

目 录

1 LDP.....	1-1
1.1 LDP简介.....	1-1
1.1.1 LDP基本概念.....	1-1
1.1.2 LDP消息类型.....	1-1
1.1.3 LDP工作过程.....	1-2
1.1.4 LDP的标签分发和管理.....	1-4
1.1.5 LDP GR.....	1-6
1.1.6 LDP NSR.....	1-7
1.1.7 LDP IGP同步.....	1-8
1.1.8 LDP快速重路由.....	1-9
1.1.9 LDP over MPLS TE.....	1-10
1.1.10 协议规范.....	1-10
1.2 LDP配置任务简介.....	1-10
1.3 使能LDP能力.....	1-11
1.3.1 全局使能LDP能力.....	1-11
1.3.2 在接口上使能LDP能力.....	1-12
1.4 配置Hello消息参数.....	1-12
1.5 配置LDP会话参数.....	1-13
1.6 配置LDP倒退机制的延迟时间.....	1-14
1.7 配置LDP MD5 认证.....	1-15
1.8 配置LDP引入BGP单播路由.....	1-15
1.9 配置LSP触发策略.....	1-16
1.10 配置LDP标签分发控制方式.....	1-17
1.11 配置标签通告控制策略.....	1-17
1.12 配置标签接受控制策略.....	1-18
1.13 配置LDP环路检测.....	1-19
1.14 配置LDP会话保护.....	1-20
1.15 配置LDP GR.....	1-20
1.16 配置LDP NSR.....	1-21
1.17 配置LDP IGP同步.....	1-21
1.17.1 配置LDP OSPF同步.....	1-21
1.17.2 配置LDP IS-IS同步.....	1-22
1.18 配置LDP快速重路由.....	1-23

1.19 配置发送的LDP报文的DSCP优先级	1-23
1.20 重启LDP会话	1-24
1.21 开启告警功能	1-24
1.22 LDP显示和维护	1-24
1.23 LDP支持IPv4 配置举例	1-25
1.23.1 利用LDP动态建立LSP配置举例	1-25
1.23.2 标签接受控制策略配置举例	1-29
1.23.3 标签通告控制策略配置举例	1-33
1.23.4 LDP快速重路由配置举例	1-38
1.24 LDP支持IPv6 配置举例	1-41
1.24.1 利用LDP动态建立IPv6 LSP配置举例	1-41
1.24.2 IPv6 FEC标签接受控制策略配置举例	1-47
1.24.3 IPv6 FEC标签通告控制策略配置举例	1-51

1 LDP

1.1 LDP简介

LDP（Label Distribution Protocol，标签分发协议）用来动态建立 LSP。通过 LDP，LSR 可以把网络层的 IP 路由信息映射到 MPLS 的标签交换路径上。

1.1.1 LDP基本概念

1. LDP会话

LDP 会话是指建立在 TCP 连接之上的 LDP 协议连接，用于在 LSR 之间交换 FEC—标签映射（FEC-Label Mapping）。

2. LDP对等体

LDP 对等体是指相互之间存在 LDP 会话，并通过 LDP 会话交换 FEC—标签映射关系的两个 LSR。

3. 标签空间与LDP标识符

标签空间是指标签的取值范围。有以下几种类型的标签空间：

- 每接口标签空间（per-interface label space）：每个接口使用一个独立的标签空间。不同接口使用的标签空间中包括的标签值可以相同。
- 每平台标签空间（per-platform label space）：整个 LSR 统一使用一个标签空间。

目前，设备上只支持每平台标签空间。

LDP ID（LDP Identifier，LDP 标识符）用于标识特定 LSR 的标签空间，为一个六字节的数值，格式如下：

<LSR ID>: <标签空间序号>

其中，LSR ID 占四字节；标签空间序号占两字节，取值为 0 时表示每平台标签空间，取值为非 0 值时表示某个接口使用的标签空间。

LDP 协议运行在 IPv4 网络和运行在 IPv6 网络中使用相同格式的 LDP ID，且要求全局唯一。

4. FEC和FEC—标签映射

FEC（Forwarding Equivalence Class，转发等价类）是 MPLS 中的一个重要概念。MPLS 将具有相同特征（目的地相同或具有相同服务等级等）的报文归为一类，称为 FEC。属于相同 FEC 的报文在 MPLS 网络中将获得完全相同的处理。

LDP 支持根据目的 IP 地址和 PW（Pseudowire，伪线）划分 FEC。本文只介绍根据目的 IP 地址划分 FEC。根据 PW 划分 FEC 的详细介绍，请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS L2VPN”和“VPLS”。

FEC—标签映射也称为 FEC—标签绑定（FEC-Label Binding），是本地 LSR 设备上标签与 FEC 的对应关系。LDP 通过 Label Mapping 消息将 FEC—标签映射通告给对等体。

1.1.2 LDP消息类型

LDP 协议主要使用四类消息：

- 发现（Discovery）消息：用于通告和维护网络中的 LSR，例如 Hello 消息。

- 会话 (Session) 消息：用于建立、维护和终止 LDP 对等体之间的会话，例如用来协商会话参数的 Initialization 消息和用于维护会话的 Keepalive 消息。
 - 通告 (Advertisement) 消息：用于创建、改变和删除“FEC—标签”映射关系，例如用来通告标签映射的 Label Mapping 消息。
 - 通知 (Notification) 消息：用于提供建议性信息的消息和差错通知，例如 Notification 消息。
- 为保证 LDP 消息的可靠发送，除了发现消息使用 UDP 传输外，LDP 的会话消息、通告消息和通知消息都使用 TCP 传输。

1.1.3 LDP工作过程

LDP 协议既可在 IPv4 网络或 IPv6 网络中运行，也可在 IPv4 和 IPv6 并存的网络中运行，LDP 在 IPv4 和 IPv6 网络中的工作过程基本相同。

LDP 工作过程主要包括以下几个阶段：

1. 对等体发现与维护

使能了 LDP 能力的 LSR 周期性地发送 Hello 消息，通告自己的存在。通过 Hello 消息，LSR 可以自动发现它周围的 LSR 邻居，并与其建立 Hello 邻接关系。

LDP 对等体发现机制分为两种：

- 基本发现机制：用于发现本地直连的 LSR 邻居，即通过链路层直接相连的 LSR。在这种方式下，LSR 周期性地向组播地址 224.0.0.2 (IPv4 网络) 或 FF02:0:0:0:0:0:0:2 (IPv6 网络) 发送 LDP 的 Link Hello 消息，以便链路层直接相连的 LSR 发现此 LSR，在 IPv4 和 IPv6 共存的网络中，LSR 会向直连 LSR 同时发送 IPv4 Link Hello 消息和 IPv6 Link Hello 消息，并与邻接 LSR 同时保持 IPv4 Link Hello 邻接关系和 IPv6 Link Hello 邻接关系。
- 扩展发现机制：可用于发现远端非直连的 LSR 邻居，即不通过链路层直接相连的 LSR。这种方式下，LSR 周期性地向指定的 IP 地址发送 LDP 的 Targeted Hello 消息，以便指定 IP 地址对应的 LSR 发现此 LSR。如果指定的地址为 IPv4 地址，则发送 IPv4 Targeted Hello 消息；如果指定的地址为 IPv6 地址，则发送 IPv6 Targeted Hello 消息。扩展发现机制主要应用于 LDP 会话保护、LDP over MPLS TE、MPLS L2VPN 和 VPLS。MPLS L2VPN 和 VPLS 的详细介绍请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS L2VPN”和“VPLS”。

LSR 可以与直连的邻居同时建立 Link Hello 和 Targeted Hello 两种邻接关系。

LDP 对等体之间通过周期性地发送 Hello 消息来维护 Hello 邻接关系。如果 Hello 保持定时器超时仍未收到新的 Hello 消息，则删除 Hello 邻接关系。

2. 会话建立与维护

通过交互 Hello 消息发现 LSR 邻居后，LSR 开始与其建立会话。这一过程可分为两步：

- (1) 建立传输层连接，即在 LSR 之间建立 TCP 连接，在 IPv4 和 IPv6 共存的网络中 LSR 会优先建立 IPv6 TCP 连接，如果建立 IPv6 TCP 连接失败，则会尝试建立 IPv4 TCP 连接；
- (2) 通过交换会话初始化消息对 LSR 之间的会话进行初始化，协商会话中涉及的各种参数，如 LDP 版本、标签通告方式、Keepalive 保持时间等。如果会话参数协商通过，则 LSR 之间成功建立 LDP 会话。

会话建立后，LDP 对等体之间通过发送 LDP PDU (LDP PDU 中携带一个或多个 LDP 消息) 来维护这个会话。如果在 Keepalive 报文发送时间间隔内，LDP 对等体之间没有需要交互的信息，则 LSR

发送 Keepalive 消息给 LDP 对等体，以便维持 LDP 会话。如果 Keepalive 保持定时器超时时，没有收到任何 LDP PDU，LSR 将关闭 TCP 连接，结束 LDP 会话。

一个 LDP 会话上可能存在多个 Hello 邻接关系。当 LDP 会话上的最后一个 Hello 邻接关系被删除后，LSR 将发送通知消息，结束该 LDP 会话。

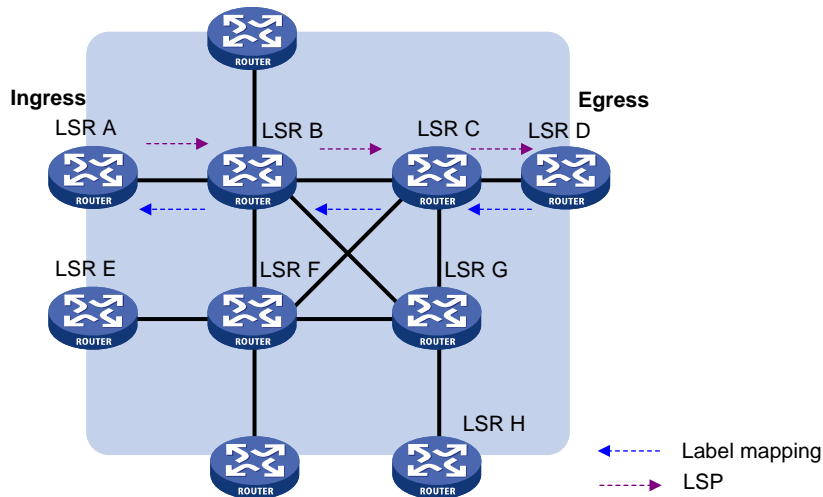
相邻 LSR 之间只会建立一个 LDP 会话，但可在此会话中同时交互 IPv4 FEC—标签映射和 IPv6 FEC—标签映射。

LSR 还可以通过发送 Shutdown 消息，通知它的 LDP 对等体结束 LDP 会话。

3. LSP建立

利用LDP动态建立LSP的过程如 [图 1-1](#)所示。LSR根据IP路由表项中的目的IP地址划分FEC，为不同的FEC分配不同的标签，并将FEC—标签映射通告给对端LSR；对端LSR根据接收到的FEC—标签映射及本地为该FEC分配的标签建立标签转发表项。从Ingress到Egress的所有LSR都为该FEC建立对应的标签转发表项后，就成功地建立了用于转发属于该FEC报文的LSP。

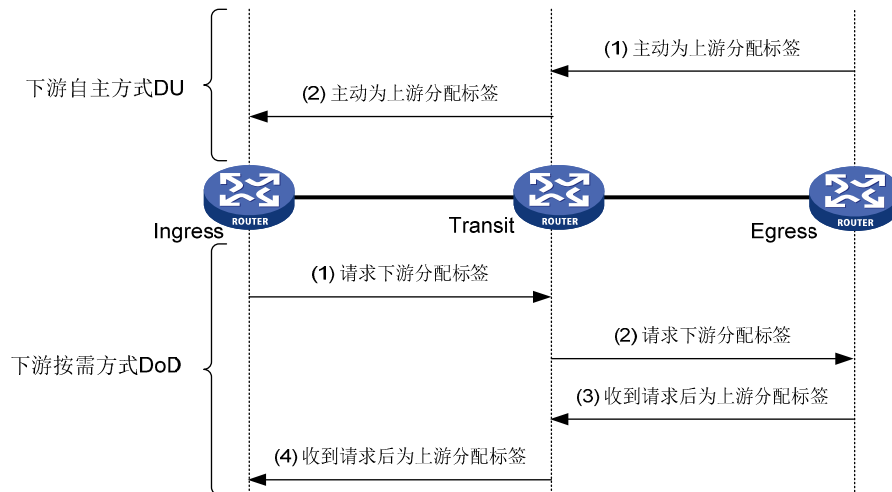
图1-1 动态 LSP 建立过程



1.1.4 LDP的标签分发和管理

1. 标签通告方式 (Label Advertisement Mode)

图1-2 标签通告方式



如 图 1-2 所示,根据建立了会话的一对LSR中哪个LSR负责发起标签映射过程,标签通告方式分为:

- **DU (Downstream Unsolicited, 下游自主方式):** 下游 LSR 主动将 FEC—标签映射通告给上游 LSR, 无需等待上游 LSR 的标签请求。在 DU 方式中, 下游 LSR 负责发起标签映射过程。
- **DoD (Downstream On Demand, 下游按需方式):** 上游 LSR 请求下游 LSR 为 FEC 分配标签, 下游 LSR 收到请求后, 才会将该 FEC 的 FEC—标签映射通告给请求标签的上游 LSR。在 DoD 方式中, 上游 LSR 负责发起标签映射过程。

目前, 设备只支持 DU 标签通告方式。



提示

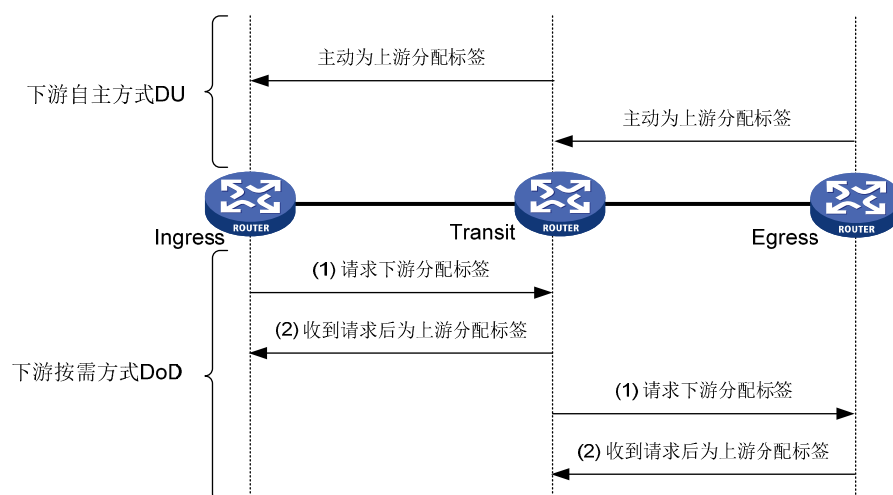
具有标签分发邻接关系的上游 LSR 和下游 LSR 之间必须使用相同的标签通告方式，否则 LSP 无法正常建立。

2. 标签分发控制方式 (Label Distribution Control Mode)

根据通告 FEC—标签映射前是否要求收到下游的 FEC—标签映射，标签分发控制方式分为独立标签分发控制方式 (Independent) 和有序标签分发控制方式 (Ordered)。

- 独立标签分发控制方式：LSR 可以在任意时间向与它连接的 LSR 通告 FEC—标签映射。使用这种方式时，LSR 可能会在收到下游 LSR 的 FEC—标签映射之前就向上游通告了 FEC—标签映射。如 图 1-3 所示，如果标签通告方式是 DU，则即使没有获得下游的 FEC—标签映射，也会直接向上游 LSR 通告 FEC—标签映射；如果标签通告方式是 DoD，则接收到标签请求的 LSR 直接向它的上游 LSR 通告 FEC—标签映射，不必等待来自它的下游的 FEC—标签映射。

图1-3 独立标签分发控制方式



- 有序标签分发控制方式：LSR 只有收到它的下游 LSR 为某个 FEC 通告的 FEC—标签映射，或该 LSR 是此 FEC 的出口节点时，才会向它的上游 LSR 通告此 FEC 的 FEC—标签映射。图 1-2 中的标签通告过程采用了有序标签控制方式：如果标签通告方式为 DU，则 LSR 只有收到下游 LSR 通告的 FEC—标签映射，才会向自己的上游 LSR 通告 FEC—标签映射；如果标签通告方式为 DoD，则下游 LSR (Transit) 收到上游 LSR (Ingress) 的标签请求后，继续向它的下游 LSR (Egress) 发送标签请求，Transit 收到 Egress 通告的 FEC—标签映射后，才会向 Ingress 通告 FEC—标签映射。

3. 标签保持方式 (Label Retention Mode)

根据 LSR 是否保持收到的、但暂时未使用的 FEC—标签映射，标签保持方式分为：

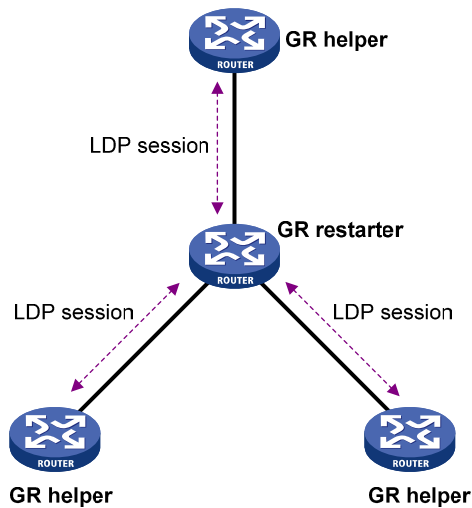
- 自由标签保持方式 (Liberal)：对于从邻居 LSR 收到的标签映射，无论邻居 LSR 是不是指定 FEC 的下一跳都保留。这种方式的优点是 LSR 能够迅速适应网络拓扑变化，但是由于需要保留所有不能生成 LSP 的标签，浪费了内存等系统资源。

- 保守标签保持方式（Conservative）：对于从邻居 LSR 收到的标签映射，只有当邻居 LSR 是指定 FEC 的下一跳时才保留。这种方式的优点是节省标签，但是对拓扑变化的响应较慢。目前，设备只支持自由标签保持方式。

1.1.5 LDP GR

LDP GR（Graceful Restart，平滑重启）利用 MPLS 转发平面与控制平面分离的特点，在信令协议或控制平面出现异常时，保持标签转发表项，LSR 依然根据该表项转发报文，从而保证数据转发不中断。

图1-4 LDP GR

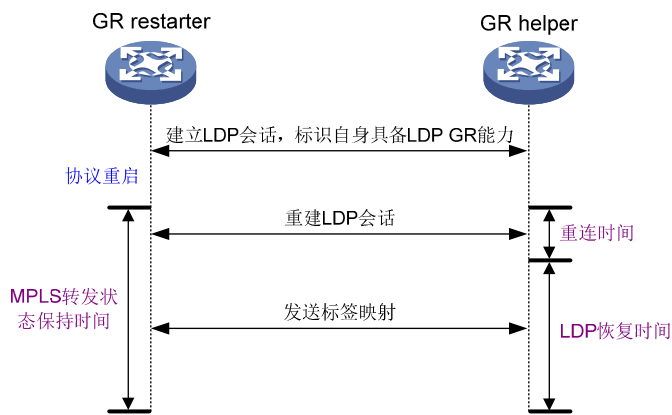


如 [图 1-4](#) 所示，参与 LDP GR 过程的设备分为以下两种：

- GR restarter: GR 重启的 LSR，指由管理员手工触发或控制平面异常而重启协议的设备，它必须具备 GR 能力。
- GR helper: GR restarter 的邻居 LSR，与重启的 GR restarter 保持邻居关系，并协助其恢复重启前的转发状态。

设备既可以作为 GR restarter，又可以作为 GR helper，设备的角色由该设备在 LDP GR 过程中的作用决定。

图1-5 LDP GR 工作过程示意图



如 图 1-5 所示，LDP GR的工作过程为：

- (1) LSR 之间建立 LDP 会话时，LSR 在发送的 Initialization 消息中携带 FT (Fault Tolerance，容错) 会话 TLV，且 L 标记位置为 1，标识它们支持 LDP GR。
- (2) GR restarter 进行协议重启时，启动 MPLS 转发状态定时器，并将标签转发表项置为 Stale 状态。GR helper 发现与 GR restarter 之间的 LDP 会话 down 后，将通过该 LDP 会话接收的 FEC—标签映射置为 Stale 状态，并启动重连定时器。
- (3) GR restarter 协议重启后，重新建立与 GR helper 的 LDP 会话。如果在重连定时器超时前，没有建立 LDP 会话，则 GR helper 删除标记为 Stale 的 FEC—标签映射及对应的标签转发表项。如果在重连定时器超时前，重新建立 LDP 会话，GR restarter 将转发状态保持定时器的剩余时间作为恢复定时器时间值通告给 GR helper。
- (4) GR restarter 和 GR helper 之间重新建立 LDP 会话后，GR helper 启动 LDP 恢复定时器。
- (5) GR restarter 和 GR helper 在新建立的 LDP 会话上交互标签映射，更新标签转发表。GR restarter 接收到标签映射后，与标签转发表进行比较：如果标签转发表中存在与标签映射一致的 Stale 表项，则删除该表项的 Stale 标记；否则，按照正常的 LDP 处理流程，添加新的标签转发表项。GR helper 接收到标签映射后，与本地保存的 FEC—标签映射进行比较：如果存在一致的标签映射，则删除该 FEC—标签映射的 Stale 标记；否则，按照正常的 LDP 处理流程，添加新的 FEC—标签映射及对应的标签转发表项。
- (6) MPLS 转发状态保持定时器超时后，GR restarter 删除标记为 Stale 的标签转发表项。
- (7) LDP 恢复定时器超时后，GR helper 删除标记为 Stale 的 FEC—标签映射。

说明

GR restarter 在 LDP 会话协商时，将本地配置的 GR 重连超时时间和 GR 转发状态保持定时器的剩余时间发送给 GR helper，GR helper 分别将其作为重连定时器的值和 LDP 恢复定时器的值。

1.1.6 LDP NSR

LDP NSR (Nonstop Routing，不间断路由) 是一种通过在 LDP 协议主备进程之间备份必要的协议状态和数据 (如 LDP 会话信息和 LSP 信息)，使得 LDP 协议的主进程中断时，备份进程能够无缝

地接管主进程的工作，从而确保对等体感知不到 LDP 协议中断，保证 LDP 会话保持 Operational 状态，并保证转发不会中断的技术。

导致 LDP 主进程中断的事件包括以下几种：

- LDP 主进程重启
- LDP 主进程所在的主控板发生故障
- LDP 主进程所在的主控板进行 ISSU (In-Service Software Upgrade, 不中断业务升级)
- 进程分布优化为 LDP 进程决策出的位置不同于当前运行的位置而进行进程主备倒换

LDP NSR 与 LDP GR 具有如下区别，请根据实际情况选择合适的方式确保数据转发不中断：

- 对设备要求不同：LDP 协议的主进程和备进程运行在不同的主控板上，因此要运行 LDP NSR 功能，设备上必须有两个或两个以上的主控板。要运行 LDP GR 功能，设备上可以只有一个主控板。
- 对 LDP 对等体的要求不同：使用 LDP NSR 功能时，LDP 对等体不会感知本地设备发生了 LDP 进程的异常重启或主备倒换等故障，不需要 LDP 对等体协助恢复 MPLS 转发信息。LDP GR 要求 LDP 对等体能够识别本地设备的 GR 能力标识（即能处理 Initialization 消息中的 GR 相关扩展），并且在 LDP 会话中断恢复时，LDP 对等体能够作为 GR helper 协助本地设备恢复 MPLS 转发信息。

1.1.7 LDP IGP同步

1. 基本工作机制

LDP 基于 IGP 最优路由建立 LSP，LDP 和 IGP 不同步可能导致 MPLS 流量转发中断。LDP 和 IGP 不同步包括如下情况：

- 某条链路 up 后，IGP 通告并使用了这条链路，而此时这条链路上 LDP LSP 尚未建立；
- 当 LDP 会话 down 时，IGP 继续使用这条链路，而此时这条链路上的 LDP LSP 已经拆除；
- 标签分发控制方式为有序方式时，还没有收到下游设备通告的标签映射，尚未建立 LDP LSP，IGP 就已经使用该链路。

启用 LDP IGP 同步功能后，只有 LDP 在某条链路上收敛，IGP 才会为这条链路通告正常的开销值，否则通告链路开销的最大值，使得这条链路在 IGP 拓扑中可见，但是在其它链路可用的情况下，IGP 不会将该链路选为最优路由，从而确保设备收到 MPLS 报文时，不会因为最优路由上的 LDP LSP 没有建立而丢弃 MPLS 报文。

同时满足如下条件时，设备认为 LDP 在某条链路上已收敛：

- 在该链路上本地设备至少与一个对等体建立了 LDP 会话，且该 LDP 会话已进入 operational 状态。
- 在该链路上本地设备至少向一个对等体发送完标签映射。

2. LDP收敛后的延迟通知机制

缺省情况下，LDP 在某条链路上收敛后立即通知 IGP，以便 IGP 发布该链路的正常开销值。但是，在某些情况下，LDP 收敛后立即通知 IGP，可能会导致 MPLS 流量转发中断，例如：

- 对等体的标签分发控制方式为有序方式时，LDP 会话进入 operational 状态后，设备需要等待下游的标签映射。如果尚未收到下游的标签映射就向 IGP 通知 LDP 收敛，则可能导致 MPLS 流量转发中断。

- 下游的标签映射比较多时，如果 LDP 收敛后立即通知 IGP，则下游的标签映射可能尚未通告完成，导致 MPLS 流量转发中断。

在这些情况下，需要配置恰当的延迟通知时间，即 LDP 在某条链路上收敛后，等待延迟时间再通知 IGP，以最大限度地缩短 MPLS 流量中断的时间。

3. LDP协议重启或倒换后的延迟通知机制

LDP 协议重启或倒换后，需要等待一段时间 LDP 才会收敛。如果在协议重启或倒换后，LDP 立即将当前所有的 LDP IGP 同步状态通知给 IGP，在 LDP 收敛后再更新这些状态，则可能会导致 IGP 频繁地根据不同的同步状态进行处理，增加了 IGP 的处理开销。

LDP 协议重启或倒换后的延迟通知机制可以用来解决上述问题。该机制提供了 LDP 进程级别的延迟通知时间，即在 LDP 协议重启或倒换的情况下，等待 LDP 恢复到重启或倒换前的收敛状态后，再批量通知 LDP IGP 同步状态，以减少 IGP 的处理开销。如果到达指定的最大延迟时间时，仍未恢复之前的收敛状态，则立即向 IGP 批量通告当前的 LDP IGP 同步状态。

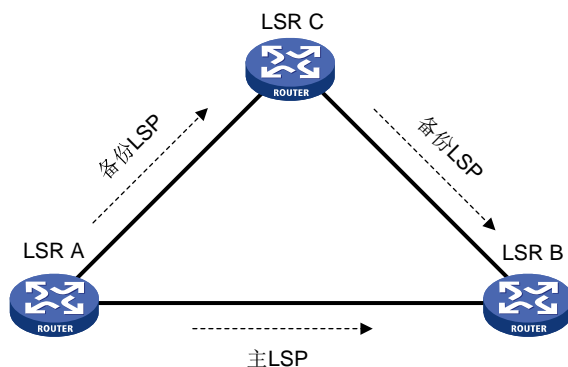
1.1.8 LDP快速重路由

当 MPLS 网络中的链路或某台路由器发生故障时，需要通过故障链路或故障路由器传送才能到达目的地的 MPLS 报文将会丢弃，MPLS 流量转发将会中断，直到 LDP 沿着新的路径建立新的 LDP LSP，被中断的 MPLS 流量才能恢复正常的传送。

LDP 快速重路由功能用来缩短网络故障导致的 MPLS 流量中断时间。LDP 快速重路由完全基于 IP 快速重路由实现，在 IP 快速重路由使能后，LDP 快速重路由即自动使能。使能 IP 快速重路由有两种实现方式：

- 配置 IGP 协议自动计算备份下一跳
- 配置 IGP 协议通过路由策略指定备份下一跳

图1-6 LDP 快速重路由功能示意图



如 图 1-6 所示，LSR A 上使能 IP 快速重路由功能后，IGP 将为路由自动计算或通过路由策略指定备份下一跳，建立主备两条路由，LDP 基于主备路由建立主备两条 LSP。主 LSP 正常工作时，MPLS 流量通过主 LSP 转发；当主 LSP 出现故障时，MPLS 流量快速切换到备份 LSP，从而缩短网络故障导致的流量中断时间。

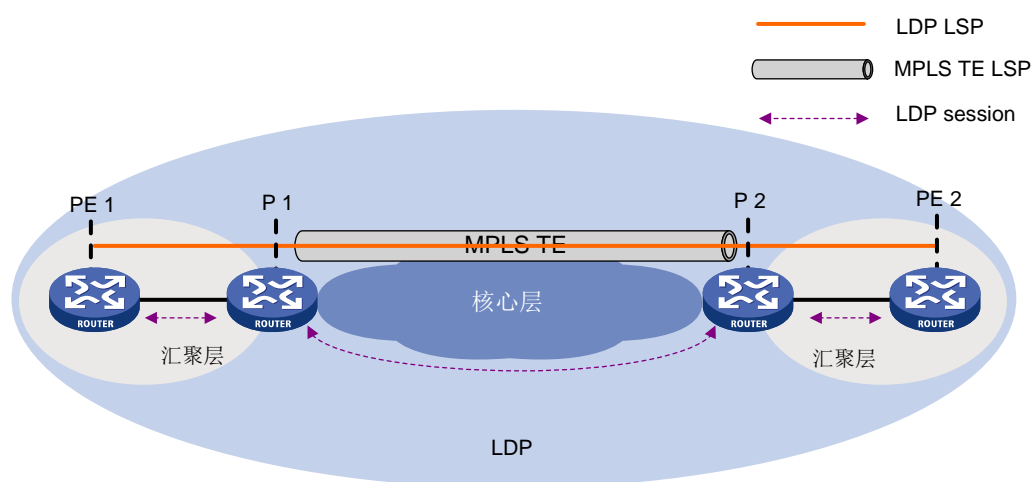
通过备份 LSP 转发流量的同时，IGP 会根据变化后的网络拓扑重新计算最优路由，LDP 也会基于该路由建立新的 LSP。LDP LSP 的建立是在 IGP 路由收敛之后，如果 LDP 收敛之前 IGP 就采用新的

路由，则将导致 MPLS 流量中断。因此在使用 LDP 快速重路由的情况下，建议同时使能 LDP IGP 同步功能，以减少故障发生后 IGP 重新收敛导致的流量中断的时间。

1.1.9 LDP over MPLS TE

如 图 1-7 所示，对于在核心层部署MPLS TE，而汇聚层或边缘层采用LDP作为标签分发协议的分层网络应用场景，如果想要部署一条穿越核心层的LDP LSP，只需要在MPLS TE隧道的头节点和尾节点的隧道接口上使能LDP功能，在隧道两端建立LDP会话，通过LDP会话通告Label Mapping消息，从而在MPLS TE隧道的头节点和尾节点之间建立LDP LSP，这条LDP LSP隧道承载于MPLS TE隧道之上，形成了分层LSP。有关MPLS TE隧道的详细信息，请参见“MPLS配置指导”中的“MPLS TE”。

图1-7 LDP over MPLS TE



1.1.10 协议规范

与 MPLS 相关的协议规范有：

- RFC 5036: LDP Specification
- draft-ietf-mpls-ldp-ipv6-09.txt

1.2 LDP配置任务简介

表1-1 LDP 配置任务简介

配置任务		说明	详细配置
使能LDP能力	全局使能LDP能力	必选	1.3.1
	在接口上使能LDP能力	必选	1.3.2
配置Hello消息参数		可选	1.4
配置LDP会话参数		可选	1.5
配置LDP倒退机制的延迟时间		可选	1.6

配置任务	说明	详细配置
配置LDP MD5认证	可选	1.7
配置LDP引入BGP单播路由	可选	1.8
配置LSP触发策略	可选	1.9
配置LDP标签分发控制方式	可选	1.10
配置标签通告控制策略	可选	1.11
配置标签接受控制策略	可选	1.12
配置LDP环路检测	可选	1.13
配置LDP会话保护	可选	1.14
配置LDP GR	可选	1.15
配置LDP NSR	可选	1.16
配置LDP IGP同步	可选	1.17
配置LDP快速重路由	可选	1.18
配置发送的LDP报文的DSCP优先级	可选	1.19
重启LDP会话	可选	1.20
开启告警功能	可选	1.21

1.3 使能LDP能力

1.3.1 全局使能LDP能力

表1-2 全局使能 LDP 能力

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
使能本节点的LDP能力，或使能指定VPN实例的LDP能力	mpls ldp	缺省情况下，LDP能力处于关闭状态
	mpls ldp	
	vpn-instance vpn-instance-name	
配置LDP的LSR ID	lsr-id lsr-id	缺省情况下，LDP的LSR ID与MPLS LSR ID相同

1.3.2 在接口上使能LDP能力

表1-3 在接口上使能 LDP 能力

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入需要建立LDP会话的接口视图	interface <i>interface-type</i> <i>interface-number</i>	如果该接口绑定了VPN实例，则需要通过 vpn-instance 命令使能指定VPN实例的LDP能力
使能接口的LDP支持IPv4能力	mpls ldp enable	缺省情况下，接口的LDP支持IPv4能力处于关闭状态
使能接口的LDP支持IPv6能力	mpls ldp ipv6 enable	缺省情况下，接口的LDP支持IPv6能力处于关闭状态

1.4 配置Hello消息参数

LDP 的 Hello 消息分为以下几种：

- 用于发现直连邻居的 Link hello 消息，如果在接口上同时使能 LDP 支持 IPv4 能力和 LDP 支持 IPv6 能力，则在接口下配置的 Link Hello 消息参数可同时应用于 IPv4 Link Hello 消息和 IPv6 Link Hello 消息
- 用于发现非直连邻居的 Targeted hello 消息

Hello 消息参数包括：

- Link hello 保持时间和报文发送时间间隔
- Targeted hello 保持时间和报文发送时间间隔

表1-4 配置 Link hello 消息参数

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入建立LDP会话的接口视图	interface <i>interface-type</i> <i>interface-number</i>	-
配置Link hello保持时间	mpls ldp timer hello-hold <i>timeout</i>	缺省情况下，Link hello保持时间为15秒
配置Link hello报文发送时间间隔	mpls ldp timer hello-interval <i>interval</i>	缺省情况下，Link hello报文发送时间间隔为5秒

表1-5 配置 Targeted hello 消息参数

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入LDP视图	mpls ldp	-

操作	命令	说明
配置主动向指定对等体发送Targeted hello消息来建立LDP会话，允许应答指定对等体的Targeted hello消息，并进入LDP对等体视图	targeted-peer { <i>ipv4-address</i> <i>ipv6-address</i> }	缺省情况下，设备不会主动向对等体发送Targeted hello消息，也不会应答对等体的Targeted hello消息
配置Targeted hello保持时间	mpls ldp timer hello-hold <i>timeout</i>	缺省情况下，Targeted hello保持时间为45秒
配置Targeted hello报文发送时间间隔	mpls ldp timer hello-interval <i>interval</i>	缺省情况下，Targeted hello报文发送时间间隔为15秒

1.5 配置LDP会话参数

可以通过配置修改如下 LDP 会话参数：

- Keepalive 保持时间和报文发送时间间隔。
- LDP 传输地址，即用来建立 TCP 连接的 IP 地址。

LDP可以通过基本发现和扩展发现两种机制来发现LSR邻居。LSR与通过基本发现机制发现的LSR邻居建立LDP会话时，采用的LDP会话参数配置方法如 [表 1-6](#) 所示；LSR与通过扩展发现机制发现的LSR邻居建立LDP会话时，采用的LDP IPv4 会话参数配置方法如 [表 1-7](#) 所示，采用的LDP IPv6 会话参数配置方法如 [表 1-8](#) 所示。

配置 LDP 会话参数时，需要注意：

- 配置的 LDP 传输地址应为设备上处于 up 状态的接口的 IP 地址，否则 LDP 会话将无法建立。
- 两端 LSR 的 LDP 传输地址必须路由可达。否则，无法建立 TCP 连接。

表1-6 配置基本发现机制的 LDP 会话参数

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入建立LDP会话的接口视图	interface <i>interface-type</i> <i>interface-number</i>	-
配置Keepalive保持时间	mpls ldp timer keepalive-hold <i>timeout</i>	缺省情况下，Keepalive保持时间为45秒
配置Keepalive报文发送时间间隔	mpls ldp timer keepalive-interval <i>interval</i>	缺省情况下，Keepalive报文发送时间间隔为15秒
配置LDP传输地址	mpls ldp transport-address { <i>ipv4-address</i> <i>ipv6-address</i> interface }	缺省情况下，如果建立LDP会话的接口属于公网，则传输地址是本LSR的LSR ID；如果该接口属于某个VPN，则传输地址是本接口的主IP地址 如果建立LDP会话的接口与某个VPN实例绑定，则本命令指定的接口或指定的传输地址所在的接口需要与同一个VPN实例绑定

表1-7 配置扩展发现机制的 LDP 会话参数：指定目的地址为 IPv4 地址

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入LDP视图	mpls ldp	-
配置主动向指定对等体发送Targeted hello消息来建立LDP会话，允许应答指定对等体的Targeted hello消息，并进入LDP对等体视图	targeted-peer ipv4-address	缺省情况下，设备不会主动向对等体发送Targeted hello消息，也不会应答对等体的Targeted hello消息
配置Keepalive保持时间	mpls ldp timer keepalive-hold timeout	缺省情况下，Keepalive保持时间为45秒
配置Keepalive报文发送时间间隔	mpls ldp timer keepalive-interval interval	缺省情况下，Keepalive报文发送时间间隔为15秒
配置LDP传输地址	mpls ldp transport-address ipv4-address	缺省情况下，传输地址是本LSR的LSR ID

表1-8 配置扩展发现机制的 LDP 会话参数：指定目的地址为 IPv6 地址

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入LDP视图	mpls ldp	-
配置主动向指定对等体发送Targeted hello消息来建立LDP会话，允许应答指定对等体的Targeted hello消息，并进入LDP对等体视图	targeted-peer ipv6-address	缺省情况下，设备不会主动向对等体发送Targeted hello消息，也不会应答对等体的Targeted hello消息
配置Keepalive保持时间	mpls ldp timer keepalive-hold timeout	缺省情况下，Keepalive保持时间为45秒
配置Keepalive报文发送时间间隔	mpls ldp timer keepalive-interval interval	缺省情况下，Keepalive报文发送时间间隔为15秒
配置LDP传输地址	mpls ldp transport-address ipv6-address	缺省情况下，未配置LDP IPv6传输地址

1.6 配置LDP倒退机制的延迟时间

如果 LDP 对等体上配置的 LDP 会话参数不兼容（如 LDP 对等体使用的标签通告方式不同），则会导致会话参数协商失败、LDP 对等体无休止地反复尝试建立会话。

LDP 倒退机制用来抑制尝试建立会话的频率。如果会话因为参数不兼容而建立失败，LSR 将等待初始延迟时间再尝试建立会话；如果会话再次因为参数不兼容而建立失败，则再次尝试建立会话的延迟时间为上一次延迟时间×2；延迟时间达到配置的最大值后，尝试建立会话的等待时间将保持为配置的最大延迟。

表1-9 配置 LDP 倒退机制的延迟时间

操作		命令	说明
进入系统视图		system-view	-
进入LDP视图或LDP-VPN实例视图	进入LDP视图	mpls ldp	-
	进入 LDP-VPN 实例视图	mpls ldp	
		vpn-instance vpn-instance-name	
配置LDP倒退机制的初始延迟和最大延迟		backoff initial initial-time maximum maximum-time	缺省情况下，LDP倒退机制的初始延迟为15秒，最大延迟为120秒

1.7 配置LDP MD5认证

为了提高 LDP 会话的安全性，可以配置在 LDP 会话使用的 TCP 连接上采用 MD5 认证，来验证 LDP 消息的完整性。

要想在 LDP 对等体之间成功建立 LDP 会话，必须保证 LDP 对等体上的 LDP MD5 认证配置一致。

表1-10 配置 LDP MD5 认证

操作		命令	说明
进入系统视图		system-view	-
进入LDP视图或LDP-VPN实例视图	进入LDP视图	mpls ldp	-
	进入 LDP-VPN 实例视图	mpls ldp	
		vpn-instance vpn-instance-name	
使能LDP的MD5认证功能		md5-authentication peer-lsr-id { cipher plain } string	缺省情况下，LDP的MD5认证功能处于关闭状态

1.8 配置LDP引入BGP单播路由

缺省情况下，LDP 自动引入 IGP 路由（包括已引入到 IGP 的 BGP 路由），并为通过 LSP 触发策略的 IGP 路由和通过 LSP 触发策略的带标签 BGP 路由分配标签，但不自动引入未被引入到 IGP 的 BGP 单播路由。这就导致了在一些特殊的组网环境下，如在运营商的运营商组网中，如果一级运营商的 PE 与二级运营商 CE 之间未配置 OSPF、IS-IS 等 IGP 协议，则无法通过 LDP 为 BGP 单播路由分配标签，因而无法建立 LDP LSP。有关运营商的运营商组网的详细信息，请参见“MPLS 配置指导”中的“MPLS L3VPN”。

通过配置 LDP 引入 BGP 单播路由，可将 BGP 单播路由强制引入至 LDP，如果该路由通过 LSP 触发策略，则为其分配标签建立 LSP。

表1-11 配置 LDP 引入 BGP 单播路由

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-

操作		命令	说明
进入LDP视图或LDP-VPN实例视图	进入LDP视图	mpls ldp	-
	进入LDP-VPN实例视图	mpls ldp	
		vpn-instance vpn-instance-name	
配置LDP引入BGP IPv4单播路由		import bgp [as-number]	缺省情况下，LDP不主动引入BGP IPv4单播路由
配置LDP引入BGP IPv6单播路由		ipv6 import bgp [as-number]	缺省情况下，LDP不主动引入BGP IPv6单播路由

1.9 配置LSP触发策略

使能 LDP 后，LDP 可将路由表项中的路由引入至 LDP，并根据其目的网络地址划分 FEC。在 LSR 上配置 LSP 触发策略，可以限制哪些引入到 LDP 的路由表项能够触发 LDP 为其目的网络地址分配标签并建立 LSP，从而控制 LSP 的数量，避免 LSP 数量过多导致设备运行不稳定。

对于引入到 LDP 的路由表项，LSP 触发策略包括：

- 所有路由表项都会触发 LDP 建立 LSP。
- 利用 IP 地址前缀列表对路由表项进行过滤，被 IP 地址前缀列表拒绝的路由表项不能触发建立 LSP。采用这种 LSP 触发策略时，需要创建 IP 地址前缀列表，创建方法请参见“三层技术-IP 路由配置指导”中的“路由策略”。
- 只有 32 位掩码的 IPv4 主机路由或 128 位掩码的 IPv6 主机路由能够触发 LDP 建立 LSP。

缺省情况下，只有 32 位掩码的 IPv4 主机路由或 128 位掩码的 IPv6 主机路由能够触发 LDP 建立 LSP。在非必要的情况下，建议用户不要随意修改 LSP 触发策略，以免建立过多的 LSP，占用系统和网络资源。

表1-12 配置 LSP 触发策略

操作		命令	说明
进入系统视图		system-view	-
进入LDP视图或LDP-VPN实例视图	进入LDP视图	mpls ldp	-
	进入LDP-VPN实例视图	mpls ldp	
		vpn-instance vpn-instance-name	
配置IPv4 LSP的触发策略		lsp-trigger { all prefix-list prefix-list-name }	缺省情况下，只有引入到LDP的32位掩码的IPv4主机路由能够触发LDP建立LSP
配置IPv6 LSP的触发策略		ipv6 lsp-trigger { all prefix-list prefix-list-name }	缺省情况下，只有引入到LDP的128位掩码的IPv6主机路由能够触发LDP建立LSP

1.10 配置LDP标签分发控制方式

表1-13 配置 LDP 标签分配控制方式

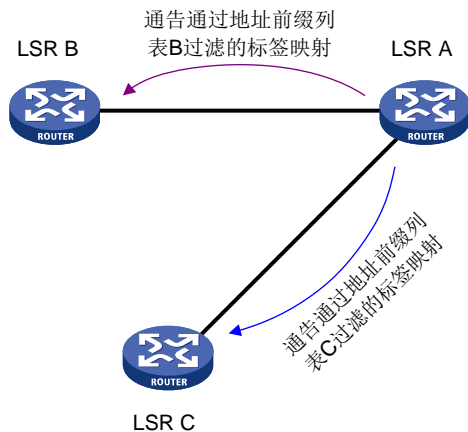
操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入LDP视图或LDP-VPN实例视图	进入LDP视图 mpls ldp	-
	进入LDP-VPN实例视图 mpls ldp vpn-instance vpn-instance-name	
配置标签分发控制方式	label-distribution { independent ordered }	缺省情况下，标签分发控制方式为有序方式（ ordered ）

1.11 配置标签通告控制策略

标签通告控制用来控制向哪些对等体通告哪些 FEC—标签映射，即 LSR 只将指定地址前缀的标签映射通告给指定的对等体。在复杂的 MPLS 网络环境中，通过标签通告控制可以规划动态建立的 LSP，并避免设备通告大量的标签映射。

如 [图 1-8](#)，LSR A 将 FEC 目的地址通过地址前缀列表 B 过滤的 FEC—标签映射通告给 LSR B；将 FEC 目的地址通过地址前缀列表 C 过滤的 FEC—标签映射通告给 LSR C。

图1-8 标签通告控制示意图



在下游 LSR 上配置标签通告控制策略与在上游 LSR 上配置标签接受控制策略具有相同的效果。如果下游 LSR 支持配置标签通告控制策略，则推荐使用标签通告控制策略，以减轻网络负担。

在配置 LDP 标签通告控制策略时，需要创建 IP 地址前缀列表，创建方法请参见“三层技术-IP 路由配置指导”中的“路由策略”。

表1-14 配置 LDP 标签通告控制策略

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-

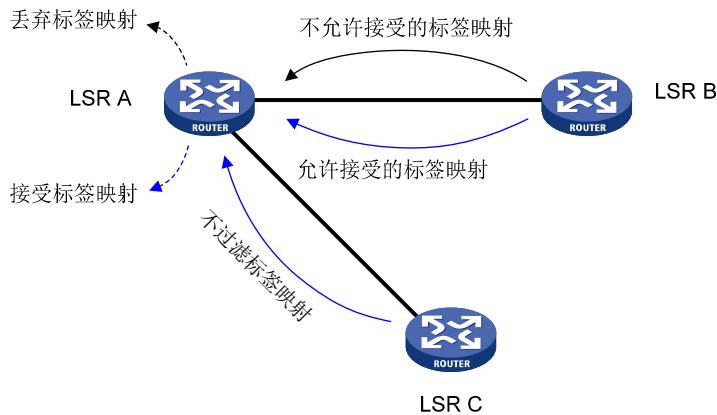
操作		命令	说明
进入LDP视图或LDP-VPN实例视图	进入LDP视图	mpls ldp	-
	进入LDP-VPN实例视图	mpls ldp vpn-instance <i>vpn-instance-name</i>	
配置IPv4 FEC标签通告控制策略		advertise-label prefix-list <i>prefix-list-name</i> [peer <i>peer-prefix-list-name</i>]	缺省情况下，未配置标签通告控制策略，即向所有对等体通告满足LSP触发策略的所有IPv4地址前缀的标签映射
配置IPv6 FEC标签通告控制策略		ipv6 advertise-label <i>prefix-list-name</i> [peer <i>peer-prefix-list-name</i>]	缺省情况下，未配置标签通告控制策略，即向所有对等体通告满足LSP触发策略的所有IPv6地址前缀的标签映射

1.12 配置标签接受控制策略

标签接受控制用来实现对从指定对等体接收的 FEC—标签映射进行过滤，只接受指定地址前缀的 FEC—标签映射。在复杂的 MPLS 网络环境中，通过标签接受控制可以规划动态建立的 LSP，并避免设备保存大量的标签映射。

如 图 1-9，LSR A 对 LSR B 通告的 FEC—标签映射进行过滤，只有 FEC 的目的地址通过指定地址前缀列表过滤后，才会接受该 FEC—标签映射；对 LSR C 通告的标签不进行过滤。

图1-9 标签接受控制示意图



在下游 LSR 上配置标签通告控制策略与在上游 LSR 上配置标签接受控制策略具有相同的效果。如果下游 LSR 支持配置标签通告控制策略，则推荐使用标签通告控制策略，以减轻网络负担。

在配置 LDP 标签接受控制策略时，需要创建 IP 地址前缀列表，创建方法请参见“三层技术-IP 路由配置指导”中的“路由策略”。

表1-15 配置 LDP 标签接受控制策略

操作		命令	说明
进入系统视图		system-view	-
进入LDP视图或LDP-VPN实例视图	进入LDP视图	mpls ldp	-
	进入LDP-VPN实例视图	mpls ldp	
		vpn-instance <i>vpn-instance-name</i>	
配置IPv4 FEC标签接受控制策略		accept-label peer <i>peer-lsr-id</i> prefix-list <i>prefix-list-name</i>	缺省情况下，未配置标签接受控制策略，接受来自所有对等体的所有IPv4地址前缀的标签映射
配置IPv6 FEC标签接受控制策略		ipv6 accept-label peer <i>peer-lsr-id</i> prefix-list <i>prefix-list-name</i>	缺省情况下，未配置标签接受控制策略，接受来自所有对等体的所有IPv6地址前缀的标签映射

1.13 配置LDP环路检测



提示

- LSP 经过的所有 LSR 均开启本功能才能够实现环路检测。
- LDP 环路检测功能会产生额外处理开销占用带宽，MPLS 网络中大多设备支持 TTL 递减时，可以通过 TTL 递减机制避免报文被无限循环转发，不建议开启本功能。

LDP 环路检测功能用来在 LSP 的建立过程中检测是否存在环路，如果检测到环路则终止 LSP 的建立，从而避免 LSP 环路。该功能主要用于存在大量非 TTL 递减设备（如标签控制的 ATM 交换机）的 MPLS 网络。

LDP 环路检测有两种方式：

(1) 最大跳数

在传递标签映射（或者标签请求）的消息中包含跳数信息，每经过一跳该值就加一。当该值达到规定的最大值时即认为出现环路，终止 LSP 的建立过程。

(2) 路径向量

在传递标签映射（或者标签请求）的消息中记录路径信息，每经过一跳，相应的设备就检查自己的 LSR ID 是否在此记录中。如果记录中没有自身的 LSR ID，就会将自身的 LSR ID 添加到该记录中；如果记录中已有本 LSR 的记录，则认为出现环路，终止 LSP 的建立过程。

采用路径向量方式进行环路检测时，也需要规定 LSP 路径的最大跳数，当路径的跳数达到配置的最大值时，也会认为出现环路，终止 LSP 的建立过程。

表1-16 配置 LDP 环路检测

操作		命令	说明
进入系统视图		system-view	-
进入LDP视图或	进入LDP视图	mpls ldp	-

操作		命令	说明
LDP-VPN 实例视图	进入 LDP-VPN 实例视图	mpls ldp	
		vpn-instance <i>vpn-instance-name</i>	
开启环路检测功能		loop-detect	缺省情况下，环路检测功能处于关闭状态 开启环路检测功能后，将同时使用最大跳数和路径向量两种方法检测环路
配置最大跳数环路检测方式下LSP的最大跳数		maxhops <i>hop-number</i>	缺省情况下，最大跳数环路检测方式下LSP的最大跳数为32
配置路径向量环路检测方式下LSP的最大跳数		pv-limit <i>pv-number</i>	缺省情况下，路径向量环路检测方式下LSP的最大跳数为32

1.14 配置LDP会话保护

会话保护功能实现了基本发现机制失效时，利用扩展发现机制来保持与对等体的会话，确保基本发现机制恢复时，LDP 协议能够快速收敛。会话保护功能主要应用在 LDP 对等体之间存在直连和非直连多条路径的组网环境中。

使能与指定对等体的会话保护功能后，如果通过 Link hello 消息发现了该直连的 LDP 对等体，则本地 LSR 不仅与其建立 Link hello 邻接关系，还会向该对等体发送 Targeted hello 消息，与其建立 Targeted hello 邻接关系。当直连链路出现故障时，Link hello 邻接关系将被删除。如果此时非直连链路正常工作，则 Targeted hello 邻接关系依然存在，因此，LDP 会话不会被删除，基于该会话的 FEC—标签映射等信息也不会删除。直连链路恢复后，不需要重新建立 LDP 会话、重新学习 FEC—标签映射等信息，从而加快了 LDP 收敛速度。

使能会话保护功能时，还可以指定会话保护持续时间，即 Link hello 邻接关系被删除后，用 Targeted hello 邻接关系继续保持会话的时间。如果在会话保护持续时间内，Link hello 邻接关系没有恢复，则删除 Targeted hello 邻接关系，对应的 LDP 会话也将被删除。如果未指定会话保护持续时间，则用 Targeted hello 邻接关系永久保持会话。

LDP 会话保护功能仅支持在 IPv4 网络中进行配置。

表1-17 配置 LDP 会话保护

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入LDP视图	mpls ldp	-
使能会话保护功能	session protection [<i>duration time</i>] [<i>peer peer-prefix-list-name</i>]	缺省情况下，会话保护功能处于关闭状态

1.15 配置LDP GR

配置 LDP GR 之前，需要在作为 GR restarter 和作为 GR helper 的设备上均配置 LDP 能力。

表1-18 配置 LDP GR

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入LDP视图	mpls ldp	-
使能LDP协议的GR能力	graceful-restart	缺省情况下，LDP协议的GR能力处于关闭状态
配置GR重连超时时间	graceful-restart timer reconnect reconnect-time	缺省情况下，GR重连超时时间为120秒
配置GR转发状态保持定时器的值	graceful-restart timer forwarding-hold hold-time	缺省情况下，GR转发状态保持定时器的值为180秒

1.16 配置LDP NSR

表1-19 配置 LDP NSR

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入LDP视图	mpls ldp	-
使能LDP NSR功能	non-stop-routing	缺省情况下，LDP NSR功能处于关闭状态

1.17 配置LDP IGP同步

在 OSPF 进程、OSPF 区域或 IS-IS 进程下使能 LDP IGP 同步功能后，所有属于该 OSPF 进程、OSPF 区域或 IS-IS 进程的接口上都会自动使能 LDP IGP 同步功能。用户可以根据实际需要，在某个接口上关闭 LDP IGP 同步功能。

LDP IGP 同步功能仅支持在 IPv4 网络中进行配置。

1.17.1 配置LDP OSPF同步

执行 **ospf** 命令时，如果通过 **vpn-instance vpn-instance-name** 参数指定了 OSPF 进程所属的 VPN 实例，则该 OSPF 进程下、该进程的 OSPF 区域下不能配置 LDP IGP 同步功能。

表1-20 在 OSPF 进程下配置 LDP OSPF 同步

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入OSPF视图	ospf [process-id router-id router-id] *	-
使能LDP OSPF同步	mpls ldp sync	缺省情况下，LDP OSPF同步功能处于关闭状态

操作	命令	说明
退回系统视图	quit	-
进入接口视图	interface <i>interface-type</i> <i>interface-number</i>	-
(可选) 关闭当前接口的LDP IGP同步功能	mpls ldp igp sync disable	缺省情况下, 接口上的LDP IGP同步功能处于开启状态
退回系统视图	quit	-
进入LDP视图	mpls ldp	-
(可选) 配置向IGP通知LDP已收敛的延迟时间	igp sync delay time	缺省情况下, LDP收敛后立即通知IGP
(可选) 配置在LDP协议重启或倒换后, 向IGP通告LDP IGP同步状态的最大延迟时间	igp sync delay on-restart time	缺省情况下, 在LDP协议重启或倒换后, 向IGP通告LDP IGP同步状态的最大延迟时间为90秒

表1-21 在 OSPF 区域下配置 LDP OSPF 同步

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入OSPF视图	ospf [<i>process-id</i> router-id <i>router-id</i>] *	-
进入OSPF区域视图	area <i>area-id</i>	
使能LDP OSPF同步	mpls ldp sync	缺省情况下, LDP OSPF同步功能处于关闭状态
退回系统视图	quit	-
进入接口视图	interface <i>interface-type</i> <i>interface-number</i>	-
(可选) 关闭当前接口的LDP IGP同步功能	mpls ldp igp sync disable	缺省情况下, 接口上的LDP IGP同步功能处于开启状态
退回系统视图	quit	-
进入LDP视图	mpls ldp	-
(可选) 配置向IGP通知LDP已收敛的延迟时间	igp sync delay time	缺省情况下, LDP收敛后立即通知IGP
(可选) 配置在LDP协议重启或倒换后, 向IGP通告LDP IGP同步状态的最大延迟时间	igp sync delay on-restart time	缺省情况下, 在LDP协议重启或倒换后, 向IGP通告LDP IGP同步状态的最大延迟时间为90秒

1.17.2 配置LDP IS-IS同步

执行 **isis** 命令时, 如果通过 **vpn-instance** *vpn-instance-name* 参数指定了 IS-IS 进程所属的 VPN 实例, 则该 IS-IS 进程下不能配置 LDP IGP 同步功能。

表1-22 配置 LDP IS-IS 同步

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入IS-IS视图	isis [<i>process-id</i>]	-
使能LDP IS-IS同步	mpls ldp sync [<i>level-1</i> <i>level-2</i>]	缺省情况下，LDP IS-IS同步功能处于关闭状态
退回系统视图	quit	-
进入接口视图	interface <i>interface-type</i> <i>interface-number</i>	-
(可选) 关闭当前接口的LDP IGP同步功能	mpls ldp igp sync disable	缺省情况下，接口上的LDP IGP同步功能处于开启状态
退回系统视图	quit	-
进入LDP视图	mpls ldp	-
(可选) 配置向IGP通知LDP已收敛的延迟时间	igp sync delay <i>time</i>	缺省情况下，LDP收敛后立即通知IGP
(可选) 配置在LDP协议重启或倒换后，向IGP通告LDP IGP同步状态的最大延迟时间	igp sync delay on-restart <i>time</i>	缺省情况下，在LDP协议重启或倒换后，向IGP通告LDP IGP同步状态的最大延迟时间为90秒

1.18 配置LDP快速重路由

LDP 快速重路由完全基于 IP 快速重路由实现，在 IP 快速重路由使能后，LDP 快速重路由即自动使能。有关 IP 快速重路由的配置内容请参见“三层技术-IP 路由配置指导”。

1.19 配置发送的LDP报文的DSCP优先级

DSCP (Differentiated Services Code Point, 区分服务编码点) 携带在 IP 报文中的 ToS 字段，用来体现报文自身的优先等级，决定报文传输的优先程度。通过本配置可以指定发送的 LDP 报文中携带的 DSCP 优先级的取值。

表1-23 配置发送的 LDP 报文的 DSCP 优先级

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入LDP视图	mpls ldp	-
配置发送的LDP报文的DSCP优先级	dscp <i>dscp-value</i>	缺省情况下，发送的LDP报文的DSCP优先级为48

1.20 重启LDP会话

在用户视图下执行 **reset mpls ldp** 命令可以重启 LDP 会话。

对 LDP 会话参数的修改不能应用到已经建立的 LDP 会话。可以通过执行 **reset mpls ldp** 命令，使用修改后的会话参数重新建立公网或指定 LDP 实例中的所有 LDP 会话。执行 **reset mpls ldp** 命令时如果指定 **peer** 参数，将使用修改前的会话参数重新建立与指定对等体之间的 LDP 会话。

表1-24 重启 LDP 会话

操作	命令
重启LDP会话	reset mpls ldp [vpn-instance vpn-instance-name] [peer peer-id]

1.21 开启告警功能

开启 LDP 模块的告警功能后，当 LDP 会话状态发生变化时会产生 RFC 3815 中规定的告警信息。生成的告警信息将发送到设备的 SNMP 模块，通过设置 SNMP 中告警信息的发送参数，来决定告警信息输出的相关属性。

有关告警信息的详细介绍，请参见“网络管理和监控配置指导”中的“SNMP”。

表1-25 开启告警功能

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
开启LDP模块的告警功能	snmp-agent trap enable ldp	缺省情况下，LDP模块的告警功能处于开启状态

1.22 LDP显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后 LDP 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1-26 显示 LDP 运行状态

操作	命令
显示LDP发现过程相关信息	display mpls ldp discovery [vpn-instance vpn-instance-name] [[interface interface-type interface-number peer peer-lsr-id] [ipv6] [targeted-peer { ipv4-address ipv6-address }]] [verbose]
显示通过LDP学习到的FEC—标签映射信息	display mpls ldp fec [vpn-instance vpn-instance-name] [ipv4-address mask-length ipv6-address prefix-length] [ipv6] [summary]
显示使能了LDP能力的接口的LDP相关信息	display mpls ldp interface [vpn-instance vpn-instance-name] [interface-type interface-number] [ipv6]
显示接口的LDP IGP同步信息	display mpls ldp igp sync [interface interface-type interface-number]

操作	命令
显示LDP协议生成的LSP信息，即LDP LSP信息	<code>display mpls ldp lsp [vpn-instance vpn-instance-name] [ipv4-address mask-length ipv6-address prefix-length ipv6]</code>
显示LDP的运行参数	<code>display mpls ldp parameter [vpn-instance vpn-instance-name]</code>
显示LDP对等体和LDP会话信息	<code>display mpls ldp peer [vpn-instance vpn-instance-name] [peer-lsr-id] [verbose]</code>
显示LDP运行数据汇总信息	<code>display mpls ldp summary [all vpn-instance vpn-instance-name]</code>

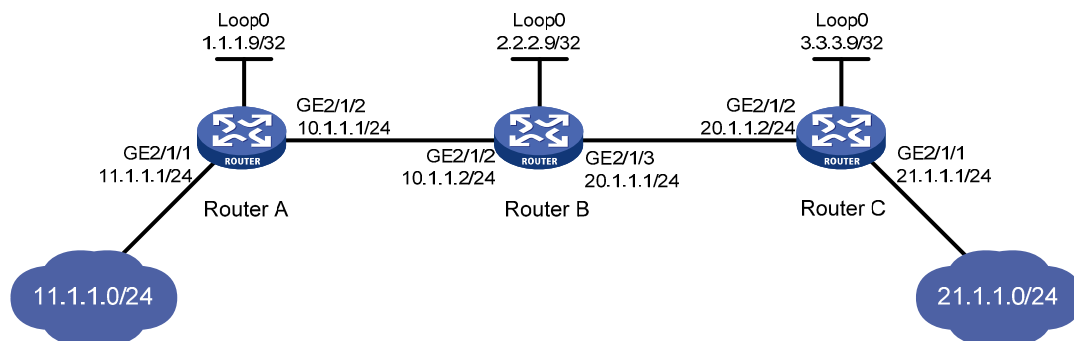
1.23 LDP支持IPv4配置举例

1.23.1 利用LDP动态建立LSP配置举例

1. 组网需求

- Router A、Router B 和 Router C 均支持 MPLS。
- 在 Router A 和 Router C 之间使用 LDP 动态建立 LSP，使 11.1.1.0/24 和 21.1.1.0/24 这两个网段中互访的报文能够通过 MPLS 进行传输。
- Router A、Router B 和 Router C 上只允许目的地址为 1.1.1.9/32、2.2.2.9/32、3.3.3.9/32、11.1.1.0/24 和 21.1.1.0/24 的路由表项触发 LDP 建立 LSP，其他路由表项不能触发 LDP 建立 LSP，以避免建立的 LSP 数量过多，影响设备性能。

图1-10 利用 LDP 动态建立 LSP 配置组网图



2. 配置思路

- LDP 根据路由信息动态分配标签，因此，利用 LDP 动态建立 LSP 时，需要配置路由协议，使得各路由器之间路由可达。本例中，采用的路由协议为 OSPF。
- 在各台路由器上启动 LDP 协议。
- 为了控制建立的 LSP 数量，在 Router A、Router B 和 Router C 上需要配置 LSP 触发策略。

3. 配置步骤

(1) 配置各接口的 IP 地址

按照 [图 1-10](#) 配置各接口 IP 地址和掩码，包括 Loopback 接口，具体配置过程略。

(2) 配置 OSPF，以保证各路由器之间路由可达

配置 Router A。

```
<RouterA> system-view
[RouterA] ospf
[RouterA-ospf-1] area 0
[RouterA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 1.1.1.9 0.0.0.0
[RouterA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.1.1.0 0.0.0.255
[RouterA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 11.1.1.0 0.0.0.255
[RouterA-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[RouterA-ospf-1] quit
```

配置 Router B。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] ospf
[RouterB-ospf-1] area 0
[RouterB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 2.2.2.9 0.0.0.0
[RouterB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.1.1.0 0.0.0.255
[RouterB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 20.1.1.0 0.0.0.255
[RouterB-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[RouterB-ospf-1] quit
```

配置 Router C。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] ospf
[RouterC-ospf-1] area 0
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 3.3.3.9 0.0.0.0
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 20.1.1.0 0.0.0.255
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 21.1.1.0 0.0.0.255
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[RouterC-ospf-1] quit
```

配置完成后，在各路由器上执行 **display ip routing-table** 命令，可以看到相互之间都学到了对方的主机路由。以 Router A 为例：

```
[RouterA] display ip routing-table
```

```
Destinations : 21          Routes : 21
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.9/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
2.2.2.9/32	O_INTRA	10	1	10.1.1.2	GE2/1/2
3.3.3.9/32	O_INTRA	10	2	10.1.1.2	GE2/1/2
10.1.1.0/24	Direct	0	0	10.1.1.1	GE2/1/2
10.1.1.0/32	Direct	0	0	10.1.1.1	GE2/1/2
10.1.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.1.1.255/32	Direct	0	0	10.1.1.1	GE2/1/2
11.1.1.0/24	Direct	0	0	11.1.1.1	GE2/1/1
11.1.1.0/32	Direct	0	0	11.1.1.1	GE2/1/1
11.1.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
11.1.1.255/32	Direct	0	0	11.1.1.1	GE2/1/1

20.1.1.0/24	O_INTRA	10	2	10.1.1.2	GE2/1/2
21.1.1.0/24	O_INTRA	10	3	10.1.1.2	GE2/1/2
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

(3) 使能 MPLS 和 LDP 功能

配置 Router A。

```
[RouterA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterA-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/2] quit
```

配置 Router B。

```
[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterB-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterB-GigabitEthernet2/1/2] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 2/1/3
[RouterB-GigabitEthernet2/1/3] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet2/1/3] mpls ldp enable
[RouterB-GigabitEthernet2/1/3] quit
```

配置 Router C。

```
[RouterC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterC-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterC-GigabitEthernet2/1/2] quit
```

(4) 配置 LSP 触发策略

在 Router A 上创建 IP 地址前缀列表 **routera**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。

```
[RouterA] ip prefix-list routera index 10 permit 1.1.1.9 32
[RouterA] ip prefix-list routera index 20 permit 2.2.2.9 32
[RouterA] ip prefix-list routera index 30 permit 3.3.3.9 32
[RouterA] ip prefix-list routera index 40 permit 11.1.1.0 24
[RouterA] ip prefix-list routera index 50 permit 21.1.1.0 24
[RouterA] mpls ldp
```

```
[RouterA-ldp] lsp-trigger prefix-list routera
[RouterA-ldp] quit
```

在 Router B 上创建 IP 地址前缀列表 routerb，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。

```
[RouterB] ip prefix-list routerb index 10 permit 1.1.1.9 32
[RouterB] ip prefix-list routerb index 20 permit 2.2.2.9 32
[RouterB] ip prefix-list routerb index 30 permit 3.3.3.9 32
[RouterB] ip prefix-list routerb index 40 permit 11.1.1.0 24
[RouterB] ip prefix-list routerb index 50 permit 21.1.1.0 24
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] lsp-trigger prefix-list routerb
[RouterB-ldp] quit
```

在 Router C 上创建 IP 地址前缀列表 routerc，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。

```
[RouterC] ip prefix-list routerc index 10 permit 1.1.1.9 32
[RouterC] ip prefix-list routerc index 20 permit 2.2.2.9 32
[RouterC] ip prefix-list routerc index 30 permit 3.3.3.9 32
[RouterC] ip prefix-list routerc index 40 permit 11.1.1.0 24
[RouterC] ip prefix-list routerc index 50 permit 21.1.1.0 24
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] lsp-trigger prefix-list routerc
[RouterC-ldp] quit
```

4. 验证配置

配置完成后，在各设备上执行 **display mpls ldp lsp** 命令，可以看到 LDP LSP 的建立情况。以 Router A 为例：

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

FEC                In/Out Label          Nexthop             OutInterface
1.1.1.9/32         3/-
                   -/1279(L)
2.2.2.9/32         -/3                   10.1.1.2            GE2/1/2
                   1279/3                10.1.1.2            GE2/1/2
3.3.3.9/32         -/1278                10.1.1.2            GE2/1/2
                   1278/1278             10.1.1.2            GE2/1/2
11.1.1.0/24       1277/-
                   -/1277(L)
21.1.1.0/24       -/1276                10.1.1.2            GE2/1/2
                   1276/1276             10.1.1.2            GE2/1/2
```

在 Router A 上检测 Router A 到 Router C 的 LDP LSP 的可达性。

```
[RouterA] ping mpls -a 11.1.1.1 ipv4 21.1.1.0 24
MPLS ping FEC: 21.1.1.0/24 with 100 bytes of data:
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=1 time=1 ms
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=2 time=1 ms
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=3 time=8 ms
```

```

100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=4 time=2 ms
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=5 time=1 ms

--- Ping statistics for FEC 21.1.1.0/24 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
Round-trip min/avg/max = 1/2/8 ms
# 在 Router C 上检测 Router C 到 Router A 的 LDP LSP 的可达性。
[RouterC] ping mpls -a 21.1.1.1 ipv4 11.1.1.0 24
MPLS ping FEC: 11.1.1.0/24 with 100 bytes of data:
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=1 time=1 ms
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=2 time=1 ms
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=3 time=1 ms
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=4 time=1 ms
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=5 time=1 ms

--- Ping statistics for FEC 11.1.1.0/24 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
Round-trip min/avg/max = 1/1/1 ms

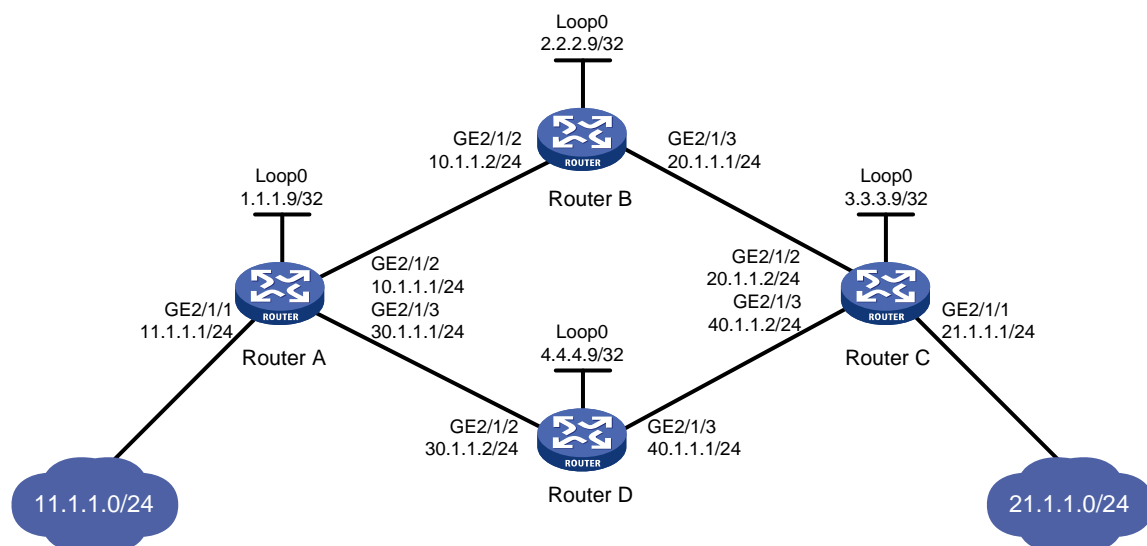
```

1.23.2 标签接受控制策略配置举例

1. 组网需求

11.1.1.0/24 和 21.1.1.0/24 网段之间存在两条路径：Router A—Router B—Router C 和 Router A—Router D—Router C。通过配置标签接受控制策略，实现只沿着路径 Router A—Router B—Router C 建立 LSP，11.1.1.0/24 和 21.1.1.0/24 网段之间互访的报文通过该 LSP 进行 MPLS 转发。

图1-11 标签接受控制策略配置组网图



2. 配置思路

- (1) 在各台路由器上配置路由协议，使得各路由器之间路由可达。本例中，采用的路由协议为 OSPF。
- (2) 在各台路由器上启动 LDP 协议。

- (3) 在各台路由器上配置 LSP 触发策略，使得目的地址为 11.1.1.0/24 和 21.1.1.0/24 的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。
- (4) 配置标签接受控制策略，使得 LDP 仅沿着路径 Router A—Router B—Router C 建立 LSP。具体配置方法为：
 - Router A 只接受 Router B 通告的 FEC 目的地址为 21.1.1.0/24 的 FEC—标签映射；Router A 拒绝 Router D 通告的 FEC 目的地址为 21.1.1.0/24 的 FEC—标签映射。
 - Router C 只接受 Router B 通告的 FEC 目的地址为 11.1.1.0/24 的 FEC—标签映射；Router C 拒绝 Router D 通告的 FEC 目的地址为 11.1.1.0/24 的 FEC—标签映射。

3. 配置步骤

(1) 配置各接口的 IP 地址

按照 [图 1-11](#) 配置各接口 IP 地址和掩码，包括 Loopback 接口，具体配置过程略。

(2) 配置 OSPF

在各台路由器上配置 OSPF，以保证各路由器之间路由可达，具体配置过程略。

(3) 使能 MPLS 和 LDP 功能

配置 Router A。

```
<RouterA> system-view
[RouterA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterA-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/2] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 2/1/3
[RouterA-GigabitEthernet2/1/3] mpls enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/3] mpls ldp enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/3] quit
```

配置 Router B。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterB-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterB-GigabitEthernet2/1/2] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 2/1/3
[RouterB-GigabitEthernet2/1/3] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet2/1/3] mpls ldp enable
[RouterB-GigabitEthernet2/1/3] quit
```

配置 Router C。

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



```
[RouterC-ldp] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterC-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterC-GigabitEthernet2/1/2] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 2/1/3
[RouterC-GigabitEthernet2/1/3] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet2/1/3] mpls ldp enable
[RouterC-GigabitEthernet2/1/3] quit
```

配置 Router D。

```
<RouterD> system-view
[RouterD] mpls lsr-id 4.4.4.9
[RouterD] mpls ldp
[RouterD-ldp] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterD-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
[RouterD-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterD-GigabitEthernet2/1/2] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 2/1/3
[RouterD-GigabitEthernet2/1/3] mpls enable
[RouterD-GigabitEthernet2/1/3] mpls ldp enable
[RouterD-GigabitEthernet2/1/3] quit
```

(4) 配置 LSP 触发策略

在 Router A 上创建 IP 地址前缀列表 **routera**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。

```
[RouterA] ip prefix-list routera index 10 permit 11.1.1.0 24
[RouterA] ip prefix-list routera index 20 permit 21.1.1.0 24
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] lsp-trigger prefix-list routera
[RouterA-ldp] quit
```

在 Router B 上创建 IP 地址前缀列表 **routerb**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。

```
[RouterB] ip prefix-list routerb index 10 permit 11.1.1.0 24
[RouterB] ip prefix-list routerb index 20 permit 21.1.1.0 24
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] lsp-trigger prefix-list routerb
[RouterB-ldp] quit
```

在 Router C 上创建 IP 地址前缀列表 **routerc**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。

```
[RouterC] ip prefix-list routerc index 10 permit 11.1.1.0 24
[RouterC] ip prefix-list routerc index 20 permit 21.1.1.0 24
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] lsp-trigger prefix-list routerc
[RouterC-ldp] quit
```

在 Router D 上创建 IP 地址前缀列表 **routerd**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。

```
[RouterD] ip prefix-list routerd index 10 permit 11.1.1.0 24
[RouterD] ip prefix-list routerd index 20 permit 21.1.1.0 24
[RouterD] mpls ldp
[RouterD-ldp] lsp-trigger prefix-list routerd
[RouterD-ldp] quit
```

(5) 配置标签接受控制策略

在 Router A 上创建允许 21.1.1.0/24 通过的 IP 地址前缀列表 **prefix-from-b**，该列表用来过滤 Router B 通告给 Router A 的 FEC—标签映射。

```
[RouterA] ip prefix-list prefix-from-b index 10 permit 21.1.1.0 24
```

在 Router A 上创建拒绝 21.1.1.0/24 通过的 IP 地址前缀列表 **prefix-from-d**，该列表用来过滤 Router D 通告给 Router A 的 FEC—标签映射。

```
[RouterA] ip prefix-list prefix-from-d index 10 deny 21.1.1.0 24
```

在 Router A 上配置过滤 Router B 和 Router D 通告的 FEC—标签映射的标签接受控制策略。

```
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] accept-label peer 2.2.2.9 prefix-list prefix-from-b
[RouterA-ldp] accept-label peer 4.4.4.9 prefix-list prefix-from-d
[RouterA-ldp] quit
```

在 Router C 上创建允许 11.1.1.0/24 通过的 IP 地址前缀列表 **prefix-from-b**，该列表用来过滤 Router B 通告给 Router C 的 FEC—标签映射。

```
[RouterC] ip prefix-list prefix-from-b index 10 permit 11.1.1.0 24
```

在 Router C 上创建拒绝 11.1.1.0/24 通过的 IP 地址前缀列表 **prefix-from-d**，该列表用来过滤 Router D 通告给 Router C 的 FEC—标签映射。

```
[RouterC] ip prefix-list prefix-from-d index 10 deny 11.1.1.0 24
```

在 Router C 上配置过滤 Router B 和 Router D 通告的 FEC—标签映射的标签接受控制策略。

```
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] accept-label peer 2.2.2.9 prefix-list prefix-from-b
[RouterC-ldp] accept-label peer 4.4.4.9 prefix-list prefix-from-d
[RouterC-ldp] quit
```

4. 验证配置

配置完成后，在各设备上执行 **display mpls ldp lsp** 命令，可以看到 LDP LSP 的建立情况。以 Router A 为例，在 Router A 上 FEC 目的地址为 21.1.1.0/24 的 LSP 的下一跳为 Router B（地址为 10.1.1.2），即只沿着路径 Router A—Router B—Router C 建立了 LSP，路径 Router A—Router D—Router C 上未建立 LSP。

```
[RouterA] display mpls ldp lsp
Status Flags: * - stale, L - liberal, B - backup
FECs: 2          Ingress: 1          Transit 1          Egress: 1

FEC              In/Out Label      Nexthop           OutInterface
11.1.1.0/24      1277/-
                  -/1148(L)
21.1.1.0/24      -/1276            10.1.1.2          GE2/1/2
                  1276/1276        10.1.1.2          GE2/1/2
```

在 Router A 上检测 Router A 到 Router C 的 LDP LSP 的可达性。

```
[RouterA] ping mpls -a 11.1.1.1 ipv4 21.1.1.0 24
```

```

MPLS ping FEC: 21.1.1.0/24 with 100 bytes of data:
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=1 time=1 ms
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=2 time=1 ms
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=3 time=8 ms
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=4 time=2 ms
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=5 time=1 ms

--- Ping statistics for FEC 21.1.1.0/24 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
Round-trip min/avg/max = 1/2/8 ms

```

在 Router C 上检测 Router C 到 Router A 的 LDP LSP 的可达性。

```

[RouterC] ping mpls -a 21.1.1.1 ipv4 11.1.1.0 24
MPLS ping FEC: 11.1.1.0/24 : with 100 bytes of data:
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=1 time=1 ms
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=2 time=1 ms
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=3 time=1 ms
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=4 time=1 ms
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=5 time=1 ms

--- Ping statistics for FEC 11.1.1.0/24 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
Round-trip min/avg/max = 1/1/1 ms

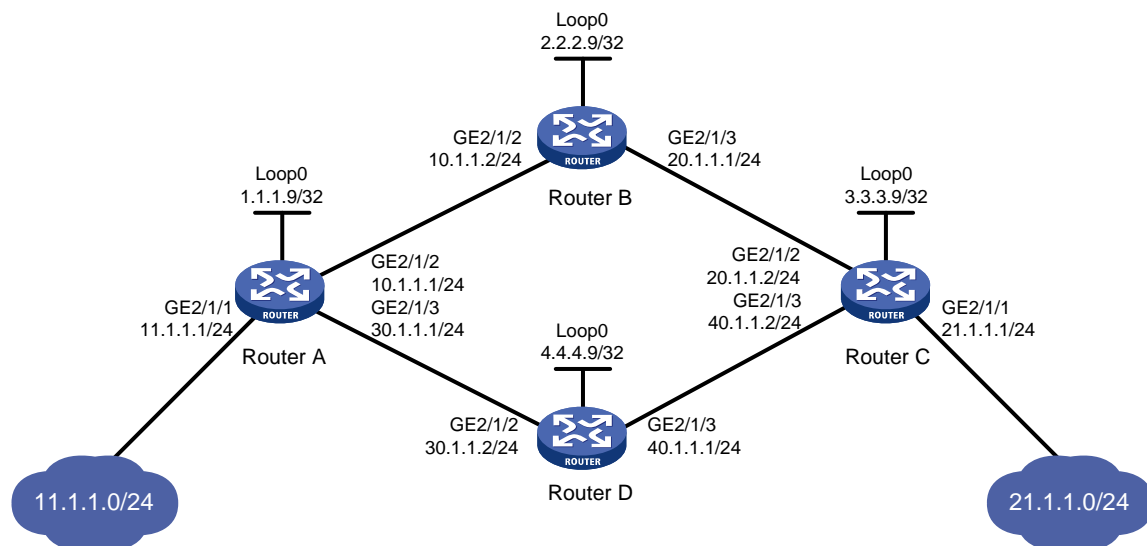
```

1.23.3 标签通告控制策略配置举例

1. 组网需求

11.1.1.0/24 和 21.1.1.0/24 网段之间存在两条路径：Router A—Router B—Router C 和 Router A—Router D—Router C。通过配置标签通告控制策略，实现只沿着路径 Router A—Router B—Router C 建立 LSP，11.1.1.0/24 和 21.1.1.0/24 网段之间互访的报文通过该 LSP 进行 MPLS 转发。

图1-12 标签通告控制策略配置组网图



2. 配置思路

- (1) 在各台路由器上配置路由协议,使得各路由器之间路由可达。本例中,采用的路由协议为 OSPF。
- (2) 在各台路由器上启动 LDP 协议。
- (3) 在各台路由器上配置 LSP 触发策略,使得目的地址为 11.1.1.0/24 和 21.1.1.0/24 的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。
- (4) 配置标签通告控制策略,使得 LDP 仅沿着路径 Router A—Router B—Router C 建立 LSP。具体配置方法为:
 - Router A 只将 FEC 目的地址为 11.1.1.0/24 的 FEC—标签映射通告给 Router B; Router A 不通告任何其他 FEC—标签映射。
 - Router C 只将 FEC 目的地址为 21.1.1.0/24 的 FEC—标签映射通告给 Router B; Router C 不通告任何其他 FEC—标签映射。
 - Router D 不将 FEC 目的地址为 21.1.1.0/24 的 FEC—标签映射通告给 Router A; Router D 不将 FEC 目的地址为 11.1.1.0/24 的 FEC—标签映射通告给 Router C。

3. 配置步骤

- (1) 配置各接口的 IP 地址

按照 [图 1-12](#) 配置各接口 IP 地址和掩码,包括 Loopback 接口,具体配置过程略。

- (2) 配置 OSPF

在各台路由器上配置 OSPF,以保证各路由器之间路由可达,具体配置过程略。

- (3) 使能 MPLS 和 LDP 功能

配置 Router A。

```
<RouterA> system-view
[RouterA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterA-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/2] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 2/1/3
[RouterA-GigabitEthernet2/1/3] mpls enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/3] mpls ldp enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/3] quit
```

配置 Router B。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterB-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
[RouterB-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterB-GigabitEthernet2/1/2] quit
[RouterB] interface gigabitethernet 2/1/3
[RouterB-GigabitEthernet2/1/3] mpls enable
```

```
[RouterB-GigabitEthernet2/1/3] mpls ldp enable
[RouterB-GigabitEthernet2/1/3] quit
```

配置 Router C。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterC-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterC-GigabitEthernet2/1/2] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 2/1/3
[RouterC-GigabitEthernet2/1/3] mpls enable
[RouterC-GigabitEthernet2/1/3] mpls ldp enable
[RouterC-GigabitEthernet2/1/3] quit
```

配置 Router D。

```
<RouterD> system-view
[RouterD] mpls lsr-id 4.4.4.9
[RouterD] mpls ldp
[RouterD-ldp] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterD-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
[RouterD-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterD-GigabitEthernet2/1/2] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 2/1/3
[RouterD-GigabitEthernet2/1/3] mpls enable
[RouterD-GigabitEthernet2/1/3] mpls ldp enable
[RouterD-GigabitEthernet2/1/3] quit
```

(4) 配置 LSP 触发策略

在 Router A 上创建 IP 地址前缀列表 **routera**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。

```
[RouterA] ip prefix-list routera index 10 permit 11.1.1.0 24
[RouterA] ip prefix-list routera index 20 permit 21.1.1.0 24
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] lsp-trigger prefix-list routera
[RouterA-ldp] quit
```

在 Router B 上创建 IP 地址前缀列表 **routerb**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。

```
[RouterB] ip prefix-list routerb index 10 permit 11.1.1.0 24
[RouterB] ip prefix-list routerb index 20 permit 21.1.1.0 24
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] lsp-trigger prefix-list routerb
[RouterB-ldp] quit
```

在 Router C 上创建 IP 地址前缀列表 **routerc**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。

```
[RouterC] ip prefix-list routerc index 10 permit 11.1.1.0 24
```

```
[RouterC] ip prefix-list routerc index 20 permit 21.1.1.0 24
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] lsp-trigger prefix-list routerc
[RouterC-ldp] quit
```

在 Router D 上创建 IP 地址前缀列表 **routerd**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。

```
[RouterD] ip prefix-list routerd index 10 permit 11.1.1.0 24
[RouterD] ip prefix-list routerd index 20 permit 21.1.1.0 24
[RouterD] mpls ldp
[RouterD-ldp] lsp-trigger prefix-list routerd
[RouterD-ldp] quit
```

(5) 配置标签通告控制策略

在 Router A 上创建允许 11.1.1.0/24 通过的 IP 地址前缀列表 **prefix-to-b**，该列表用来过滤通告给 Router B 的 FEC—标签映射。

```
[RouterA] ip prefix-list prefix-to-b index 10 permit 11.1.1.0 24
```

在 Router A 上创建允许 2.2.2.9/32 通过的 IP 地址前缀列表 **peer-b**，该列表用来过滤 LDP 对等体。

```
[RouterA] ip prefix-list peer-b index 10 permit 2.2.2.9 32
```

在 Router A 上配置标签通告控制策略：只将 FEC 目的地址为 11.1.1.0/24 的 FEC—标签映射通告给 Router B。

```
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] advertise-label prefix-list prefix-to-b peer peer-b
[RouterA-ldp] quit
```

在 Router C 上创建允许 21.1.1.0/24 通过的 IP 地址前缀列表 **prefix-to-b**，该列表用来过滤通告给 Router B 的 FEC—标签映射。

```
[RouterC] ip prefix-list prefix-to-b index 10 permit 21.1.1.0 24
```

在 Router C 上创建允许 2.2.2.9/32 通过的 IP 地址前缀列表 **peer-b**，该列表用来过滤 LDP 对等体。

```
[RouterC] ip prefix-list peer-b index 10 permit 2.2.2.9 32
```

在 Router C 上配置标签通告控制策略：只将 FEC 目的地址为 21.1.1.0/24 的 FEC—标签映射通告给 Router B。

```
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] advertise-label prefix-list prefix-to-b peer peer-b
[RouterC-ldp] quit
```

在 Router D 上创建拒绝 21.1.1.0/24 通过的 IP 地址前缀列表 **prefix-to-a**，该列表用来过滤通告给 Router A 的 FEC—标签映射。

```
[RouterD] ip prefix-list prefix-to-a index 10 deny 21.1.1.0 24
[RouterD] ip prefix-list prefix-to-a index 20 permit 0.0.0.0 0 less-equal 32
```

在 Router D 上创建允许 1.1.1.9/32 通过的 IP 地址前缀列表 **peer-a**，该列表用来过滤 LDP 对等体。

```
[RouterD] ip prefix-list peer-a index 10 permit 1.1.1.9 32
```

在 Router D 上创建拒绝 11.1.1.0/24 通过的 IP 地址前缀列表 **prefix-to-c**，该列表用来过滤通告给 Router C 的 FEC—标签映射。

```
[RouterD] ip prefix-list prefix-to-c index 10 deny 11.1.1.0 24
[RouterD] ip prefix-list prefix-to-c index 20 permit 0.0.0.0 0 less-equal 32
```

在 Router D 上创建允许 3.3.3.9/32 通过的 IP 地址前缀列表 **peer-c**，该列表用来过滤 LDP 对等体。

```
[RouterD] ip prefix-list peer-c index 10 permit 3.3.3.9 32
```

在 Router D 上配置标签通告控制策略：不将 FEC 目的地址为 21.1.1.0/24 的 FEC—标签映射通告给 Router A；不将 FEC 目的地址为 11.1.1.0/24 的 FEC—标签映射通告给 Router C。

```
[RouterD] mpls ldp
[RouterD-ldp] advertise-label prefix-list prefix-to-a peer peer-a
[RouterD-ldp] advertise-label prefix-list prefix-to-c peer peer-c
[RouterD-ldp] quit
```

4. 验证配置

配置完成后，在各设备上执行 **display mpls ldp lsp** 命令，可以看到 LDP LSP 的建立情况。Router A 和 Router C 只接收到 Router B 通告的 FEC—标签映射；Router B 接收到了 Router A 和 Router C 通告的 FEC—标签映射；Router D 没有接收到 Router A 和 Router C 通告的 FEC—标签映射；即只沿着路径 Router A—Router B—Router C 建立了 LSP。

```
[RouterA] display mpls ldp lsp
Status Flags: * - stale, L - liberal, B - backup
FECs: 2          Ingress: 1          Transit: 1          Egress: 1

FEC              In/Out Label      Nexthop            OutInterface
11.1.1.0/24      1277/-
                  -/1151(L)
                  -/1277(L)
21.1.1.0/24      -/1276            10.1.1.2           GE2/1/2
                  1276/1276        10.1.1.2           GE2/1/2

[RouterB] display mpls ldp lsp
Status Flags: * - stale, L - liberal, B - backup
FECs: 2          Ingress: 2          Transit: 2          Egress: 0

FEC              In/Out Label      Nexthop            OutInterface
11.1.1.0/24      -/1277            10.1.1.1           GE2/1/2
                  1277/1277        10.1.1.1           GE2/1/2
21.1.1.0/24      -/1149            20.1.1.2           GE2/1/3
                  1276/1149        20.1.1.2           GE2/1/3

[RouterC] display mpls ldp lsp
Status Flags: * - stale, L - liberal, B - backup
FECs: 2          Ingress: 1          Transit: 1          Egress: 1

FEC              In/Out Label      Nexthop            OutInterface
11.1.1.0/24      -/1277            20.1.1.1           GE2/1/2
                  1148/1277        20.1.1.1           GE2/1/2
21.1.1.0/24      1149/-
                  -/1276(L)
                  -/1150(L)

[RouterD] display mpls ldp lsp
Status Flags: * - stale, L - liberal, B - backup
FECs: 2          Ingress: 0          Transit: 0          Egress: 2

FEC              In/Out Label      Nexthop            OutInterface
11.1.1.0/24      1151/-
                  -/1277(L)
```

```
21.1.1.0/24          1150/-
```

在 Router A 上检测 Router A 到 Router C 的 LDP LSP 的可达性。

```
[RouterA] ping mpls -a 11.1.1.1 ipv4 21.1.1.0 24
MPLS ping FEC: 21.1.1.0/24 : with 100 bytes of data:
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=1 time=1 ms
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=2 time=1 ms
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=3 time=8 ms
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=4 time=2 ms
100 bytes from 20.1.1.2: Sequence=5 time=1 ms

--- Ping statistics for FEC 21.1.1.0/24 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
Round-trip min/avg/max = 1/2/8 ms
```

在 Router C 上检测 Router C 到 Router A 的 LDP LSP 的可达性。

```
[RouterC] ping mpls -a 21.1.1.1 ipv4 11.1.1.0 24
MPLS ping FEC: 11.1.1.0/24 : with 100 bytes of data:
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=1 time=1 ms
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=2 time=1 ms
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=3 time=1 ms
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=4 time=1 ms
100 bytes from 10.1.1.1: Sequence=5 time=1 ms

--- Ping statistics for FEC 11.1.1.0/24 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
Round-trip min/avg/max = 1/1/1 ms
```

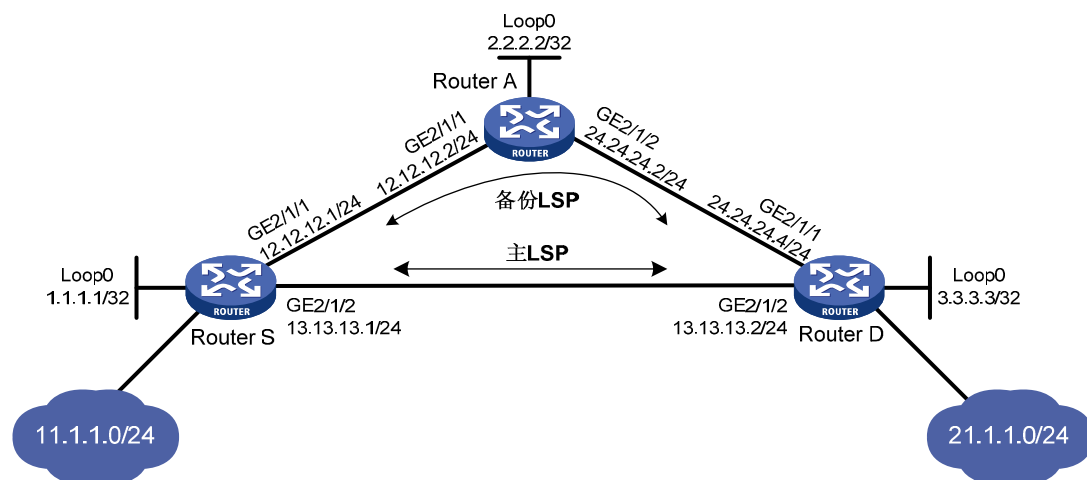
1.23.4 LDP快速重路由配置举例

1. 组网需求

Router S、Router A 和 Router D 属于同一 OSPF 区域，通过 OSPF 协议实现网络互连。在 Router S—Router D、Router S—Router A—Router D 两条路径上利用 LDP 分别建立主 LSP 和备份 LSP，实现：

- 当 Router S—Router D 这条 LSP 正常工作时，11.1.1.0/24 和 21.1.1.0/24 两个网段之间的流量通过该 LSP 传输。
- 当 Router S—Router D 这条 LSP 出现故障时，11.1.1.0/24 和 21.1.1.0/24 两个网段之间的流量快速切换到 Router S—Router A—Router D 这条备份 LSP 上传输。

图1-13 LDP 快速重路由配置组网图



2. 配置思路

- 在各台路由器上配置路由协议,使得各路由器之间路由可达。本例中,采用的路由协议为 OSPF。
- 在各台路由器上启动 LDP 协议。
- 在各台路由器上配置 LSP 触发策略,使得目的地址为 11.1.1.0/24 和 21.1.1.0/24 的路由表项能够触发 LDP 建立 LSP。
- 为了建立备份 LSP,在 Router S 和 Router D 上需要配置 OSPF 快速重路由。

3. 配置步骤

(1) 配置各接口的 IP 地址

按照 图 1-13 配置各接口 IP 地址和掩码,包括 Loopback 接口,具体配置过程略。

(2) 配置 OSPF

在各台路由器上配置 OSPF,以保证各路由器之间路由可达,具体配置过程略。

(3) 配置 OSPF 快速重路由

OSPF 快速重路由有两种配置方法,可以任选一种。

方法一:使能 Router S 和 Router D 的 OSPF 快速重路由功能(通过 LFA 算法选取备份下一跳信息)

配置 Router S。

```
<RouterS> system-view
[RouterS] bfd echo-source-ip 10.10.10.10
[RouterS] ospf 1
[RouterS-ospf-1] fast-reroute lfa
[RouterS-ospf-1] quit
```

配置 Router D。

```
<RouterD> system-view
[RouterD] bfd echo-source-ip 11.11.11.11
[RouterD] ospf 1
[RouterD-ospf-1] fast-reroute lfa
[RouterD-ospf-1] quit
```

方法二:使能 Router S 和 Router D 的 OSPF 快速重路由功能(通过路由策略指定备份下一跳)

配置 Router S。

```
<RouterS> system-view
[RouterS] bfd echo-source-ip 10.10.10.10
[RouterS] ip prefix-list abc index 10 permit 21.1.1.0 24
[RouterS] route-policy frr permit node 10
[RouterS-route-policy] if-match ip address prefix-list abc
[RouterS-route-policy] apply fast-reroute backup-interface gigabitethernet 2/1/1
backup-nexthop 12.12.12.2
[RouterS-route-policy] quit
[RouterS] ospf 1
[RouterS-ospf-1] fast-reroute route-policy frr
[RouterS-ospf-1] quit
```

配置 Router D。

```
<RouterD> system-view
[RouterD] bfd echo-source-ip 10.10.10.10
[RouterD] ip prefix-list abc index 10 permit 11.1.1.0 24
[RouterD] route-policy frr permit node 10
[RouterD-route-policy] if-match ip address prefix-list abc
[RouterD-route-policy] apply fast-reroute backup-interface gigabitethernet 2/1/1
backup-nexthop 24.24.24.2
[RouterD-route-policy] quit
[RouterD] ospf 1
[RouterD-ospf-1] fast-reroute route-policy frr
[RouterD-ospf-1] quit
```

(4) 使能 MPLS 和 MPLS LDP 功能

配置 Router S。

```
[RouterS] mpls lsr-id 1.1.1.1
[RouterS] mpls ldp
[RouterS-mpls-ldp] quit
[RouterS] interface gigabitethernet 2/1/1
[RouterS-GigabitEthernet2/1/1] mpls enable
[RouterS-GigabitEthernet2/1/1] mpls ldp enable
[RouterS-GigabitEthernet2/1/1] quit
[RouterS] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterS-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
[RouterS-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterS-GigabitEthernet2/1/2] quit
```

配置 Router D。

```
[RouterD] mpls lsr-id 3.3.3.3
[RouterD] mpls ldp
[RouterD-mpls-ldp] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 2/1/1
[RouterD-GigabitEthernet2/1/1] mpls enable
[RouterD-GigabitEthernet2/1/1] mpls ldp enable
[RouterD-GigabitEthernet2/1/1] quit
[RouterD] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterD-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
```

```
[RouterD-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterD-GigabitEthernet2/1/2] quit
```

配置 Router A。

```
[RouterA] mpls lsr-id 2.2.2.2
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-mpls-ldp] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 2/1/1
[RouterA-GigabitEthernet2/1/1] mpls enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/1] mpls ldp enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/1] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 2/1/2
[RouterA-GigabitEthernet2/1/2] mpls enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/2] mpls ldp enable
[RouterA-GigabitEthernet2/1/2] quit
```

(5) 配置 LSP 的触发建立策略为所有静态路由和 IGP 路由项都能触发 LDP 建立 LSP

配置 Router S。

```
[RouterS] mpls ldp
[RouterS-ldp] lsp-trigger all
[RouterS-ldp] quit
```

配置 Router D。

```
[RouterD] mpls ldp
[RouterD-ldp] lsp-trigger all
[RouterD-ldp] quit
```

配置 Router A。

```
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] lsp-trigger all
[RouterA-ldp] quit
```

4. 验证配置

在 Router S 和 Router D 上执行 **display mpls ldp lsp** 命令，可以看到 Router S 和 Router D 之间建立了主备 LSP（在 Out Label 后存在“B”，表示该 LSP 为备份 LSP）。以 Router S 为例：

```
[RouterS] display mpls ldp lsp 21.1.1.0 24
Status Flags: * - stale, L - liberal, B - backup
FECs: 1          Ingress: 2          Transit: 2          Egress: 0

FEC          In/Out Label          Nexthop          OutInterface
21.1.1.0/24  -/1276                13.13.13.2      GE2/1/2
              2174/1276             13.13.13.2      GE2/1/2
              -/1276(B)             12.12.12.2      GE2/1/1
              2174/1276(B)         12.12.12.2      GE2/1/1
```

1.24 LDP支持IPv6配置举例

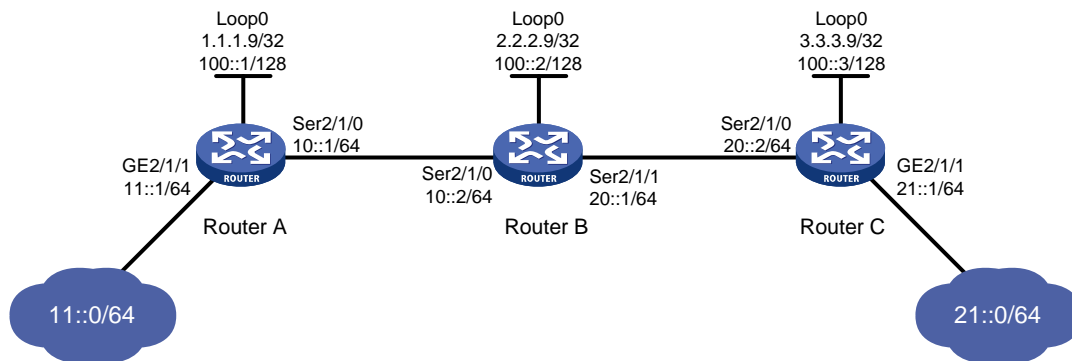
1.24.1 利用LDP动态建立IPv6 LSP配置举例

1. 组网需求

- Router A、Router B 和 Router C 均支持 MPLS。

- 在 Router A 和 Router C 之间使用 LDP 动态建立 IPv6 LSP，使 11::0/64 和 21::0/64 这两个网段中互访的报文能够通过 MPLS 进行传输。
- Router A、Router B 和 Router C 上只允许目的地址为 100::1/128、100::2/128、100::3/128、11::0/64 和 21::0/64 的路由表项触发 LDP 建立 IPv6 LSP，其他路由表项不能触发 LDP 建立 IPv6 LSP，以避免建立的 IPv6 LSP 数量过多，影响设备性能。

图1-14 利用 LDP 动态建立 IPv6 LSP 配置组网图



2. 配置思路

- LDP 根据路由信息动态分配标签，因此，利用 LDP 动态建立 IPv6 LSP 时，需要配置路由协议，使得各路由器之间路由可达。本例中，采用的路由协议为 OSPFv3。
- 在各台路由器上启动 LDP 协议。
- 为了控制建立的 IPv6 LSP 数量，在 Router A、Router B 和 Router C 上需要配置 IPv6 LSP 触发策略。

3. 配置步骤

(1) 配置各接口的 IPv6 地址

按照 [图 1-14](#) 配置各接口 IPv6 地址和掩码，包括 Loopback 接口，具体配置过程略。

(2) 配置 OSPFv3，以保证各路由器之间路由可达

配置 Router A。

```
<RouterA> system-view
[RouterA] ospfv3
[RouterA-ospfv3-1] router-id 1.1.1.9
[RouterA-ospfv3-1] area 0
[RouterA-ospfv3-1-area-0.0.0.0] quit
[RouterA-ospfv3-1] quit
[RouterA] interface loopback 0
[RouterA-LoopBack0] ospfv3 1 area 0.0.0.0
[RouterA-LoopBack0] quit
[RouterA] interface gigabitethernet 2/1/1
[RouterA-GigabitEthernet2/1/1] ospfv3 1 area 0.0.0.0
[RouterA-GigabitEthernet2/1/1] quit
[RouterA] interface serial 2/1/0
[RouterA-Serial2/1/0] ospfv3 1 area 0.0.0.0
[RouterA-Serial2/1/0] quit
```

配置 Router B。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] ospfv3
[RouterB-ospfv3-1] router-id 2.2.2.9
[RouterB-ospfv3-1] area 0
[RouterB-ospfv3-1-area-0.0.0.0] quit
[RouterB-ospfv3-1] quit
[RouterB] interface loopback 0
[RouterB-LoopBack0] ospfv3 1 area 0.0.0.0
[RouterB-LoopBack0] quit
[RouterB] interface serial 2/1/0
[RouterB-Serial2/1/0] ospfv3 1 area 0.0.0.0
[RouterB-Serial2/1/0] quit
[RouterB] interface serial 2/1/1
[RouterB-Serial2/1/1] ospfv3 1 area 0.0.0.0
[RouterB-Serial2/1/1] quit
```

配置 Router C。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] ospfv3
[RouterC-ospfv3-1] router-id 3.3.3.9
[RouterC-ospfv3-1] area 0
[RouterC-ospfv3-1-area-0.0.0.0] quit
[RouterC-ospfv3-1] quit
[RouterC] interface loopback 0
[RouterC-LoopBack0] ospfv3 1 area 0.0.0.0
[RouterC-LoopBack0] quit
[RouterC] interface gigabitethernet 2/1/1
[RouterC-GigabitEthernet2/1/1] ospfv3 1 area 0.0.0.0
[RouterC-GigabitEthernet2/1/1] quit
[RouterC] interface serial 2/1/0
[RouterC-Serial2/1/0] ospfv3 1 area 0.0.0.0
[RouterC-Serial2/1/0] quit
```

配置完成后，在各路由器上执行 **display ipv6 routing-table** 命令，可以看到相互之间都学到了对方的主机路由。以 Router A 为例：

```
[RouterA] display ipv6 routing-table
```

```
Destinations : 12          Routes : 12
```

```
Destination: ::1/128          Protocol : Direct
NextHop      : ::1           Preference: 0
Interface    : InLoop0       Cost      : 0
```

```
Destination: 10::/64         Protocol : Direct
NextHop      : ::            Preference: 0
Interface    : Ser2/1/0      Cost      : 0
```

```
Destination: 10::1/128       Protocol : Direct
```

```

NextHop      : ::1                      Preference: 0
Interface    : InLoop0                  Cost      : 0

Destination: 11::/64                    Protocol  : Direct
NextHop      : ::                        Preference: 0
Interface    : GE2/1/1                  Cost      : 0

Destination: 11::1/128                   Protocol  : Direct
NextHop      : ::1                      Preference: 0
Interface    : InLoop0                  Cost      : 0

Destination: 20::/64                     Protocol  : O_INTRA
NextHop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0 Preference: 10
Interface    : Ser2/1/0                  Cost      : 2

Destination: 21::/64                     Protocol  : O_INTRA
NextHop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0 Preference: 10
Interface    : Ser2/1/0                  Cost      : 3

Destination: 100::1/128                   Protocol  : Direct
NextHop      : ::1                      Preference: 0
Interface    : InLoop0                  Cost      : 0

Destination: 100::2/128                   Protocol  : O_INTRA
NextHop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0 Preference: 10
Interface    : Ser2/1/0                  Cost      : 1

Destination: 100::3/128                   Protocol  : O_INTRA
NextHop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0 Preference: 10
Interface    : Ser2/1/0                  Cost      : 2

Destination: FE80::/10                    Protocol  : Direct
NextHop      : ::                        Preference: 0
Interface    : InLoop0                  Cost      : 0

Destination: FF00::/8                     Protocol  : Direct
NextHop      : ::                        Preference: 0
Interface    : NULL0                    Cost      : 0

```

(3) 使能 MPLS 和 LDP IPv6 功能

配置 Router A。

```

[RouterA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] quit
[RouterA] interface serial 2/1/0
[RouterA-Serial2/1/0] mpls enable
[RouterA-Serial2/1/0] mpls ldp ipv6 enable
[RouterA-Serial2/1/0] mpls ldp transport-address 10::1
[RouterA-Serial2/1/0] quit

```

配置 Router B。

```
[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] quit
[RouterB] interface serial 2/1/0
[RouterB-Serial2/1/0] mpls enable
[RouterB-Serial2/1/0] mpls ldp ipv6 enable
[RouterB-Serial2/1/0] mpls ldp transport-address 10::2
[RouterB-Serial2/1/0] quit
[RouterB] interface serial 2/1/1
[RouterB-Serial2/1/1] mpls enable
[RouterB-Serial2/1/1] mpls ldp ipv6 enable
[RouterB-Serial2/1/1] mpls ldp transport-address 20::1
[RouterB-Serial2/1/1] quit
```

配置 Router C。

```
[RouterC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] quit
[RouterC] interface serial 2/1/0
[RouterC-Serial2/1/0] mpls enable
[RouterC-Serial2/1/0] mpls ldp ipv6 enable
[RouterC-Serial2/1/0] mpls ldp transport-address 20::2
[RouterC-Serial2/1/0] quit
```

(4) 配置 IPv6 LSP 触发策略

在 Router A 上创建 IPv6 地址前缀列表 **routera**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 IPv6 LSP。

```
[RouterA] ipv6 prefix-list routera index 10 permit 100::1 128
[RouterA] ipv6 prefix-list routera index 20 permit 100::2 128
[RouterA] ipv6 prefix-list routera index 30 permit 100::3 128
[RouterA] ipv6 prefix-list routera index 40 permit 11::0 64
[RouterA] ipv6 prefix-list routera index 50 permit 21::0 64
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] ipv6 lsp-trigger prefix-list routera
[RouterA-ldp] quit
```

在 Router B 上创建 IPv6 地址前缀列表 **routerb**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 IPv6 LSP。

```
[RouterB] ipv6 prefix-list routerb index 10 permit 100::1 128
[RouterB] ipv6 prefix-list routerb index 20 permit 100::2 128
[RouterB] ipv6 prefix-list routerb index 30 permit 100::3 128
[RouterB] ipv6 prefix-list routerb index 40 permit 11::0 64
[RouterB] ipv6 prefix-list routerb index 50 permit 21::0 64
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] ipv6 lsp-trigger prefix-list routerb
[RouterB-ldp] quit
```

在 Router C 上创建 IPv6 地址前缀列表 **routerc**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 IPv6 LSP。

```

[RouterC] ipv6 prefix-list routerc index 10 permit 100::1 128
[RouterC] ipv6 prefix-list routerc index 20 permit 100::2 128
[RouterC] ipv6 prefix-list routerc index 30 permit 100::3 128
[RouterC] ipv6 prefix-list routerc index 40 permit 11::0 64
[RouterC] ipv6 prefix-list routerc index 50 permit 21::0 64
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] ipv6 lsp-trigger prefix-list routerc
[RouterC-ldp] quit

```

4. 验证配置

配置完成后，在各设备上执行 **display mpls ldp lsp ipv6** 命令，可以看到 LDP IPv6 LSP 的建立情况。以 Router A 为例：

```

[RouterA] display mpls ldp lsp ipv6
Status Flags: * - stale, L - liberal, B - backup
FECs: 5          Ingress: 3          Transit: 3          Egress: 2

FEC: 11::/64
In/Out Label: 2426/-          OutInterface : -
Nexthop      : -
In/Out Label: -/2424(L)      OutInterface : -
Nexthop      : -

FEC: 21::/64
In/Out Label: -/2425          OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0
In/Out Label: 2423/2425      OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0

FEC: 100::1/128
In/Out Label: 1040377/-      OutInterface : -
Nexthop      : -
In/Out Label: -/2426(L)      OutInterface : -
Nexthop      : -

FEC: 100::2/128
In/Out Label: -/1040379      OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0
In/Out Label: 2425/1040379   OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0

FEC: 100::3/128
In/Out Label: -/2427          OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0
In/Out Label: 2424/2427      OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0

```

在 Router A 上检测 Router A 到 Router C 的 LDP IPv6 LSP 的可达性。

```

[RouterA] ping ipv6 -a 11::1 21::1
Ping6(56 data bytes) 11::1 --> 21::1, press CTRL_C to break

```



```

56 bytes from 21::1, icmp_seq=0 hlim=63 time=2.000 ms
56 bytes from 21::1, icmp_seq=1 hlim=63 time=1.000 ms
56 bytes from 21::1, icmp_seq=2 hlim=63 time=3.000 ms
56 bytes from 21::1, icmp_seq=3 hlim=63 time=3.000 ms
56 bytes from 21::1, icmp_seq=4 hlim=63 time=2.000 ms

--- Ping6 statistics for 21::1 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 1.000/2.200/3.000/0.748 ms
# 在 Router C 上检测 Router C 到 Router A 的 LDP IPv6 LSP 的可达性。
[RouterC] ping ipv6 -a 21::1 11::1
Ping6(56 data bytes) 21::1 --> 11::1, press CTRL_C to break
56 bytes from 11::1, icmp_seq=0 hlim=63 time=2.000 ms
56 bytes from 11::1, icmp_seq=1 hlim=63 time=1.000 ms
56 bytes from 11::1, icmp_seq=2 hlim=63 time=1.000 ms
56 bytes from 11::1, icmp_seq=3 hlim=63 time=1.000 ms
56 bytes from 11::1, icmp_seq=4 hlim=63 time=1.000 ms

--- Ping6 statistics for 11::1 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 1.000/1.200/2.000/0.400 ms

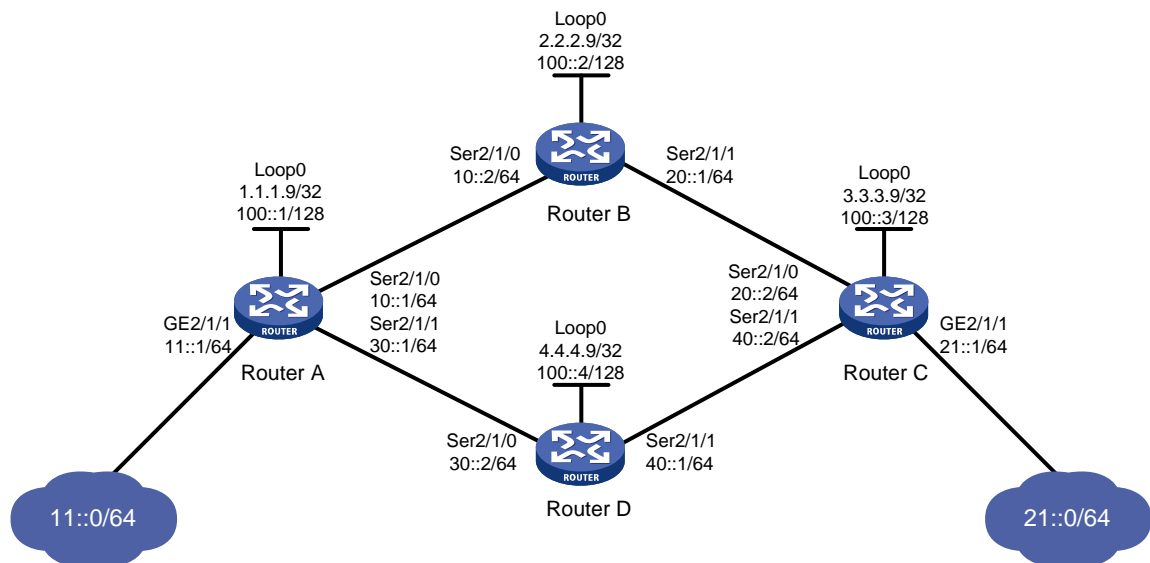
```

1.24.2 IPv6 FEC 标签接受控制策略配置举例

1. 组网需求

11::0/64 和 21::0/64 网段之间存在两条路径：Router A—Router B—Router C 和 Router A—Router D—Router C。通过配置 IPv6 FEC 标签接受控制策略，实现只沿着路径 Router A—Router B—Router C 建立 IPv6 LSP，11::0/64 和 21::0/64 网段之间互访的报文通过该 IPv6 LSP 进行 MPLS 转发。

图1-15 IPv6 FEC 标签接受控制策略配置组网图



2. 配置思路

- (1) 在各台路由器上配置路由协议，使得各路由器之间路由可达。本例中，采用的路由协议为 OSPFv3。
- (2) 在各台路由器上启动 LDP 协议。
- (3) 在各台路由器上配置 IPv6 LSP 触发策略，使得目的地址为 11::0/64 和 21::0/64 的路由表项能够触发 LDP 建立 IPv6 LSP。
- (4) 配置 IPv6 标签接受控制策略，使得 LDP 仅沿着路径 Router A—Router B—Router C 建立 LSP。
具体配置方法为：
 - Router A 只接受 Router B 通告的 FEC 目的地址为 21::0/64 的 FEC—标签映射；Router A 拒绝 Router D 通告的 FEC 目的地址为 21::0/64 的 FEC—标签映射。
 - Router C 只接受 Router B 通告的 FEC 目的地址为 11::0/64 的 FEC—标签映射；Router C 拒绝 Router D 通告的 FEC 目的地址为 11::0/64 的 FEC—标签映射。

3. 配置步骤

- (1) 配置各接口的 IPv6 地址

按照 [图 1-15](#) 配置各接口 IPv6 地址和掩码，包括 Loopback 接口，具体配置过程略。

- (2) 配置 OSPFv3

在各台路由器上配置 OSPFv3，以保证各路由器之间路由可达，具体配置过程略。

- (3) 使能 MPLS 和 LDP IPv6 功能

配置 Router A。

```
<RouterA> system-view
[RouterA] mpls lsr-id 1.1.1.9
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] quit
[RouterA] interface serial 2/1/0
[RouterA-Serial2/1/0] mpls enable
[RouterA-Serial2/1/0] mpls ldp ipv6 enable
[RouterA-Serial2/1/0] mpls ldp transport-address 10::1
[RouterA-Serial2/1/0] quit
[RouterA] interface serial 2/1/1
[RouterA-Serial2/1/1] mpls enable
[RouterA-Serial2/1/1] mpls ldp ipv6 enable
[RouterA-Serial2/1/1] mpls ldp transport-address 30::1
[RouterA-Serial2/1/1] quit
```

配置 Router B。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] quit
[RouterB] interface serial 2/1/0
[RouterB-Serial2/1/0] mpls enable
[RouterB-Serial2/1/0] mpls ldp ipv6 enable
[RouterB-Serial2/1/0] mpls ldp transport-address 10::2
[RouterB-Serial2/1/0] quit
```

```
[RouterB] interface serial 2/1/1
[RouterB-Serial2/1/1] mpls enable
[RouterB-Serial2/1/1] mpls ldp ipv6 enable
[RouterB-Serial2/1/1] mpls ldp transport-address 20::1
[RouterB-Serial2/1/1] quit
```

配置 Router C。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] quit
[RouterC] interface serial 2/1/0
[RouterC-Serial2/1/0] mpls enable
[RouterC-Serial2/1/0] mpls ldp ipv6 enable
[RouterC-Serial2/1/0] mpls ldp transport-address 20::2
[RouterC-Serial2/1/0] quit
[RouterC] interface serial 2/1/1
[RouterC-Serial2/1/1] mpls enable
[RouterC-Serial2/1/1] mpls ldp ipv6 enable
[RouterC-Serial2/1/1] mpls ldp transport-address 40::2
[RouterC-Serial2/1/1] quit
```

配置 Router D。

```
<RouterD> system-view
[RouterD] mpls lsr-id 4.4.4.9
[RouterD] mpls ldp
[RouterD-ldp] quit
[RouterD] interface serial 2/1/0
[RouterD-Serial2/1/0] mpls enable
[RouterD-Serial2/1/0] mpls ldp ipv6 enable
[RouterD-Serial2/1/0] mpls ldp transport-address 30::2
[RouterD-Serial2/1/0] quit
[RouterD] interface serial 2/1/1
[RouterD-Serial2/1/1] mpls enable
[RouterD-Serial2/1/1] mpls ldp ipv6 enable
[RouterD-Serial2/1/1] mpls ldp transport-address 40::1
[RouterD-Serial2/1/1] quit
```

(4) 配置 IPv6 LSP 触发策略

在 Router A 上创建 IPv6 地址前缀列表 **routera**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 IPv6 LSP。

```
[RouterA] ipv6 prefix-list routera index 10 permit 11::0 64
[RouterA] ipv6 prefix-list routera index 20 permit 21::0 64
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] ipv6 lsp-trigger prefix-list routera
[RouterA-ldp] quit
```

在 Router B 上创建 IPv6 地址前缀列表 **routerb**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 IPv6 LSP。

```
[RouterB] ipv6 prefix-list routerb index 10 permit 11::0 64
[RouterB] ipv6 prefix-list routerb index 20 permit 21::0 64
```

```
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] ipv6 lsp-trigger prefix-list routerb
[RouterB-ldp] quit
```

在 Router C 上创建 IPv6 地址前缀列表 routerc，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 IPv6 LSP。

```
[RouterC] ipv6 prefix-list routerc index 10 permit 11::0 64
[RouterC] ipv6 prefix-list routerc index 20 permit 21::0 64
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] ipv6 lsp-trigger prefix-list routerc
[RouterC-ldp] quit
```

在 Router D 上创建 IPv6 地址前缀列表 routerd，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 IPv6 LSP。

```
[RouterD] ipv6 prefix-list routerd index 10 permit 11::0 64
[RouterD] ipv6 prefix-list routerd index 20 permit 21::0 64
[RouterD] mpls ldp
[RouterD-ldp] ipv6 lsp-trigger prefix-list routerd
[RouterD-ldp] quit
```

(5) 配置 IPv6 标签接受控制策略

在 Router A 上创建允许 21::0/64 通过的 IPv6 地址前缀列表 prefix-from-b，该列表用来过滤 Router B 通告给 Router A 的 FEC—标签映射。

```
[RouterA] ipv6 prefix-list prefix-from-b index 10 permit 21::0 64
```

在 Router A 上创建拒绝 21::0/64 通过的 IPv6 地址前缀列表 prefix-from-d，该列表用来过滤 Router D 通告给 Router A 的 FEC—标签映射。

```
[RouterA] ipv6 prefix-list prefix-from-d index 10 deny 21::0 64
```

在 Router A 上配置过滤 Router B 和 Router D 通告的 FEC—标签映射的 IPv6 标签接受控制策略。

```
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] ipv6 accept-label peer 2.2.2.9 prefix-list prefix-from-b
[RouterA-ldp] ipv6 accept-label peer 4.4.4.9 prefix-list prefix-from-d
[RouterA-ldp] quit
```

在 Router C 上创建允许 11::0/64 通过的 IPv6 地址前缀列表 prefix-from-b，该列表用来过滤 Router B 通告给 Router C 的 FEC—标签映射。

```
[RouterC] ipv6 prefix-list prefix-from-b index 10 permit 11::0 64
```

在 Router C 上创建拒绝 11::0/64 通过的 IPv6 地址前缀列表 prefix-from-d，该列表用来过滤 Router D 通告给 Router C 的 FEC—标签映射。

```
[RouterC] ipv6 prefix-list prefix-from-d index 10 deny 11::0 64
```

在 Router C 上配置过滤 Router B 和 Router D 通告的 FEC—标签映射的 IPv6 标签接受控制策略。

```
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] ipv6 accept-label peer 2.2.2.9 prefix-list prefix-from-b
[RouterC-ldp] ipv6 accept-label peer 4.4.4.9 prefix-list prefix-from-d
[RouterC-ldp] quit
```

4. 验证配置

配置完成后，在各设备上执行 **display mpls ldp lsp ipv6** 命令，可以看到 LDP IPv6 LSP 的建立情况。以 Router A 为例，在 Router A 上 FEC 目的地址为 21::0/64 的 IPv6 LSP 的下一跳为 Router

B（地址为 FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0），即只沿着路径 Router A—Router B—Router C 建立了 IPv6 LSP，路径 Router A—Router D—Router C 上未建立 IPv6 LSP。

```
[RouterA] display mpls ldp lsp ipv6
Status Flags: * - stale, L - liberal, B - backup
FECs: 2          Ingress: 1          Transit 1          Egress: 1

FEC: 11::/64
In/Out Label: 2417/-          OutInterface : -
Nexthop      : -

FEC: 21::/64
In/Out Label: -/2416          OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0
In/Out Label: 2415/2416      OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0
```

在 Router A 上检测 Router A 到 Router C 的 LDP IPv6 LSP 的可达性。

```
[RouterA] ping ipv6 -a 11::1 21::1
Ping6(56 data bytes) 11::1 --> 21::1, press CTRL_C to break
56 bytes from 21::1, icmp_seq=0 hlim=63 time=4.000 ms
56 bytes from 21::1, icmp_seq=1 hlim=63 time=3.000 ms
56 bytes from 21::1, icmp_seq=2 hlim=63 time=3.000 ms
56 bytes from 21::1, icmp_seq=3 hlim=63 time=2.000 ms
56 bytes from 21::1, icmp_seq=4 hlim=63 time=1.000 ms

--- Ping6 statistics for 21::1 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 1.000/2.600/4.000/1.020 ms
```

在 Router C 上检测 Router C 到 Router A 的 LDP IPv6 LSP 的可达性。

```
[RouterC] ping ipv6 -a 21::1 11::1
Ping6(56 data bytes) 21::1 --> 11::1, press CTRL_C to break
56 bytes from 11::1, icmp_seq=0 hlim=63 time=1.000 ms
56 bytes from 11::1, icmp_seq=1 hlim=63 time=2.000 ms
56 bytes from 11::1, icmp_seq=2 hlim=63 time=1.000 ms
56 bytes from 11::1, icmp_seq=3 hlim=63 time=2.000 ms
56 bytes from 11::1, icmp_seq=4 hlim=63 time=1.000 ms

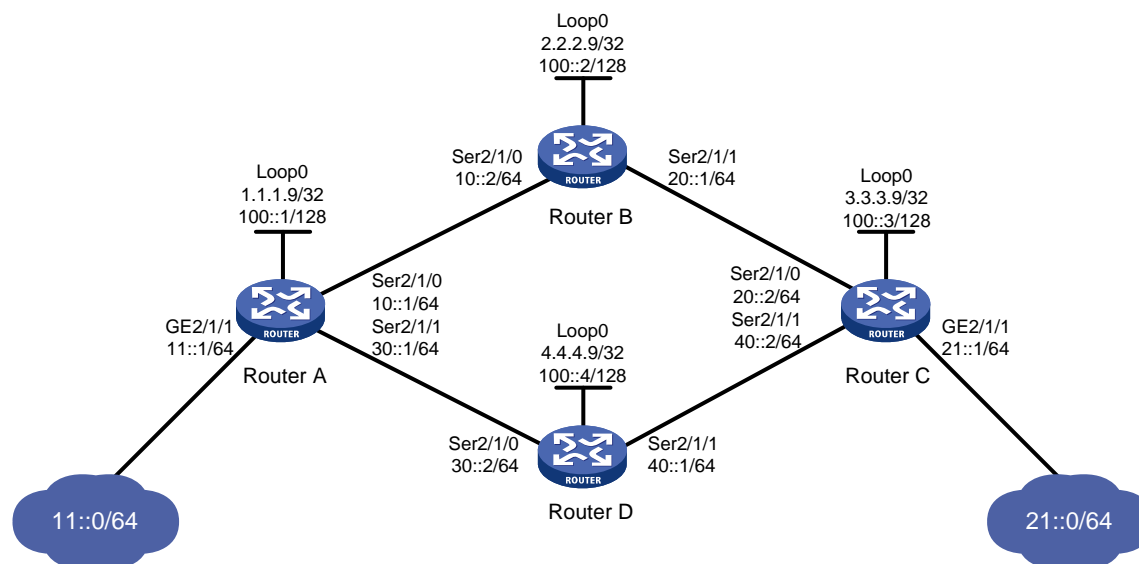
--- Ping6 statistics for 11::1 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 1.000/1.400/2.000/0.490 ms
```

1.24.3 IPv6 FEC标签通告控制策略配置举例

1. 组网需求

11::0/64 和 21::0/64 网段之间存在两条路径：Router A—Router B—Router C 和 Router A—Router D—Router C。通过配置标签通告控制策略，实现只沿着路径 Router A—Router B—Router C 建立 IPv6 LSP，11::0/64 和 21::0/64 网段之间互访的报文通过该 IPv6 LSP 进行 MPLS 转发。

图1-16 IPv6 FEC 标签通告控制策略配置组网图



2. 配置思路

- (1) 在各台路由器上配置路由协议，使得各路由器之间路由可达。本例中，采用的路由协议为 OSPFv3。
- (2) 在各台路由器上启动 LDP 协议。
- (3) 在各台路由器上配置 IPv6 LSP 触发策略，使得目的地址为 11::0/64 和 21::0/64 的路由表项能够触发 LDP 建立 IPv6 LSP。
- (4) 配置 IPv6 标签通告控制策略，使得 LDP 仅沿着路径 Router A—Router B—Router C 建立 IPv6 LSP。具体配置方法为：
 - Router A 只将 FEC 目的地址为 11::0/64 的 FEC—标签映射通告给 Router B；Router A 不通告任何其他 FEC—标签映射。
 - Router C 只将 FEC 目的地址为 21::0/64 的 FEC—标签映射通告给 Router B；Router C 不通告任何其他 FEC—标签映射。
 - Router D 不将 FEC 目的地址为 21::0/64 的 FEC—标签映射通告给 Router A；Router D 不将 FEC 目的地址为 11::0/64 的 FEC—标签映射通告给 Router C。

3. 配置步骤

- (1) 配置各接口的 IPv6 地址

按照 [图 1-16](#) 配置各接口 IPv6 地址和掩码，包括 Loopback 接口，具体配置过程略。

- (2) 配置 OSPFv3

在各台路由器上配置 OSPFv3，以保证各路由器之间路由可达，具体配置过程略。

- (3) 使能 MPLS 和 LDP IPv6 功能

配置 Router A。

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

```
[RouterA-ldp] quit
[RouterA] interface serial 2/1/0
[RouterA-Serial2/1/0] mpls enable
[RouterA-Serial2/1/0] mpls ldp ipv6 enable
[RouterA-Serial2/1/0] mpls ldp transport-address 10::1
[RouterA-Serial2/1/0] quit
[RouterA] interface serial 2/1/1
[RouterA-Serial2/1/1] mpls enable
[RouterA-Serial2/1/1] mpls ldp ipv6 enable
[RouterA-Serial2/1/1] mpls ldp transport-address 30::1
[RouterA-Serial2/1/1] quit
```

配置 Router B。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] mpls lsr-id 2.2.2.9
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] quit
[RouterB] interface serial 2/1/0
[RouterB-Serial2/1/0] mpls enable
[RouterB-Serial2/1/0] mpls ldp ipv6 enable
[RouterB-Serial2/1/0] mpls ldp transport-address 10::2
[RouterB-Serial2/1/0] quit
[RouterB] interface serial 2/1/1
[RouterB-Serial2/1/1] mpls enable
[RouterB-Serial2/1/1] mpls ldp ipv6 enable
[RouterB-Serial2/1/1] mpls ldp transport-address 20::1
[RouterB-Serial2/1/1] quit
```

配置 Router C。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] mpls lsr-id 3.3.3.9
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] quit
[RouterC] interface serial 2/1/0
[RouterC-Serial2/1/0] mpls enable
[RouterC-Serial2/1/0] mpls ldp ipv6 enable
[RouterC-Serial2/1/0] mpls ldp transport-address 20::2
[RouterC-Serial2/1/0] quit
[RouterC] interface serial 2/1/1
[RouterC-Serial2/1/1] mpls enable
[RouterC-Serial2/1/1] mpls ldp ipv6 enable
[RouterC-Serial2/1/1] mpls ldp transport-address 40::2
[RouterC-Serial2/1/1] quit
```

配置 Router D。

```
<RouterD> system-view
[RouterD] mpls lsr-id 4.4.4.9
[RouterD] mpls ldp
[RouterD-ldp] quit
[RouterD] interface serial 2/1/0
[RouterD-Serial2/1/0] mpls enable
```

```
[RouterD-Serial2/1/0] mpls ldp ipv6 enable
[RouterD-Serial2/1/0] mpls ldp transport-address 30::2
[RouterD-Serial2/1/0] quit
[RouterD] interface serial 2/1/1
[RouterD-Serial2/1/1] mpls enable
[RouterD-Serial2/1/1] mpls ldp ipv6 enable
[RouterD-Serial2/1/1] mpls ldp transport-address 40::1
[RouterD-Serial2/1/1] quit
```

(4) 配置 IPv6 LSP 触发策略

在 Router A 上创建 IPv6 地址前缀列表 **routera**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 IPv6 LSP。

```
[RouterA] ipv6 prefix-list routera index 10 permit 11::0 64
[RouterA] ipv6 prefix-list routera index 20 permit 21::0 64
[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] ipv6 lsp-trigger prefix-list routera
[RouterA-ldp] quit
```

在 Router B 上创建 IPv6 地址前缀列表 **routerb**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 IPv6 LSP。

```
[RouterB] ipv6 prefix-list routerb index 10 permit 11::0 64
[RouterB] ipv6 prefix-list routerb index 20 permit 21::0 64
[RouterB] mpls ldp
[RouterB-ldp] ipv6 lsp-trigger prefix-list routerb
[RouterB-ldp] quit
```

在 Router C 上创建 IPv6 地址前缀列表 **routerc**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 IPv6 LSP。

```
[RouterC] ipv6 prefix-list routerc index 10 permit 11::0 64
[RouterC] ipv6 prefix-list routerc index 20 permit 21::0 64
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] ipv6 lsp-trigger prefix-list routerc
[RouterC-ldp] quit
```

在 Router D 上创建 IPv6 地址前缀列表 **routerd**，并配置只有通过该列表过滤的路由表项能够触发 LDP 建立 IPv6 LSP。

```
[RouterD] ipv6 prefix-list routerd index 10 permit 11::0 64
[RouterD] ipv6 prefix-list routerd index 20 permit 21::0 64
[RouterD] mpls ldp
[RouterD-ldp] ipv6 lsp-trigger prefix-list routerd
[RouterD-ldp] quit
```

(5) 配置 IPv6 标签通告控制策略

在 Router A 上创建允许 11::0/64 通过的 IPv6 地址前缀列表 **prefix-to-b**，该列表用来过滤通告给 Router B 的 FEC—标签映射。

```
[RouterA] ipv6 prefix-list prefix-to-b index 10 permit 11::0 64
```

在 Router A 上创建允许 2.2.2.9/32 通过的 IP 地址前缀列表 **peer-b**，该列表用来过滤 LDP 对等体。

```
[RouterA] ip prefix-list peer-b index 10 permit 2.2.2.9 32
```

在 Router A 上配置 IPv6 标签通告控制策略：只将 FEC 目的地址为 11::0/64 的 FEC—标签映射通告给 Router B。


```

[RouterA] mpls ldp
[RouterA-ldp] ipv6 advertise-label prefix-list prefix-to-b peer peer-b
[RouterA-ldp] quit
# 在 Router C 上创建允许 21::0/64 通过的 IPv6 地址前缀列表 prefix-to-b，该列表用来过滤通告给 Router B 的 FEC—标签映射。
[RouterC] ipv6 prefix-list prefix-to-b index 10 permit 21::0 64
# 在 Router C 上创建允许 2.2.2.9/32 通过的 IP 地址前缀列表 peer-b，该列表用来过滤 LDP 对等体。
[RouterC] ip prefix-list peer-b index 10 permit 2.2.2.9 32
# 在 Router C 上配置 IPv6 标签通告控制策略：只将 FEC 目的地址为 21::0/64 的 FEC—标签映射通告给 Router B。
[RouterC] mpls ldp
[RouterC-ldp] ipv6 advertise-label prefix-list prefix-to-b peer peer-b
[RouterC-ldp] quit
# 在 Router D 上创建拒绝 21::0/64 通过的 IPv6 地址前缀列表 prefix-to-a，该列表用来过滤通告给 Router A 的 FEC—标签映射。
[RouterD] ipv6 prefix-list prefix-to-a index 10 deny 21::0 64
[RouterD] ipv6 prefix-list prefix-to-a index 20 permit 0::0 0 less-equal 128
# 在 Router D 上创建允许 1.1.1.9/32 通过的 IP 地址前缀列表 peer-a，该列表用来过滤 LDP 对等体。
[RouterD] ip prefix-list peer-a index 10 permit 1.1.1.9 32
# 在 Router D 上创建拒绝 11::0/64 通过的 IPv6 地址前缀列表 prefix-to-c，该列表用来过滤通告给 Router C 的 FEC—标签映射。
[RouterD] ipv6 prefix-list prefix-to-c index 10 deny 11::0 64
[RouterD] ipv6 prefix-list prefix-to-c index 20 permit 0::0 0 less-equal 128
# 在 Router D 上创建允许 3.3.3.9/32 通过的 IP 地址前缀列表 peer-c，该列表用来过滤 LDP 对等体。
[RouterD] ip prefix-list peer-c index 10 permit 3.3.3.9 32
# 在 Router D 上配置 IPv6 标签通告控制策略：不将 FEC 目的地址为 21::0/64 的 FEC—标签映射通告给 Router A；不将 FEC 目的地址为 11::0/64 的 FEC—标签映射通告给 Router C。
[RouterD] mpls ldp
[RouterD-ldp] ipv6 advertise-label prefix-list prefix-to-a peer peer-a
[RouterD-ldp] ipv6 advertise-label prefix-list prefix-to-c peer peer-c
[RouterD-ldp] quit

```

4. 验证配置

配置完成后，在各设备上执行 **display mpls ldp lsp ipv6** 命令，可以看到 LDP IPv6 LSP 的建立情况。Router A 和 Router C 只接收到 Router B 通告的 FEC—标签映射；Router B 接收到了 Router A 和 Router C 通告的 FEC—标签映射；Router D 没有接收到 Router A 和 Router C 通告的 FEC—标签映射；即只沿着路径 Router A—Router B—Router C 建立了 IPv6 LSP。

```

[RouterA] display mpls ldp lsp ipv6
Status Flags: * - stale, L - liberal, B - backup
FECs: 2          Ingress: 1          Transit: 1          Egress: 1

FEC: 11::/64
In/Out Label: 2417/-          OutInterface : -
NextHop      : -
In/Out Label: -/1098(L)      OutInterface : -

```

```

Nexthop      : -
In/Out Label: -/2418(L)                OutInterface : -
Nexthop      : -

FEC: 21::/64
In/Out Label: -/2416                OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0
In/Out Label: 2415/2416            OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAC0
[RouterB] display mpls ldp lsp ipv6
Status Flags: * - stale, L - liberal, B - backup
FECs: 2          Ingress: 2          Transit: 2          Egress: 0

FEC: 11::/64
In/Out Label: -/2417                OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EA8E
In/Out Label: 2418/2417            OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EA8E

FEC: 21::/64
In/Out Label: -/1099                OutInterface : Ser2/1/1
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE05:1C01
In/Out Label: 2416/1099            OutInterface : Ser2/1/1
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE05:1C01
[RouterC] display mpls ldp lsp ipv6
Status Flags: * - stale, L - liberal, B - backup
FECs: 2          Ingress: 1          Transit: 1          Egress: 1

FEC: 11::/64
In/Out Label: -/2418                OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAA2
In/Out Label: 1098/2418            OutInterface : Ser2/1/0
Nexthop      : FE80::20C:29FF:FE9D:EAA2

FEC: 21::/64
In/Out Label: 1099/-                OutInterface : -
Nexthop      : -
In/Out Label: -/2416(L)            OutInterface : -
Nexthop      : -
In/Out Label: -/1097(L)            OutInterface : -
Nexthop      : -
[RouterD] display mpls ldp lsp ipv6
Status Flags: * - stale, L - liberal, B - backup
FECs: 2          Ingress: 0          Transit: 0          Egress: 2

FEC: 11::/64
In/Out Label: 1098/-                OutInterface : -
Nexthop      : -

```

```
FEC: 21::/64
In/Out Label: 1097/-                               OutInterface : -
NextHop      : -
```

在 Router A 上检测 Router A 到 Router C 的 LDP IPv6 LSP 的可达性。

```
[RouterA] ping ipv6 -a 11::1 21::1
Ping6(56 data bytes) 11::1 --> 21::1, press CTRL_C to break
56 bytes from 21::1, icmp_seq=0 hlim=63 time=4.000 ms
56 bytes from 21::1, icmp_seq=1 hlim=63 time=3.000 ms
56 bytes from 21::1, icmp_seq=2 hlim=63 time=3.000 ms
56 bytes from 21::1, icmp_seq=3 hlim=63 time=2.000 ms
56 bytes from 21::1, icmp_seq=4 hlim=63 time=1.000 ms
```

```
--- Ping6 statistics for 21::1 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 1.000/2.600/4.000/1.020 ms
```

在 Router C 上检测 Router C 到 Router A 的 LDP IPv6 LSP 的可达性。

```
[RouterC] ping ipv6 -a 21::1 11::1
Ping6(56 data bytes) 21::1 --> 11::1, press CTRL_C to break
56 bytes from 11::1, icmp_seq=0 hlim=63 time=1.000 ms
56 bytes from 11::1, icmp_seq=1 hlim=63 time=2.000 ms
56 bytes from 11::1, icmp_seq=2 hlim=63 time=1.000 ms
56 bytes from 11::1, icmp_seq=3 hlim=63 time=2.000 ms
56 bytes from 11::1, icmp_seq=4 hlim=63 time=1.000 ms
```

```
--- Ping6 statistics for 11::1 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 1.000/1.400/2.000/0.490 ms
```