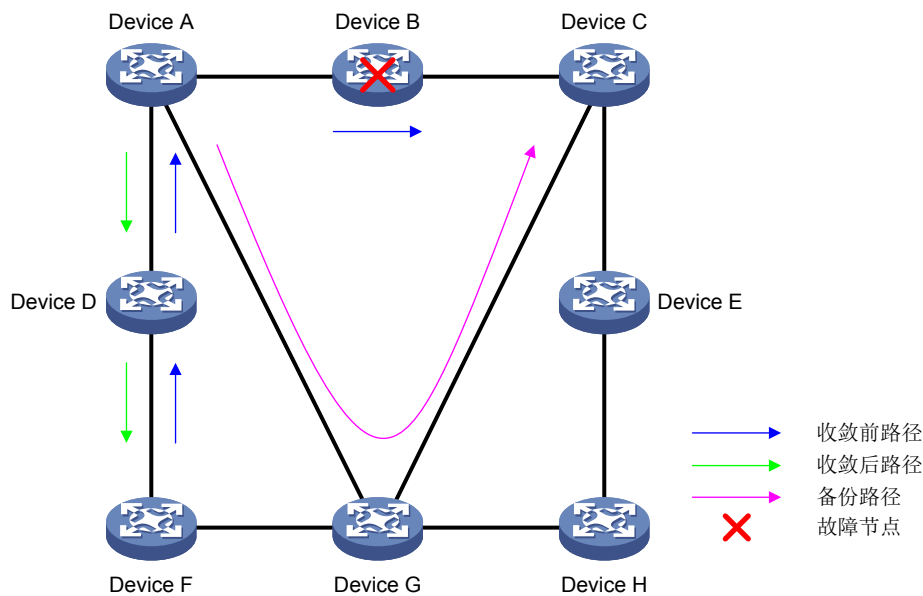


1.3.6 正切防微环

如图 1-15 所示，当 Device B 故障时，到 Device C 的流量将切换到 TI-LFA 计算的备份路径转发。在 Device A 收敛完成后，流量从备份路径切换到收敛后路径，此时如果 Device D 和 Device F 还没有收敛，仍按照收敛前的路径转发流量，则 Device A 到 Device F 之间形成环路，直到 Device D 和 Device F 收敛完成。

通过 FRR 正切防微环功能和 SR 防微环功能可以解决上述问题。Device B 故障以后，首先流量切换到 TI-LFA 计算的备份路径，然后 Device A 延迟一段时间收敛，等待 Device D 和 Device F 收敛完成以后，Device A 开始收敛，收敛完成以后，流量从 TI-LFA 计算的备份路径切换到收敛后的路径转发。

图1-15 正切防微环故障场景



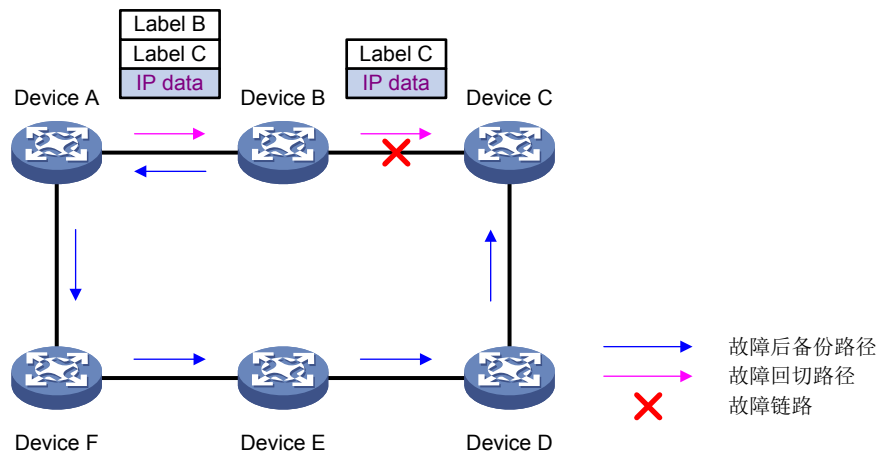
1.3.7 回切防微环

如图 1-16 所示，Device B 和 Device C 之间的链路故障恢复前，数据流量沿着备份路径转发。当 Device B 和 Device C 之间的链路故障恢复后，如果 Device A 先于 Device B 收敛，则 Device A 会将流量转发给 Device B，但是 Device B 没有收敛，仍旧沿着备份路径转发，这样 Device A 和 Device B 之间就会形成环路。

通过 SR 防微环功能可以解决上述问题。Device A 在故障回切以后，会自动计算一条最优路径达到 Device C，并按照该路径转发流量，即 Device A 在转发时为报文添加端到端路径信息（例如 Device B 到 Device C 的邻接标签），这样 Device B 收到报文后，根据报文的路径信息将报文转发给 Device C，避免环路的产生。

经过 SR 防微环延迟时间后，Device B 节点完成收敛，Device A 去除额外添加的路径信息，按正常转发的方式将报文转发到 Device C。

图1-16 回切防微环故障场景



1.4 协议规范

与 MPLS SR 相关的协议规范有：

- draft-bashandy-rtgwg-segment-routing-ti-lfa-04
- draft-ietf-spring-segment-routing-mpls-00
- draft-ietf-spring-segment-routing-02
- draft-ietf-isis-segment-routing-extensions-06
- draft-ietf-spring-segment-routing-11
- draft-ietf-ospf-segment-routing-extensions-17
- 3draft-ietf-idr-bgpls-segment-routing-epe-15
- draft-ietf-idr-bgp-prefix-sid-19
- RFC 7684: OSPFv2 Prefix/Link Attribute Advertisement
- RFC 7752: North-Bound Distribution of Link-State and Traffic Engineering (TE) Information Using BGP

1.5 MPLS SR配置限制和指导

对于 BGP SR，各 SR 节点的 SRGB 取值范围固定为 16000~24000，如果同时使用 BGP 和 IGP 通告 Prefix SID，请将基于 MPLS 的 SRGB 的标签范围配置为 16000~24000。

1.6 MPLS SR配置任务简介

1.6.1 SRLSP 转发 IP 流量配置任务简介

SRLSP 转发 IP 流量配置任务如下：

- (1) 配置 Segment
请选择以下一项任务进行配置：
 - [静态配置 Segment](#)
 - [配置通过 IGP 扩展通告 SID](#)
- (2) （可选）[配置设备建立 SRLSP 的触发策略](#)
- (3) （可选）[配置优先使用 SRLSP 转发流量](#)
- (4) （可选）[配置 SR 和 LDP 互通](#)
- (5) （可选）[配置 TI-LFA FRR](#)

1.6.2 MPLS TE 隧道采用静态 SRLSP 转发流量配置任务简介

MPLS TE 隧道采用静态 SRLSP 转发流量配置任务如下：

- (1) 配置 Segment
请选择以下一项任务进行配置：
 - [静态配置 Segment](#)
 - [配置通过 IGP 扩展通告 SID](#)
 - [配置通过 BGP 扩展通告 SID](#)
 - [配置通过 BGP-EPE 功能分配 SID](#)
- (2) [配置 MPLS TE 隧道采用静态 SRLSP](#)
- (3) （可选）[配置 SR 和 LDP 互通](#)
- (4) （可选）[配置 TI-LFA FRR](#)

1.6.3 MPLS TE 隧道采用显式路径 SRLSP 转发流量配置任务简介

MPLS TE 隧道采用显式路径 SRLSP 转发流量配置任务如下：

- (1) [配置通过 IGP 扩展通告 SID](#)
- (2) [配置 MPLS TE 隧道采用显式路径 SRLSP](#)
- (3) （可选）[配置 SR 和 LDP 互通](#)
- (4) （可选）[配置 TI-LFA FRR](#)

1.6.4 MPLS TE 隧道采用 PCE 计算建立的 SRLSP 转发流量配置任务简介

MPLS TE 隧道采用 PCE 计算建立的 SRLSP 转发流量配置任务如下：

- (1) [配置 MPLS TE 隧道采用 PCE 计算建立 SRLSP](#)
- (2) (可选) [配置 SR 和 LDP 互通](#)
- (3) (可选) [配置 TI-LFA FRR](#)

1.7 配置基于MPLS的SRGB的标签范围

1. 配置限制和指导

Segment Routing 视图下配置的 SRGB 用于静态 Prefix Segment 和 BGP Prefix SID。当 IS-IS 视图和 OSPF 视图下未配置 SRGB 时，也会使用 Segment Routing 视图配置的 SRGB。

配置 SRGB 的范围时，若已配置前缀 SID，需确保配置的 SRGB 标签范围包含已配置的前缀 SID 值，否则配置的前缀 SID 不生效。

如果配置的 SRGB 范围存在如下情况，则配置不会立即生效，需要重启设备后才能生效：

- SRGB 的范围内有其它协议已经分配的标签，例如 SRGB 范围内的标签已经被 LDP 协议使用。
- SRGB 的范围与其它协议的标签范围冲突，例如 OSPF 进程 1 下的 SRGB 和 IS-IS 进程 1 下的 SRGB 存在重叠部分。

2. 配置全局的 SRGB 的标签范围

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入 Segment Routing 视图。

```
segment-routing
```

- (3) 配置基于 MPLS 的 SRGB 的标签范围。

```
global-block minimum-value maximum-value
```

缺省情况下，基于 MPLS 的 SRGB 的最小标签值为 16000，最大标签值为 24000。

3. 配置 IS-IS SR 的 SRGB 的标签范围

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入 IS-IS 视图。

```
isis process-id
```

- (3) 配置基于 MPLS 的 SRGB 的标签范围。

```
segment-routing global-block minimum-value maximum-value
```

缺省情况下，基于 MPLS 的 SRGB 的最小标签值为 16000，最大标签值为 24000。

4. 配置 OSPF SR 的 SRGB 的标签范围

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入 OSPF 视图。

```
ospf process-id
```

- (3) 配置基于 MPLS 的 SRGB 的标签范围。

```
segment-routing global-block minimum-value maximum-value
```

缺省情况下，基于 MPLS 的 SRGB 的最小标签值为 16000，最大标签值为 24000。

1.8 配置基于MPLS的SRLB的标签范围

1. 功能简介

SRLB 是专门用于 MPLS SR 邻接类型 SID（Adjacency SID）的本地标签范围。

2. 配置限制和指导

配置 SRLB 前需要通过 **display mpls label** 命令查看 MPLS 标签的使用状态，确保指定标签范围内的标签全部处于空闲状态，否则配置本命令后，需要保存配置并重启设备，本命令才能生效。

display mpls label 命令的详细介绍，请参见“MPLS 命令参考”中的“MPLS 基础”。

3. 配置步骤

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入 Segment Routing 视图。

```
segment-routing
```

- (3) 配置基于 MPLS 的 SRLB 的标签范围。

```
local-block minimum-value maximum-value
```

缺省情况下，未配置基于 MPLS 的 SRLB 的最小标签值为 15000，最大标签值为 15999。

1.9 静态配置Segment

1.9.1 配置准备

在静态配置 Segment 之前，需完成以下任务：

- 确定静态 SRLSP 的头节点、中间节点和尾节点。
- 规划每个节点到下一跳的邻接路径的入标签值，规划每个节点的前缀路径标签值。需要注意的是，静态 SRLSP 与静态 LSP、静态 CRLSP 使用相同的标签空间，在同一台设备上静态 SRLSP、静态 CRLSP 和静态 LSP 的入标签不能相同。关于 CRLSP 的介绍请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS TE”。
- 在参与 MPLS 转发的各个节点和接口上开启 MPLS 能力，配置方法请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS 基础”。

1.9.2 配置静态 Adjacency Segment

1. 配置限制和指导

如果指定下一跳 IP 地址，设备上必须存在到达该地址的路由且路由出接口上必须使能 MPLS 能力；如果指定出接口，该出接口必须处于 UP 状态并且能够接收到直连路由，且必须使能 MPLS 能力。

如果所指定的入标签与已经存在的静态 LSP/静态 PW/静态 CRLSP 的入标签相同,则会导致标签冲突,所配置的邻接路径不可用。即使修改静态 LSP/静态 PW/静态 CRLSP 的入标签,该邻接路径仍不可用,需要手工删除该邻接路径并重新配置。

本命令需要在静态 SRLSP 的所有节点上执行。

如果多条静态 SRLSP 存在公共路径,公共路径节点的邻接路径信息一致,不需要进行多次配置。

2. 配置步骤

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 配置静态 Adjacency Segment。

```
static-sr-mps adjacency adjacency-path-name in-label label-value  
{ nexthop ip-address | outgoing-interface interface-type  
interface-number }
```

指定的下一跳地址不能是本地设备上的公网 IP 地址。

1.9.3 配置静态 Prefix Segment

1. 配置限制和指导

指定的下一跳或出接口必须与路由表中最优路由的下一跳或出接口保持一致,同一台设备上,如果最优路由有多个下一跳或者出接口,那么就能配置多个到该目的地址的前缀路径用于负载分担,但是需要注意的是到达同一目的地址前缀路径的名称、入标签值需要保持一致。

本命令需要在静态 SRLSP 的所有节点上执行。

如果多条静态 SRLSP 的目的地址相同,公共路径节点的前缀路径信息一致,不需要进行多次配置。

2. 配置步骤

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 配置静态 Prefix Segment。

```
static-sr-mps prefix prefix-path-name destination ip-address  
{ mask-length | mask } in-label in-label-value [ { nexthop ip-address |  
outgoing-interface interface-type interface-number } out-label  
out-label-value ]
```

指定的下一跳地址不能是本地设备上的公网 IP 地址。

1.10 配置通过IGP扩展通告SID

1.10.1 通过 IGP 分配 SID 配置任务简介

1. 通过 IGP 扩展通告前缀 SID

在 SRLSP 可能经过的各节点上执行如下配置:

- (1) [开启 IGP 支持 MPLS SR 功能](#)
- (2) [配置前缀 SID](#)

(3) [配置基于 MPLS 的 SRGB 的标签范围](#)

2. 通过 IGP 扩展通告邻接 SID

在 SRLSP 可能经过的各节点上执行如下配置：

(1) [开启 IGP 支持 MPLS SR 功能](#)

(2) [开启 IGP 邻接标签分配功能](#)

为邻接链路随机分配 SID。

(3) （可选）[配置邻接 SID](#)

为邻接链路分配指定 SID。

(4) [配置基于 MPLS 的 SRLB 的标签范围](#)

1.10.2 配置准备

配置通过 IGP 扩展通告 SID 之前，需完成以下任务：

- 确定 SRLSP 的头节点、中间节点和尾节点。
- 规划每个节点的 SID 和 SRGB/SRLB 标签范围。
- 在参与 MPLS 转发的各个节点和接口上开启 MPLS 能力，配置方法请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS 基础”。

1.10.3 开启 IGP 支持 MPLS SR 功能

1. 配置准备

开启 IGP 支持 MPLS SR 功能前，需进行以下配置，否则 MPLS SR 功能不会生效：

- 当 IGP 协议为 IS-IS 时，需确保 IS-IS 开销值的类型为 wide、compatible 或 wide-compatible。关于 IS-IS 开销值类型的配置请参见“三层技术-IP 路由配置指导”中的“IS-IS”。
- 当 IGP 协议为 OSPF 时，需使能 OSPF 的 Opaque LSA 发布接收能力。关于 OSPF 使能 Opaque LSA 发布接收能力的配置请参见“三层技术-IP 路由配置指导”中的“OSPF”。

2. 配置 IS-IS 支持 MPLS SR 功能

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 进入 IS-IS 视图。

```
isis process-id
```

(3) 进入 IS-IS IPv4 单播地址族视图。

```
address-family ipv4
```

(4) 开启 MPLS SR 功能。

```
segment-routing mpls
```

缺省情况下，基于 MPLS 的 SR 功能处于关闭状态。

3. 配置 OSPF 支持 MPLS SR 功能

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 进入 OSPF 视图。

```
ospf process-id
```

(3) 开启 MPLS SR 功能。

```
segment-routing mpls
```

缺省情况下，基于 MPLS 的 SR 功能处于关闭状态。

1.10.4 配置前缀 SID

1. 功能简介

通过在设备的 Loopback 接口下配置前缀 SID，可以确定 SID 和 IP 前缀的绑定关系。前缀 SID 包含绝对值和索引值两种配置方式。

配置前缀 SID 时，必须按照以下规则执行：

- 当配置前缀 SID 绝对值时，绝对值的取值即为前缀 SID 的值，只有该值在生效的 SRGB 的范围内时配置才会生效。
- 当配置前缀 SID 相对值时，相对值加上 SRGB 最小值的大小即为前缀 SID 的值，只有前缀 SID 的值在生效的 SRGB 的范围内时配置才会生效。

2. 配置限制和指导

在 Anycast 使用场景中，当需要使用同一个前缀 SID 标识一组 SR 节点时，需要通过指定 **n-flag-clear** 参数将 Node-SID（前缀 SID 标志位，置位时，表示前缀 SID 为到达某一台 SR 节点的 SID）标志位置为 0。

配置前缀 SID 时，需注意以下三点：

- 当配置 IS-IS SR 前缀 SID 时，必须在 Loopback 接口上使能 IS-IS 进程。
- 当配置 OSPF SR 前缀 SID 时，必须保证 Loopback 接口上使能的 OSPF 进程和前缀 SID 关联的进程一致，否则配置不会生效。
- 对于绑定了 VPN 实例的 LoopBack 接口，不支持指定 **explicit-null** 参数。

3. 配置 IS-IS SR 前缀 SID

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 进入 Loopback 接口视图。

```
interface loopback interface-number
```

(3) 配置前缀 SID。

```
isis [ process-id process-id ] prefix-sid { absolute absolute-value |  
index index-value } [ n-flag-clear | { explicit-null | no-php } ] *
```

缺省情况下，未配置 IS-IS 前缀 SID。

4. 配置 OSPF SR 前缀 SID

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 进入 Loopback 接口视图。

```
interface loopback interface-number
```

- (3) 配置前缀 SID。

```
ospf process-id prefix-sid { absolute absolute-value | index
index-value } [ n-flag-clear | { explicit-null | no-php } ] *
```

缺省情况下，未配置 OSPF 前缀 SID。

1.10.5 开启 IGP 邻接标签分配功能

1. 配置限制和指导

开启邻接标签分配功能时，需确保 MPLS SR 处于开启状态，否则该功能不会生效。

2. 配置 IS-IS SR 邻接标签分配功能

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入 IS-IS 视图。

```
isis process-id
```

- (3) 进入 IPv4 单播地址族视图。

```
address-family ipv4
```

- (4) 开启邻接标签分配功能。

```
segment-routing adjacency enable
```

缺省情况下，基于 MPLS 的 SR 邻接标签分配功能处于关闭状态。

3. 配置 OSPF SR 邻接标签分配功能

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入 OSPF 视图。

```
ospf process-id
```

- (3) 开启邻接标签分配功能。

```
segment-routing adjacency enable
```

缺省情况下，基于 MPLS 的 SR 邻接标签分配功能处于关闭状态。

1.10.6 配置邻接 SID

1. 功能简介

开启 IGP 邻接标签分配功能，设备为 IGP 邻接链路随机分配 Adjacency SID，如果 IGP 邻接失效（例如链路震荡），为同一邻接链路分配的 SID 可能与之前的值不同，从而导致 Adjacency SID 在网络中不断变化和抖动。为了确保分配给邻接链路的 SID 能够唯一，可以配置本功能为邻接链路分配指定 Adjacency SID。

2. 配置限制和指导

配置 Adjacency SID 时，必须遵循以下规则：

- 当配置 Adjacency SID 绝对值时，绝对值的取值即为 Adjacency SID 的值，该值必须在 SRLB 的范围内。

- 当配置 Adjacency SID 相对值时，相对值加上 SRLB 最小值的大小即为 Adjacency SID 的值，Adjacency SID 的值必须在 SRLB 的范围内。

开启 MPLS SR 功和开启 IGP 邻接标签分配功能后，本功能才会生效。

3. 配置准备

执行 `display mpls label` 命令，查看 SID 使用状态。如果配置的 Adjacency SID 已经被其他协议使用，则该 Adjacency SID 不可用。此后如果该 Adjacency SID 的使用状态变为 Idle 时，则先删除 Adjacency SID 的配置，再重新配置 Adjacency SID，该 Adjacency SID 才可以被使用。

不同的接口下可以配置相同的 Adjacency SID。

4. 配置 IS-IS Adjacency SID

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入接口视图。

```
interface interface-type interface-number
```

- (3) 配置 Adjacency SID。

```
isis adjacency-sid { absolute absolute-value | index index-value }
[ nexthop nexthop-address ]
```

缺省情况下，未配置 IS-IS Adjacency SID。

5. 配置 OSPF Adjacency SID

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入接口视图。

```
interface interface-type interface-number
```

- (3) 配置 Adjacency SID。

```
ospf adjacency-sid { absolute absolute-value | index index-value }
[ nexthop nexthop-address ]
```

缺省情况下，未配置 OSPF Adjacency SID。

1.11 配置通过BGP扩展通告SID

1.11.1 通过 BGP 分配 SID 配置任务简介

在 SRLSP 可能经过的各节点上执行如下配置：

- (1) [开启 BGP 支持 MPLS SR 功能](#)
- (2) [配置 BGP SR 前缀 SID](#)

1.11.2 配置准备

配置通过 BGP 扩展通告 SID 之前，需完成以下任务：

- 确定 SRLSP 的头节点、中间节点和尾节点。
- 规划每个节点的前缀 SID 索引值。

- 在参与 MPLS 转发的各个节点和接口上开启 MPLS 能力，配置方法请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS 基础”。

1.11.3 开启 BGP 支持 MPLS SR 功能

- 进入系统视图。

```
system-view
```

- 进入 BGP 实例视图。

```
bgp as-number [ instance instance-name ]
```

- 进入 BGP IPv4 单播地址族视图。

```
address-family ipv4 [ unicast ]
```

- 开启 MPLS SR 功能。

```
segment-routing mpls
```

缺省情况下，基于 MPLS 的 SR 功能处于关闭状态。

1.11.4 配置 BGP SR 前缀 SID

1. 功能简介

BGP SR 前缀 SID 支持以下两种配置方式：

- 引入路由时不指定路由策略，使用引入的 IGP 协议通告的 SID 作为 BGP SR 前缀 SID。
- 引入路由时指定路由策略，在路由策略中配置前缀 SID 的索引值，以确定 SID 和 IP 前缀的绑定关系。

2. 配置限制和指导

配置 BGP SR 前缀 SID 后，为了通过 BGP 路由交互前缀 SID，BGP 邻居间必须开启交换带标签路由的能力。

配置 BGP SR 前缀 SID 后，为了通过 BGP 路由交互前缀 SID，BGP 邻居间必须开启交换带标签路由的能力。

3. 配置引入路由时不指定路由策略方式

- 开启 IGP 支持 MPLS SR 功能。

请参见“[1.10.3 开启 IGP 支持 MPLS SR 功能](#)”。

- 配置 IGP SR 的前缀 SID。

请参见“[1.10.4 配置前缀 SID](#)”。

- 进入系统视图。

```
system-view
```

- 进入 BGP 实例视图。

```
bgp as-number [ instance instance-name ]
```

- 进入 BGP IPv4 单播地址族视图。

```
address-family ipv4 [ unicast ]
```

- 引入 ISIS 或 OSPF 的路由。

```
import { isis | ospf } process-id
```

4. 配置引入路由时指定路由策略方式

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 进入 BGP 实例视图。

```
bgp as-number [ instance instance-name ]
```

(3) 进入 BGP IPv4 单播地址族视图。

```
address-family ipv4 [ unicast ]
```

(4) 引入 ISIS 或 OSPF 的路由，并对引入的路由应用路由策略。

```
import { isis | ospf } process-id route-policy route-policy-name
```

(5) 配置策略中的标签索引值。

a. 退回 BGP 实例视图。

```
quit
```

b. 退回系统视图。

```
quit
```

c. 进入该路由策略视图。

```
route-policy route-policy-name { deny | permit } node node-number
```

d. 配置标签索引值。

```
apply label-index index-value
```

缺省情况下，未配置路由的标签索引值。

1.12 配置通过BGP-EPE功能分配SID

1. 功能简介

在设备上配置 BGP-EPE 功能后，该设备为相连的 BGP 对等体/对等体组分配 SID，用来标识与本设备相连的特定 BGP 邻居或链路。

2. 配置限制与指导

配置 BGP-EPE 功能时，需要注意：

- 缺省情况下，BGP peering SID 为节点类型。
- 如果开启 BGP-EPE 功能时未指定路由策略，将自动为 BGP 邻居分配标签。
- 部署 BGP-EPE 时需要同时部署 MPLS TE 隧道采用静态 SRLSP，且静态 SRLSP 的出标签值需要与配置 BGP-EPE 功能的标签值相同。

通过 BGP-EPE 功能为指定对等体/对等体组应用路由策略时需要注意：

- 不能通过路由策略为不同的 BGP 对等体/对等体组分配相同的标签值。
- 仅当为 BGP 对等体/对等体组分配 Set 类型的 BGP peering SID 时，不同的 BGP 对等体/对等体组可以应用相同的路由策略。
- 仅当 EBGP 会话通过环回口建立时支持策略中配置 **if-match interface** 作为过滤条件。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

system-view

- (2) 进入 BGP 实例视图。

bgp *as-number* [**instance** *instance-name*]

- (3) 开启 BGP-EPE 功能，并为指定对等体/对等体组应用路由策略。

peer { *group-name* | *ipv4-address* [*mask-length*] } **egress-engineering**
[**adjacency** | **set**] [**route-policy** *policy-name*]

缺省情况下，BGP-EPE 功能处于关闭状态。

- (4) 退回系统视图。

quit

- (5) 进入路由策略视图。

route-policy *route-policy-name* { **deny** | **permit** } **node** *node-number*

- (6) 配置 BGP-EPE 功能的标签值。

apply **label-value** *label-value*

缺省情况下，未配置标签值。

1.13 配置设备建立SRLSP的触发策略

1. 功能简介

通过配置 SRLSP 的建立触发策略，仅允许指定路由触发建立 SRLSP，从而控制 SRLSP 的数量，减少系统资源的浪费。

2. 配置步骤

- (1) 进入系统视图。

system-view

- (2) 进入 OSPF 视图。

ospf *process-id*

- (3) 配置设备建立 SRLSP 的触发策略。

segment-routing **lsp-trigger** { **host** | **none** | **prefix-list** *prefix-name* }

缺省情况下，所有路由信息均触发建立 SRLSP。

1.14 配置优先使用SRLSP转发流量

1.14.1 功能简介

当到达同一目的网络同时存在 SRLSP 和 LDP LSP 两种标签转发路径时，设备优先使用 LDP LSP 转发流量。通过配置本功能，可以指定转发到达该目的网络的流量时优先使用 SRLSP 路径。

1.14.2 配置限制和指导

配置本功能时，请开启 MPLS SR 功能，并确保 SRLSP 路径标签为前缀 SID。

1.14.3 配置优先使用 IS-IS SR 建立的 SRLSP 转发流量

- (1) 进入系统视图。
`system-view`
- (2) 进入 IS-IS 视图。
`isis process-id`
- (3) 配置优先使用 SRLSP 转发流量。
`segment-routing sr-prefer [prefix-list prefix-list-name]`
缺省情况下，设备优先使用 LDP LSP 转发流量。

1.14.4 配置优先使用 OSPF SR 建立的 SRLSP 转发流量

- (1) 进入系统视图。
`system-view`
- (2) 进入 OSPF 视图。
`ospf process-id`
- (3) 配置优先使用 SRLSP 转发流量。
`segment-routing sr-prefer [prefix-list prefix-list-name]`
缺省情况下，设备优先使用 LDP LSP 转发流量。

1.15 配置 MPLS TE 隧道采用静态 SRLSP

1.15.1 MPLS TE 隧道采用静态 SRLSP 配置任务简介

- (1) 开启 MPLS TE 能力
在 MPLS TE 隧道经过的所有节点上执行本配置，配置方法请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS TE”。
- (2) [配置用于 MPLS TE 的静态 SRLSP](#)
在 MPLS TE 隧道的头节点上执行本配置。
- (3) 创建 Tunnel 接口，并指定隧道的目的端地址
在 MPLS TE 隧道的头节点上执行本配置，配置方法请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS TE”。
- (4) [配置 MPLS TE 隧道采用静态 SRLSP](#)
在 MPLS TE 隧道的头节点上执行本配置。
- (5) 配置静态路由或策略路由，将流量引入 MPLS TE 隧道。
在 MPLS TE 隧道的头节点执行本配置，配置方法请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS TE”。

1.15.2 配置用于 MPLS TE 的静态 SRLSP

- (1) 进入系统视图。
`system-view`
- (2) 配置用于 MPLS TE 隧道的静态 SRLSP。

```
static-sr-mpls lsp lsp-name out-label out-label-value<1-14>
```

1.15.3 配置 MPLS TE 隧道采用静态 SRLSP

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入模式为 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

```
interface tunnel tunnel-number [ mode mpls-te ]
```

- (3) 配置使用静态方式建立 MPLS TE 隧道。

```
mpls te signaling static
```

缺省情况下，MPLS TE 使用 RSVP-TE 信令协议建立隧道。

本命令的详细介绍，请参见“MPLS 命令参考”中的“MPLS TE”。

- (4) 指定隧道引用的 SRLSP。

```
mpls te static-sr-mpls lsp-name [ backup ]
```

缺省情况下，隧道没有引用任何静态 SRLSP。

MPLS TE 隧道所引用的静态 SRLSP，必须已经通过 **static-sr-mpls lsp** 命令创建。

只有当主用和备用 SRLSP 均采用 Adjacency 方式建立时，才允许通过指定 **backup** 参数配置隧道引用备用 SRLSP。

1.16 配置 MPLS TE 隧道采用显式路径 SRLSP

1.16.1 配置 MPLS TE 隧道采用显式路径 SRLSP 配置任务简介

- (1) [配置用于 MPLS TE 的显式路径 SRLSP](#)

在 MPLS TE 隧道的头节点上执行本配置。

- (2) 创建 Tunnel 接口，并指定隧道的目的端地址

在 MPLS TE 隧道的头节点上执行本配置，配置方法请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS TE”。

- (3) [配置 MPLS TE 隧道采用显式路径 SRLSP](#)

在 MPLS TE 隧道的头节点上执行本配置。

1.16.2 配置准备

配置采用显式路径 SRLSP 的 MPLS TE 隧道之前，需完成以下任务：

- 确定 SRLSP 的头节点。
- 规划每个节点的 SID。
- 在参与 MPLS 转发的各个节点和接口上开启 MPLS 能力，配置方法请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS 基础”。

1.16.3 配置用于 MPLS TE 的显式路径 SRLSP

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入显式路径视图。

```
explicit-path path-name
```

- (3) 配置用于 MPLS TE 隧道的显式路径 SRLSP。

- 指定显式路径中到达目的节点时所经过节点的标签。

```
nextsid [ index index-number ] label label-value type { adjacency | binding-sid | prefix }
```

对于 **adjacency** 和 **prefix** 类型的标签节点，显式路径中的 *label-value* 是指转发路径上各个节点为下一跳节点分配的标签值。

对于 **binding-sid** 类型的标签节点，显式路径中的 *label-value* 是指为 MPLS TE 隧道指定的 BSID 标签值。

- 指定显式路径中到达目的节点时所经过节点的地址。

```
nexthop [ index index-number ] ip-address [ exclude | include [ loose | strict ] ]
```

缺省情况下，显式路径未指定任何节点。

1.16.4 配置 MPLS TE 隧道采用显式路径 SRLSP

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入模式为 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。

```
interface tunnel tunnel-number mode mpls-te
```

- (3) 配置使用 Segment Routing 方式建立 MPLS TE 隧道。

```
mpls te signaling segment-routing
```

缺省情况下，MPLS TE 使用 RSVP-TE 信令协议建立隧道。

- (4) 指定隧道引用的 SRLSP。

```
mpls te path preference value explicit-path path-name [ no-cspf ]
```

缺省情况下，隧道使用自动计算的路径建立 SRLSP。

- (5) （可选）配置建立 MPLS TE 隧道的 SRLSP 时严格按照邻接标签进行 CSPF 计算。

```
mpls te path-selection adjacency-sid
```

缺省情况下，未配置建立 MPLS TE 隧道的 SRLSP 时严格按照邻接标签进行 CSPF 计算。

1.17 配置 MPLS TE 隧道采用 PCE 计算建立 SRLSP

1.17.1 MPLS TE 隧道采用 PCE 计算建立 SRLSP 配置任务简介

- (1) 开启 MPLS TE 能力

在 MPLS TE 隧道经过的所有节点和各接口上执行本配置，配置方法请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS TE”。

- (2) 配置 PCE 发现

在 MPLS TE 隧道的各节点上执行本配置，可采用静态方式或者 OSPF TE 方式，配置方法请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS TE”。

- (3) 建立支持 Segment Routing 的 PCEP 会话
在各节点配置 PCEP 会话状态，配置为 active-stateful 的方式建立会话，配置方法请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS TE”。
- (4) 创建 Tunnel 接口，并指定隧道的目的端地址
在 MPLS TE 隧道的头节点上执行本配置，配置方法请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS TE”。
- (5) [配置 MPLS TE 隧道采用 PCE 计算 SRLSP](#)
在 MPLS TE 隧道的头节点上执行本配置。

1.17.2 配置 MPLS TE 隧道采用 PCE 计算 SRLSP

- (1) 进入系统视图。
system-view
- (2) 进入模式为 MPLS TE 隧道的 Tunnel 接口视图。
interface tunnel tunnel-number mode mpls-te
- (3) 配置使用 Segment Routing 方式建立 MPLS TE 隧道。
mpls te signaling segment-routing
缺省情况下，MPLS TE 使用 RSVP-TE 信令协议建立隧道。
- (4) 指定隧道使用 PCE 计算建立 SRLSP。请选择其中一项进行配置。
 - 指定使用动态 PCE 方式计算建立 SRLSP
mpls te path preference value dynamic [pce [ip-address]&<0-8>]
缺省情况下，使用自动计算的路径建立 SRLSP。
 - 指定使用 PCE 托管方式计算建立 SRLSP
mpls te delegation
缺省情况下，SRLSP 托管功能处于关闭状态。

1.18 配置SR和LDP互通

1.18.1 SR 和 LDP 互通配置限制和指导

配置 MPLS SR 和 LDP 互通时，需要确保 SRLSP 的路径标签为前缀 SID。

配置 SRMS 和 SRMC 设备的 MPLS SR 功能时，目前仅支持配置 IS-IS 的 MPLS SR 功能。

1.18.2 SR to LDP 配置任务简介

1. SRMS 配置任务简介

SRMS 配置任务如下：

- (1) 配置 SRMS 设备的 MPLS SR 功能
 - a. [开启 IGP 支持 MPLS SR 功能](#)
 - b. [配置前缀 SID](#)
- (2) [开启通告本地 SID 标签映射消息功能](#)
- (3) [配置前缀和 SID 的映射关系](#)

2. SRMC 配置任务简介

SRMC 配置任务如下：

- (1) 配置 SRMC 设备的 MPLS SR 功能
 - a. [开启 IGP 支持 MPLS SR 功能](#)
 - b. [配置前缀 SID](#)
- (2) [开启接收远端 SID 标签映射消息功能](#)

1.18.3 LDP to SR 配置任务简介

LDP to SR 配置任务如下：

- (1) [开启 IGP 支持 MPLS SR 功能](#)
- (2) [配置前缀 SID](#)

1.18.4 SR over LDP 配置任务简介

SR over LDP 配置任务如下：

- (1) [开启 IGP 支持 MPLS SR 功能](#)
- (2) [配置前缀 SID](#)

1.18.5 SR 和 LDP 互通配置准备

配置 SR 和 LDP 互通之前，需完成以下任务：

- 确定 SRLSP 的头节点、中间节点和尾节点。
- 规划每个节点的前缀 SID 索引值和 SRGB 标签范围。
- 在参与 MPLS 转发的各个节点和接口上开启 MPLS 能力，配置方法请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS 基础”。

1.18.6 开启通告本地 SID 标签映射消息功能

1. 配置限制和指导

请在 SRMS 设备上开启本功能。

2. 开启 IS-IS 通告本地 SID 标签映射消息功能

- (1) 进入系统视图。
system-view
 - (2) 进入 IS-IS 视图。
isis process-id
 - (3) 进入 IS-IS IPv4 单播地址族视图。
address-family ipv4
 - (4) 开启通告本地 SID 标签映射消息功能。
segment-routing mapping-server advertise-local
- 缺省情况下，通告本地 SID 标签映射消息功能处于关闭状态。

3. 开启 OSPF 通告本地 SID 标签映射消息功能

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 进入 OSPF 视图。

```
ospf process-id
```

(3) 开启通告本地 SID 标签映射消息功能。

```
segment-routing mapping-server advertise-local
```

缺省情况下，通告本地 SID 标签映射消息功能处于关闭状态。

1.18.7 配置前缀和 SID 的映射关系

1. 配置限制和指导

请在 SRMS 上配置本功能。

前缀地址必须符合规范且不与本地已配置的映射关系冲突。

2. 配置准备

批量配置前缀地址和 SID 映射关系时，请根据组网环境规划前缀和 SID 的映射个数。

3. 配置步骤

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 进入 Segment Routing 视图。

```
segment-routing
```

(3) 配置前缀和 SID 的映射关系。

```
mapping-server prefix-sid-map ip-address mask-length start-value  
[ range range-value ] [ attached ]
```

缺省情况下，未配置前缀和 SID 的映射关系。

1.18.8 开启接收远端 SID 标签映射消息功能

1. 配置限制和指导

请在 SRMC 设备上开启本功能。

2. 开启 IS-IS 接收远端 SID 标签映射消息功能

(1) 进入系统视图。

```
system-view
```

(2) 进入 IS-IS 视图。

```
isis process-id
```

(3) 进入 IS-IS IPv4 单播地址族视图。

```
address-family ipv4
```

(4) 开启接收远端 SID 标签映射消息功能。

```
segment-routing mapping-server receive
```

缺省情况下，接收邻居 SID 标签映射消息功能处于开启状态。

3. 开启 OSPF 接收远端 SID 标签映射消息功能

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入 OSPF 视图。

```
ospf process-id
```

- (3) 开启接收远端 SID 标签映射消息功能。

```
segment-routing mapping-server receive
```

缺省情况下，接收邻居 SID 标签映射消息功能处于开启状态。

1.19 配置 TI-LFA FRR

1.19.1 TI-LFA FRR 配置限制和指导

静态 Segment 组网环境下，不支持配置 TI-LFA FRR。

在 MPLS SR 和 LDP 共存的网路环境中，需要配置优先使用 IS-IS SR 或 OSPF SR 建立的 SRLSP 转发流量，避免流量通过 LDP LSP 转发，防止 TI-LFA FRR 的备份下一跳失效。

1.19.2 TI-LFA FRR 配置任务简介

TI-LFA FRR 配置任务如下：

- (1) [开启 TI-LFA FRR 功能](#)
- (2) （可选）[配置接口不参与 TI-LFA 计算](#)
禁止主下一跳出接口参与 TI-LFA 计算。
- (3) （可选）[配置防微环功能](#)

1.19.3 开启 TI-LFA FRR 功能

1. 开启 ISIS 的 TI-LFA FRR 功能

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入 IS-IS 视图。

```
isis process-id
```

- (3) 进入 IS-IS IPv4 单播地址族视图。

```
address-family ipv4
```

- (4) 开启 IS-IS 的 LFA 快速重路由功能。

```
fast-reroute lfa [ level-1 | level-2 ]
```

缺省情况下，IS-IS 支持快速重路由功能处于关闭状态。

- (5) 开启 IS-IS 的 TI-LFA 快速重路由功能。

```
fast-reroute ti-lfa [ per-prefix ] [ route-policy route-policy-name |  
host ] [ level-1 | level-2 ]
```

缺省情况下，IS-IS 的 TI-LFA FRR 功能处于关闭状态。

2. 开启 OSPF 的 TI-LFA FRR 功能

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入 OSPF 视图。

```
ospf process-id
```

- (3) 开启 OSPF LFA 快速重路由功能。

```
fast-reroute { lfa [ abr-only ] | route-policy route-policy-name }
```

缺省情况下，OSPF LFA 快速重路由功能处于关闭状态。

- (4) 开启 OSPF 的 TI-LFA 快速重路由功能。

```
fast-reroute ti-lfa [ per-prefix ] [ route-policy route-policy-name | host ]
```

缺省情况下，OSPF 的 TI-LFA FRR 功能处于关闭状态。

1.19.4 配置接口不参与 TI-LFA 计算

1. 禁止开启 IS-IS 的接口参与 TI-LFA 计算

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入接口视图。

```
interface interface-type interface-number
```

- (3) 禁止开启 IS-IS 的接口参与 TI-LFA 计算。

```
isis fast-reroute ti-lfa disable [ level-1 | level-2 ]
```

缺省情况下，允许开启 IS-IS 的接口参与 TI-LFA 计算。

2. 禁止开启 OSPF 的接口参与 TI-LFA 计算

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入接口视图。

```
interface interface-type interface-number
```

- (3) 禁止开启 OSPF 的接口参与 TI-LFA 计算。

```
ospf fast-reroute ti-lfa disable
```

缺省情况下，允许开启 OSPF 的接口参与 TI-LFA 计算。

1.19.5 配置防微环功能

1. 功能简介

防微环功能分为：

- FRR 正切防微环功能：仅能解决正切微环的问题。

应用了 TI-LFA 快速重路由功能的组网环境中，若某节点或者链路发生故障，流量会切换到 TI-LFA 计算的备份路径。但是，如果此时备份路径上的设备还没有完成收敛，则会在源节点（故障节点或者链路的前一节点）和备份路径上的设备之间形成环路，直到备份路径上的设备完成收敛。

为了解决上述问题，节点或者链路故障以后，首先流量切换到 TI-LFA 计算的备份路径，然后源节点延迟一段时间收敛，等待备份路径上的设备收敛完成以后，源节点开始收敛。

- **SR 防微环功能：**可以解决正切微环和回切微环的问题。

在网络故障或故障恢复期间，路由都会重新收敛，由于网络节点之间转发状态短暂不一致，各个设备收敛速度不同，可能存在转发微环现象。配置 SR 的防微环功能后，在 IGP 收敛期间，设备会按照指定路径转发流量，转发过程不依赖于各设备的路由收敛，从而避免产生环路。

为了保证 IGP 收敛有足够的时间，可以配置 SR 防微环延迟时间，在此期间设备按照指定路径转发流量。在网络故障恢复 IGP 完成收敛后，流量再通过 IGP 计算的路径转发。

2. 配置限制和指导

如果同时配置 FRR 正切防微环功能和 SR 防微环功能，则 SR 防微环功能生效。

3. 配置 IS-IS 的 FRR 正切防微环功能

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入 IS-IS 视图。

```
isis process-id
```

- (3) 进入 IS-IS IPv4 单播地址族视图。

```
address-family ipv4
```

- (4) 开启 IS-IS 的 FRR 正切防微环功能。

```
fast-reroute microloop-avoidance enable [ level-1 | level-2 ]
```

缺省情况下，IS-IS 的 FRR 正切防微环功能处于关闭状态。

- (5) （可选）配置 FRR 正切防微环延迟时间。

```
fast-reroute microloop-avoidance rib-update-delay delay-time [ level-1 | level-2 ]
```

缺省情况下，FRR 正切防微环延迟时间为 5000 毫秒。

4. 配置 OSPF 的 FRR 正切防微环功能

- (1) 进入系统视图。

```
system-view
```

- (2) 进入 OSPF 视图。

```
ospf process-id
```

- (3) 开启 OSPF 的 FRR 正切防微环功能。

```
fast-reroute microloop-avoidance enable
```

缺省情况下，OSPF 的 FRR 正切防微环功能处于关闭状态。

- (4) （可选）配置 FRR 正切防微环延迟时间。

fast-reroute microloop-avoidance rib-update-delay *delay-time*

缺省情况下，FRR 正切防微环延迟时间为 5000 毫秒。

5. 配置 IS-IS 的 SR 防微环功能

- (1) 进入系统视图。

system-view

- (2) 进入 IS-IS 视图。

isis *process-id*

- (3) 进入 IS-IS IPv4 单播地址族视图。

address-family ipv4

- (4) 开启 IS-IS 的 SR 防微环功能。

segment-routing microloop-avoidance enable [**level-1** | **level-2**]

缺省情况下，IS-IS 的 SR 防微环功能处于关闭状态。

- (5) （可选）配置 IS-IS 的 SR 防微环延迟时间。

segment-routing microloop-avoidance rib-update-delay *delay-time*
[**level-1** | **level-2**]

缺省情况下，IS-IS 的 SR 防微环延迟时间为 5000 毫秒。

6. 配置 OSPF 的 SR 防微环功能

- (1) 进入系统视图。

system-view

- (2) 进入 OSPF 视图。

ospf *process-id*

- (3) 开启 OSPF 的 SR 防微环功能。

segment-routing microloop-avoidance enable

缺省情况下，OSPF 的 SR 防微环功能处于关闭状态。

- (4) （可选）配置 OSPF 的 SR 防微环延迟时间。

segment-routing microloop-avoidance rib-update-delay *delay-time*

缺省情况下，OSPF 的 SR 防微环延迟时间为 5000 毫秒。

1.20 MPLS SR显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置 MPLS SR 后的运行情况，用户可以通过查看显示信息验证配置的效果。

表1-1 MPLS SR 显示和维护

操作	命令
显示BGP-EPE功能的路径信息	display bgp [<i>instance instance-name</i>] egress-engineering ipv4 [<i>ipv4-address</i>]
显示BGP SR的标签值范围	display bgp [<i>instance instance-name</i>] segment-routing label-range
显示基于IS-IS SR邻接标签	display isis [<i>process-id</i>] segment-routing adjacency [<i>sid</i>

操作	命令
信息	<code>sid-value vpn-instance vpn-instance-name] *</code>
显示IS-IS SR的全局标签段信息	<code>display isis segment-routing global-block [level-1 level-2] [process-id]</code>
显示IS-IS SID标签映射信息	<code>display isis segment-routing prefix-sid-map [active-policy backup-policy] [process-id] [verbose]</code>
显示静态SRLSP信息或静态配置的邻接段信息	<code>display mpls static-sr-mpls { lsp [lsp-name] adjacency [adjacency-path-name] }</code>
显示静态配置的前缀段信息	<code>display mpls static-sr-mpls prefix [path lsp-name destination ip-address [mask mask-length]]</code>
显示OSPF SR邻接标签信息	<code>display ospf [process-id] segment-routing adjacency [sid sid-value] [vpn-instance vpn-instance-name]</code>
显示OSPF SR的全局标签段信息	<code>display ospf [process-id] [area area-id] segment-routing global-block</code>
显示OSPF SR的SID标签映射信息。	<code>display ospf segment-routing prefix-sid-map [active-policy backup-policy] [process-id] [verbose]</code>
显示SR标签段的信息	<code>display segment-routing label-block [protocol { isis ospf }]</code>
显示前缀地址和SID的映射关系	<code>display segment-routing mapping-server prefix-sid-map [ip-address mask-length verbose]</code>

1.21 MPLS SR典型配置举例

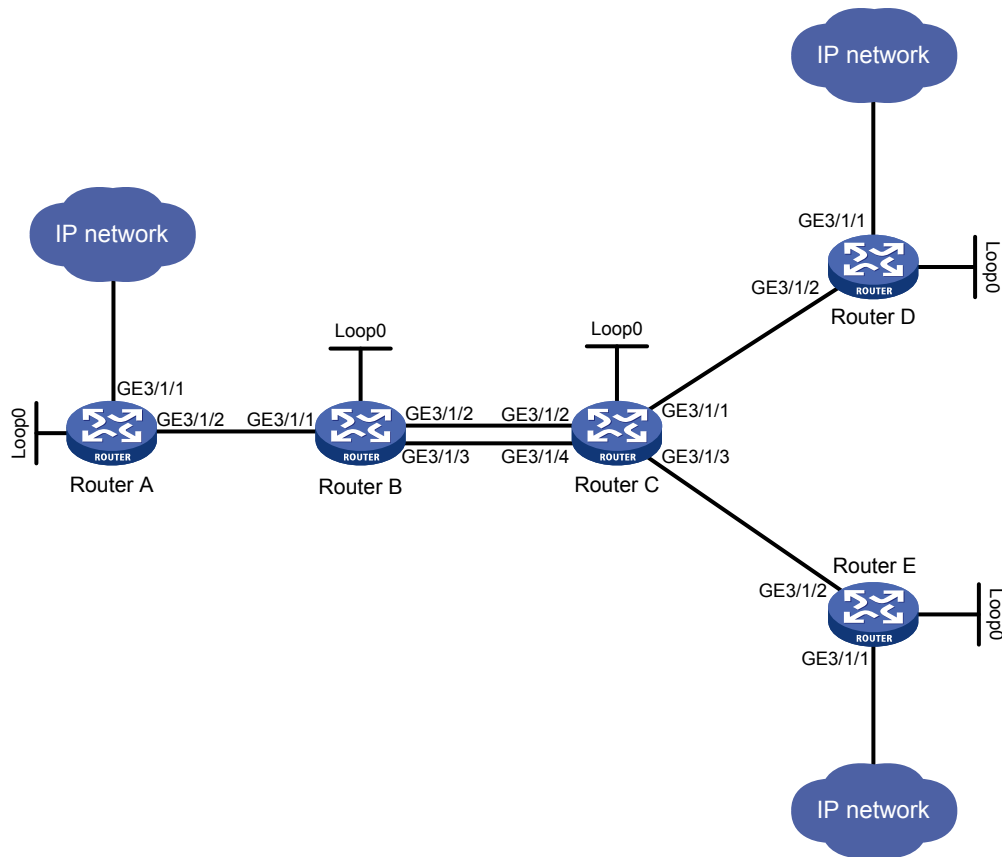
1.21.1 静态配置 Segment 配置举例

1. 组网需求

- 设备 Router A、Router B、Router C、Router D 和 Router E 运行 IS-IS。
- 使用静态 SRLSP 建立一条 Router A 到 Router D 的 MPLS TE 隧道，实现两个 IP 网络通过 MPLS TE 隧道传输数据流量。静态 SRLSP 经过三个段，#1 段：Router A 到 Router B 的邻接段，#2 段：Router B 到 Router C 的邻接段，#3 段：Router C 到 Router D 的邻接段。
- 使用静态 SRLSP 建立一条 Router A 到 Router E 的 MPLS TE 隧道，实现两个 IP 网络通过 MPLS TE 隧道传输数据流量。静态 SRLSP 经过三个段，#1 段：Router A 到 Router B 的邻接段，#2 段：Router B 到 Router C 的前缀段，#3 段：Router C 到 Router E 的邻接段。

2. 组网图

图1-17 静态配置 Segment 组网图



设备	接口	IP地址	设备	接口	IP地址
Router A	Loop0	1.1.1.9/32	Router B	Loop0	2.2.2.9/32
	GE3/1/1	100.1.1.1/24		GE3/1/1	10.1.1.2/24
	GE3/1/2	10.1.1.1/24		GE3/1/2	20.1.1.1/24
				GE3/1/3	60.1.1.1/24
Router C	Loop0	3.3.3.9/32	Router D	Loop0	4.4.4.9/32
	GE3/1/1	30.1.1.1/24		GE3/1/1	100.1.2.1/24
	GE3/1/2	20.1.1.2/24		GE3/1/2	30.1.1.2/24
	GE3/1/3	50.1.1.1/24			
	GE3/1/4	60.1.1.2/24			
Router E	Loop0	5.5.5.9/32			
	GE3/1/1	200.1.2.1/24			
	GE3/1/2	50.1.1.2/24			

3. 配置步骤

(1) 配置各接口的 IP 地址

按照图 1-17 配置各接口的 IP 地址和掩码，具体配置过程略。

(2) 配置 IS-IS 协议发布接口所在网段的路由，包括 Loopback 接口，具体配置过程略。

配置完成后，在各设备上执行 **display ip routing-table** 命令，可以看到相互之间都学到了对方的路由，包括 Loopback 接口对应的主机路由。

(3) 配置 LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力

配置 Router A。

```
<RouterA> system-view
[RouterA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[RouterA] mpls te
[RouterA-te] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterA-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterA-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

配置 Router B。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[RouterB] mpls te
[RouterB-te] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/3
[RouterB-GigabitEthernet3/1/3] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/3] quit
```

配置 Router C。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[RouterC] mpls te
[RouterC-te] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/3
[RouterC-GigabitEthernet3/1/3] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/3] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/4
[RouterC-GigabitEthernet3/1/4] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/4] quit
```

配置 Router D。

```
<RouterD> system-view
[RouterD] mpls lsr-id 4.4.4.9
[RouterD] mpls te
[RouterD-te] quit
```



```
[RouterD] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterD-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterD-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

配置 Router E。

```
<RouterE> system-view
[RouterE] mpls lsr-id 5.5.5.9
[RouterE] mpls te
[RouterE-te] quit
[RouterE] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterE-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterE-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

(4) 配置节点的邻接路径标签和前缀路径标签

配置 Router A 的邻接标签，为下一跳地址 10.1.1.2 绑定标签 16。

```
[RouterA] static-sr-mpls adjacency adjacency-1 in-label 16 nexthop 10.1.1.2
```

配置 Router B 的邻接标签，为下一跳地址 20.1.1.2 绑定标签 21。

```
[RouterB] static-sr-mpls adjacency adjacency-2 in-label 21 nexthop 20.1.1.2
```

配置 Router B 的前缀标签，为下一跳地址 20.1.1.2、60.1.1.2 绑定相同的前缀路径名称、入标签 16000、出标签 16001，在 Router B 和 Router C 之间形成负载分担。

```
[RouterB] static-sr-mpls prefix prefix-1 destination 5.5.5.9 32 in-label 16000 nexthop
20.1.1.2 out-label 16001
```

```
[RouterB] static-sr-mpls prefix prefix-1 destination 5.5.5.9 32 in-label 16000 nexthop
60.1.1.2 out-label 16001
```

配置 Router C 的邻接标签，为下一跳地址 30.1.1.2、50.1.1.2 分别绑定标签 30、31。

```
[RouterC] static-sr-mpls adjacency adjacency-1 in-label 30 nexthop 30.1.1.2
```

```
[RouterC] static-sr-mpls adjacency adjacency-2 in-label 31 nexthop 50.1.1.2
```

配置 Router C 的前缀标签，为目的地址 5.5.5.9 绑定标签 16001。

```
[RouterC] static-sr-mpls prefix prefix-1 destination 5.5.5.9 32 in-label 16001
```

(5) 创建静态 SRLSP

配置 Router A 为静态 SRLSP 的头节点，static-sr-lsp-1 出标签栈为[16, 21, 30]，建立到 Router D 的静态 SRLSP。

```
[RouterA] static-sr-mpls lsp static-sr-lsp-1 out-label 16 21 30
```

配置 Router A 为静态 SRLSP 的头节点，static-sr-lsp-2 的出标签栈为[16, 16000, 31]，建立到 Router E 的静态 SRLSP。

```
[RouterA] static-sr-mpls lsp static-sr-lsp-2 out-label 16 16000 31
```

(6) 配置 MPLS TE 隧道

在 Router A 上配置到 Router D 的 MPLS TE 隧道 Tunnel1：目的地址为 Router D 的 LSR ID (4.4.4.9)；采用静态 SRLSP 建立 MPLS TE 隧道，引用的 SRLSP 为 static-sr-lsp-1。

```
[RouterA] interface tunnel 1 mode mpls-te
[RouterA-Tunnel1] ip address 6.1.1.1 255.255.255.0
[RouterA-Tunnel1] destination 4.4.4.9
[RouterA-Tunnel1] mpls te signaling static
[RouterA-Tunnel1] mpls te static-sr-mpls static-sr-lsp-1
[RouterA-Tunnel1] quit
```

在 Router A 上配置到 Router E 的 MPLS TE 隧道 Tunnel2：目的地址为 Router E 的 LSR ID (5.5.5.9)；采用静态 SRLSP 建立 MPLS TE 隧道，引用的 SRLSP 为 static-sr-lsp-2。

```

[RouterA] interface tunnel 2 mode mpls-te
[RouterA-Tunnel2] ip address 7.1.1.1 255.255.255.0
[RouterA-Tunnel2] destination 5.5.5.9
[RouterA-Tunnel2] mpls te signaling static
[RouterA-Tunnel2] mpls te static-sr-mpls static-sr-lsp-2
[RouterA-Tunnel2] quit

```

(7) 配置静态路由使流量沿 MPLS TE 隧道转发

在 Router A 上配置静态路由，使得到达网络 100.1.2.0/24 的流量通过 MPLS TE 隧道接口 Tunnel1 转发，到达网络 200.1.2.0/24 的流量通过 MPLS TE 隧道接口 Tunnel2 转发。

```

[RouterA] ip route-static 100.1.2.0 24 tunnel 1 preference 1
[RouterA] ip route-static 200.1.2.0 24 tunnel 2 preference 1

```

4. 验证配置

在 Router A 上执行 **display mpls te tunnel-interface** 命令，可以看到 MPLS TE 隧道的建立情况。

```

[RouterA] display mpls te tunnel-interface
Tunnel Name          : Tunnel 1
Tunnel State         : Up (Main CRLSP up)
Tunnel Attributes   :
  LSP ID              : 1                Tunnel ID          : 0
  Admin State         : Normal
  Ingress LSR ID     : 1.1.1.9          Egress LSR ID      : 4.4.4.9
  Signaling           : Static          Static CRLSP Name   : -
  Static SRLSP Name   : static-sr-lsp-1/-
  Resv Style         : -
  Tunnel mode        : -
  Reverse-LSP name   : -
  Reverse-LSP LSR ID : -                Reverse-LSP Tunnel ID: -
  Class Type         : -                Tunnel Bandwidth    : -
  Reserved Bandwidth : -
  Setup Priority     : 0                Holding Priority    : 0
  Affinity Attr/Mask : -/-
  Explicit Path      : -
  Backup Explicit Path : -
  Metric Type       : TE
  Record Route      : -                Record Label        : -
  FRR Flag          : -                Backup Bandwidth Flag: -
  Backup Bandwidth Flag: -            Backup Bandwidth Type: -
  Backup Bandwidth   : -
  Bypass Tunnel     : -                Auto Created        : -
  Route Pinning     : -
  Retry Limit       : 3                Retry Interval      : 2 sec
  Reoptimization    : -                Reoptimization Freq : -
  Backup Type       : -                Backup LSP ID       : -
  Auto Bandwidth    : -                Auto Bandwidth Freq : -
  Min Bandwidth     : -                Max Bandwidth       : -
  Collected Bandwidth : -
  Traffic Policy    : Disable          Reserved for binding : No

```

```

Path SetupType      : -/-
Binding SID         : -                Binding SID State    : -
Last Down Reason    : Admin Down
Down Time           : 2017-12-05 11:23:35:535

Tunnel Name         : Tunnel 2
Tunnel State        : Up (Main CRLSP up)
Tunnel Attributes   :
  LSP ID             : 1                Tunnel ID             : 1
  Admin State        : Normal
  Ingress LSR ID     : 1.1.1.9         Egress LSR ID        : 5.5.5.9
  Signaling          : Static           Static CRLSP Name     : -
  Static SRLSP Name  : static-sr-lsp-2/-
  Resv Style         : -
  Tunnel mode        : -
  Reverse-LSP name   : -
  Reverse-LSP LSR ID : -                Reverse-LSP Tunnel ID: -
  Class Type         : -                Tunnel Bandwidth      : -
  Reserved Bandwidth : -
  Setup Priority     : 0                Holding Priority       : 0
  Affinity Attr/Mask : -/-
  Explicit Path      : -
  Backup Explicit Path : -
  Metric Type        : TE
  Record Route       : -                Record Label          : -
  FRR Flag           : -                Bandwidth Protection  : -
  Backup Bandwidth Flag: -             Backup Bandwidth Type: -
  Backup Bandwidth   : -
  Bypass Tunnel      : -                Auto Created          : -
  Route Pinning      : -
  Retry Limit        : 3                Retry Interval        : 2 sec
  Reoptimization     : -                Reoptimization Freq   : -
  Backup Type        : -                Backup LSP ID         : -
  Auto Bandwidth     : -                Auto Bandwidth Freq   : -
  Min Bandwidth      : -                Max Bandwidth         : -
  Collected Bandwidth : -
  Traffic Policy     : Disable          Reserved for binding  : No
  Path SetupType     : -/-
  Binding SID        : -                Binding SID State     : -
  Last Down Reason   : Admin Down
  Down Time          : 2017-12-05 11:23:35:535

```

在各设备上执行 **display mpls lsp** 或 **display mpls static-sr-mpls** 命令，可以看到静态 SRLSP 的建立情况。

```

[RouterA] display mpls lsp
FEC                Proto      In/Out Label      Out Inter/NHLFE/LSINDEX
1.1.1.9/0/46565    StaticCR   -/21              GE3/1/2
                  30
1.1.1.9/1/46565    StaticCR   -/16000           GE3/1/2

```

```

-                               StaticCR  16/-          GE3/1/2
10.1.1.2                         Local    -/-          GE3/1/2
Tunnel0                          Local    -/-          NHLFE1
Tunnel1                          Local    -/-          NHLFE2
[RouterB] display mpls lsp
FEC                               Proto    In/Out Label    Out Inter/NHLFE/LSINDEX
5.5.5.9/32                       StaticCR 16000/16001    GE3/1/2
5.5.5.9/32                       StaticCR 16000/16001    GE3/1/3
-                               StaticCR  21/-          GE3/1/2
20.1.1.2                         Local    -/-          GE3/1/2
60.1.1.2                         Local    -/-          GE3/1/3
[RouterC] display mpls lsp
FEC                               Proto    In/Out Label    Out Inter/NHLFE/LSINDEX
5.5.5.9/32                       StaticCR 16001/-        -
-                               StaticCR  30/-          GE3/1/1
-                               StaticCR  31/-          GE3/1/3
30.1.1.2                         Local    -/-          GE3/1/1
50.1.1.2                         Local    -/-          GE3/1/3

```

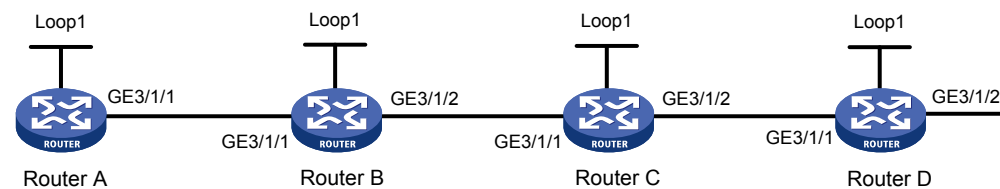
1.21.2 通过 IS-IS 通告 SID 配置举例

1. 组网需求

- 设备 Router A、Router B、Router C、Router D 运行 IS-IS 实现互通。
- 在设备的 Loopback 接口地址之间采用动态方式分配 SID，并根据分配的 SID 建立从 Router A 到 Router D 的 SRLSP，MPLS TE 隧道通过该 SRLSP 转发流量。

2. 组网图

图1-18 通过 IS-IS 通告 SID 组网图



设备	接口	IP地址	设备	接口	IP地址
Router A	Loop1	1.1.1.1/32	Router B	Loop1	2.2.2.2/32
	GE3/1/1	10.0.0.1/24		GE3/1/1	10.0.0.2/24
Router C				GE3/1/2	11.0.0.1/24
	Loop1	3.3.3.3/32	Router D	Loop1	4.4.4.4/32
	GE3/1/1	11.0.0.2/24		GE3/1/1	12.0.0.2/24
	GE3/1/2	12.0.0.1/24	GE3/1/2	100.1.2.1/24	

3. 配置步骤

- (1) 请按照图 1-18 配置各接口的 IP 地址和子网掩码，具体配置过程略

(2) 配置 IS-IS 协议实现网络层互通，开销值类型 wide

配置 Router A。

```
<RouterA> system-view
[RouterA] isis 1
[RouterA-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0001.00
[RouterA-isis-1] cost-style wide
[RouterA-isis-1] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterA] interface loopback 1
[RouterA-LoopBack1] isis enable 1
[RouterA-LoopBack1] quit
```

配置 Router B。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] isis 1
[RouterB-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0002.00
[RouterB-isis-1] cost-style wide
[RouterB-isis-1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterB] interface loopback 1
[RouterB-LoopBack1] isis enable 1
[RouterB-LoopBack1] quit
```

配置 Router C。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] isis 1
[RouterC-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0003.00
[RouterC-isis-1] cost-style wide
[RouterC-isis-1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterC] interface loopback 1
[RouterC-LoopBack1] isis enable 1
[RouterC-LoopBack1] quit
```

配置 Router D。

```
<RouterD> system-view
[RouterD] isis 1
[RouterD-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0004.00
```

```

[RouterD-isis-1] cost-style wide
[RouterD-isis-1] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterD-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterD] interface loopback 1
[RouterD-LoopBack1] isis enable 1
[RouterD-LoopBack1] quit

```

(3) 配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力

配置 Router A。

```

[RouterA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[RouterA] mpls te
[RouterA-te] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] quit

```

配置 Router B。

```

[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.2
[RouterB] mpls te
[RouterB-te] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit

```

配置 Router C。

```

[RouterC] mpls lsr-id 3.3.3.3
[RouterC] mpls te
[RouterC-te] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] quit

```

配置 Router D。

```

[RouterD] mpls lsr-id 4.4.4.4
[RouterD] mpls te
[RouterD-te] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] quit

```

(4) 配置 IS-IS SR 的 SRGB，同时在 IS-IS IPv4 单播地址族视图下开启 MPLS SR 功能。

配置 Router A。

```
[RouterA] isis 1
[RouterA-isis-1] segment-routing global-block 16000 16999
[RouterA-isis-1] address-family ipv4
[RouterA-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterA-isis-1-ipv4] quit
[RouterA-isis-1] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB] isis 1
[RouterB-isis-1] segment-routing global-block 17000 17999
[RouterB-isis-1] address-family ipv4
[RouterB-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterB-isis-1-ipv4] quit
[RouterB-isis-1] quit
```

配置 Router C。

```
[RouterC] isis 1
[RouterC-isis-1] segment-routing global-block 18000 18999
[RouterC-isis-1] address-family ipv4
[RouterC-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterC-isis-1-ipv4] quit
[RouterC-isis-1] quit
```

配置 Router D。

```
[RouterD] isis 1
[RouterD-isis-1] segment-routing global-block 19000 19999
[RouterD-isis-1] address-family ipv4
[RouterD-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterD-isis-1-ipv4] quit
[RouterD-isis-1] quit
```

(5) 配置各设备的前缀 SID 索引。

配置 Router A。

```
[RouterA] interface loopback 1
[RouterA-LoopBack1] isis prefix-sid index 10
```

配置 Router B。

```
[RouterB] interface loopback 1
[RouterB-LoopBack1] isis prefix-sid index 20
```

配置 Router C。

```
[RouterC] interface loopback 1
[RouterC-LoopBack1] isis prefix-sid index 30
```

配置 Router D。

```
[RouterD] interface loopback 1
[RouterD-LoopBack1] isis prefix-sid index 40
```

(6) 配置 MPLS TE 隧道

配置用于 MPLS TE 隧道的静态 SRLSP，出标签为源节点 Router A 为尾节点 Router D 分配的前缀标签 16040。

```
[RouterA] static-sr-mpls lsp static-sr-lsp-1 out-label 16040
```

在 Router A 上配置到 Router D 的 MPLS TE 隧道 Tunnel1：目的地址为 Router D 的 LoopBack 口地址 4.4.4.4；同时，配置 Tunnel1 引用静态 SRLSP。

```
[RouterA] interface tunnel 1 mode mpls-te
[RouterA-Tunnel1] ip address 6.1.1.1 255.255.255.0
[RouterA-Tunnel1] destination 4.4.4.4
[RouterA-Tunnel1] mpls te signaling static
[RouterA-Tunnel1] mpls te static-sr-mpls static-sr-lsp-1
[RouterA-Tunnel1] quit
```

(7) 配置静态路由使流量沿 MPLS TE 隧道转发

在 Router A 上配置静态路由，使得到达网络 100.1.2.0/24 的流量通过 MPLS TE 隧道接口 Tunnel1 转发。

```
[RouterA] ip route-static 100.1.2.0 24 tunnel 1 preference 1
```

4. 验证配置

在 Router A 上执行 **display isis** 可以看到 IS-IS 的配置情况。

```
[RouterA] display isis
```

IS-IS(1) Protocol Information

```
Network entity          : 00.0000.0000.0001.00
IS level                : level-1
Cost style              : Wide
Fast reroute           : Disabled
Preference              : 15
LSP length receive     : 1497
LSP length originate
  level-1               : 1497
Maximum imported routes : 100000
Timers
  LSP-max-age          : 1200
  LSP-refresh          : 900
  SPF mode             : Normal
  SPF intervals        : 5 50 200
```

Segment routing

```
MPLS                    : Enabled
Adjacency                : Disabled
global block             : 16000 16999
```

在 Router A 上执行 **display isis interface verbose** 可以看到 Loopback 接口上的 SID 配置情况。

```
[RouterA] display isis interface verbose
```

Interface information for IS-IS(1)

```
-----
Interface: LoopBack1
Index   IPv4 state   IPv6 state   Circuit ID  MTU   Type  DIS
00002   Up          Down         1           1536  L1/L2 --
SNPA address          : 0000-0000-0000
```



```

IP address                : 1.1.1.1
Secondary IP address(es)  :
IPv6 link-local address   :
Extended circuit ID       : 2
CSNP timer value          : L1          10 L2          10
Hello timer value         :                10
Hello multiplier value    :                3
LSP timer value           : L12         33
LSP transmit-throttle count : L12         5
Cost                      : L1           0 L2           0
IPv6 cost                 : L1           0 L2           0
Priority                   : L1          64 L2          64
Retransmit timer value    : L12         5
MPLS TE status           : L1 Disabled L2 Disabled
IPv4 BFD                  : Disabled
IPv6 BFD                  : Disabled
IPv4 FRR LFA backup       : Enabled
IPv6 FRR LFA backup       : Enabled
IPv4 prefix suppression   : Disabled
IPv6 prefix suppression   : Disabled
IPv4 tag                  : 0
IPv6 tag                  : 0
Prefix-SID type           : Index
Value                     : 10
Prefix-SID validity       : Valid

```

在 Router A 上执行 **display isis segment-routing global-block** 可以查看全网的 SRGB 信息。

```
[RouterA] display isis segment-routing global-block
```

```
Segment routing global block information for IS-IS(1)
```

```
-----
```

```
Level-1 SRGB
```

```
-----
```

System ID	Base	Range
0000.0000.0001	16000	1000
0000.0000.0002	17000	1000
0000.0000.0003	18000	1000
0000.0000.0004	19000	1000

在 Router A 上执行 **display isis route verbose** 可以查看绑定标签的路由信息。

```
[RouterA] display isis route verbose
```

```
Route information for IS-IS(1)
```

```
-----
```

```
Level-1 IPv4 Forwarding Table
```

```

-----
IPv4 Dest : 10.0.0.0/24      Int. Cost : 10      Ext. Cost : NULL
Admin Tag : -                Src Count  : 2      Flag      : D/L/-
InLabel   : 4294967295      InLabel Flag: -/-/-/-/-
NextHop   :                  Interface   :          ExitIndex  :
    Direct                GE3/1/1          0x00000102
Nib ID    : 0x0              OutLabel   : 4294967295  OutLabelFlag: -

IPv4 Dest : 11.0.0.0/24      Int. Cost : 20      Ext. Cost : NULL
Admin Tag : -                Src Count  : 2      Flag      : R/-/-
InLabel   : 4294967295      InLabel Flag: -/-/-/-/-
NextHop   :                  Interface   :          ExitIndex  :
    10.0.0.2              GE3/1/1          0x00000102
Nib ID    : 0x14000004      OutLabel   : 4294967295  OutLabelFlag: -

IPv4 Dest : 12.0.0.0/24      Int. Cost : 30      Ext. Cost : NULL
Admin Tag : -                Src Count  : 2      Flag      : R/-/-
InLabel   : 4294967295      InLabel Flag: -/-/-/-/-
NextHop   :                  Interface   :          ExitIndex  :
    10.0.0.2              GE3/1/1          0x00000102
Nib ID    : 0x14000004      OutLabel   : 4294967295  OutLabelFlag: -

IPv4 Dest : 1.1.1.1/32       Int. Cost : 0        Ext. Cost : NULL
Admin Tag : -                Src Count  : 1      Flag      : D/L/-
InLabel   : 16010           InLabel Flag: -/N/-/-/-/-
NextHop   :                  Interface   :          ExitIndex  :
    Direct                Loop1            0x00000584
Nib ID    : 0x0              OutLabel   : 4294967295  OutLabelFlag: -

IPv4 Dest : 2.2.2.2/32       Int. Cost : 10      Ext. Cost : NULL
Admin Tag : -                Src Count  : 1      Flag      : R/-/-
InLabel   : 16020           InLabel Flag: -/N/-/-/-/-
NextHop   :                  Interface   :          ExitIndex  :
    10.0.0.2              GE3/1/1          0x00000102
Nib ID    : 0x14000003      OutLabel   : 17020       OutLabelFlag: I

IPv4 Dest : 3.3.3.3/32       Int. Cost : 20      Ext. Cost : NULL
Admin Tag : -                Src Count  : 1      Flag      : R/-/-
InLabel   : 16030           InLabel Flag: -/N/-/-/-/-
NextHop   :                  Interface   :          ExitIndex  :
    10.0.0.2              GE3/1/1          0x00000102
Nib ID    : 0x14000002      OutLabel   : 17030       OutLabelFlag: -

IPv4 Dest : 4.4.4.4/32       Int. Cost : 20      Ext. Cost : NULL
Admin Tag : -                Src Count  : 1      Flag      : R/-/-
InLabel   : 16040           InLabel Flag: -/N/-/-/-/-
NextHop   :                  Interface   :          ExitIndex  :

```

10.0.0.2	GE3/1/1	0x00000102
Nib ID : 0x14000002	OutLabel : 17040	OutLabelFlag: -

Flags: D-Direct, R-Added to Rib, L-Advertised in LSPs, U-Up/Down Bit Set

InLabel flags: R-Readvertisement, N-Node SID, P-no PHP
E-Explicit null, V-Value, L-Local

OutLabelFlags: E-Explicit null, I-Implicit null, N-Normal

在 Router A 上执行 **display mpls lsp** 可以看到 MPLS 标签转发路径信息。

[RouterA] display mpls lsp

FEC	Proto	In/Out Label	Out Inter/NHLFE/LSINDEX
10.0.0.2	Local	-/-	GE3/1/1
1.1.1.1/32	ISIS	16010/-	-
2.2.2.2/32	ISIS	16020/3	GE3/1/1
2.2.2.2/32	ISIS	-/3	GE3/1/1
3.3.3.3/32	ISIS	16030/17030	GE3/1/1
3.3.3.3/32	ISIS	-/17030	GE3/1/1
4.4.4.4/32	ISIS	16040/17040	GE3/1/1
4.4.4.4/32	ISIS	-/17040	GE3/1/1

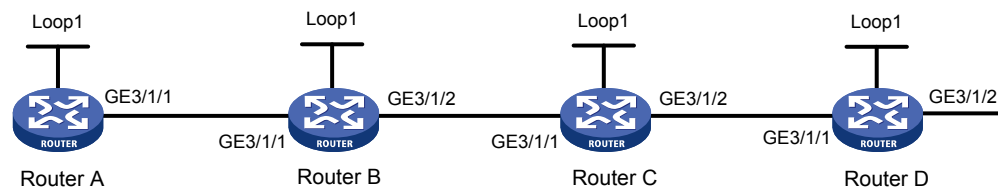
1.21.3 通过 OSPF 通告 SID 配置举例

1. 组网需求

- 设备 Router A、Router B、Router C、Router D 运行 OSPF 实现互通。
- 在设备的 Loopback 接口地址之间采用动态方式分配 SID，并根据分配的 SID 建立从 Router A 到 Router D 的 SRLSP，MPLS TE 隧道通过该 SRLSP 转发流量。

2. 组网图

图1-19 通过 OSPF 通告 SID 组网图



设备	接口	IP地址	设备	接口	IP地址
Router A	Loop1	1.1.1.1/32	Router B	Loop1	2.2.2.2/32
	GE3/1/1	10.0.0.1/24		GE3/1/1	10.0.0.2/24
				GE3/1/2	11.0.0.1/24
Router C	Loop1	3.3.3.3/32	Router D	Loop1	4.4.4.4/32
	GE3/1/1	11.0.0.2/24		GE3/1/1	12.0.0.2/24
	GE3/1/2	12.0.0.1/24		GE3/1/2	100.1.2.1/24

3. 配置步骤

- (1) 请按照图 1-19 配置各接口的 IP 地址和子网掩码，具体配置过程略
- (2) 配置 OSPF 协议实现网络层互通

配置 Router A。

```
<RouterA> system-view
[RouterA] ospf 1 router-id 1.1.1.1
[RouterA-ospf-1] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 0
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterA] interface loopback 1
[RouterA-LoopBack1] ospf 1 area 0
[RouterA-LoopBack1] quit
```

配置 Router B。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] ospf 1 router-id 2.2.2.2
[RouterB-ospf-1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 0
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] ospf 1 area 0
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterB] interface loopback 1
[RouterB-LoopBack1] ospf 1 area 0
[RouterB-LoopBack1] quit
```

配置 Router C。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] ospf 1 router-id 3.3.3.3
[RouterC-ospf-1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 0
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] ospf 1 area 0
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterC] interface loopback 1
[RouterC-LoopBack1] ospf 1 area 0
[RouterC-LoopBack1] quit
```

配置 Router D。

```
<RouterD> system-view
[RouterD] ospf 1 router-id 4.4.4.4
[RouterD-ospf-1] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 0
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

```
[RouterD] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterD-GigabitEthernet3/1/2] ospf 1 area 0
[RouterD-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterD] interface loopback 1
[RouterD-LoopBack1] ospf 1 area 0
[RouterD-LoopBack1] quit
```

(3) 配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力

配置 Router A。

```
[RouterA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[RouterA] mpls te
[RouterA-te] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.2
[RouterB] mpls te
[RouterB-te] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

配置 Router C。

```
[RouterC] mpls lsr-id 3.3.3.3
[RouterC] mpls te
[RouterC-te] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

配置 Router D。

```
[RouterD] mpls lsr-id 4.4.4.4
[RouterD] mpls te
[RouterD-te] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

(4) 配置 OSPF SR 的 SRGB，同时在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能

配置 Router A。

```
[RouterA] ospf 1
[RouterA-ospf-1] segment-routing global-block 16000 16999
[RouterA-ospf-1] segment-routing mpls
[RouterA-ospf-1] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB] ospf 1
[RouterB-ospf-1] segment-routing global-block 17000 17999
[RouterB-ospf-1] segment-routing mpls
[RouterB-ospf-1] quit
```

配置 Router C。

```
[RouterC] ospf 1
[RouterC-ospf-1] segment-routing global-block 18000 18999
[RouterC-ospf-1] segment-routing mpls
[RouterC-ospf-1] quit
```

配置 Router D。

```
[RouterD] ospf 1
[RouterD-ospf-1] segment-routing global-block 19000 19999
[RouterD-ospf-1] segment-routing mpls
[RouterD-ospf-1] quit
```

(5) 配置各设备的前缀 SID 索引

配置 Router A。

```
[RouterA] interface loopback 1
[RouterA-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 10
[RouterA-LoopBack1] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB] interface loopback 1
[RouterB-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 20
```

配置 Router C。

```
[RouterC] interface loopback 1
[RouterC-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 30
```

配置 Router D。

```
[RouterD] interface loopback 1
[RouterD-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 40
```

(6) 配置 MPLS TE 隧道

配置用于 MPLS TE 隧道的静态 SRLSP，出标签为源节点 Router A 为尾节点 Router D 分配的前缀标签 16040。

```
[RouterA] static-sr-mpls lsp static-sr-lsp-1 out-label 16040
```

在 Router A 上配置到 Router D 的 MPLS TE 隧道 Tunnel1：目的地址为 Router D 的 LoopBack 口地址 4.4.4.4；同时，配置 Tunnel1 引用静态 SRLSP。

```
[RouterA] interface tunnel 1 mode mpls-te
[RouterA-Tunnel1] ip address 6.1.1.1 255.255.255.0
[RouterA-Tunnel1] destination 4.4.4.4
[RouterA-Tunnel1] mpls te signaling static
[RouterA-Tunnel1] mpls te static-sr-mpls static-sr-lsp-1
[RouterA-Tunnel1] quit
```

(7) 配置静态路由使流量沿 MPLS TE 隧道转发

在 Router A 上配置静态路由，使得到达网络 100.1.2.0/24 的流量通过 MPLS TE 隧道接口 Tunnel1 转发。

```
[RouterA] ip route-static 100.1.2.0 24 tunnel 1 preference 1
```

4. 验证配置

在 Router A 上查看 OSPF 的配置情况和 Loopback 接口上的 SID 配置情况。

```
[RouterA] display ospf
```

```
OSPF Process 1 with Router ID 1.1.1.1
  OSPF Protocol Information

  RouterID: 1.1.1.1          Router type:
  Route tag: 0
  Multi-VPN-Instance is not enabled
  Ext-community type: Domain ID 0x5, Route Type 0x306, Router ID 0x107
  Domain ID: 0.0.0.0
  Opaque capable
  ISPF is enabled
  SPF-schedule-interval: 5 50 200
  LSA generation interval: 5 50 200
  LSA arrival interval: 1000 500 500
  Transmit pacing: Interval: 20 Count: 3
  Default ASE parameters: Metric: 1 Tag: 1 Type: 2
  Route preference: 10
  ASE route preference: 150
  SPF calculation count: 16
  RFC 1583 compatible
  Graceful restart interval: 120
  SNMP trap rate limit interval: 10 Count: 7
  Area count: 1  NSSA area count: 0
  ExChange/Loading neighbors: 0
  MPLS segment routing: Enabled
    Segment routing adjacency      : Disabled
    Segment routing global block: 16000 16999

  Area: 0.0.0.0          (MPLS TE not enabled)
  Authentication type: None  Area flag: Normal
  SPF scheduled count: 4
  ExChange/Loading neighbors: 0

  Interface: 10.0.0.1 (GigabitEthernet3/1/1)
  Cost: 1          State: DR          Type: Broadcast      MTU: 1500
  Priority: 1
  Designated router: 10.0.0.1
  Backup designated router: 10.0.0.2
  Timers: Hello 10, Dead 40, Poll 40, Retransmit 5, Transmit Delay 1
  FRR backup: Enabled
  Enabled by interface configuration (including secondary IP addresses)

  Interface: 1.1.1.1 (LoopBack1)
  Cost: 0          State: Loopback    Type: PTP            MTU: 1536
```

```

Timers: Hello 10, Dead 40, Poll 40, Retransmit 5, Transmit Delay 1
FRR backup: Enabled
Enabled by interface configuration (including secondary IP addresses)
Prefix-SID type: Index
Value: 10
Process ID: ospf 1
Prefix-SID validity: Valid

```

在 Router A 上查看全网的 SRGB 信息。

```

[RouterA] display ospf segment-routing global-block
      OSPF Process 1 with Router ID 1.1.1.1
      Segment Routing Global Block

      Area: 0.0.0.0

```

Router ID	Min SID	Max SID	Total
4.4.4.4	19000	19999	1000
3.3.3.3	18000	18999	1000
2.2.2.2	17000	17999	1000
1.1.1.1	16000	16999	1000

在 Router A 上查看绑定标签的路由信息。

```

[RouterA] display ospf routing verbose

      OSPF Process 1 with Router ID 1.1.1.1
      Routing Table

      Topology base (MTID 0)

Routing for network

Destination: 11.0.0.0/24
  Priority: Low                               Type: Transit
  AdvRouter: 3.3.3.3                          Area: 0.0.0.0
  SubProtoID: 0x1                             Preference: 10
  NextHop: 10.0.0.2                           BkNextHop: N/A
  IfType: Broadcast                           BkIfType: N/A
  Interface: GE3/1/1                          BkInterface: N/A
  NibID: 0x13000005                          Status: Normal
  Cost: 2
  InLabel: 4294967295
  OutLabel: 4294967295                       OutLabel flag: N

Destination: 10.0.0.0/24
  Priority: Low                               Type: Transit
  AdvRouter: 1.1.1.1                          Area: 0.0.0.0
  SubProtoID: 0x1                             Preference: 10
  NextHop: 0.0.0.0                           BkNextHop: N/A
  IfType: Broadcast                           BkIfType: N/A
  Interface: GE3/1/1                          BkInterface: N/A
  NibID: 0x13000001                          Status: Direct

```



```

        Cost: 1
        InLabel: 4294967295
        OutLabel: 4294967295      OutLabel flag: N

Destination: 4.4.4.4/32
    Priority: Medium                Type: Stub
    AdvRouter: 4.4.4.4              Area: 0.0.0.0
    SubProtoID: 0x1                 Preference: 10
    NextHop: 10.0.0.2               BkNextHop: N/A
    IfType: Broadcast               BkIfType: N/A
    Interface: GE3/1/1              BkInterface: N/A
    NibID: 0x13000005              Status: Normal
    Cost: 2
    InLabel: 16040
    OutLabel: 17040                OutLabel flag: N

Destination: 3.3.3.3/32
    Priority: Medium                Type: Stub
    AdvRouter: 3.3.3.3              Area: 0.0.0.0
    SubProtoID: 0x1                 Preference: 10
    NextHop: 10.0.0.2               BkNextHop: N/A
    IfType: Broadcast               BkIfType: N/A
    Interface: GE13/1/1             BkInterface: N/A
    NibID: 0x13000005              Status: Normal
    Cost: 2
    InLabel: 16030
    OutLabel: 17030                OutLabel flag: N

Destination: 2.2.2.2/32
    Priority: Medium                Type: Stub
    AdvRouter: 2.2.2.2              Area: 0.0.0.0
    SubProtoID: 0x1                 Preference: 10
    NextHop: 10.0.0.2               BkNextHop: N/A
    IfType: Broadcast               BkIfType: N/A
    Interface: GE3/1/1              BkInterface: N/A
    NibID: 0x13000005              Status: Normal
    Cost: 1
    InLabel: 16020
    OutLabel: 17020                OutLabel flag: N

Destination: 1.1.1.1/32
    Priority: Medium                Type: Stub
    AdvRouter: 1.1.1.1              Area: 0.0.0.0
    SubProtoID: 0x1                 Preference: 10
    NextHop: 0.0.0.0                BkNextHop: N/A
    IfType: PTP                     BkIfType: N/A
    Interface: Loop1                 BkInterface: N/A
    NibID: 0x13000002              Status: Direct

```

```

Cost: 0
InLabel: 16010
OutLabel: 4294967295    OutLabel flag: N

```

```

Total nets: 6
Intra area: 6  Inter area: 0  ASE: 0  NSSA: 0

```

在 Router A 上查看 MPLS 标签转发路径信息。

```

[RouterA] display mpls lsp
FEC                Proto    In/Out Label    Out Inter/NHLFE/LSINDEX
10.0.0.2           Local    -/-           GE3/1/1
1.1.1.1/32         OSPF     16010/-      -
2.2.2.2/32         OSPF     16020/3      GE3/1/1
2.2.2.2/32         OSPF     -/3          GE3/1/1
3.3.3.3/32         OSPF     16030/17030  GE3/1/1
3.3.3.3/32         OSPF     -/17030      GE3/1/1
4.4.4.4/32         OSPF     16040/17040  GE3/1/1
4.4.4.4/32         OSPF     -/17040      GE3/1/1

```

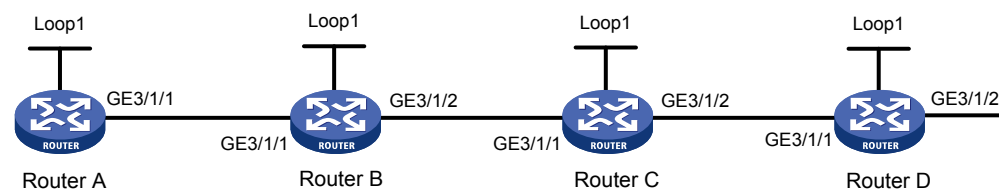
1.21.4 通过显式路径计算 SRLSP 配置举例

1. 组网需求

- 设备 Router A、Router B、Router C、Router D 运行 IGP 实现互通，这里以 IS-IS 举例。
- 在设备的 Loopback 接口地址之间采用动态方式分配 SID，并在头节点配置显式路径建立从 Router A 到 Router D 的 SRLSP，MPLS TE 隧道通过该 SRLSP 转发流量。

2. 组网图

图1-20 通过显式路径计算 SRLSP 组网图



设备	接口	IP地址	设备	接口	IP地址
Router A	Loop1	1.1.1.1/32	Router B	Loop1	2.2.2.2/32
	GE3/1/1	10.0.0.1/24		GE3/1/1	10.0.0.2/24
Router C			Router D	GE3/1/2	11.0.0.1/24
	Loop1	3.3.3.3/32		Loop1	4.4.4.4/32
	GE3/1/1	11.0.0.2/24		GE3/1/1	12.0.0.2/24
	GE3/1/2	12.0.0.1/24	GE3/1/2	100.1.2.1/24	

3. 配置步骤

- (1) 请按照图 1-20 配置各接口的 IP 地址和子网掩码，具体配置过程略
- (2) 配置 IS-IS 协议实现网络层互通，开销值类型 wide

配置 Router A。

```
<RouterA> system-view
[RouterA] isis 1
[RouterA-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0001.00
[RouterA-isis-1] cost-style wide
[RouterA-isis-1] is-level level-1
[RouterA-isis-1] mpls te enable
[RouterA-isis-1] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterA] interface loopback 1
[RouterA-LoopBack1] isis enable 1
[RouterA-LoopBack1] quit
```

配置 Router B。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] isis 1
[RouterB-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0002.00
[RouterB-isis-1] cost-style wide
[RouterB-isis-1] is-level level-1
[RouterB-isis-1] mpls te enable
[RouterB-isis-1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterB] interface loopback 1
[RouterB-LoopBack1] isis enable 1
[RouterB-LoopBack1] quit
```

配置 Router C。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] isis 1
[RouterC-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0003.00
[RouterC-isis-1] cost-style wide
[RouterC-isis-1] is-level level-1
[RouterC-isis-1] mpls te enable
[RouterC-isis-1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterC] interface loopback 1
[RouterC-LoopBack1] isis enable 1
[RouterC-LoopBack1] quit
```

配置 Router D。

```
<RouterD> system-view
[RouterD] isis 1
[RouterD-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0004.00
[RouterD-isis-1] cost-style wide
[RouterD-isis-1] is-level level-1
[RouterD-isis-1] mpls te enable
[RouterD-isis-1] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterD-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterD] interface loopback 1
[RouterD-LoopBack1] isis enable 1
[RouterD-LoopBack1] quit
```

(3) 配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力

配置 Router A。

```
[RouterA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[RouterA] mpls te
[RouterA-te] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.2
[RouterB] mpls te
[RouterB-te] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

配置 Router C。

```
[RouterC] mpls lsr-id 3.3.3.3
[RouterC] mpls te
[RouterC-te] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

配置 Router D。

```
[RouterD] mpls lsr-id 4.4.4.4
```

```
[RouterD] mpls te
[RouterD-te] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

- (4) 配置 IS-IS SR 的 SRGB，同时在 IS-IS IPv4 单播地址族视图下开启 MPLS SR 功能。

配置 Router A。

```
[RouterA] isis 1
[RouterA-isis-1] segment-routing global-block 16000 16999
[RouterA-isis-1] address-family ipv4
[RouterA-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterA-isis-1-ipv4] quit
[RouterA-isis-1] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB] isis 1
[RouterB-isis-1] segment-routing global-block 17000 17999
[RouterB-isis-1] address-family ipv4
[RouterB-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterB-isis-1-ipv4] quit
[RouterB-isis-1] quit
```

配置 Router C。

```
[RouterC] isis 1
[RouterC-isis-1] segment-routing global-block 18000 18999
[RouterC-isis-1] address-family ipv4
[RouterC-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterC-isis-1-ipv4] quit
[RouterC-isis-1] quit
```

配置 Router D。

```
[RouterD] isis 1
[RouterD-isis-1] segment-routing global-block 19000 19999
[RouterD-isis-1] address-family ipv4
[RouterD-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterD-isis-1-ipv4] quit
[RouterD-isis-1] quit
```

- (5) 配置各设备的前缀 SID 索引。

配置 Router A。

```
[RouterA] interface loopback 1
[RouterA-LoopBack1] isis prefix-sid index 10
[RouterA-LoopBack1] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB] interface loopback 1
[RouterB-LoopBack1] isis prefix-sid index 20
[RouterB-LoopBack1] quit
```

配置 Router C。

```
[RouterC] interface loopback 1
[RouterC-LoopBack1] isis prefix-sid index 30
```

```
[RouterC-LoopBack1] quit
```

配置 Router D。

```
[RouterD] interface loopback 1
```

```
[RouterD-LoopBack1] isis prefix-sid index 40
```

```
[RouterD-LoopBack1] quit
```

(6) 配置显式路径。

在 Router A 上配置到 Router D 的显式路径 1：采用 prefix 标签方式，逐跳配置标签值，建立 SRLSP。

```
[RouterA] explicit-path 1
```

```
[RouterA-explicit-path-1] nextsid label 16020 type prefix
```

```
[RouterA-explicit-path-1] nextsid label 17030 type prefix
```

```
[RouterA-explicit-path-1] nextsid label 18040 type prefix
```

```
[RouterA-explicit-path-1] quit
```

(7) 配置 MPLS TE 隧道。

在 Router A 上配置到 Router D 的 MPLS TE 隧道 Tunnel1：目的地址为 Router D 的 LoopBack 口地址 4.4.4.4；同时，配置 Tunnel1 引用显式路径 1，使流量沿 MPLS TE 隧道转发。

```
[RouterA] interface tunnel 1 mode mpls-te
```

```
[RouterA-Tunnel1] ip address unnumbered interface LoopBack 1
```

```
[RouterA-Tunnel1] destination 4.4.4.4
```

```
[RouterA-Tunnel1] mpls te signaling segment-routing
```

```
[RouterA-Tunnel1] mpls te path preference 1 explicit-path 1
```

```
[RouterA-Tunnel1] quit
```

4. 验证配置

在 Router A 上执行 **display mpls lsp** 可以看到 MPLS 标签转发路径信息。

```
[RouterA] display mpls lsp
```

FEC	Proto	In/Out Label	Out Inter/NHLFE/LSINDEX
10.0.0.2	Local	-/-	GE3/1/1
Tunnel1	Local	-/-	NHLFE6
1.1.1.1/32	ISIS	16010/-	-
2.2.2.2/32	ISIS	16020/3	GE3/1/1
2.2.2.2/32	ISIS	-/3	GE3/1/1
3.3.3.3/32	ISIS	16030/17030	GE3/1/1
3.3.3.3/32	ISIS	-/17030	GE3/1/1
4.4.4.4/32	ISIS	16040/17040	GE3/1/1
4.4.4.4/32	ISIS	-/17040	GE3/1/1
1.1.1.1/1/17700	SR-TE	-/17030	GE3/1/1
		18040	

在 Router A 上执行 **display mpls te tunnel-interface** 可以看到 MPLS TE 隧道接口信息。

```
[RouterA] display mpls te tunnel-interface tunnel 1
```

```
Tunnel Name          : Tunnel 1
```

```
Tunnel State         : Up (Main CRLSP up.
```

```
                    Main Shared-resource CRLSP down.
```

```
                    Backup CRLSP down.)
```

```

Tunnel Attributes      :
  LSP ID               : 17700           Tunnel ID             : 1
  Admin State          : Normal
  Ingress LSR ID       : 1.1.1.1         Egress LSR ID        : 4.4.4.4
  Signaling            : Segment-Routing Static CRLSP Name   : -
  Resv Style           : SE
  Tunnel mode          : -
  Reverse-LSP name     : -
  Reverse-LSP LSR ID  : -                 Reverse-LSP Tunnel ID: -
  Class Type           : CT0              Tunnel Bandwidth      : 0 kbps
  Reserved Bandwidth  : 0 kbps
  Setup Priority        : -                 Holding Priority      : -
  Affinity Attr/Mask  : 0/0
  Explicit Path        : 1
  Backup Explicit Path : -
  Metric Type          : TE
  Record Route         : Disabled          Record Label          : Disabled
  FRR Flag             : Disabled          Bandwidth Protection : Disabled
  Backup Bandwidth Flag: Disabled          Backup Bandwidth Type: -
  Backup Bandwidth     : -
  Bypass Tunnel        : No                Auto Created           : No
  Route Pinning        : Disabled
  Retry Limit          : 3                  Retry Interval         : 2 sec
  Reoptimization       : Disabled          Reoptimization Freq   : -
  Backup Type           : None              Backup LSP ID          : -
  Backup Restore Time  : -
  Auto Bandwidth        : Disabled          Auto Bandwidth Freq   : -
  Min Bandwidth         : -                 Max Bandwidth          : -
  Collected Bandwidth : -                 Service-Class          : -
  Traffic Policy        : Disable
  Path Setup Type      : EXPLICIT/-
  Binding SID           : -                 Binding SID State      : -
  Last Down Reason      : Signal Error
  Down Time             : 2018-11-13 14:34:06:232

```

在 Router A 上执行 **display mpls forwarding nhlfe** 可以看到下一跳标签转发表项信息。到达目的出标签为两层标签，流量通过显示路径 1 转发。

```
[RouterA] display mpls forwarding nhlfe
```

```
Total NHLFE entries: 3
```

```

Flags: T - Forwarded through a tunnel
       N - Forwarded through the outgoing interface to the nexthop IP address
       B - Backup forwarding information
       A - Active forwarding information
       M - P2MP forwarding information

```

```

NID      Tnl-Type  Flag OutLabel Forwarding Info
-----
5        LOCAL   NA   -           GE3/1/1         10.0.0.2

```

6	SRLSP	NA	17030	GE3/1/1	10.0.0.2
			18040		
268435457	TE	TA	-		6

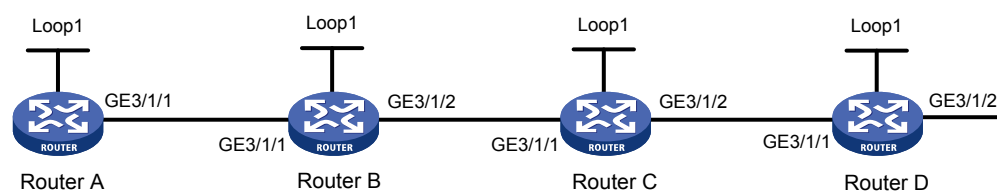
1.21.5 通过 PCE 计算 SRLSP 配置举例

1. 组网需求

- 设备 Router A、Router B、Router C、Router D 运行 IGP 实现互通，这里以 IS-IS 举例。
- 设备 Router B、Router C、Router D 为 PCE；Router A 作为 PCC，静态配置 PCE，并向 PCE 请求计算从 Router A 到 Router D 的 IS-IS 区域路径。

2. 组网图

图1-21 通过 PCE 计算 SRLSP 组网图



设备	接口	IP地址	设备	接口	IP地址
Router A	Loop1	1.1.1.1/32	Router B	Loop1	2.2.2.2/32
	GE3/1/1	10.0.0.1/24		GE3/1/1	10.0.0.2/24
				GE3/1/2	11.0.0.1/24
Router C	Loop1	3.3.3.3/32	Router D	Loop1	4.4.4.4/32
	GE3/1/1	11.0.0.2/24		GE3/1/1	12.0.0.2/24
	GE3/1/2	12.0.0.1/24		GE3/1/2	100.1.2.1/24

3. 配置步骤

- (1) 请按照图 1-21 配置各接口的 IP 地址和子网掩码，具体配置过程略
- (2) 配置 IS-IS 协议实现网络层互通，开销值类型 wide

配置 Router A。

```

<RouterA> system-view
[RouterA] isis 1
[RouterA-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0001.00
[RouterA-isis-1] cost-style wide
[RouterA-isis-1] mpls te enable
[RouterA-isis-1] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterA] interface loopback 1
[RouterA-LoopBack1] isis enable 1
[RouterA-LoopBack1] quit

```

配置 Router B。


```
<RouterB> system-view
[RouterB] isis 1
[RouterB-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0002.00
[RouterB-isis-1] cost-style wide
[RouterB-isis-1] mpls te enable
[RouterB-isis-1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterB] interface loopback 1
[RouterB-LoopBack1] isis enable 1
[RouterB-LoopBack1] quit
```

配置 Router C。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] isis 1
[RouterC-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0003.00
[RouterC-isis-1] cost-style wide
[RouterC-isis-1] mpls te enable
[RouterC-isis-1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterC] interface loopback 1
[RouterC-LoopBack1] isis enable 1
[RouterC-LoopBack1] quit
```

配置 Router D。

```
<RouterD> system-view
[RouterD] isis 1
[RouterD-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0004.00
[RouterD-isis-1] cost-style wide
[RouterD-isis-1] mpls te enable
[RouterD-isis-1] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterD-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterD] interface loopback 1
[RouterD-LoopBack1] isis enable 1
[RouterD-LoopBack1] quit
```

- (3) 配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力

配置 Router A。

```
[RouterA] mpls lsr-id 1.1.1.1
[RouterA] mpls te
[RouterA-te] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] mpls te enable
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.2
[RouterB] mpls te
[RouterB-te] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] mpls te enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] mpls te enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

配置 Router C。

```
[RouterC] mpls lsr-id 3.3.3.3
[RouterC] mpls te
[RouterC-te] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] mpls te enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] mpls te enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

配置 Router D。

```
[RouterD] mpls lsr-id 4.4.4.4
[RouterD] mpls te
[RouterD-te] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] mpls te enable
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

- (4) 配置在 IS-IS IPv4 单播地址族视图下开启 MPLS SR 功能。

配置 Router A。

```
[RouterA] isis 1
[RouterA-isis-1] address-family ipv4
[RouterA-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterA-isis-1-ipv4] quit
[RouterA-isis-1] quit
```

```
# 配置 Router B。
[RouterB] isis 1
[RouterB-isis-1] address-family ipv4
[RouterB-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterB-isis-1-ipv4] quit
[RouterB-isis-1] quit
```

```
# 配置 Router C。
[RouterC] isis 1
[RouterC-isis-1] address-family ipv4
[RouterC-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterC-isis-1-ipv4] quit
[RouterC-isis-1] quit
```

```
# 配置 Router D。
[RouterD] isis 1
[RouterD-isis-1] address-family ipv4
[RouterD-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterD-isis-1-ipv4] quit
[RouterD-isis-1] quit
```

(5) 配置 Router B、Router C 和 Router D 为 PCE

```
# 配置 Router B。
[RouterB] mpls te
[RouterB-te] pce address 2.2.2.2
```

```
# 配置 Router C。
[RouterC] mpls te
[RouterC-te] pce address 3.3.3.3
```

```
# 配置 Router D。
[RouterD] mpls te
[RouterD-te] pce address 4.4.4.4
```

(6) 配置 RouterA 作为 PCC 并使用静态方式指定 PCE

```
# 配置 Router A。
[RouterA] mpls te
[RouterA-te] pcep type active-stateful
[RouterA-te] pce static 2.2.2.2
[RouterA-te] pce static 3.3.3.3
[RouterA-te] pce static 4.4.4.4
```

(7) 配置 MPLS TE 隧道使用 PCE 托管方式计算 SRLSP

```
# 配置 Router A。
[RouterA] interface tunnel 1 mode mpls-te
[RouterA-Tunnel1] ip address unnumbered interface LoopBack1
[RouterA-Tunnel1] mpls te signaling segment-routing
[RouterA-Tunnel1] mpls te delegation
[RouterA-Tunnel1] destination 4.4.4.4
```

4. 验证配置

配置完成后，在各设备上执行 **display mpls te pce discovery verbose**，可以查看到自动发现的 PCE。以 Router A 为例：

```
[RouterA] display mpls te pce discovery verbose
PCE address: 2.2.2.2
Discovery methods: Static
Path scopes:
  Path scope                                     Preference
  Compute intra-area paths                       7
  Act as PCE for inter-area TE LSP computation  6
Capabilities:
  Bidirectional path computation
  Support for request prioritization
  Support for multiple requests per message
```

```
PCE address: 3.3.3.3
Discovery methods: Static
Path scopes:
  Path scope                                     Preference
  Compute intra-area paths                       7
  Act as PCE for inter-area TE LSP computation  6
Capabilities:
  Bidirectional path computation
  Support for request prioritization
  Support for multiple requests per message
```

```
PCE address: 4.4.4.4
Discovery methods: Static
Path scopes:
  Path scope                                     Preference
  Compute intra-area paths                       7
  Act as PCE for inter-area TE LSP computation  6
Capabilities:
  Bidirectional path computation
  Support for request prioritization
  Support for multiple requests per message
```

在各设备上执行 **display mpls te pce peer verbose**，可以查看到建立的 PCEP 会话，显示会话状态 UP。以 Router A 为例：

```
[RouterA] display mpls te pce peer verbose
Peer address: 2.2.2.2
TCP connection      : 1.1.1.1:36818 -> 2.2.2.2:4189
Peer type           : PCE
Session type        : Stateless
Session state       : UP
Mastership          : Normal
Role                : Active
Session up time     : 0000 days 00 hours 15 minutes
Session ID          : Local 0, Peer 0
Keepalive interval  : Local 30 sec, Peer 30 sec
Recommended DeadTimer : Local 120 sec, Peer 120 sec
Tolerance:
```

```

    Min keepalive interval : 10 sec
    Max unknown messages   : 5
Request timeout           : 10 sec
Capability for Initiate   : No
Capability for Segment-Routing: No

Peer address: 3.3.3.3
TCP connection           : 1.1.1.1:36821 -> 3.3.3.3:4189
Peer type                : PCE
Session type            : Stateless
Session state           : UP
Mastership              : Normal
Role                    : Active
Session up time         : 0000 days 00 hours 13 minutes
Session ID              : Local 1, Peer 0
Keepalive interval      : Local 30 sec, Peer 30 sec
Recommended DeadTimer   : Local 120 sec, Peer 120 sec
Tolerance:
    Min keepalive interval : 10 sec
    Max unknown messages   : 5
Request timeout           : 10 sec
Capability for Initiate   : No
Capability for Segment-Routing: No

```

```

Peer address: 4.4.4.4
TCP connection           : 1.1.1.1:36822 -> 4.4.4.4:4189
Peer type                : PCE
Session type            : Stateless
Session state           : UP
Mastership              : Normal
Role                    : Active
Session up time         : 0000 days 00 hours 13 minutes
Session ID              : Local 2, Peer 0
Keepalive interval      : Local 30 sec, Peer 30 sec
Recommended DeadTimer   : Local 120 sec, Peer 120 sec
Tolerance:
    Min keepalive interval : 10 sec
    Max unknown messages   : 5
Request timeout           : 10 sec
Capability for Initiate   : No
Capability for Segment-Routing: No

```

1.21.6 跨域 VPN-OptionB 方式 MPLS SR 配置举例

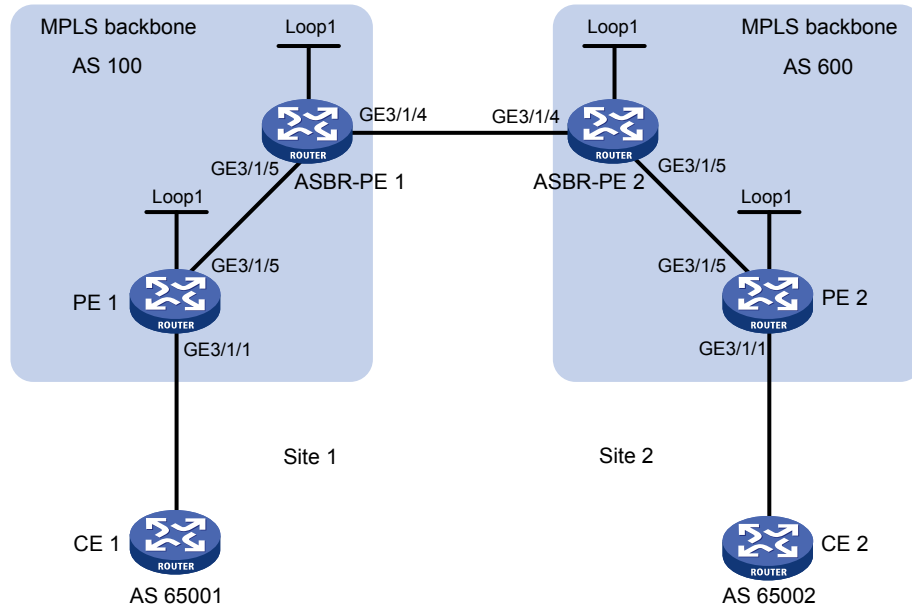
1. 组网需求

- 在设备的 Loopback 接口地址之间采用动态方式分配 SID，并根据分配的 SID 建立 SRLSP，MPLS TE 隧道通过该 SRLSP 转发流量。
- 同一自治系统内的 PE 设备之间运行 OSPF 作为 IGP，使能 OSPF SR；

- 不同自治系统内的 ASBR-PE 设备之间运行 MPLS TE 隧道，开启 BGP-EPE 功能；
- PE 1 与 ASBR-PE 1 间通过 MP IBGP 交换标签 VPNv4 路由；
- PE 2 与 ASBR-PE 2 通过 MP IBGP 交换标签 VPNv4 路由；
- ASBR-PE 1 与 ASBR-PE 2 建立 MP-EBGP 对等体交换 VPNv4 路由；
- ASBR 上不接收的 VPNv4 路由进行 Route Target 过滤。

2. 组网图

图1-22 跨域 VPN-OptionB 方式 MPLS SR 组网图



设备	接口	IP地址	设备	接口	IP地址
PE 1	Loop1	2.2.2.9/32	PE 2	Loop1	5.5.5.9/32
	GE3/1/1	30.0.0.1/24		GE3/1/1	20.0.0.1/24
	GE3/1/5	1.1.1.2/8		GE3/1/5	9.1.1.2/8
ASBR-PE 1	Loop1	3.3.3.9/32	ASBR-PE 2	Loop1	4.4.4.9/32
	GE3/1/5	1.1.1.1/8		GE3/1/5	9.1.1.1/8
	GE3/1/4	11.0.0.2/8		GE3/1/4	11.0.0.1/8

3. 配置步骤

(1) 配置各接口的 IP 地址。

按照图 1-22 配置各接口的 IP 地址和掩码，部分配置过程略。

(2) 配置 PE 1

在 PE 1 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力。

```
<PE1> system-view
[PE1] ospf 1 router-id 2.2.2.9
[PE1-ospf-1] quit
[PE1] interface gigabitethernet 3/1/5
[PE1-GigabitEthernet3/1/5] ip address 1.1.1.2 255.0.0.0
```

```

[PE1-GigabitEthernet3/1/5] ospf 1 area 0
[PE1-GigabitEthernet3/1/5] mpls enable
[PE1-GigabitEthernet3/1/5] quit
[PE1] interface loopback 1
[PE1-LoopBack1] ip address 2.2.2.9 32
[PE1-LoopBack1] ospf 1 area 0
[PE1-LoopBack1] quit
[PE1] mpls lsr-id 2.2.2.9
[PE1] mpls te
[PE1-te] quit

```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```

[PE1] ospf 1
[PE1-ospf-1] segment-routing mpls
[PE1-ospf-1] quit
[PE1] interface loopback 1
[PE1-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 20
[PE1-LoopBack1] quit

```

创建 VPN 实例，名称为 vpn1，为其配置 RD 和 Route Target 属性。

```

[PE1] ip vpn-instance vpn1
[PE1-vpn-instance-vpn1] route-distinguisher 11:11
[PE1-vpn-instance-vpn1] vpn-target 1:1 2:2 3:3 import-extcommunity
[PE1-vpn-instance-vpn1] vpn-target 3:3 export-extcommunity
[PE1-vpn-instance-vpn1] quit

```

配置接口 GigabitEthernet3/1/1 与 VPN 实例 vpn1 绑定，并配置该接口的 IP 地址。

```

[PE1] interface gigabitethernet 3/1/1
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] ip binding vpn-instance vpn1
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] ip address 30.0.0.1 24
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] quit

```

在 PE 1 上运行 BGP。

```

[PE1] bgp 100

```

配置 IBGP 对等体 3.3.3.9 为 VPNv4 对等体。

```

[PE1-bgp-default] peer 3.3.3.9 as-number 100
[PE1-bgp-default] peer 3.3.3.9 connect-interface loopback 1
[PE1-bgp-default] address-family vpnv4
[PE1-bgp-default-vpnv4] peer 3.3.3.9 enable
[PE1-bgp-default-vpnv4] quit

```

将直连路由引入 vpn1 的 VPN 路由表。

```

[PE1-bgp-default] ip vpn-instance vpn1
[PE1-bgp-default-vpn1] address-family ipv4 unicast
[PE1-bgp-default-ipv4-vpn1] import-route direct

```

(3) 配置 ASBR-PE 1

在 ASBR-PE 1 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力。

```

<ASBR-PE1> system-view
[ASBR-PE1] ospf 1 router-id 3.3.3.9
[ASBR-PE1-ospf-1] quit
[ASBR-PE1] interface gigabitethernet 3/1/4

```

```

[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/4] mpls enable
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/4] quit
[ASBR-PE1] interface gigabitethernet 3/1/5
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/5] ospf 1 area 0
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/5] mpls enable
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/5] quit
[ASBR-PE1] interface loopback 1
[ASBR-PE1-LoopBack1] ip address 3.3.3.9 32
[ASBR-PE1-LoopBack1] ospf 1 area 0
[ASBR-PE1-LoopBack1] quit
[ASBR-PE1] mpls lsr-id 3.3.3.9
[ASBR-PE1] mpls te

```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```

[ASBR-PE1] ospf 1
[ASBR-PE1-ospf-1] segment-routing mpls
[ASBR-PE1-ospf-1] quit
[ASBR-PE1] interface loopback 1
[ASBR-PE1-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 30
[ASBR-PE1-LoopBack1] quit

```

创建路由策略，配置标签值。

```

[ASBR-PE1] route-policy epe permit node 1
[ASBR-PE1-route-policy-epe-1] apply label-value 5555
[ASBR-PE1-route-policy-epe-1] quit

```

在 ASBR-PE 1 上运行 BGP。

```

[ASBR-PE1] bgp 100
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 2.2.2.9 as-number 100
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 2.2.2.9 connect-interface loopback 1
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 11.0.0.1 as-number 600
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 11.0.0.1 connect-interface gigabitethernet 3/1/4

```

不对接收的 VPNv4 路由进行 Route target 过滤。

```

[ASBR-PE1-bgp-default] address-family vpnv4
[ASBR-PE1-bgp-default-vpnv4] undo policy vpn-target

```

将 IBGP 对等体 2.2.2.9 和 EBGP 对等体 11.0.0.1 都配置为 VPNv4 对等体。

```

[ASBR-PE1-bgp-default-vpnv4] peer 11.0.0.1 enable
[ASBR-PE1-bgp-default-vpnv4] peer 2.2.2.9 enable
[ASBR-PE1-bgp-default-vpnv4] quit

```

配置开启 BGP-EPE 功能，指定策略为 EBGP 邻居 11.0.0.1 分配标签。

```

[ASBR-PE1-bgp-default] peer 11.0.0.1 egress-engineering route-policy epe
[ASBR-PE1-bgp-default] quit
[ASBR-PE1-bgp] quit

```

(4) 配置 ASBR-PE 2

在 ASBR-PE 2 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力

```

<ASBR-PE2> system-view
[ASBR-PE2] ospf 1 router-id 4.4.4.9
[ASBR-PE2-ospf-1] quit
[ASBR-PE2] interface gigabitethernet 3/1/4

```



```

[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/4] mpls enable
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/4] quit
[ASBR-PE2] interface gigabitethernet 3/1/5
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/5] ospf 1 area 0
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/5] mpls enable
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/5] quit
[ASBR-PE2] interface loopback 1
[ASBR-PE2-LoopBack1] ip address 4.4.4.9 32
[ASBR-PE2-LoopBack1] ospf 1 area 0
[ASBR-PE2-LoopBack1] quit
[ASBR-PE2] mpls lsr-id 4.4.4.9
[ASBR-PE2] mpls te
[ASBR-PE2-te] quit

```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```

[ASBR-PE1] ospf 1
[ASBR-PE1-ospf-1] segment-routing mpls
[ASBR-PE1-ospf-1] quit
[ASBR-PE1] interface loopback 1
[ASBR-PE1-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 40
[ASBR-PE1-LoopBack1] quit

```

创建路由策略，配置标签值。

```

[ASBR-PE2] route-policy epe permit node 1
[ASBR-PE2-route-policy-epe-1] apply label-value 6666
[ASBR-PE2-route-policy-epe-1] quit

```

在 ASBR-PE 2 上运行 BGP。

```

[ASBR-PE2] bgp 600
[ASBR-PE2-bgp-default] peer 5.5.5.9 as-number 600
[ASBR-PE2-bgp-default] peer 5.5.5.9 connect-interface loopback 1
[ASBR-PE2-bgp-default] peer 11.0.0.2 as-number 100
[ASBR-PE2-bgp-default] peer 11.0.0.2 connect-interface gigabitethernet 3/1/4

```

不对接收的 VPNv4 路由进行 Route target 过滤。

```

[ASBR-PE2-bgp-default] address-family vpnv4
[ASBR-PE2-bgp-default-vpnv4] undo policy vpn-target

```

将 IBGP 对等体 5.5.5.9 和 EBGP 对等体 11.0.0.2 都配置为 VPNv4 对等体。

```

[ASBR-PE2-bgp-default-vpnv4] peer 11.0.0.2 enable
[ASBR-PE2-bgp-default-vpnv4] peer 5.5.5.9 enable
[ASBR-PE2-bgp-default-vpnv4] quit

```

配置开启 BGP-EPE 功能，指定策略为 EBGP 邻居 11.0.0.2 分配标签。

```

[ASBR-PE2-bgp-default] peer 11.0.0.2 egress-engineering route-policy epe

```

(5) 配置 PE 2

在 PE 2 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力。

```

<PE2> system-view
[PE2] ospf 1 router-id 5.5.5.9
[PE2-ospf-1] quit
[PE2] interface gigabitethernet 3/1/1
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 0

```

```

[PE2-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] quit
[PE2] interface gigabitethernet 3/1/5
[PE2-GigabitEthernet3/1/5] ospf 1 area 0
[PE2-GigabitEthernet3/1/5] mpls enable
[PE2-GigabitEthernet3/1/5] quit
[PE2] interface loopback 1
[PE2-LoopBack1] ip address 5.5.5.9 32
[PE2-LoopBack1] ospf 1 area 0
[PE2-LoopBack1] quit
[PE2] mpls lsr-id 5.5.5.9
[PE2] mpls te
[PE2-te] quit

```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```

[PE2] ospf 1
[PE2-ospf-1] segment-routing mpls
[PE2] interface loopback 1
[PE2-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 50
[PE2-LoopBack1] quit

```

创建 VPN 实例，名称为 vpn1，为其配置 RD 和 Route Target 属性。

```

[PE2] ip vpn-instance vpn1
[PE2-vpn-instance-vpn1] route-distinguisher 11:11
[PE2-vpn-instance-vpn1] vpn-target 1:1 2:2 3:3 import-extcommunity
[PE2-vpn-instance-vpn1] vpn-target 3:3 export-extcommunity
[PE2-vpn-instance-vpn1] quit

```

配置接口 GigabitEthernet3/1/1 与 VPN 实例 vpn1 绑定，并配置该接口的 IP 地址。

```

[PE2] interface gigabitethernet 3/1/1
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] ip binding vpn-instance vpn1
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] ip address 20.0.0.1 24
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] quit

```

在 PE 2 上运行 BGP。

```

[PE2] bgp 600

```

配置 IBGP 对等体 4.4.4.9 为 VPNv4 对等体。

```

[PE2-bgp-default] peer 4.4.4.9 as-number 600
[PE2-bgp-default] peer 4.4.4.9 connect-interface loopback 1
[PE2-bgp-default] address-family vpnv4
[PE2-bgp-default-vpnv4] peer 4.4.4.9 enable
[PE2-bgp-default-vpnv4] quit

```

将直连路由引入 VPN1 的 VPN 路由表。

```

[PE2-bgp-default] ip vpn-instance vpn1
[PE2-bgp-default-vpn1] address-family ipv4 unicast
[PE2-bgp-default-ipv4-vpn1] import-route direct

```

(6) 配置 MPLS TE 隧道

ASBR-PE 1 配置用于 MPLS TE 隧道的静态 SRLSP，出标签为节点 ASBR-PE 1 为 ASBR-PE 2 分配的 BGP SR 邻居标签 5555。

```

<ASBR-PE1> system-view

```

```
[ASBR-PE1] static-sr-mps lsp static-sr-lsp-1 out-label 5555
```

在 ASBR-PE 1 上配置到 ASBR-PE 2 的 MPLS TE 隧道 Tunnel1：目的地址为 ASBR-PE 2 的直连口地址 11.0.0.1；同时，配置 Tunnel1 引用静态 SRLSP。

```
[ASBR-PE1] interface tunnel 1 mode mpls-te
[ASBR-PE1-Tunnel1] ip address 6.1.1.1 255.255.255.0
[ASBR-PE1-Tunnel1] destination 11.0.0.1
[ASBR-PE1-Tunnel1] mpls te signaling static
[ASBR-PE1-Tunnel1] mpls te static-sr-mps static-sr-lsp-1
[ASBR-PE1-Tunnel1] quit
```

ASBR-PE 2 配置用于 MPLS TE 隧道的静态 SRLSP，出标签为节点 ASBR-PE 2 为 ASBR-PE 1 分配的 BGP SR 邻居标签 6666。

```
<ASBR-PE2> system-view
[ASBR-PE2] static-sr-mps lsp static-sr-lsp-2 out-label 6666
```

在 ASBR-PE 2 上配置到 ASBR-PE 1 的 MPLS TE 隧道 Tunnel1：目的地址为 ASBR-PE 2 的直连口地址 11.0.0.2；同时，配置 Tunnel1 引用静态 SRLSP。

```
[ASBR-PE2] interface tunnel 1 mode mpls-te
[ASBR-PE2-Tunnel1] ip address 7.1.1.1 255.255.255.0
[ASBR-PE2-Tunnel1] destination 11.0.0.2
[ASBR-PE2-Tunnel1] mpls te signaling static
[[ASBR-PE2-Tunnel1] mpls te static-sr-mps static-sr-lsp-2
[[ASBR-PE2-Tunnel1] quit
```

4. 验证配置

完成上述配置后，在 CE 1 和 CE 2 上执行 **display ip routing-table** 命令可以查看到到达对方的路由，且 CE 1 和 CE 2 互相可以 ping 通。

在 ASBR-PE 1 上查看 MPLS 标签转发路径信息。

```
[ASBR-PE1] display mpls lsp
```

FEC	Proto	In/Out Label	Out Inter/NHLFE/LSINDEX
3.3.3.9/1/53168	StaticCR	-/-	NHLFE1
11.0.0.1	BGP	-/-	GE3/1/4
2.2.2.9/1151	BGP	1151/1151	-
11.0.0.1/1149	BGP	1150/1149	-
11.0.0.1	BGP	5555/-	NHLFE1
1.1.1.2	Local	-/-	GE3/1/5
11.0.0.1	Local	-/-	GE3/1/4
Tunnel1	Local	-/-	NHLFE4
2.2.2.9/32	OSPF	16020/3	GE3/1/5
2.2.2.9/32	OSPF	-/3	GE3/1/5
3.3.3.9/32	OSPF	16030/-	-

1.21.7 跨域 VPN-OptionC 方式 MPLS SR 配置举例一

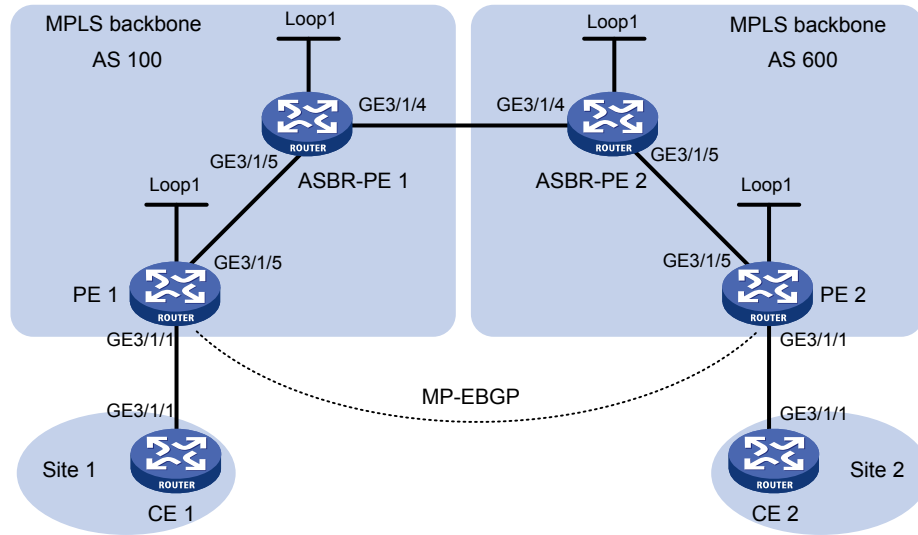
1. 组网需求

- 在设备的 Loopback 接口地址之间采用动态方式分配 SID，并根据分配的 SID 建立 SRLSP，MPLS TE 隧道通过该 SRLSP 转发流量。
- 同一自治系统内的 PE 设备之间运行 OSPF 作为 IGP，使能 OSPF SR；

- PE 1 与 ASBR-PE 1 间通过 IBGP 交换标签 IPv4 路由；
- PE 2 与 ASBR-PE 2 间通过 IBGP 交换标签 IPv4 路由；
- PE 1 与 PE 2 建立 MP-EBGP 对等体交换 VPNv4 路由；
- ASBR-PE 1 与 ASBR-PE 2 间通过 EBGP 交换标签 IPv4 路由，使能 BGP SR。

2. 组网图

图1-23 跨域 VPN-OptionC 方式 MPLS SR 组网图一



设备	接口	IP地址	设备	接口	IP地址
PE 1	Loop1	2.2.2.9/32	PE 2	Loop1	5.5.5.9/32
	GE3/1/1	30.0.0.1/24		GE3/1/1	20.0.0.1/24
	GE3/1/5	1.1.1.2/8		GE3/1/5	9.1.1.2/8
ASBR-PE 1	Loop1	3.3.3.9/32	ASBR-PE 2	Loop1	4.4.4.9/32
	GE3/1/5	1.1.1.1/8		GE3/1/5	9.1.1.1/8
	GE3/1/4	11.0.0.2/8		GE3/1/4	11.0.0.1/8
CE 1	GE3/1/1	30.0.0.2/24	CE 2	GE3/1/1	20.0.0.2/24

3. 配置步骤

(1) 配置各接口的 IP 地址。

按照图 1-23 配置各接口的 IP 地址和掩码，部分配置过程略。

(2) 配置 CE 1

配置接口 GigabitEthernet3/1/1 的 IP 地址。

```
<CE1> system-view
[CE1] interface gigabitethernet 3/1/1
[CE1-GigabitEthernet3/1/1] ip address 30.0.0.2 24
[CE1-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

配置 CE 1 与 PE 1 建立 EBGP 对等体，并引入 VPN 路由。

```
[CE1] bgp 65001
[CE1-bgp-default] peer 30.0.0.1 as-number 100
```

```
[CE1-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[CE1-bgp-default-ipv4] peer 30.0.0.1 enable
[CE1-bgp-default-ipv4] import-route direct
[CE1-bgp-default-ipv4] quit
[CE1-bgp-default] quit
```

(3) 配置 PE 1

在 PE 1 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力。

```
<PE1> system-view
[PE1] ospf 1 router-id 2.2.2.9
[PE1-ospf-1] quit
[PE1] interface gigabitethernet 3/1/1
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] quit
[PE1] interface gigabitethernet 3/1/5
[PE1-GigabitEthernet3/1/5] ospf 1 area 0
[PE1-GigabitEthernet3/1/5] mpls enable
[PE1-GigabitEthernet3/1/5] quit
[PE1] interface loopback 1
[PE1-LoopBack1] ip address 2.2.2.9 32
[PE1-LoopBack1] ospf 1 area 0
[PE1-LoopBack1] quit
[PE1] mpls lsr-id 2.2.2.9
[PE1] mpls te
[PE1-te] quit
```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```
[PE1] ospf 1
[PE1-ospf-1] segment-routing mpls
[PE1-ospf-1] quit
[PE1] interface loopback 1
[PE1-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 20
[PE1-LoopBack1] quit
```

创建 VPN 实例，名称为 vpn1，为其配置 RD 和 Route Target 属性。

```
[PE1] ip vpn-instance vpn1
[PE1-vpn-instance-vpn1] route-distinguisher 11:11
[PE1-vpn-instance-vpn1] vpn-target 1:1 2:2 3:3 import-extcommunity
[PE1-vpn-instance-vpn1] vpn-target 3:3 export-extcommunity
[PE1-vpn-instance-vpn1] quit
```

配置接口 GigabitEthernet3/1/1 与 VPN 实例 vpn1 绑定，并配置该接口的 IP 地址。

```
[PE1] interface gigabitethernet 3/1/1
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] ip binding vpn-instance vpn1
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] ip address 30.0.0.1 24
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

在 PE 1 上运行 BGP。

```
[PE1] bgp 100
```

配置 PE 1 向 IBGP 对等体 3.3.3.9 发布标签路由及从 3.3.3.9 接收标签路由的能力。

```
[PE1-bgp-default] peer 3.3.3.9 as-number 100
[PE1-bgp-default] peer 3.3.3.9 connect-interface loopback 1
```

```
[PE1-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[PE1-bgp-default-ipv4] peer 3.3.3.9 enable
[PE1-bgp-default-ipv4] peer 3.3.3.9 label-route-capability
```

开启 MPLS SR 功能。

```
[PE1-bgp-default-ipv4] segment-routing mpls
[PE1-bgp-default-ipv4] quit
```

配置 PE 1 到 EBGP 对等体 5.5.5.9 的最大跳数为 10。

```
[PE1-bgp-default] peer 5.5.5.9 as-number 600
[PE1-bgp-default] peer 5.5.5.9 connect-interface loopback 1
[PE1-bgp-default] peer 5.5.5.9 ebgp-max-hop 10
```

配置对等体 5.5.5.9 作为 VPNv4 对等体。

```
[PE1-bgp-default] address-family vpnv4
[PE1-bgp-default-vpnv4] peer 5.5.5.9 enable
[PE1-bgp-default-vpnv4] quit
```

配置 PE 1 与 CE 1 建立 EBGP 对等体，将学习到的 BGP 路由添加到 VPN 实例的路由表中。

```
[PE1-bgp-default] ip vpn-instance vpn1
[PE1-bgp-default-vpn1] peer 30.0.0.2 as-number 65001
[PE1-bgp-default-vpn1] address-family ipv4 unicast
[PE1-bgp-default-ipv4-vpn1] peer 30.0.0.2 enable
```

(4) 配置 ASBR-PE 1

在 ASBR-PE 1 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力

```
<ASBR-PE1> system-view
[ASBR-PE1] ospf 1 router-id 3.3.3.9
[ASBR-PE1-ospf-1] quit
[ASBR-PE1] interface gigabitethernet 3/1/4
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/4] mpls enable
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/4] quit
[ASBR-PE1] interface gigabitethernet 3/1/5
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/5] ospf 1 area 0
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/5] mpls enable
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/5] quit
[ASBR-PE1] interface loopback 1
[ASBR-PE1-LoopBack1] ip address 3.3.3.9 32
[ASBR-PE1-LoopBack1] ospf 1 area 0
[ASBR-PE1-LoopBack1] quit
[ASBR-PE1] mpls lsr-id 3.3.3.9
[ASBR-PE1] mpls te
[ASBR-PE1-te] quit
```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```
[ASBR-PE1] ospf 1
[ASBR-PE1-ospf-1] segment-routing mpls
[ASBR-PE1-ospf-1] quit
[ASBR-PE1] interface loopback 1
[ASBR-PE1-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 30
[ASBR-PE1-LoopBack1] quit
```

创建路由策略，配置前缀标签索引。

```
[ASBR-PE1]ip prefix-list 1 permit 2.2.2.9 32
[ASBR-PE1]route-policy policy1 permit node 1
[ASBR-PE1-route-policy-policy1-1] if-match ip address prefix-list 1
[ASBR-PE1-route-policy-policy1-1] apply label-index 20
[ASBR-PE1-route-policy-policy1-1] quit
```

在 ASBR-PE 1 上运行 BGP，向 IBGP 对等体 2.2.2.9 发布标签路由及从 2.2.2.9 接收标签路由的能力。

```
[ASBR-PE1] bgp 100
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 2.2.2.9 as-number 100
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 2.2.2.9 connect-interface loopback 1
[ASBR-PE1-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 2.2.2.9 enable
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 2.2.2.9 label-route-capability
```

引入 OSPF 进程 1 的路由应用已配置的路由策略。

```
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] import-route ospf 1 route-policy policy1
```

开启 MPLS SR 功能。

```
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] segment-routing mpls
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] quit
```

#向 EBGp 对等体 11.0.0.1 发布标签路由及从 11.0.0.1 接收标签路由的能力。

```
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 11.0.0.1 as-number 600
[ASBR-PE1-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 11.0.0.1 enable
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 11.0.0.1 label-route-capability
```

(5) 配置 ASBR-PE 2

在 ASBR-PE 2 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力

```
<ASBR-PE2> system-view
[ASBR-PE2] ospf 1 router-id 4.4.4.9
[ASBR-PE2-ospf-1] quit
[ASBR-PE2] interface gigabitethernet 3/1/4
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/4] mpls enable
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/4] quit
[ASBR-PE2] interface gigabitethernet 3/1/5
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/5] ospf 1 area 0
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/5] mpls enable
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/5] quit
[ASBR-PE2] interface loopback 1
[ASBR-PE2-LoopBack1] ip address 4.4.4.9 32
[ASBR-PE2-LoopBack1] ospf 1 area 0
[ASBR-PE2-LoopBack1] quit
[ASBR-PE2] mpls lsr-id 4.4.4.9
[ASBR-PE2] mpls te
[ASBR-PE2-te] quit
```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```
[ASBR-PE2] ospf 1
[ASBR-PE2-ospf-1] segment-routing mpls
[ASBR-PE2-ospf-1] quit
```

```
[ASBR-PE2] interface loopback 1
[ASBR-PE2-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 40
[ASBR-PE2-LoopBack1] quit
```

创建路由策略，配置前缀标签索引。

```
[ASBR-PE2] ip prefix-list 1 permit 5.5.5.9 32
[ASBR-PE2] route-policy policy1 permit node 1
[ASBR-PE2-route-policy-policy1-1] if-match ip address prefix-list 1
[ASBR-PE2-route-policy-policy1-1] apply label-index 50
[ASBR-PE2-route-policy-policy1-1] quit
```

在 ASBR-PE 2 上运行 BGP，向 IBGP 对等体 5.5.5.9 发布标签路由及从 5.5.5.9 接收标签路由的能力。

```
[ASBR-PE2] bgp 600
[ASBR-PE2-bgp-default] peer 5.5.5.9 as-number 600
[ASBR-PE2-bgp-default] peer 5.5.5.9 connect-interface loopback 1
[ASBR-PE2-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE2-bgp-default-ipv4] peer 5.5.5.9 enable
[ASBR-PE2-bgp-default-ipv4] peer 5.5.5.9 label-route-capability
```

引入 OSPF 进程 1 的路由应用已配置的路由策略。

```
[ASBR-PE2-bgp-default-ipv4] import-route ospf 1 route-policy policy1
```

开启 MPLS SR 功能。

```
[ASBR-PE2-bgp-default-ipv4] segment-routing mpls
[ASBR-PE2-bgp-default-ipv4] quit
```

向 EBGP 对等体 11.0.0.2 发布标签路由及从 11.0.0.2 接收标签路由的能力。

```
[ASBR-PE2-bgp-default] peer 11.0.0.2 as-number 100
[ASBR-PE2-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE2-bgp-default-ipv4] peer 11.0.0.2 enable
[ASBR-PE2-bgp-default-ipv4] peer 11.0.0.2 label-route-capability
```

(6) 配置 PE 2

在 PE 2 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力。

```
<PE2> system-view
[PE2] ospf 1 router-id 5.5.5.9
[PE2-ospf-1] quit
[PE2] interface gigabitethernet 3/1/1
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] quit
[PE2] interface gigabitethernet 3/1/5
[PE2-GigabitEthernet3/1/5] ospf 1 area 0
[PE2-GigabitEthernet3/1/5] mpls enable
[PE2-GigabitEthernet3/1/5] quit
[PE2] interface loopback 1
[PE2-LoopBack1] ip address 5.5.5.9 32
[PE2-LoopBack1] ospf 1 area 0
[PE2-LoopBack1] quit
[PE2] mpls lsr-id 5.5.5.9
[PE2] mpls te
[PE2-te] quit
```


在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```
[PE2] ospf 1
[PE2-ospf-1] segment-routing mpls
[PE2-ospf-1] quit
[PE2] interface loopback 1
[PE2-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 50
[PE2-LoopBack1] quit
```

创建 VPN 实例，名称为 vpn1，为其配置 RD 和 Route Target 属性。

```
[PE2] ip vpn-instance vpn1
[PE2-vpn-instance-vpn1] route-distinguisher 11:11
[PE2-vpn-instance-vpn1] vpn-target 1:1 2:2 3:3 import-extcommunity
[PE2-vpn-instance-vpn1] vpn-target 3:3 export-extcommunity
[PE2-vpn-instance-vpn1] quit
```

配置接口 GigabitEthernet3/1/1 与 VPN 实例 vpn1 绑定，并配置该接口的 IP 地址。

```
[PE2] interface gigabitethernet 3/1/1
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] ip binding vpn-instance vpn1
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] ip address 20.0.0.1 24
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

在 PE 2 上运行 BGP。

```
[PE2] bgp 600
```

配置 PE 2 向 IBGP 对等体 4.4.4.9 发布标签路由及从 4.4.4.9 接收标签路由的能力。

```
[PE2-bgp-default] peer 4.4.4.9 as-number 600
[PE2-bgp-default] peer 4.4.4.9 connect-interface loopback 1
[PE2-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[PE2-bgp-default-ipv4] peer 4.4.4.9 enable
[PE2-bgp-default-ipv4] peer 4.4.4.9 label-route-capability
```

开启 MPLS SR 功能。

```
[PE2-bgp-default-ipv4] segment-routing mpls
[PE2-bgp-default-ipv4] quit
```

配置 PE 2 到 EBGP 对等体 2.2.2.9 的最大跳数为 10。

```
[PE2-bgp-default] peer 2.2.2.9 as-number 100
[PE2-bgp-default] peer 2.2.2.9 connect-interface loopback 1
[PE2-bgp-default] peer 2.2.2.9 ebgp-max-hop 10
```

配置对等体 2.2.2.9 作为 VPNv4 对等体。

```
[PE2-bgp-default] address-family vpnv4
[PE2-bgp-default-vpnv4] peer 2.2.2.9 enable
[PE2-bgp-default-vpnv4] quit
```

配置 PE 2 与 CE 2 建立 EBGP 对等体，将学习到的 BGP 路由添加到 VPN 实例的路由表中。

```
[PE2-bgp-default] ip vpn-instance vpn1
[PE2-bgp-default-vpn1] peer 20.0.0.2 as-number 65002
[PE2-bgp-default-vpn1] address-family ipv4 unicast
[PE2-bgp-default-ipv4-vpn1] peer 20.0.0.2 enable
```

(7) 配置 CE 2

配置接口 GigabitEthernet3/1/1 的 IP 地址。

```
<CE2> system-view
```

```
[CE2] interface gigabitethernet 3/1/1
[CE2-GigabitEthernet3/1/1] ip address 20.0.0.2 24
[CE2-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

配置 CE 2 与 PE 2 建立 EBGP 对等体，并引入 VPN 路由。

```
[CE2] bgp 65002
[CE2-bgp-default] peer 20.0.0.1 as-number 600
[CE2-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[CE2-bgp-default-ipv4] peer 20.0.0.1 enable
[CE2-bgp-default-ipv4] import-route direct
```

4. 验证配置

配置完成后，在 CE 1 和 CE 2 上执行 **display ip routing-table** 命令可以查看到到达对方的路由，且 CE 1 和 CE 2 互相可以 ping 通。

#在 PE 1 上查看 MPLS 标签转发路径信息。

```
[PE1] display mpls lsp
```

FEC	Proto	In/Out Label	Out Inter/NHLFE/LSINDEX
2.2.2.9/32	BGP	-/16020	NHLFE1
5.5.5.9/32	BGP	-/16050	NHLFE1
5.5.5.9	BGP	-/-	GE3/1/5
1.1.1.1	Local	-/-	GE3/1/5
2.2.2.9/32	OSPF	16020/-	-
3.3.3.9/32	OSPF	16030/3	GE3/1/5
3.3.3.9/32	OSPF	-/3	GE3/1/5

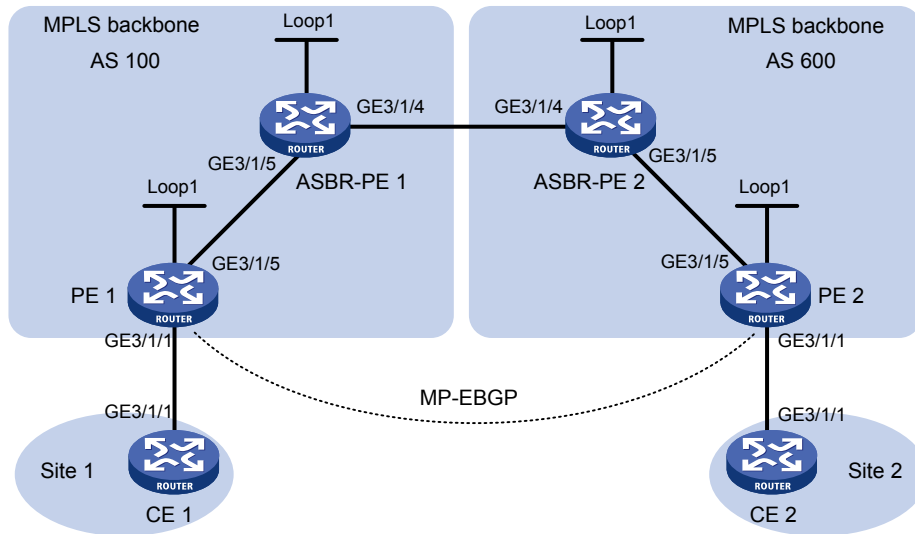
1.21.8 跨域 VPN-OptionC 方式 MPLS SR 配置举例二

1. 组网需求

- 在设备的 Loopback 接口地址之间采用动态方式分配 SID，并根据分配的 SID 建立 SRLSP，MPLS TE 隧道通过该 SRLSP 转发流量。
- 同一自治系统内的 PE 设备之间运行 OSPF 作为 IGP，使能 OSPF SR；
- PE 1 与 ASBR-PE 1 间通过 IBGP 交换标签 IPv4 路由，使能 BGP SR；
- PE 2 与 ASBR-PE 2 间通过 IBGP 交换标签 IPv4 路由，使能 BGP SR；
- PE 1 与 PE 2 建立 MP-EBGP 对等体交换 VPNv4 路由；
- ASBR-PE 1 与 ASBR-PE 2 间通过 EBGP 交换标签 IPv4 路由，使能 BGP SR。

2. 组网图

图1-24 跨域 VPN-OptionC 方式 MPLS SR 组网图二



设备	接口	IP地址	设备	接口	IP地址
PE 1	Loop1	2.2.2.9/32	PE 2	Loop1	5.5.5.9/32
	GE3/1/1	30.0.0.1/24		GE3/1/1	20.0.0.1/24
	GE3/1/5	1.1.1.2/8		GE3/1/5	9.1.1.2/8
ASBR-PE 1	Loop1	3.3.3.9/32	ASBR-PE 2	Loop1	4.4.4.9/32
	GE3/1/5	1.1.1.1/8		GE3/1/5	9.1.1.1/8
	GE3/1/4	11.0.0.2/8		GE3/1/4	11.0.0.1/8
CE 1	GE3/1/1	30.0.0.2/24	CE 2	GE3/1/1	20.0.0.2/24

3. 配置步骤

(1) 配置各接口的 IP 地址

按照图 1-23 配置各接口的 IP 地址和掩码，部分配置过程略。

(2) 配置 CE 1

配置接口 GigabitEthernet3/1/1 的 IP 地址。

```
<CE1> system-view
[CE1] interface gigabitethernet 3/1/1
[CE1-GigabitEthernet3/1/1] ip address 30.0.0.2 24
[CE1-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

配置 CE 1 与 PE 1 建立 EBGP 对等体，并引入 VPN 路由。

```
[CE1] bgp 65001
[CE1-bgp-default] peer 30.0.0.1 as-number 100
[CE1-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[CE1-bgp-default-ipv4] peer 30.0.0.1 enable
[CE1-bgp-default-ipv4] import-route direct
[CE1-bgp-default-ipv4] quit
[CE1-bgp-default] quit
```

(3) 配置 PE 1

在 PE 1 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力。

```
<PE1> system-view
[PE1] ospf 1 router-id 2.2.2.9
[PE1-ospf-1] quit
[PE1] interface gigabitethernet 3/1/1
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 0
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] quit
[PE1] interface loopback 1
[PE1-LoopBack1] ip address 2.2.2.9 32
[PE1-LoopBack1] ospf 1 area 0
[PE1-LoopBack1] quit
[PE1] mpls lsr-id 2.2.2.9
[PE1] mpls te
[PE1-te] quit
```

配置接口 GigabitEthernet3/1/5，在接口上运行 OSPF，并使能 MPLS。

```
[PE1] interface gigabitethernet 3/1/5
[PE1-GigabitEthernet3/1/5] ip address 1.1.1.2 255.0.0.0
[PE1-GigabitEthernet3/1/5] ospf 1 area 0
[PE1-GigabitEthernet3/1/5] mpls enable
[PE1-GigabitEthernet3/1/5] quit
```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```
[PE1] ospf 1
[PE1-ospf-1] segment-routing mpls
[PE1-ospf-1] quit
[PE1] interface loopback 1
[PE1-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 20
[PE1-LoopBack1] quit
```

创建 VPN 实例，名称为 vpn1，为其配置 RD 和 Route Target 属性。

```
[PE1] ip vpn-instance vpn1
[PE1-vpn-instance-vpn1] route-distinguisher 11:11
[PE1-vpn-instance-vpn1] vpn-target 1:1 2:2 3:3 import-extcommunity
[PE1-vpn-instance-vpn1] vpn-target 3:3 export-extcommunity
[PE1-vpn-instance-vpn1] quit
```

配置接口 GigabitEthernet3/1/1 与 VPN 实例 vpn1 绑定，并配置该接口的 IP 地址。

```
[PE1] interface gigabitethernet 3/1/1
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] ip binding vpn-instance vpn1
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] ip address 30.0.0.1 24
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

创建路由策略，配置前缀标签索引。

```
[PE1] route-policy policy1 permit node 1
[PE1-route-policy-policy1-1] apply label-index 20
[PE1-route-policy-policy1-1] quit
```

在 PE 1 上运行 BGP。

```
[PE1] bgp 100
```

配置 PE 1 向 IBGP 对等体 3.3.3.9 发布标签路由及从 3.3.3.9 接收标签路由的能力。

```

[PE1-bgp-default] peer 3.3.3.9 as-number 100
[PE1-bgp-default] peer 3.3.3.9 connect-interface loopback 1
[PE1-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[PE1-bgp-default-ipv4] peer 3.3.3.9 enable
[PE1-bgp-default-ipv4] peer 3.3.3.9 label-route-capability
# 开启 MPLS SR 功能。
[PE1-bgp-default-ipv4] segment-routing mpls
# 引入 Loopback1 的路由并应用已配置的路由策略。
[PE1-bgp-default-ipv4] network 2.2.2.9 32 route-policy policy1
[PE1-bgp-default-ipv4] quit
# 配置 PE 1 到 EBGP 对等体 5.5.5.9 的最大跳数为 10。
[PE1-bgp-default] peer 5.5.5.9 as-number 600
[PE1-bgp-default] peer 5.5.5.9 connect-interface loopback 1
[PE1-bgp-default] peer 5.5.5.9 ebgp-max-hop 10
# 配置对等体 5.5.5.9 作为 VPNv4 对等体。
[PE1-bgp-default] address-family vpnv4
[PE1-bgp-default-vpnv4] peer 5.5.5.9 enable
[PE1-bgp-default-vpnv4] quit
# 配置 PE 1 与 CE 1 建立 EBGP 对等体，将学习到的 BGP 路由添加到 VPN 实例的路由表中。
[PE1-bgp-default] ip vpn-instance vpn1
[PE1-bgp-default-vpn1] peer 30.0.0.2 as-number 65001
[PE1-bgp-default-vpn1] address-family ipv4 unicast
[PE1-bgp-default-ipv4-vpn1] peer 30.0.0.2 enable

```

(4) 配置 ASBR-PE 1

在 ASBR-PE 1 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力。

```

<ASBR-PE1> system-view
[ASBR-PE1] ospf 1 router-id 3.3.3.9
[ASBR-PE1-ospf-1] quit
[ASBR-PE1] interface gigabitethernet 3/1/4
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/4] mpls enable
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/4] quit
[ASBR-PE1] interface gigabitethernet 3/1/5
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/5] ospf 1 area 0
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/5] mpls enable
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/5] quit
[ASBR-PE1] interface loopback 1
[ASBR-PE1-LoopBack1] ip address 3.3.3.9 32
[ASBR-PE1-LoopBack1] ospf 1 area 0
[ASBR-PE1-LoopBack1] quit
[ASBR-PE1] mpls lsr-id 3.3.3.9
[ASBR-PE1] mpls te
[ASBR-PE1-te] quit

```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```

[ASBR-PE1] ospf 1
[ASBR-PE1-ospf-1] segment-routing mpls
[ASBR-PE1-ospf-1] quit

```

```
[ASBR-PE1] interface loopback 1
[ASBR-PE1-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 30
[ASBR-PE1-LoopBack1] quit
```

在 ASBR-PE 1 上运行 BGP，向 IBGP 对等体 2.2.2.9 发布标签路由及从 2.2.2.9 接收标签路由的能力。

```
[ASBR-PE1] bgp 100
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 2.2.2.9 as-number 100
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 2.2.2.9 connect-interface loopback 1
[ASBR-PE1-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 2.2.2.9 enable
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 2.2.2.9 label-route-capability
```

开启 MPLS SR 功能。

```
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] segment-routing mpls
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] quit
```

#向 EBGp 对等体 11.0.0.1 发布标签路由及从 11.0.0.1 接收标签路由的能力。

```
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 11.0.0.1 as-number 600
[ASBR-PE1-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 11.0.0.1 enable
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 11.0.0.1 label-route-capability
```

(5) 配置 ASBR-PE 2

在 ASBR-PE 2 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力

```
<ASBR-PE2> system-view
[ASBR-PE2] ospf 1 router-id 4.4.4.9
[ASBR-PE2-ospf-1] quit
[ASBR-PE2] interface gigabitethernet 3/1/4
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/4] mpls enable
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/4] quit
[ASBR-PE2] interface gigabitethernet 3/1/5
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/5] ospf 1 area 0
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/5] mpls enable
[ASBR-PE2-GigabitEthernet3/1/5] quit
[ASBR-PE2] interface loopback 1
[ASBR-PE2-LoopBack1] ip address 4.4.4.9 32
[ASBR-PE2-LoopBack1] ospf 1 area 0
[ASBR-PE2-LoopBack1] quit
[ASBR-PE2] mpls lsr-id 4.4.4.9
[ASBR-PE2] mpls te
[ASBR-PE2-te] quit
```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```
[ASBR-PE2] ospf 1
[ASBR-PE2-ospf-1] segment-routing mpls
[ASBR-PE2-ospf-1] quit
[ASBR-PE2] interface loopback 1
[ASBR-PE2-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 40
[ASBR-PE2-LoopBack1] quit
```

在 ASBR-PE 2 上运行 BGP，向 IBGP 对等体 5.5.5.9 发布标签路由及从 5.5.5.9 接收标签路由的能力。

```
[ASBR-PE2] bgp 600
[ASBR-PE2-bgp-default] peer 5.5.5.9 as-number 600
[ASBR-PE2-bgp-default] peer 5.5.5.9 connect-interface loopback 1
[ASBR-PE2-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE2-bgp-default-ipv4] peer 5.5.5.9 enable
[ASBR-PE2-bgp-default-ipv4] peer 5.5.5.9 label-route-capability
```

开启 MPLS SR 功能。

```
[ASBR-PE2-bgp-default-ipv4] segment-routing mpls
[ASBR-PE2-bgp-default-ipv4] quit
```

#向 EBGP 对等体 11.0.0.2 发布标签路由及从 11.0.0.2 接收标签路由的能力。

```
[ASBR-PE2-bgp-default] peer 11.0.0.2 as-number 100
[ASBR-PE2-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE2-bgp-default-ipv4] peer 11.0.0.2 enable
[ASBR-PE2-bgp-default-ipv4] peer 11.0.0.2 label-route-capability
```

(6) 配置 PE 2

在 PE 2 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力。

```
<PE2> system-view
[PE2] ospf 1 router-id 5.5.5.9
[PE2-ospf-1] quit
[PE2] interface gigabitethernet 3/1/1
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 0
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] quit
[PE2] interface loopback 1
[PE2-LoopBack1] ip address 5.5.5.9 32
[PE2-LoopBack1] ospf 1 area 0
[PE2-LoopBack1] quit
[PE2] mpls lsr-id 5.5.5.9
[PE2] mpls te
[PE2-te] quit
```

配置接口 GigabitEthernet3/1/5，在接口上运行 OSPF，并使能 MPLS。

```
[PE2] interface gigabitethernet 3/1/5
[PE2-GigabitEthernet3/1/5] ip address 9.1.1.2 255.0.0.0
[PE2-GigabitEthernet3/1/5] ospf 1 area 0
[PE2-GigabitEthernet3/1/5] mpls enable
[PE2-GigabitEthernet3/1/5] quit
```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```
[PE2] ospf 1
[PE2-ospf-1] segment-routing mpls
[PE2-ospf-1] quit
[PE2] interface loopback 1
[PE2-LoopBack1] ospf 1 prefix-sid index 50
[PE2-LoopBack1] quit
```

创建 VPN 实例，名称为 vpn1，为其配置 RD 和 Route Target 属性。

```
[PE2] ip vpn-instance vpn1
[PE2-vpn-instance-vpn1] route-distinguisher 11:11
[PE2-vpn-instance-vpn1] vpn-target 1:1 2:2 3:3 import-extcommunity
[PE2-vpn-instance-vpn1] vpn-target 3:3 export-extcommunity
[PE2-vpn-instance-vpn1] quit
```

配置接口 GigabitEthernet3/1/1 与 VPN 实例 vpn1 绑定，并配置该接口的 IP 地址。

```
[PE2] interface gigabitethernet 3/1/1
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] ip binding vpn-instance vpn1
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] ip address 20.0.0.1 24
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

创建路由策略，配置前缀标签索引。

```
[PE2] route-policy policy1 permit node 1
[PE2-route-policy-policy1-1] apply label-index 50
[PE2-route-policy-policy1-1] quit
```

在 PE 2 上运行 BGP，配置 PE 2 向 IBGP 对等体 4.4.4.9 发布标签路由及从 4.4.4.9 接收标签路由的能力。

```
[PE2] bgp 600
[PE2-bgp-default] peer 4.4.4.9 as-number 600
[PE2-bgp-default] peer 4.4.4.9 connect-interface loopback 1
[PE2-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[PE2-bgp-default-ipv4] peer 4.4.4.9 enable
[PE2-bgp-default-ipv4] peer 4.4.4.9 label-route-capability
```

开启 MPLS SR 功能。

```
[PE2-bgp-default-ipv4] segment-routing mpls
```

引入 Loopback1 的路由并应用已配置的路由策略。

```
[PE2-bgp-default-ipv4] network 5.5.5.9 32 route-policy policy1
[PE2-bgp-default-ipv4] quit
```

配置 PE 2 到 EBGP 对等体 2.2.2.9 的最大跳数为 10。

```
[PE2-bgp-default] peer 2.2.2.9 as-number 100
[PE2-bgp-default] peer 2.2.2.9 connect-interface loopback 1
[PE2-bgp-default] peer 2.2.2.9 ebgp-max-hop 10
```

配置对等体 2.2.2.9 作为 VPNv4 对等体。

```
[PE2-bgp-default] address-family vpnv4
[PE2-bgp-default-vpnv4] peer 2.2.2.9 enable
[PE2-bgp-default-vpnv4] quit
```

配置 PE 2 与 CE 2 建立 EBGP 对等体，将学习到的 BGP 路由添加到 VPN 实例的路由表中。

```
[PE2-bgp-default] ip vpn-instance vpn1
[PE2-bgp-default-vpn1] peer 20.0.0.2 as-number 65002
[PE2-bgp-default-vpn1] address-family ipv4 unicast
[PE2-bgp-default-ipv4-vpn1] peer 20.0.0.2 enable
```

(7) 配置 CE 2

配置接口 GigabitEthernet3/1/1 的 IP 地址。

```
<CE2> system-view
[CE2] interface gigabitethernet 3/1/1
[CE2-GigabitEthernet3/1/1] ip address 20.0.0.2 24
[CE2-GigabitEthernet3/1/1] quit
```


配置 CE 2 与 PE 2 建立 EBGP 对等体，并引入 VPN 路由。

```
[CE2] bgp 65002
[CE2-bgp-default] peer 20.0.0.1 as-number 600
[CE2-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[CE2-bgp-default-ipv4] peer 20.0.0.1 enable
[CE2-bgp-default-ipv4] import-route direct
[CE2-bgp-default-ipv4] quit
[CE2-bgp-default] quit
```

4. 验证配置

配置完成后，在 CE 1 和 CE 2 上执行 **display ip routing-table** 命令可以查看到到达对方的路由，且 CE 1 和 CE 2 互相可以 ping 通。

在 PE 1 上查看 MPLS 标签转发路径信息。

```
[PE1] display mpls lsp
2.2.2.9/32          BGP          3/-          -
5.5.5.9/32         BGP          -/16050      NHLFE1
5.5.5.9            BGP          -/-          GE3/1/5
1.1.1.1           Local        -/-          GE3/1/5
2.2.2.9/32        OSPF         16020/-      -
3.3.3.9/32        OSPF         16030/3      GE3/1/5
3.3.3.9/32        OSPF         -/3          GE3/1/5
```

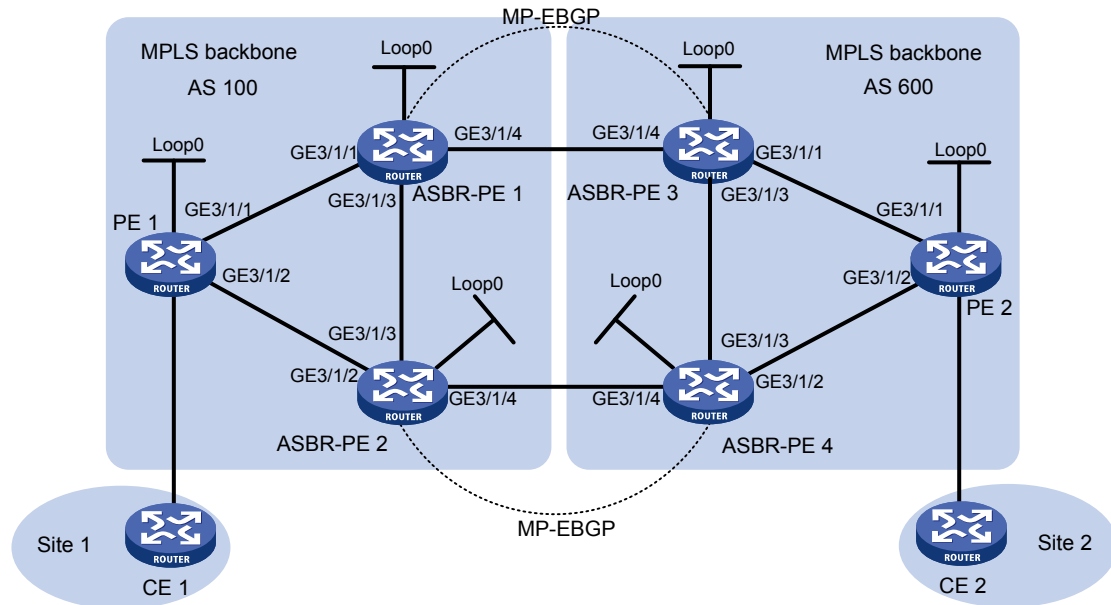
1.21.9 跨域 VPN-OptionC 方式 MPLS SR 配置举例三

1. 组网需求

- 在设备的 Loopback 接口地址之间采用动态方式分配 SID，并根据分配的 SID 建立 SRLSP，建立多段 MPLS TE 隧道通过该 SRLSP 转发流量。
- 同一自治系统内的 PE 设备之间运行 OSPF 作为 IGP，使能 OSPF SR；
- PE 1 与 ASBR-PE 1、ASBR-PE 2 间通过 IBGP 交换标签 IPv4 路由；
- PE 2 与 ASBR-PE 3、ASBR-PE 4 间通过 IBGP 交换标签 IPv4 路由；
- ASBR-PE 1 与 ASBR-PE 3 间通过 Loopback 口建立 EBGP 交换标签 IPv4 路由，并使能 BGP SR；
- ASBR-PE 2 与 ASBR-PE 4 间通过 Loopback 口建立 EBGP 交换标签 IPv4 路由，并使能 BGP SR。

2. 组网图

图1-25 跨域 VPN-OptionC 方式 MPLS SR 组网图三



设备	接口	IP地址	设备	接口	IP地址
PE1	Loop0	1.1.1.1/32	PE2	Loop0	6.6.6.1/32
	GE3/1/1	11.0.0.1/24		GE3/1/1	21.0.0.1/24
	GE3/1/2	12.0.0.1/24		GE3/1/2	22.0.0.1/24
ASBR-PE1	Loop0	2.2.2.1/32	ASBR-PE3	Loop0	4.4.4.1/32
	GE3/1/1	11.0.0.2/24		GE3/1/1	21.0.0.2/24
	GE3/1/3	13.0.0.1/24		GE3/1/3	23.0.0.1/24
	GE3/1/4	14.0.0.1/24		GE3/1/4	14.0.0.2/24
ASBR-PE2	Loop0	3.3.3.1/32	ASBR-PE4	Loop0	5.5.5.1/32
	GE3/1/2	12.0.0.2/24		GE3/1/2	22.0.0.2/24
	GE3/1/3	13.0.0.2/24		GE3/1/3	23.0.0.2/24
	GE3/1/4	24.0.0.1/24		GE3/1/4	24.0.0.2/24

3. 配置步骤

(1) 配置各接口的 IP 地址

按照图 1-25 配置各接口的 IP 地址和掩码，部分配置过程略。

(2) 配置 PE 1

在 PE 1 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力。

```
<PE1> system-view
[PE1] interface loopback 0
[PE1-LoopBack0] ip address 1.1.1.1 32
[PE1-LoopBack0] ospf 1 area 100
[PE1-LoopBack0] quit
[PE1] mpls lsr-id 1.1.1.1
```

```

[PE1] mpls te
[PE1-te] quit
[PE1] interface gigabitethernet 3/1/1
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 100
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] mpls te enable
[PE1-GigabitEthernet3/1/1] quit
[PE1] interface gigabitethernet 3/1/2
[PE1-GigabitEthernet3/1/2] ospf 1 area 100
[PE1-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[PE1-GigabitEthernet3/1/2] mpls te enable
[PE1-GigabitEthernet3/1/2] quit

```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```

[PE1] ospf 1
[PE1-ospf-1] segment-routing mpls
[PE1-ospf-1] quit
[PE1] interface loopback 0
[PE1-LoopBack0] ospf 1 prefix-sid index 10
[PE1-LoopBack0] quit

```

在 PE 1 上运行 BGP。

```
[PE1] bgp 100
```

配置 IBGP 对等体组 1，将对等体 2.2.2.1 和 3.3.3.1 加入对等体组 1，并使能对等体组 1 交换带标签路由的能力。

```

[PE1-bgp-default] group 1
[PE1-bgp-default] peer 1 connect-interface loopback 0
[PE1-bgp-default] peer 2.2.2.1 group 1
[PE1-bgp-default] peer 3.3.3.1 group 1
[PE1-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[PE1-bgp-default-ipv4] peer 1 enable
[PE1-bgp-default-ipv4] peer 1 label-route-capability

```

(3) 配置 ASBR-PE 1

在 ASBR-PE 1 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力。

```

<ASBR-PE1> system-view
[ASBR-PE1] interface loopback 0
[ASBR-PE1-LoopBack0] ip address 2.2.2.1 32
[ASBR-PE1-LoopBack0] ospf 1 area 100
[ASBR-PE1-LoopBack0] quit
[ASBR-PE1] mpls lsr-id 2.2.2.1
[ASBR-PE1] mpls te
[ASBR-PE1-te] quit
[ASBR-PE1] interface gigabitethernet 3/1/1
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 100
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/1] mpls te enable
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/1] quit
[ASBR-PE1] interface gigabitethernet 3/1/3
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/3] ospf 1 area 100

```

```
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/3] mpls enable
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/3] mpls te enable
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/3] quit
[ASBR-PE1] interface gigabitethernet 3/1/4
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/4] mpls enable
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/4] mpls te enable
[ASBR-PE1-GigabitEthernet3/1/4] quit
```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```
[ASBR-PE1] ospf 1
[ASBR-PE1-ospf-1] segment-routing mpls
[ASBR-PE1-ospf-1] quit
[ASBR-PE1] interface loopback 0
[ASBR-PE1-LoopBack0] ospf 1 prefix-sid index 20
[ASBR-PE1-LoopBack0] quit
```

创建路由策略，配置前缀标签索引。

```
[ASBR-PE1] ip prefix-list 1 permit 1.1.1.1 32
[ASBR-PE1] route-policy policy1 permit node 1
[ASBR-PE1-route-policy-policy1-1] if-match ip address prefix-list 1
[ASBR-PE1-route-policy-policy1-1] apply label-index 10
[ASBR-PE1-route-policy-policy1-1] quit
```

在 ASBR-PE 1 上运行 BGP。

```
[ASBR-PE1] bgp 100
```

配置 IBGP 对等体组 1，将对等体 1.1.1.1 和 3.3.3.1 加入对等体组 1，并使能对等体组 1 交换带标签路由的能力。

```
[ASBR-PE1-bgp-default] group 1
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 1 connect-interface loopback 0
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 1.1.1.1 group 1
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 3.3.3.1 group 1
[ASBR-PE1-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 1 enable
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 1 label-route-capability
```

引入 OSPF 进程 1 的路由同时应用已配置的路由策略。

```
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] import-route ospf 1 route-policy policy1
```

开启 MPLS SR 功能。

```
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] segment-routing mpls
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] quit
```

配置直连 EBGP，向 EBGP 对等体 14.0.0.2 只发布本地 Loopback 0 的路由。

```
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 14.0.0.2 as-number 600
[ASBR-PE1-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] network 2.2.2.1 32 route-policy policy2
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 14.0.0.2 enable
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 14.0.0.2 route-policy policy2 export
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] quit
```

与 ASBR-PE 3 通过 Loopback 口建立多跳 EBGP 邻居，使能对等体 4.4.4.1 交换带标签路由的能力，并从对等体 4.4.4.1 为接收的路由分配首选值 100。

```
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 4.4.4.1 as-number 600
```

```
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 4.4.4.1 connect-interface loopback 0
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 4.4.4.1 ebgp-max-hop 10
[ASBR-PE1-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 4.4.4.1 enable
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 4.4.4.1 label-route-capability
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] peer 4.4.4.1 preferred-value 100
[ASBR-PE1-bgp-default-ipv4] quit
```

配置 BGP-EPE 功能，指定策略为邻居 4.4.4.1 分配标签。

```
[ASBR-PE1-bgp-default] peer 4.4.4.1 egress-engineering route-policy epe
[ASBR-PE1-bgp-default] quit
[ASBR-PE1-bgp] quit
```

创建路由策略 policy 2 和 policy epe，配置标签索引 20 和标签值 5555。

```
[ASBR-PE1] ip prefix-list 2 permit 2.2.2.1 32
[ASBR-PE1] route-policy policy2 permit node 1
[ASBR-PE1-route-policy-policy2-1] if-match ip address prefix-list 2
[ASBR-PE1-route-policy-policy2-1] apply label-index 20
[ASBR-PE1-route-policy-policy2-1] quit
[ASBR-PE1] route-policy epe permit node 1
[ASBR-PE1-route-policy-epe-1] apply label-value 5555
[ASBR-PE1-route-policy-epe-1] quit
```

(4) 配置 ASBR-PE 2

ASBR-PE 2 的配置与 ASBR-PE 1 类似，具体配置过程略。

(5) 配置 ASBR-PE 3

在 ASBR-PE 3 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力。

```
<ASBR-PE3> system-view
[ASBR-PE3] interface loopback 0
[ASBR-PE3-LoopBack0] ip address 4.4.4.1 32
[ASBR-PE3-LoopBack0] ospf 1 area 200
[ASBR-PE3-LoopBack0] quit
[ASBR-PE3] mpls lsr-id 4.4.4.1
[ASBR-PE3] mpls te
[ASBR-PE3-te] quit
[ASBR-PE3] interface gigabitethernet 3/1/1
[ASBR-PE3-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 200
[ASBR-PE3-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[ASBR-PE3-GigabitEthernet3/1/1] mpls te enable
[ASBR-PE3-GigabitEthernet3/1/1] quit
[ASBR-PE3] interface gigabitethernet 3/1/3
[ASBR-PE3-GigabitEthernet3/1/3] ospf 1 area 200
[ASBR-PE3-GigabitEthernet3/1/3] mpls enable
[ASBR-PE3-GigabitEthernet3/1/3] mpls te enable
[ASBR-PE3-GigabitEthernet3/1/3] quit
[ASBR-PE3] interface gigabitethernet 3/1/4
[ASBR-PE3-GigabitEthernet3/1/4] mpls enable
[ASBR-PE3-GigabitEthernet3/1/4] mpls te enable
[ASBR-PE3-GigabitEthernet3/1/4] quit
```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```

[ASBR-PE3] ospf 1
[ASBR-PE3-ospf-1] segment-routing mpls
[ASBR-PE3-ospf-1] quit
[ASBR-PE3] interface loopback 0
[ASBR-PE3-LoopBack0] ospf 1 prefix-sid index 40
[ASBR-PE3-LoopBack0] quit
# 创建路由策略，配置前缀标签索引。
[ASBR-PE3] ip prefix-list 1 permit 6.6.6.1 32
[ASBR-PE3] route-policy policy1 permit node 1
[ASBR-PE3-route-policy-policy1-1] if-match ip address prefix-list 1
[ASBR-PE3-route-policy-policy1-1] apply label-index 60
[ASBR-PE3-route-policy-policy1-1] quit
# 在 ASBR-PE 3 上运行 BGP。
[ASBR-PE3] bgp 600
# 配置 IBGP 对等体组 1，将对等体 5.5.5.1 和 6.6.6.1 加入对等体组 1，并使能对等体组 1 交换带标
签路由的能力。
[ASBR-PE3-bgp-default] group 1
[ASBR-PE3-bgp-default] peer 1 connect-interface loopback 0
[ASBR-PE3-bgp-default] peer 5.5.5.1 group 1
[ASBR-PE3-bgp-default] peer 6.6.6.1 group 1
[ASBR-PE3-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE3-bgp-default-ipv4] peer 1 enable
[ASBR-PE3-bgp-default-ipv4] peer 1 label-route-capability
# 引入 OSPF 进程 1 的路由同时应用已配置的路由策略。
[ASBR-PE3-bgp-default-ipv4] import-route ospf 1 route-policy policy1
# 开启 MPLS SR 功能。
[ASBR-PE3-bgp-default-ipv4] segment-routing mpls
[ASBR-PE3-bgp-default-ipv4] quit
# 配置直连 EBGP，向 EBGP 对等体 14.0.0.1 只发布本地 Loopback0 的路由。
[ASBR-PE3-bgp-default] peer 14.0.0.1 as-number 100
[ASBR-PE3-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE3-bgp-default-ipv4] network 4.4.4.1 32 route-policy policy2
[ASBR-PE3-bgp-default-ipv4] peer 14.0.0.1 enable
[ASBR-PE3-bgp-default-ipv4] peer 14.0.0.1 route-policy policy2 export
[ASBR-PE3-bgp-default-ipv4] quit
# 与 ASBR-PE 1 通过 Loopback 口建立多跳 EBGP 邻居，使能对等体 2.2.2.1 交换带标签路由的能
力，并从对等体 2.2.2.1 为接收的路由分配首选值 100。
[ASBR-PE3-bgp-default] peer 2.2.2.1 as-number 100
[ASBR-PE3-bgp-default] peer 2.2.2.1 connect-interface loopback 0
[ASBR-PE3-bgp-default] peer 2.2.2.1 ebgp-max-hop 10
[ASBR-PE3-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[ASBR-PE3-bgp-default-ipv4] peer 2.2.2.1 enable
[ASBR-PE3-bgp-default-ipv4] peer 2.2.2.1 label-route-capability
[ASBR-PE3-bgp-default-ipv4] peer 2.2.2.1 preferred-value 100
[ASBR-PE3-bgp-default-ipv4] quit
# 将 EBGP 邻居 2.2.2.1 配置为 BGP-EPE 能力，指定策略为邻居分配标签。

```

```
[ASBR-PE3-bgp-default] peer 2.2.2.1 egress-engineering route-policy epe
[ASBR-PE3-bgp-default] quit
[ASBR-PE3-bgp] quit
```

创建路由策略 policy 2 和 policy epe，配置标签索引 40 和标签值 6666。

```
[ASBR-PE3] ip prefix-list 2 permit 4.4.4.1 32
[ASBR-PE3] route-policy policy2 permit node 1
[ASBR-PE3-route-policy-policy2-1] if-match ip address prefix-list 2
[ASBR-PE3-route-policy-policy2-1] apply label-index 40
[ASBR-PE3-route-policy-policy2-1] quit
[ASBR-PE3] route-policy epe permit node 1
[ASBR-PE3-route-policy-epe-1] apply label-value 6666
[ASBR-PE3-route-policy-epe-1] quit
```

(6) 配置 ASBR-PE 4

ASBR-PE 4 的配置与 ASBR-PE 3 类似，具体配置过程略。

(7) 配置 PE 2

在 PE 2 上运行 OSPF，配置节点的 MPLS LSR ID、开启 MPLS 能力和 MPLS TE 能力

```
<PE2> system-view
[PE2] interface loopback 0
[PE2-LoopBack0] ip address 6.6.6.1 32
[PE2-LoopBack0] ospf 1 area 200
[PE2-LoopBack0] quit
[PE2] mpls lsr-id 6.6.6.1
[PE2] mpls te
[PE2-te] quit
[PE2] interface gigabitethernet 3/1/1
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 200
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] mpls te enable
[PE2-GigabitEthernet3/1/1] quit
[PE2] interface gigabitethernet 3/1/2
[PE2-GigabitEthernet3/1/2] ospf 1 area 200
[PE2-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[PE2-GigabitEthernet3/1/2] mpls te enable
[PE2-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

在 OSPF 视图下开启 MPLS SR 功能，并配置前缀 SID 索引。

```
[PE2] ospf 1
[PE2-ospf-1] segment-routing mpls
[PE2-ospf-1] quit
[PE2] interface loopback 0
[PE2-LoopBack0] ospf 1 prefix-sid index 60
[PE2-LoopBack0] quit
```

在 PE 2 上运行 BGP。

```
[PE2] bgp 600
```

配置 IBGP 对等体组 1，将对等体 4.4.4.1 和 5.5.5.1 加入对等体组 1，并使能对等体组 1 交换带标签路由的能力。

```
[PE2-bgp-default] group 1
```

```
[PE2-bgp-default] peer 1 connect-interface loopback 0
[PE2-bgp-default] peer 4.4.4.1 group 1
[PE2-bgp-default] peer 5.5.5.1 group 1
[PE2-bgp-default] address-family ipv4 unicast
[PE2-bgp-default-ipv4] peer 1 enable
[PE2-bgp-default-ipv4] peer 1 label-route-capability
```

(8) 配置多段 MPLS TE 隧道

在 PE 1 上配置到 ASBR-PE 1、ASBR-PE 2 的 MPLS TE 隧道。

```
[PE1] static-sr-mpls lsp sr-lsp-20 out-label 16020
[PE1] static-sr-mpls lsp sr-lsp-30 out-label 16030
[PE1] interface tunnel 0 mode mpls-te
[PE1-Tunnel0] ip address unnumbered interface LoopBack0
[PE1-Tunnel0] destination 2.2.2.1
[PE1-Tunnel0] mpls te signaling static
[PE1-Tunnel0] mpls te static-sr-mpls static-sr-lsp-20
[PE1-Tunnel0] quit
[PE1] interface tunnel 1 mode mpls-te
[PE1-Tunnel1] ip address ip address unnumbered interface LoopBack0
[PE1-Tunnel1] destination 3.3.3.1
[PE1-Tunnel1] mpls te signaling static
[PE1-Tunnel1] mpls te static-sr-mpls -sr-lsp-30
[PE1-Tunnel1] quit
```

在 ASBR-PE 1 上配置到 PE 1、ASBR-PE 3 的 MPLS TE 隧道。

```
[ASBR-PE1] static-sr-mpls lsp sr-lsp-10 out-label 16010
[ASBR-PE1] static-sr-mpls lsp sr-lsp-40 out-label 5555
[ASBR-PE1] interface tunnel 0 mode mpls-te
[ASBR-PE1-Tunnel0] ip address unnumbered interface LoopBack0
[ASBR-PE1-Tunnel0] destination 1.1.1.1
[ASBR-PE1-Tunnel0] mpls te signaling static
[ASBR-PE1-Tunnel0] mpls te static-sr-mpls static-sr-lsp-10
[ASBR-PE1-Tunnel0] quit
[ASBR-PE1] interface tunnel 1 mode mpls-te
[ASBR-PE1-Tunnel1] ip address unnumbered interface LoopBack0
[ASBR-PE1-Tunnel1] destination 4.4.4.1
[ASBR-PE1-Tunnel1] mpls te signaling static
[ASBR-PE1-Tunnel1] mpls te static-sr-mpls sr-lsp-40
[ASBR-PE1-Tunnel1] quit
```

在 ASBR-PE 3 上配置到 PE 2、ASBR-PE 1 的 MPLS TE 隧道。

```
[ASBR-PE3] static-sr-mpls lsp sr-lsp-60 out-label 16060
[ASBR-PE3] static-sr-mpls lsp sr-lsp-40 out-label 6666
[ASBR-PE3] interface tunnel 0 mode mpls-te
[ASBR-PE3-Tunnel0] ip address unnumbered interface LoopBack0
[ASBR-PE3-Tunnel0] destination 6.6.6.1
[ASBR-PE3-Tunnel0] mpls te signaling static
[ASBR-PE3-Tunnel0] mpls te static-sr-mpls sr-lsp-60
[ASBR-PE3-Tunnel0] quit
[ASBR-PE3] interface tunnel 1 mode mpls-te
```



```
[ASBR-PE3-Tunnel1] ip address unnumbered interface LoopBack0
[ASBR-PE3-Tunnel1] destination 2.2.2.1
[ASBR-PE3-Tunnel1] mpls te signaling static
[ASBR-PE3-Tunnel1] mpls te static-sr-mpls sr-lsp-40
[ASBR-PE3-Tunnel1] quit
```

PE 2、ASBR-PE 2 和 ASBR-PE 4 上的 MPLS TE 隧道配置与 PE 1、ASBR-PE 1 和 ASBR-PE 3 类似，具体配置过程略。

4. 验证配置

配置完成后，在 PE 1 和 PE 2 上执行 **display ip routing-table** 命令可以查看到到达对方的路由，且 PE 1 和 PE 2 互相可以 ping 通。

#在 PE 1 上查看 MPLS 标签转发路径信息。

```
[PE1] display mpls lsp
```

FEC	Proto	In/Out Label	Out Inter/NHLFE/LSINDEX
1.1.1.1/0/35940	StaticCR	-/3	GE3/1/1
1.1.1.1/1/35940	StaticCR	-/3	GE3/1/1
1.1.1.1/32	BGP	-/16010	NHLFE4
4.4.4.1/32	BGP	-/16040	NHLFE4
5.5.5.1/32	BGP	-/16050	NHLFE4
6.6.6.1/32	BGP	-/16060	NHLFE4
11.0.0.2	Local	-/-	GE3/1/1
12.0.0.3	Local	-/-	GE3/1/2
Tunnel0	Local	-/-	NHLFE4
Tunnel1	Local	-/-	NHLFE8
1.1.1.1/32	OSPF	16010/-	-
2.2.2.1/32	OSPF	16020/3	GE3/1/1
2.2.2.1/32	OSPF	-/3	GE3/1/1
3.3.3.1/32	OSPF	16030/3	GE3/1/2
3.3.3.1/32	OSPF	-/3	GE3/1/2

1.21.10 MPLS SR to LDP 配置举例（IS-IS）

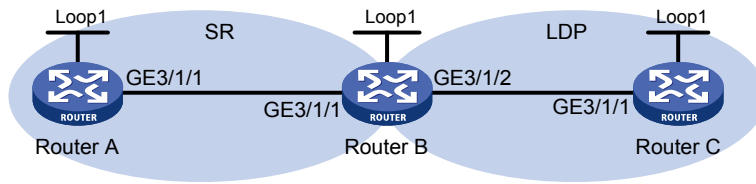
1. 组网需求

Router A 和 Router B 间建立 MPLS SR 网络，Router B 和 Router C 间建立 LDP 网络，实现 Router A 和 Router C 间互访。具体需求如下：

- Router A、Router B 和 Router C 运行 IS-IS 实现三层互通。
- Router A 和 Router B 间通过 IS-IS SR 建立 SRLSP，Router B 和 Router C 间通过 LDP 动态建立 LSP。
- Router B 作为 SRMS，将 LDP 网络的前缀地址映射为 SR 网络的 SID，并通告给 Router A。

2. 组网图

图1-26 MPLS SR to LDP 网络互通组网图



设备	接口	IP地址	设备	接口	IP地址
Router A	Loop1	1.1.1.1/32	Router B	Loop1	2.2.2.2/32
	GE3/1/1	10.0.0.1/24		GE3/1/1	10.0.0.2/24
Router C	Loop1	3.3.3.3/32		GE3/1/2	11.0.0.1/24
	GE3/1/1	11.0.0.2/24			

3. 配置步骤

- (1) 请按照图 1-26 配置各接口的 IP 地址和子网掩码，具体配置过程略
- (2) 配置 IS-IS 协议实现网络层互通，开销值类型为 wide

配置 Router A。

```
<RouterA> system-view
[RouterA] isis 1
[RouterA-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0001.00
[RouterA-isis-1] cost-style wide
[RouterA-isis-1] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterA] interface loopback 1
[RouterA-LoopBack1] isis enable 1
[RouterA-LoopBack1] quit
```

配置 Router B。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] isis 1
[RouterB-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0002.00
[RouterB-isis-1] cost-style wide
[RouterB-isis-1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterB] interface loopback 1
[RouterB-LoopBack1] isis enable 1
[RouterB-LoopBack1] quit
```

配置 Router C。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] isis 1
[RouterC-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0003.00
[RouterC-isis-1] cost-style wide
[RouterC-isis-1] quit
[RouterC] interface gigabitEthernet 3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterC] interface loopback 1
[RouterC-LoopBack1] isis enable 1
[RouterC-LoopBack1] quit
```

(3) 配置节点的 MPLS LSR ID

配置 Router A。

```
[RouterA] mpls lsr-id 1.1.1.1
```

配置 Router B。

```
[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.2
```

配置 Router C。

```
[RouterC] mpls lsr-id 3.3.3.3
```

(4) 配置节点的 LDP 功能

配置 Router B。

```
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] quit
[RouterB] interface gigabitEthernet3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] mpls ldp enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

配置 Router C。

```
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] quit
[RouterC] interface gigabitEthernet3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] mpls ldp enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

(5) 开启 IS-IS SR 功能

配置 Router A。

```
[RouterA] isis 1
[RouterA-isis-1] address-family ipv4
[RouterA-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterA-isis-1-ipv4] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB] isis 1
[RouterB-isis-1] address-family ipv4
[RouterB-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterB-isis-1-ipv4] quit
```

(6) 配置 IS-IS SR 的 SRGB

配置 Router A。

```
[RouterA-isis-1] segment-routing global-block 16000 16999
[RouterA-isis-1] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB-isis-1] segment-routing global-block 17000 17999
[RouterB-isis-1] quit
```

(7) 配置 SRMS

在 Router B 上开启通告本地 SID 标签映射消息功能。

```
[RouterB] isis 1
[RouterB-isis-1] address-family ipv4
[RouterB-isis-1-ipv4] segment-routing mapping-server advertise-local
[RouterB-isis-1-ipv4] quit
[RouterB-isis-1] quit
```

在 Router B 上配置前缀和 SID 的映射关系。

```
[RouterB] segment-routing
[RouterB-segment-routing] mapping-server prefix-sid-map 3.3.3.3 32 100
[RouterB-segment-routing] quit
```

4. 验证配置

在 Router A 上查看 IS-IS SR 到达 Router C 的出标签，IS-IS SR 已经为 Router C 分配了 SID。

```
[RouterA] display mpls lsp protocol isis
```

FEC	Proto	In/Out Label	Out Inter/NHLFE/LSINDEX
3.3.3.3/32	ISIS	16100/17100	GE3/1/1
3.3.3.3/32	ISIS	-/17100	GE3/1/1

1.21.11 MPLS SR to LDP 配置举例（OSPF）

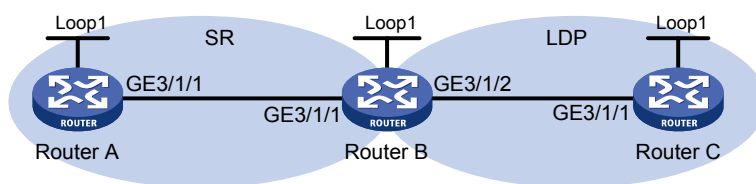
1. 组网需求

Router A 和 Router B 间建立 MPLS SR 网络，Router B 和 Router C 间建立 LDP 网络，实现 Router A 和 Router C 间互访。具体需求如下：

- Router A、Router B 和 Router C 运行 OSPF 实现三层互通。
- Router A 和 Router B 间通过 OSPF SR 建立 SRLSP，Router B 和 Router C 间通过 LDP 动态建立 LSP。
- Router B 作为 SRMS，将 LDP 网络的前缀地址映射为 SR 网络的 SID，并通告给 Router A。

2. 组网图

图1-27 MPLS SR to LDP 网络互通组网图



设备	接口	IP地址	设备	接口	IP地址
Router A	Loop1	1.1.1.1/32	Router B	Loop1	2.2.2.2/32
	GE3/1/1	10.0.0.1/24		GE3/1/1	10.0.0.2/24
Router C	Loop1	3.3.3.3/32		GE3/1/2	11.0.0.1/24
	GE3/1/1	11.0.0.2/24			

3. 配置步骤

(1) 请按照图 1-27 配置各接口的 IP 地址和子网掩码，具体配置过程略

(2) 配置 OSPF 协议实现网络层互通

配置 Router A。

```
<RouterA> system-view
[RouterA] ospf 1 router-id 1.1.1.1
[RouterA-ospf-1] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 0
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterA] interface loopback 1
[RouterA-LoopBack1] ospf 1 area 0
[RouterA-LoopBack1] quit
```

配置 Router B。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] ospf 1 router-id 2.2.2.2
[RouterB-ospf-1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 0
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] ospf 1 area 0
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterB] interface loopback 1
[RouterB-LoopBack1] ospf 1 area 0
[RouterB-LoopBack1] quit
```

配置 Router C。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] ospf 1 router-id 3.3.3.3
[RouterC-ospf-1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] ospf 1 area 0
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterC] interface loopback 1
[RouterC-LoopBack1] ospf 1 area 0
[RouterC-LoopBack1] quit
```

(3) 配置节点的 MPLS LSR ID

配置 Router A。

```
[RouterA] mpls lsr-id 1.1.1.1
```

```
# 配置 Router B。  
[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.2
```

```
# 配置 Router C。  
[RouterC] mpls lsr-id 3.3.3.3
```

(4) 配置节点的 LDP 功能

```
# 配置 Router B。  
[RouterB] mpls ldp  
[RouterB-ldp] quit  
[RouterB] interface gigabitEthernet3/1/2  
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable  
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] mpls ldp enable  
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

```
# 配置 Router C。  
[RouterC] mpls ldp  
[RouterC-ldp] quit  
[RouterC] interface gigabitEthernet3/1/1  
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable  
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] mpls ldp enable  
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

(5) 开启 OSPF SR 功能

```
# 配置 Router A。  
[RouterA] ospf 1  
[RouterA-ospf-1] segment-routing mpls  
[RouterA-ospf-1] quit
```

```
# 配置 Router B。  
[RouterB] ospf 1  
[RouterB-ospf-1] segment-routing mpls  
[RouterB-ospf-1] quit
```

(6) 配置 OSPF SR 的 SRGB

```
# 配置 Router A。  
[RouterA-ospf-1] segment-routing global-block 16000 16999  
[RouterA-ospf-1] quit
```

```
# 配置 Router B。  
[RouterB-ospf-1] segment-routing global-block 17000 17999  
[RouterB-ospf-1] quit
```

(7) 配置 SRMS

在 Router B 上开启通告本地 SID 标签映射消息功能。

```
[RouterB] ospf 1  
[RouterB-ospf-1] segment-routing mapping-server advertise-local  
[RouterB-ospf-1] quit
```

在 Router B 上配置前缀和 SID 的映射关系。

```
[RouterB] segment-routing  
[RouterB-segment-routing] mapping-server prefix-sid-map 3.3.3.3 32 100  
[RouterB-segment-routing] quit
```

4. 验证配置

在 Router A 上查看 OSPF SR 到达 Router C 的出标签，OSPF SR 已经为 Router C 分配了 SID。

```
[RouterA] display mpls lsp protocol ospf
FEC                Proto      In/Out Label      Out Inter/NHLFE/LSINDEX
3.3.3.3/32         OSPF      16100/17100    GE3/1/1
3.3.3.3/32         OSPF      -/17100        GE3/1/1
```

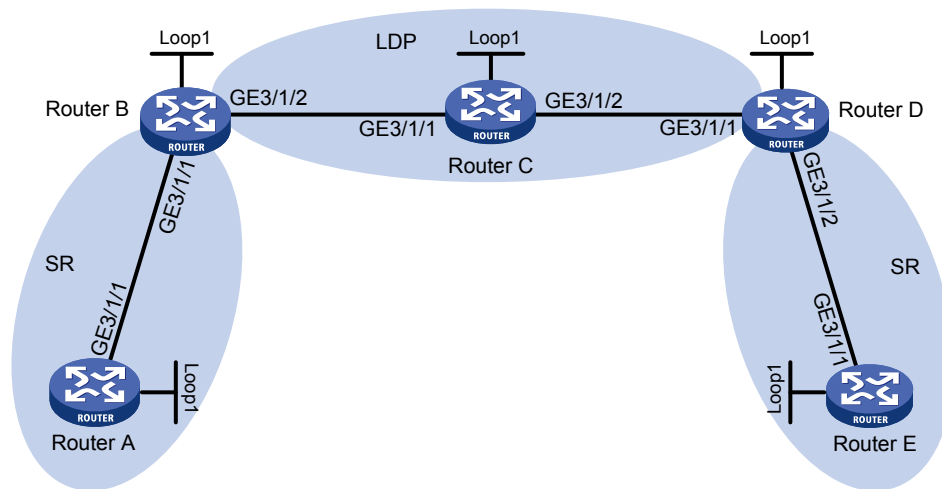
1.21.12 MPLS SR over LDP 网络互通配置举例

1. 组网需求

- 设备 Router A、Router B、Router C、Router D 和 Router E 运行 IS-IS 实现互通。
- 设备 Router B、Router C、Router D 均配置 LDP；Router A、Router B、Router D 和 Router E 配置 IS-IS SR 功能。
- 当 Router A 通过 SRLSP 将流量转发给 Router E 时，需要在 Router B 和 Router D 上完成 MPLS SR 和 LDP 标签的连接。

2. 组网图

图1-28 MPLS SR over LDP 网络互通组网图



设备	接口	IP地址	设备	接口	IP地址
Router A	Loop1	1.1.1.1/32	Router B	Loop1	2.2.2.2/32
	GE3/1/1	10.0.0.1/24		GE3/1/1	10.0.0.2/24
Router C	Loop1	3.3.3.3/32	Router D	Loop1	4.4.4.4/32
	GE3/1/1	11.0.0.2/24		GE3/1/1	12.0.0.2/24
	GE3/1/2	12.0.0.1/24		GE3/1/2	13.0.0.1/24
Router E	Loop1	5.5.5.5/32			
	GE3/1/1	13.0.0.2/24			

3. 配置步骤

- (1) 请按照图 1-28 配置各接口的 IP 地址和子网掩码，具体配置过程略
- (2) 配置 IS-IS 协议实现网络层互通，开销值类型为 wide

配置 Router A。

```
<RouterA> system-view
[RouterA] isis 1
[RouterA-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0001.00
[RouterA-isis-1] cost-style wide
[RouterA-isis-1] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterA-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterA] interface loopback 1
[RouterA-LoopBack1] isis enable 1
[RouterA-LoopBack1] quit
```

配置 Router B。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] isis 1
[RouterB-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0002.00
[RouterB-isis-1] cost-style wide
[RouterB-isis-1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterB] interface loopback 1
[RouterB-LoopBack1] isis enable 1
[RouterB-LoopBack1] quit
```

配置 Router C。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] isis 1
[RouterC-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0003.00
[RouterC-isis-1] cost-style wide
[RouterC-isis-1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 3/1/2
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterC] interface loopback 1
[RouterC-LoopBack1] isis enable 1
[RouterC-LoopBack1] quit
```

配置 Router D。

```
<RouterD> system-view
[RouterD] isis 1
[RouterD-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0004.00
[RouterD-isis-1] cost-style wide
```



```
[RouterD-isis-1] quit
[RouterD] interface gigabitEthernet 3/1/1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterD] interface gigabitEthernet 3/1/2
[RouterD-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/2] quit
[RouterD] interface loopback 1
[RouterD-LoopBack1] isis enable 1
[RouterD-LoopBack1] quit
```

配置 Router E。

```
<RouterE> system-view
[RouterE] isis 1
[RouterE-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0005.00
[RouterE-isis-1] cost-style wide
[RouterE-isis-1] quit
[RouterE] interface gigabitEthernet 3/1/1
[RouterE-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[RouterE-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterE] interface loopback 1
[RouterE-LoopBack1] isis enable 1
[RouterE-LoopBack1] quit
```

(3) 配置节点的 MPLS LSR ID

配置 Router A。

```
[RouterA] mpls lsr-id 1.1.1.1
```

配置 Router B。

```
[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.2
```

配置 Router C。

```
[RouterC] mpls lsr-id 3.3.3.3
```

配置 Router D。

```
[RouterD] mpls lsr-id 4.4.4.4
```

配置 Router E。

```
[RouterE] mpls lsr-id 5.5.5.5
```

(4) 配置节点的 LDP 功能

配置 Router B。

```
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] quit
[RouterB] interface gigabitEthernet3/1/2
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] mpls ldp enable
[RouterB-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

配置 Router C。

```
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] quit
[RouterC] interface gigabitEthernet3/1/1
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
```

```
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] mpls ldp enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[RouterC] interface GigabitEthernet3/1/2
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] mpls ldp enable
[RouterC-GigabitEthernet3/1/2] quit
```

配置 Router D。

```
[RouterD] mpls ldp
[RouterD-ldp] quit
[RouterD] interface gigabitEthernet3/1/1
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] mpls enable
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] mpls ldp enable
[RouterD-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

(5) 开启 IS-IS SR 功能

配置 Router A。

```
[RouterA] isis 1
[RouterA-isis-1] address-family ipv4
[RouterA-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterA-isis-1-ipv4] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB] isis 1
[RouterB-isis-1] address-family ipv4
[RouterB-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterB-isis-1-ipv4] quit
```

配置 Router D。

```
[RouterD] isis 1
[RouterD-isis-1] address-family ipv4
[RouterD-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterD-isis-1-ipv4] quit
```

配置 Router E。

```
[RouterE] isis 1
[RouterE-isis-1] address-family ipv4
[RouterE-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[RouterE-isis-1-ipv4] quit
```

(6) 配置 IS-IS SR 的 SRGB

配置 Router A。

```
[RouterA-isis-1] segment-routing global-block 16000 16999
[RouterA-isis-1] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB-isis-1] segment-routing global-block 17000 17999
[RouterB-isis-1] quit
```

配置 Router D。

```
[RouterD-isis-1] segment-routing global-block 18000 18999
[RouterD-isis-1] quit
```

配置 Router E。

```
[RouterE-isis-1] segment-routing global-block 19000 19999
[RouterE-isis-1] quit
```

(7) 配置 Router A、Router B、Router D 和 Router E 的前缀 SID 索引

配置 Router A。

```
[RouterA] interface loopback 1
[RouterA-LoopBack1] isis prefix-sid index 10
[RouterA-LoopBack1] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB] interface loopback 1
[RouterB-LoopBack1] isis prefix-sid index 20
[RouterB-LoopBack1] quit
```

配置 Router D。

```
[RouterD] interface loopback 1
[RouterD-LoopBack1] isis prefix-sid index 40
[RouterD-LoopBack1] quit
```

配置 Router E。

```
[RouterE] interface loopback 1
[RouterE-LoopBack1] isis prefix-sid index 50
[RouterE-LoopBack1] quit
```

4. 验证配置

在 Router B 上查看 LDP 标签分配情况。

```
[RouterB] display mpls ldp lsp
Status Flags: * - stale, L - liberal, B - backup, N/A - unavailable
FECs: 5          Ingress: 3          Transit: 3          Egress: 2

FEC                In/Out Label      Nexthop            OutInterface
1.1.1.1/32         2171/-
                   -/2169(L)
2.2.2.2/32         2175/-
                   -/2170(L)
3.3.3.3/32         -/2174            11.0.0.2          GE3/1/2
                   2172/2174        11.0.0.2          GE3/1/2
4.4.4.4/32         -/2144            11.0.0.2          GE3/1/2
                   2167/2144        11.0.0.2          GE3/1/2
5.5.5.5/32         -/2162            11.0.0.2          GE3/1/2
                   2161/2162        11.0.0.2          GE3/1/2
```

在 Router B 上查看 IS-IS SR 到达 Router D 和 Router E 的出标签关联上了 LDP 标签。

```
[RouterB] display mpls lsp protocol isis
FEC                Proto            In/Out Label      Out Inter/NHLFE/LSINDEX
1.1.1.1/32         ISIS             17010/3           GE3/1/1
1.1.1.1/32         ISIS             -/3               GE3/1/1
2.2.2.2/32         ISIS             17020/-           -
4.4.4.4/32         ISIS             17040/2144        GE3/1/2
4.4.4.4/32         ISIS             -/2144            GE3/1/2
5.5.5.5/32         ISIS             17050/2162        GE3/1/2
5.5.5.5/32         ISIS             -/2162            GE3/1/2
```

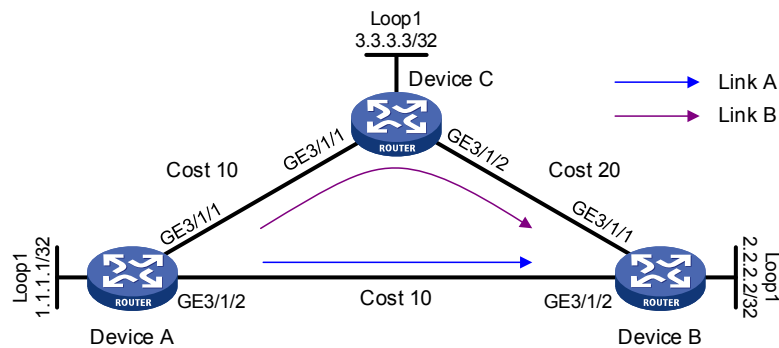
1.21.13 IS-IS TI-LFA FRR 配置举例

1. 组网需求

- 设备 Device A、Device B 和 Device C 运行 IS-IS 实现互通。
- Device A、Device B 和 Device C 配置 IS-IS SR 功能。
- 当设备 Device A 和 Device B 之间链路 Link A 故障，链路 Link B 上存在环路，流量无法通过 Device C 转发到目的节点 Device B。通过部署 TI-LFA FRR 消除环路，同时使流量可以快速切换到链路 Link B。

2. 组网图

图1-29 IS-IS TI-LFA FRR 组网图



设备	接口	IP地址	设备	接口	IP地址
Device A	Loop1	1.1.1.1/32	Device B	Loop1	2.2.2.2/32
	GE3/1/1	12.12.12.1/24		GE3/1/1	24.24.24.1/24
	GE3/1/2	13.13.13.1/24		GE3/1/2	13.13.13.2/24
Device C	Loop1	3.3.3.3/32			
	GE3/1/1	12.12.12.2/24			
	GE3/1/2	24.24.24.2/24			

3. 配置步骤

- (1) 请按照图 1-29 配置各接口的 IP 地址和子网掩码，具体配置过程略
- (2) 配置 IS-IS 协议实现网络层互通，开销值类型为 wide

配置 Device A。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] isis 1
[DeviceA-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0001.00
[DeviceA-isis-1] cost-style wide
[DeviceA-isis-1] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 3/1/1
[DeviceA-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[DeviceA-GigabitEthernet3/1/1] isis cost 10
[DeviceA-GigabitEthernet3/1/1] quit
```

```

[DeviceA] interface gigabitethernet 3/1/2
[DeviceA-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[DeviceA-GigabitEthernet3/1/2] isis cost 10
[DeviceA-GigabitEthernet3/1/2] quit
[DeviceA] interface loopback 1
[DeviceA-LoopBack1] isis enable 1
[DeviceA-LoopBack1] quit
# 配置 Device B。
<DeviceB> system-view
[DeviceB] isis 1
[DeviceB-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0002.00
[DeviceB-isis-1] cost-style wide
[DeviceB-isis-1] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 3/1/1
[DeviceB-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[DeviceB-GigabitEthernet3/1/1] isis cost 20
[DeviceB-GigabitEthernet3/1/1] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 3/1/2
[DeviceB-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[DeviceB-GigabitEthernet3/1/2] isis cost 10
[DeviceB-GigabitEthernet3/1/2] quit
[DeviceB] interface loopback 1
[DeviceB-LoopBack1] isis enable 1
[DeviceB-LoopBack1] quit

```

配置 Device C。

```

<DeviceC> system-view
[DeviceC] isis 1
[DeviceC-isis-1] network-entity 00.0000.0000.0003.00
[DeviceC-isis-1] cost-style wide
[DeviceC-isis-1] quit
[DeviceC] interface gigabitethernet 3/1/1
[DeviceC-GigabitEthernet3/1/1] isis enable 1
[DeviceC-GigabitEthernet3/1/1] isis cost 10
[DeviceC-GigabitEthernet3/1/1] quit
[DeviceC] interface gigabitethernet 3/1/2
[DeviceC-GigabitEthernet3/1/2] isis enable 1
[DeviceC-GigabitEthernet3/1/2] isis cost 20
[DeviceC-GigabitEthernet3/1/2] quit
[DeviceC] interface loopback 1
[DeviceC-LoopBack1] isis enable 1
[DeviceC-LoopBack1] quit

```

- (3) 开启 IS-IS SR 功能，并开启邻接标签分配功能

配置 Device A。

```

[DeviceA] isis 1
[DeviceA-isis-1] address-family ipv4
[DeviceA-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
[DeviceA-isis-1-ipv4] segment-routing adjacency enable

```

```
[DeviceA-isis-1-ipv4] quit
```

配置 Device B。

```
[DeviceB] isis 1
```

```
[DeviceB-isis-1] address-family ipv4
```

```
[DeviceB-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
```

```
[DeviceB-isis-1-ipv4] segment-routing adjacency enable
```

```
[DeviceB-isis-1-ipv4] quit
```

配置 Device C。

```
[DeviceC] isis 1
```

```
[DeviceC-isis-1] address-family ipv4
```

```
[DeviceC-isis-1-ipv4] segment-routing mpls
```

```
[DeviceC-isis-1-ipv4] segment-routing adjacency enable
```

```
[DeviceC-isis-1-ipv4] quit
```

(4) 配置 IS-IS SR 的 SRGB

配置 Device A。

```
[DeviceA-isis-1] segment-routing global-block 16000 16999
```

```
[DeviceA-isis-1] quit
```

配置 Device B。

```
[DeviceB-isis-1] segment-routing global-block 17000 17999
```

```
[DeviceB-isis-1] quit
```

配置 Device C。

```
[DeviceC-isis-1] segment-routing global-block 18000 18999
```

```
[DeviceC-isis-1] quit
```

(5) 配置 Device A、Device B 和 Device C 的前缀 SID 索引

配置 Device A。

```
[DeviceA] interface loopback 1
```

```
[DeviceA-LoopBack1] isis prefix-sid index 10
```

```
[DeviceA-LoopBack1] quit
```

配置 Device B。

```
[DeviceB] interface loopback 1
```

```
[DeviceB-LoopBack1] isis prefix-sid index 20
```

```
[DeviceB-LoopBack1] quit
```

配置 Device C。

```
[DeviceC] interface loopback 1
```

```
[DeviceC-LoopBack1] isis prefix-sid index 30
```

```
[DeviceC-LoopBack1] quit
```

(6) 配置 IS-IS TI-LFA FRR

配置 Device A。

```
[DeviceA] isis 1
```

```
[DeviceA-isis-1] address-family ipv4
```

```
[DeviceA-isis-1-ipv4] fast-reroute lfa
```

```
[DeviceA-isis-1-ipv4] fast-reroute ti-lfa
```

```
[DeviceA-isis-1-ipv4] quit
```

```
[DeviceA-isis-1] quit
```

配置 Device B。

```

[DeviceB] isis 1
[DeviceB-isis-1] address-family ipv4
[DeviceB-isis-1-ipv4] fast-reroute lfa
[DeviceB-isis-1-ipv4] fast-reroute ti-lfa
[DeviceB-isis-1-ipv4] quit
[DeviceB-isis-1] quit

```

配置 Device C。

```

[DeviceC] isis 1
[DeviceC-isis-1] address-family ipv4
[DeviceC-isis-1-ipv4] fast-reroute lfa
[DeviceC-isis-1-ipv4] fast-reroute ti-lfa
[DeviceC-isis-1-ipv4] quit
[DeviceC-isis-1] quit

```

4. 验证配置

在 Device A 上查看 2.2.2.2/32 路由，可以看到 TI-LFA 备份下一跳信息。

```
[DeviceA] display isis route ipv4 2.2.2.2 32 verbose level-1 1
```

```

Route information for IS-IS(1)
-----

Level-1 IPv4 Forwarding Table
-----

IPv4 Dest : 2.2.2.2/32          Int. Cost : 10          Ext. Cost : NULL
Admin Tag : -                  Src Count  : 1          Flag       : R/L/-
InLabel   : 16020              InLabel Flag: -/N/-/-/-/-
NextHop   :                    Interface   :                    ExitIndex  :
    13.13.13.2                  GE3/1/2          0x00000103
Nib ID    : 0x14000005         OutLabel   : 17020      OutLabelFlag: I
LabelSrc  : SR

TI-LFA:
Interface : GE3/1/1
BkNextHop : 12.12.12.2        LsIndex    : 0x00000002
Backup label stack(top->bottom): {18030, 2175}
Route label: 17020

Flags: D-Direct, R-Added to Rib, L-Advertised in LSPs, U-Up/Down Bit Set

InLabel flags: R-Readvertisement, N-Node SID, P-no PHP
               E-Explicit null, V-Value, L-Local

OutLabelFlags: E-Explicit null, I-Implicit null, N-Nomal, P-SR label prefer

```