

目 录

1 IPv6 PIM配置.....	1-1
1.1 IPv6 PIM简介	1-1
1.1.1 IPv6 PIM-DM简介	1-1
1.1.2 IPv6 PIM-DM工作机制.....	1-2
1.1.3 IPv6 PIM-SM简介	1-4
1.1.4 IPv6 PIM-SM工作机制.....	1-5
1.1.5 IPv6 管理域机制介绍	1-10
1.1.6 SSM模型在IPv6 PIM中的实现.....	1-12
1.1.7 协议规范	1-13
1.2 配置IPv6 PIM-DM.....	1-14
1.2.1 IPv6 PIM-DM配置任务简介	1-14
1.2.2 配置准备	1-14
1.2.3 使能IPv6 PIM-DM.....	1-14
1.2.4 使能状态刷新能力.....	1-15
1.2.5 配置状态刷新参数.....	1-15
1.2.6 配置IPv6 PIM-DM定时器	1-16
1.3 配置IPv6 PIM-SM.....	1-16
1.3.1 IPv6 PIM-SM配置任务简介.....	1-16
1.3.2 配置准备	1-17
1.3.3 使能IPv6 PIM-SM	1-18
1.3.4 配置RP	1-18
1.3.5 配置BSR	1-20
1.3.6 配置IPv6 管理域.....	1-24
1.3.7 配置IPv6 组播源注册	1-25
1.3.8 配置SPT切换	1-26
1.4 配置IPv6 PIM-SSM	1-26
1.4.1 IPv6 PIM-SSM配置任务简介	1-27
1.4.2 配置准备	1-27
1.4.3 使能IPv6 PIM-SM	1-27
1.4.4 配置IPv6 SSM组播组范围	1-28
1.5 配置IPv6 PIM公共特性.....	1-28
1.5.1 IPv6 PIM公共特性配置任务简介.....	1-28
1.5.2 配置准备	1-29
1.5.3 配置IPv6 组播数据过滤器.....	1-29

1.5.4 配置Hello报文过滤器	1-30
1.5.5 配置Hello报文选项	1-30
1.5.6 配置剪枝延迟时间	1-32
1.5.7 配置IPv6 PIM公共定时器	1-32
1.5.8 配置加入/剪枝报文规格	1-34
1.6 IPv6 PIM显示和维护	1-34
1.7 IPv6 PIM典型配置举例	1-35
1.7.1 IPv6 PIM-DM典型配置举例	1-35
1.7.2 IPv6 PIM-SM非管理域典型配置举例	1-38
1.7.3 IPv6 PIM-SM管理域典型配置举例	1-43
1.7.4 IPv6 PIM-SSM典型配置举例	1-54
1.8 常见配置错误举例	1-57
1.8.1 无法正确建立组播分发树	1-57
1.8.2 IPv6 组播数据异常终止在中间路由器	1-58
1.8.3 IPv6 PIM-SM中RP无法加入SPT	1-58
1.8.4 IPv6 PIM-SM中无法建立RPT或无法进行源注册	1-59

1 IPv6 PIM 配置



说明

在以下路由协议的介绍中所指的路由器及路由器图标，代表了一般意义下运行了路由协议的网络路由设备，为提高可读性，在手册的描述中将不另行说明。

1.1 IPv6 PIM 简介

IPv6 PIM 是 Protocol Independent Multicast for IPv6（IPv6 协议无关组播）的简称，表示可以利用静态路由或者任意 IPv6 单播路由协议（包括 RIPng、OSPFv3、IS-ISv6、BGP4+ 等）所生成的 IPv6 单播路由表为 IPv6 组播提供路由。IPv6 组播路由与所采用的 IPv6 单播路由协议无关，只要能够通过 IPv6 单播路由协议产生相应的 IPv6 组播路由表项即可。IPv6 PIM 借助 RPF（Reverse Path Forwarding，逆向路径转发）机制实现对 IPv6 组播报文的转发。当 IPv6 组播报文到达本地设备时，首先对其进行 RPF 检查：若 RPF 检查通过，则创建相应的 IPv6 组播路由表项，从而进行 IPv6 组播报文的转发；若 RPF 检查失败，则丢弃该报文。有关 RPF 的详细介绍，请参见“IP 组播分册”中的“IPv6 组播路由与转发配置”。

根据实现机制的不同，IPv6 PIM 分为以下两种模式：

- IPv6 PIM-DM（Protocol Independent Multicast-Dense Mode for IPv6，IPv6 协议无关组播—密集模式）
 - IPv6 PIM-SM（Protocol Independent Multicast-Sparse Mode for IPv6，IPv6 协议无关组播—稀疏模式）
-



说明

为了描述的方便，本文中把由支持 IPv6 PIM 协议的组播路由器所组成的网络简称为“IPv6 PIM 域”。

1.1.1 IPv6 PIM-DM 简介

IPv6 PIM-DM 属于密集模式的 IPv6 组播路由协议，使用“推（Push）模式”传送 IPv6 组播数据，通常适用于 IPv6 组播组成员相对比较密集的小型网络。

IPv6 PIM-DM 的基本原理如下：

- IPv6 PIM-DM 假设网络中的每个子网都存在至少一个 IPv6 组播组成员，因此 IPv6 组播数据将被扩散（Flooding）到网络中的所有节点。然后，IPv6 PIM-DM 对没有 IPv6 组播数据转发的分支进行剪枝（Prune），只保留包含接收者的分支。这种“扩散—剪枝”现象周期性地发生，被剪枝的分支也可以周期性地恢复成转发状态。
- 当被剪枝分支的节点上出现了 IPv6 组播组的成员时，为了减少该节点恢复成转发状态所需的时间，IPv6 PIM-DM 使用嫁接（Graft）机制主动恢复其对 IPv6 组播数据的转发。

一般说来，密集模式下数据包的转发路径是有源树（Source Tree，即以 IPv6 组播源为“根”、IPv6 组播组成员为“枝叶”的一棵转发树）。由于有源树使用的是从 IPv6 组播源到接收者的最短路径，因此也称为最短路径树（Shortest Path Tree，SPT）。

1.1.2 IPv6 PIM-DM 工作机制

IPv6 PIM-DM 的工作机制可以概括如下：

- 邻居发现
- 构建 SPT
- 嫁接
- 断言

1. 邻居发现

在 IPv6 PIM 域中，路由器通过周期性地向所有 IPv6 PIM 路由器以组播方式发送 IPv6 PIM Hello 报文（以下简称 Hello 报文），以发现 IPv6 PIM 邻居，维护各路由器之间的 IPv6 PIM 邻居关系，从而构建和维护 SPT。



路由器每个运行了 IPv6 PIM 协议的接口都会周期性地发送 Hello 报文，从而了解与该接口相关的 IPv6 PIM 邻居信息。

2. 构建 SPT

构建 SPT 的过程也就是“扩散—剪枝”的过程：

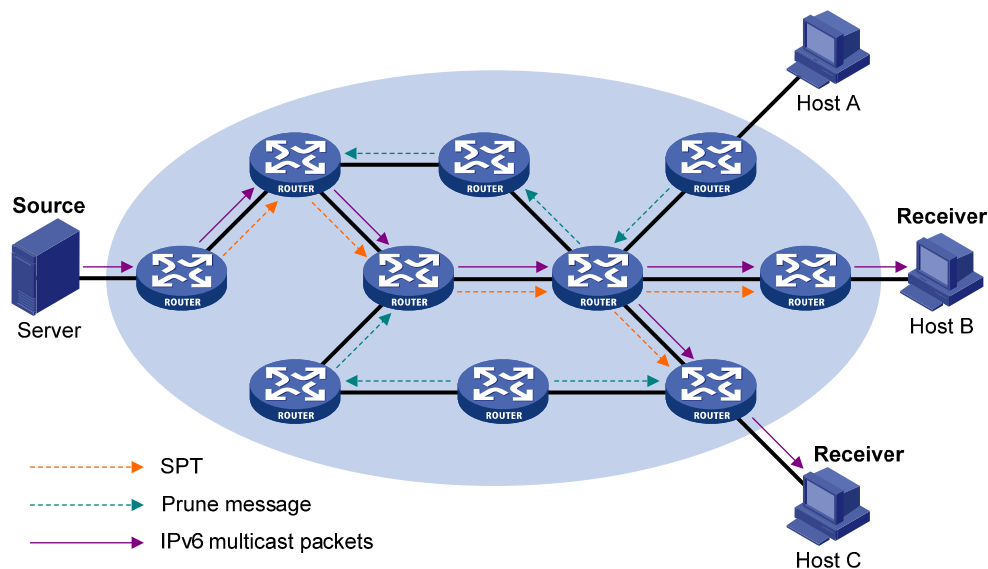
- (1) 在 IPv6 PIM-DM 域中，IPv6 组播源 S 向 IPv6 组播组 G 发送 IPv6 组播报文时，首先对 IPv6 组播报文进行扩散：路由器对该报文的 RPF 检查通过后，便创建一个 (S, G) 表项，并将该报文向网络中的所有下游节点转发。经过扩散，IPv6 PIM-DM 域内的每个路由器上都会创建 (S, G) 表项。
- (2) 然后对那些下游没有接收者的节点进行剪枝：由没有接收者的下游节点向上游节点发剪枝报文 (Prune Message)，以通知上游节点将相应的接口从其组播转发表项 (S, G) 所对应的出接口列表中删除，并不再转发该 IPv6 组播组的报文至该节点。



- (S, G) 表项包括 IPv6 组播源的地址 S、IPv6 组播组的地址 G、出接口列表和入接口等。
- 路由器上收到 IPv6 组播数据的接口称为“上游”，转发 IPv6 组播数据的接口称为“下游”。

剪枝过程最先由叶子路由器发起，如 [图 1-1](#) 所示，没有接收者 (Receiver) 的路由器（如与 Host A 直连的路由器）主动发起剪枝，并一直持续到 IPv6 PIM-DM 域中只剩下必要的分支，这些分支共同构成了 SPT。

图1-1 IPv6 PIM-DM 中构建 SPT 示意图



“扩散—剪枝”的过程是周期性发生的。各个被剪枝的节点提供超时机制，当剪枝超时后便重新开始这一过程。

说明

剪枝在 IPv6 PIM-SM 中有着相似的应用。

3. 嫁接

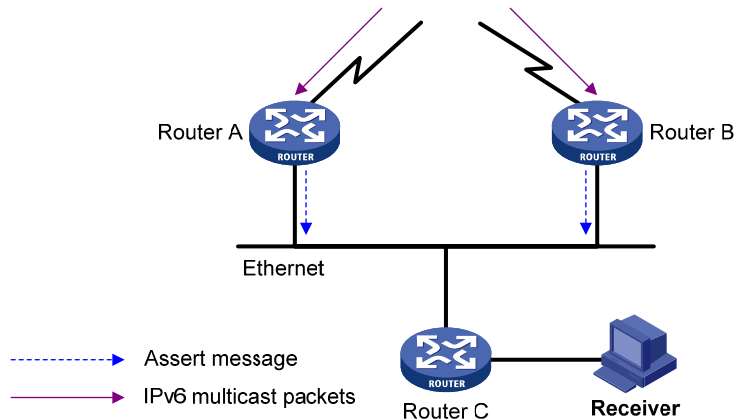
当被剪枝的节点上出现了 IPv6 组播组的成员时，为了减少该节点恢复成转发状态所需的时间，IPv6 PIM-DM 使用嫁接机制主动恢复其对 IPv6 组播数据的转发，过程如下：

- (1) 需要恢复接收 IPv6 组播数据的节点向其上游节点发送嫁接报文（Graft Message）以申请重新加入到 SPT 中；
- (2) 当上游节点收到该报文后恢复该下游节点的转发状态，并向其回应一个嫁接应答报文（Graft-Ack Message）以进行确认；
- (3) 如果发送嫁接报文的下游节点没有收到来自其上游节点的嫁接应答报文，将重新发送嫁接报文直到被确认为止。

4. 断言

在一个网段内如果存在多台组播路由器，则相同的 IPv6 组播报文可能会被重复发送到该网段。为了避免出现这种情况，就需要通过断言（Assert）机制来选定唯一的 IPv6 组播数据转发者。

图1-2 Assert 机制示意图



如 图 1-2 所示，当 Router A 和 Router B 从上游节点收到 (S, G) 的 IPv6 组播报文后，都会向本地网段转发该报文，于是处于下游的节点 Router C 就会收到两份相同的 IPv6 组播报文，Router A 和 Router B 也会从各自的本地接口收到对方转发来的该 IPv6 组播报文。此时，Router A 和 Router B 会通过本地接口向所有 IPv6 PIM 路由器以组播方式发送断言报文 (Assert Message)，该报文中携带有以下信息：IPv6 组播源地址 S、IPv6 组播地址 G、到 IPv6 组播源的 IPv6 单播路由的优先级和度量值。通过一定的规则对这些参数进行比较后，Router A 和 Router B 中的获胜者将成为 (S, G) IPv6 组播报文在本网段的转发者，比较规则如下：

- (1) 到 IPv6 组播源的 IPv6 单播路由的优先级较高者获胜；
- (2) 如果到 IPv6 组播源的 IPv6 单播路由的优先级相等，那么到 IPv6 组播源的度量值较小者获胜；
- (3) 如果到 IPv6 组播源的度量值也相等，则本地接口 IPv6 链路本地地址较大者获胜。

1.1.3 IPv6 PIM-SM 简介

IPv6 PIM-DM 使用以“扩散—剪枝”方式构建的 SPT 来传送 IPv6 组播数据。尽管 SPT 的路径最短，但是其建立的过程效率较低，并不适合大中型网络。

IPv6 PIM-SM 属于稀疏模式的 IPv6 组播路由协议，使用“拉 (Pull) 模式”传送 IPv6 组播数据，通常适用于 IPv6 组播组成员分布相对分散、范围较广的大中型网络。

IPv6 PIM-SM 的基本原理如下：

- IPv6 PIM-SM 假设所有主机都不需要接收 IPv6 组播数据，只向明确提出需要 IPv6 组播数据的主机转发。IPv6 PIM-SM 实现组播转发的核心任务就是构造并维护 RPT (Rendezvous Point Tree, 共享树或汇集树)，RPT 选择 IPv6 PIM 域中某台路由器作为公用的根节点 RP (Rendezvous Point, 汇集点)，IPv6 组播数据通过 RP 沿着 RPT 转发给接收者；
- 连接接收者的路由器向某 IPv6 组播组对应的 RP 发送加入报文，该报文被逐跳送达 RP，所经过的路径就形成了 RPT 的分支；
- IPv6 组播源如果向某 IPv6 组播组发送 IPv6 组播数据，首先由 IPv6 组播源侧 DR (Designated Router, 指定路由器) 负责向 RP 进行注册，把注册报文 (Register Message) 通过单播方式发送给 RP，该报文到达 RP 后触发建立 SPT。之后 IPv6 组播源把 IPv6 组播数据沿着 SPT 发向 RP，当 IPv6 组播数据到达 RP 后，被复制并沿着 RPT 发送给接收者。



复制仅发生在分发树的分支处，这个过程能够自动重复直到数据包最终到达接收者。

1.1.4 IPv6 PIM-SM 工作机制

IPv6 PIM-SM 的工作机制可以概括如下：

- 邻居发现
- DR 选举
- RP 发现
- 嵌入式 RP
- 构建 RPT
- IPv6 组播源注册
- SPT 切换
- 断言

1. 邻居发现

IPv6 PIM-SM使用与IPv6 PIM-DM类似的邻居发现机制，具体请参见“[1.1.2 1. 邻居发现](#)”一节。

2. DR 选举

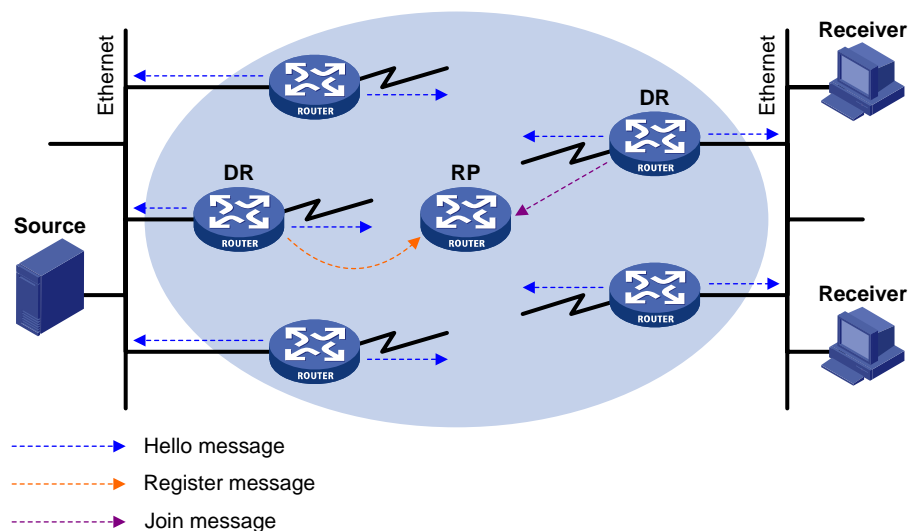
借助 Hello 报文还可以为共享网络（如 Ethernet）选举 DR，DR 将作为该共享网络中 IPv6 组播数据的唯一转发者。

无论是与 IPv6 组播源相连的网络，还是与接收者相连的网络，都需要选举 DR。接收者侧的 DR 负责向 RP 发送加入报文；IPv6 组播源侧的 DR 负责向 RP 发送注册报文。

说明

- 各路由器之间通过比较 Hello 报文中所携带的优先级和 IPv6 链路本地地址，可以为多路由器网段选举 DR。
- 在充当接收者侧 DR 的设备上必须使能 MLD，否则连接在该 DR 上的接收者将不能通过该 DR 加入 IPv6 组播组。

图1-3 DR 选举示意图



如 图 1-3所示，DR的选举过程如下：

- (1) 共享网络上的各路由器相互之间发送 Hello 报文（携带有竞选 DR 优先级的参数），拥有最高优先级的路由器将成为 DR；
- (2) 如果优先级相同，或者网络中至少有一台路由器不支持在 Hello 报文中携带竞选 DR 优先级的参数，则根据各路由器的 IPv6 链路本地地址大小来竞选 DR，IPv6 链路本地地址最大的路由器将成为 DR。

当 DR 出现故障时，其余路由器在超时后仍没有收到来自 DR 的 Hello 报文，则会触发新的 DR 选举过程。

3. RP 发现

RP 是 IPv6 PIM-SM 域中的核心设备。在结构简单的小型网络中，IPv6 组播信息量少，整个网络仅依靠一个 RP 进行 IPv6 组播信息的转发即可，此时可以在 IPv6 PIM-SM 域中的各路由器上静态指定 RP 的位置；但是在更多的情况下，IPv6 PIM-SM 域的规模都很大，通过 RP 转发的 IPv6 组播信息量巨大。为了缓解 RP 的负担并优化 RPT 的拓扑结构，可以在 IPv6 PIM-SM 域中配置多个 C-RP（Candidate-RP，候选 RP），通过自举机制来动态选举 RP，使不同的 RP 服务于不同的组播组，此时需要配置 BSR（BootStrap Router，自举路由器）。BSR 是 IPv6 PIM-SM 域中的管理核心，一个 IPv6 PIM-SM 域内只能有一个 BSR，但可以配置多个 C-BSR（Candidate-BSR，候选 BSR）。这样，一旦 BSR 发生故障，其余 C-BSR 能够通过自动选举产生新的 BSR，从而确保业务免受中断。

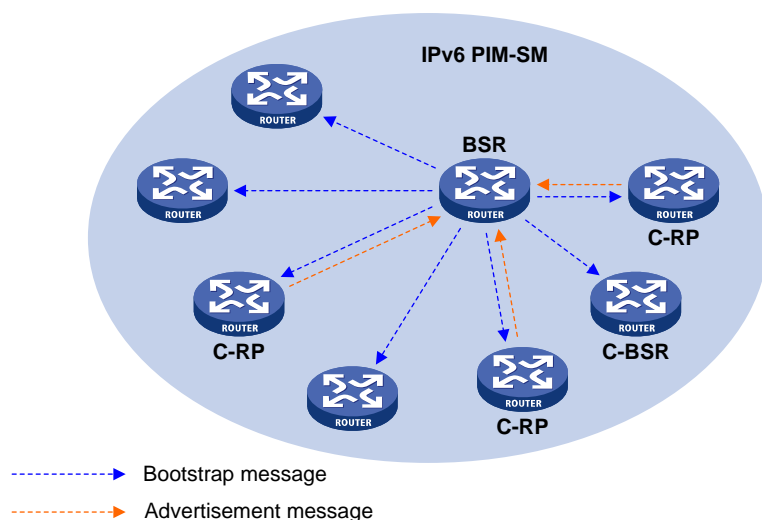


说明

- 一个 RP 可以同时服务于多个 IPv6 组播组，但一个 IPv6 组播组只能唯一对应一个 RP。
- 一台设备可以同时充当 C-RP 和 C-BSR。

如 图 1-4所示，BSR负责收集网络中由C-RP发来的宣告报文（Advertisement Message），该报文中携带有C-RP的地址和优先级以及其服务的IPv6组范围，BSR将这些信息汇总为RP-Set（RP集，即IPv6组播组与RP的映射关系数据库），封装在自举报文（Bootstrap Message，BSM）中并发布到整个IPv6 PIM-SM域。

图1-4 RP 与 BSR 信息交互示意图



网络中的各路由器将依据 RP-Set 提供的信息，使用相同的规则从众多 C-RP 中为特定 IPv6 组播组选择其对应的 RP，具体规则如下：

- (1) 首先比较 C-RP 的优先级，优先级较高者获胜。
- (2) 若优先级相同，则使用哈希（Hash）函数计算哈希值，该值较大者获胜。
- (3) 若优先级和哈希值都相同，则 C-RP 地址较大者获胜。

哈希函数的表达式为： $Value(G, M, C_i) = ((1103515245 * ((1103515245 * (G \& M) + 12345) XOR C_i) + 12345) \bmod 2^{31})$ ，其中各符号的含义如 [表 1-1](#) 所示。

表1-1 哈希函数中各符号含义

符号	含义
Value	哈希值
G	将 IPv6 组播组地址的每 32 比特作为一节，各节之间通过异或运算而得的数值。假设 IPv6 组播组地址为 FF0E:C20:1A3:63::101，则 $G = 0xFF0E0C20 XOR 0x01A30063 XOR 0x00000000 XOR 0x00000101$
M	哈希掩码长度（Hash Mask Length）
C_i	将 C-RP IPv6 地址的每 32 比特作为一节，各节之间通过异或运算而得的数值。假设 C-RP 的 IPv6 地址为 3FFE:B00:C18:1::10，则 $C_i = 0x3FFE0B00 XOR 0x0C180001 XOR 0x00000000 XOR 0x00000010$
&	逻辑运算符，表示与运算
XOR	逻辑运算符，表示异或运算
mod	算术运算符，表示整除取余

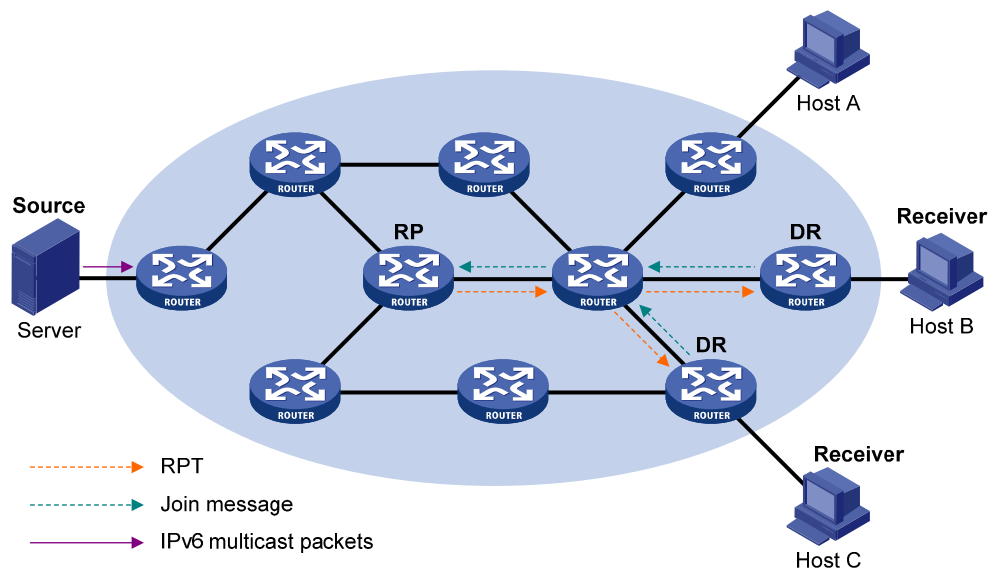
4. 嵌入式 RP

通过嵌入式 RP（Embedded RP）机制可以从 IPv6 组播地址中解析出 RP 的地址，从而实现 IPv6 组播组到 RP 的映射，以取代静态配置的 RP 或由 BSR 机制动态计算出来的 RP，DR 不再需要预先知道 RP 的信息，只需对组播报文进行分析即可知道 RP 的地址。其工作原理如下：

- 接收者侧：
 - (1) 接收者主机发送 MLD 报告报文声明加入某 IPv6 组播组；
 - (2) 接收者侧的 DR 提取内嵌在 IPv6 组播地址中的 RP 地址，并向该 RP 发送加入报文（Join Message）。
- IPv6 组播源侧：
 - (1) IPv6 组播源要向某 IPv6 组播组发送 IPv6 组播数据；
 - (2) IPv6 组播源侧的 DR 提取内嵌在 IPv6 组播地址中的 RP 地址，并向该 RP 发送注册报文。

5. 构建 RPT

图1-5 IPv6 PIM-SM 中构建 RPT 示意图



如 图 1-5所示，RPT的构建过程如下：

- (1) 当接收者加入一个 IPv6 组播组 G 时，先通过 MLD 报文通知与其直连的 DR；
- (2) DR 掌握了 IPv6 组播组 G 的接收者的信息后，向该组所对应的 RP 方向逐跳发送加入报文；
- (3) 从 DR 到 RP 所经过的路由器就形成了 RPT 的分支，这些路由器都在其转发表中生成了 (*, G) 表项，这里的 “*” 表示来自任意 IPv6 组播源。RPT 以 RP 为根，以 DR 为叶子。

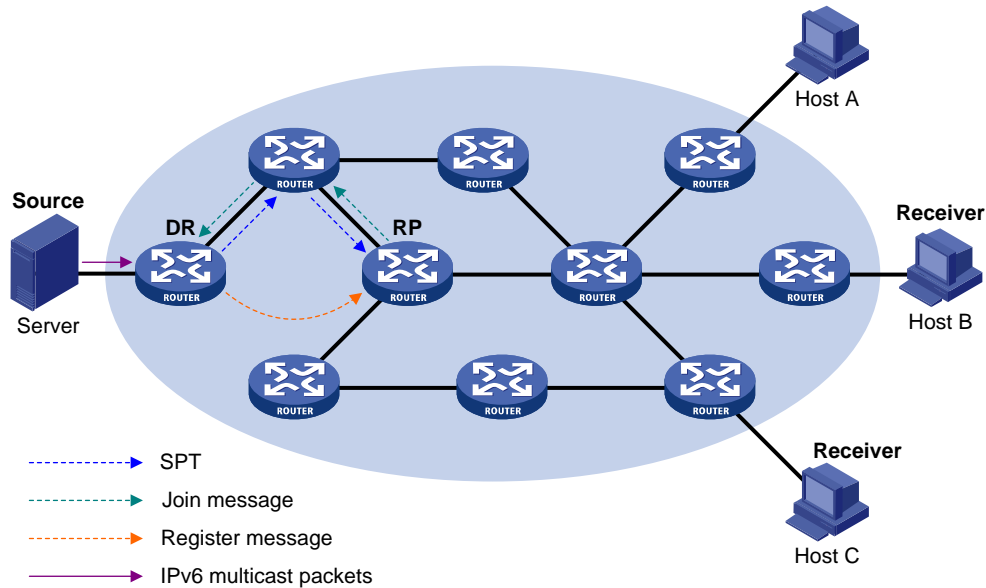
当发往 IPv6 组播组 G 的 IPv6 组播数据流经 RP 时，数据就会沿着已建立好的 RPT 到达 DR，进而到达接收者。

当某接收者对 IPv6 组播组 G 的信息不再感兴趣时，与其直连的 DR 会逆着 RPT 向该组的 RP 方向逐跳发送剪枝报文；上游节点收到该报文后在其出接口列表中删除与下游节点相连的接口，并检查自己是否拥有该 IPv6 组播组的接收者，如果没有则继续向其上游转发该剪枝报文。

6. IPv6 组播源注册

IPv6 组播源注册的目的是向 RP 通知 IPv6 组播源的存在。

图1-6 IPv6 组播源注册示意图



如 图 1-6所示，IPv6 组播源向RP注册的过程如下：

- (1) 当 IPv6 组播源 S 向 IPv6 组播组 G 发送了一个 IPv6 组播报文时，与 IPv6 组播源直连的 DR 在收到该报文后，就将其封装成注册报文，并通过单播方式发送给相应的 RP；
- (2) 当 RP 收到该报文后，一方面解封注册报文并将封装在其中的 IPv6 组播报文沿着 RPT 转发给接收者，另一方面向 IPv6 组播源方向逐跳发送 (S, G) 加入报文。这样，从 RP 到 IPv6 组播源所经过的路由器就形成了 SPT 的分支，这些路由器都在其转发表中生成了 (S, G) 表项。SPT 以 IPv6 组播源侧的 DR 为根，以 RP 为叶子。
- (3) IPv6 组播源发出的 IPv6 组播数据沿着已建立好的 SPT 到达 RP，然后由 RP 把 IPv6 组播数据沿着 RPT 向接收者进行转发。当 RP 收到沿着 SPT 转发来的 IPv6 组播数据后，通过单播方式向与 IPv6 组播源直连的 DR 发送注册停止报文 (Register-Stop Message)，IPv6 组播源注册过程结束。

说明

本节中假设允许 RP 发起 SPT 切换，否则 IPv6 组播源侧 DR 将一直用注册报文封装 IPv6 组播报文，注册过程不会结束，除非 RP 上 (S, G) 表项的出接口变为空。

7. SPT 切换

在 IPv6 PIM-SM 域中，一个 IPv6 组播组唯一对应一个 RP 和一棵 RPT。在 SPT 切换前，所有发往该组的 IPv6 组播报文都必须先由 IPv6 组播源侧 DR 封装在注册报文中发往 RP，由 RP 解封后再沿 RPT 分发给接收者侧的 DR，RP 是所有 IPv6 组播数据必经的中转站。这个过程存在以下三个问题：

- IPv6 组播源侧的 DR 和 RP 必须对 IPv6 组播数据进行繁琐的封装/解封装处理。
- IPv6 组播数据的转发路径不一定是从 IPv6 组播源到接收者的最短路径。
- 当 IPv6 组播流量变大时，RP 负担增大，容易引发故障。

为了解决上述问题，当 IPv6 组播数据的转发速率超过阈值时，IPv6 PIM-SM 允许由 RP 或接收者侧的 DR 发起 SPT 切换：

(1) RP 发起的 SPT 切换

RP 周期性地检测 IPv6 组播数据 (S, G) 的转发速率, 一旦发现其超过阈值, 立即向 IPv6 组播源方向发送 (S, G) 加入报文, 在 IPv6 组播源侧 DR 与 RP 之间建立起 SPT 分支, 后续的 IPv6 组播报文都直接沿该分支到达 RP。



说明

由 RP 发起的 SPT 切换的详细过程, 请参见 “[1.1.4 6. IPv6 组播源注册](#)” 一节。

(2) 接收者侧 DR 发起的 SPT 切换

接收者侧 DR 周期性地检测 IPv6 组播数据 (S, G) 的转发速率, 一旦发现其超过阈值, 立即发起 SPT 切换, 过程如下:

- 首先, 接收者侧 DR 向 IPv6 组播源方向逐跳发送 (S, G) 加入报文, 并最终送达 IPv6 组播源侧 DR, 沿途经过的所有路由器在其转发表中都生成了 (S, G) 表项, 从而建立了 SPT 分支;
- 随后, 当 IPv6 组播数据沿 SPT 到达 RPT 与 SPT 分叉的路由器时, 该路由器开始丢弃沿 RPT 到达的 IPv6 组播数据, 同时向 RP 逐跳发送含 RP 位的剪枝报文, RP 收到该报文后继续向 IPv6 组播源方向发送剪枝报文 (假设此时只有这一个接收者), 从而完成了 SPT 切换;
- 最终, IPv6 组播数据将沿 SPT 从 IPv6 组播源到达接收者。

通过 SPT 切换, IPv6 PIM-SM 能够以比 IPv6 PIM-DM 更经济的方式建立 SPT。

8. 断言

IPv6 PIM-SM 使用与 IPv6 PIM-DM 类似的断言机制, 具体请参见 “[1.1.2 4. 断言](#)” 一节。

1.1.5 IPv6 管理域机制介绍

1. 两种域机制的划分

一般情况下, 在一个 IPv6 PIM-SM 域内只能有一个 BSR, 并由该 BSR 负责在整个 IPv6 PIM-SM 域内宣告 RP-Set 信息, 所有 IPv6 组播组的信息都在此 BSR 管理的网络范围内进行转发, 我们称之为 IPv6 非管理域机制。

考虑到管理的精细化, 可以将整个 IPv6 PIM-SM 域划分为一个 IPv6 Global 域 (IPv6 Global-scope Zone) 和多个 IPv6 管理域 (IPv6 Admin-scope Zone), 一方面可以有效分担单一 BSR 的管理压力, 另一方面可以使用私有组地址为特定区域提供专门的服务。相应地, 我们称之为 IPv6 管理域机制。

IPv6 管理域与特定 Scope 值的 IPv6 组播组相对应, 针对不同的 Scope 值划分相应的 IPv6 管理域。IPv6 管理域的边界由 ZBR (Zone Border Router, 区域边界路由器) 构成, 每个 IPv6 管理域各维护一个 BSR, 为特定 Scope 值的 IPv6 组播组服务, 属于此范围的 IPv6 组播协议报文 (如断言报文、BSR 自举报文等) 无法通过 IPv6 管理域边界。不同 IPv6 管理域所服务的 IPv6 组播组范围可以重叠, 该范围内的 IPv6 组播组只在本 IPv6 管理域内有效, 相当于私有组地址。而 IPv6 Global 域则可视作为一种特殊的 IPv6 管理域, 其维护的 BSR 为 Scope 值为 14 的 IPv6 组播组提供服务。

2. 管理域与 Global 域的关系

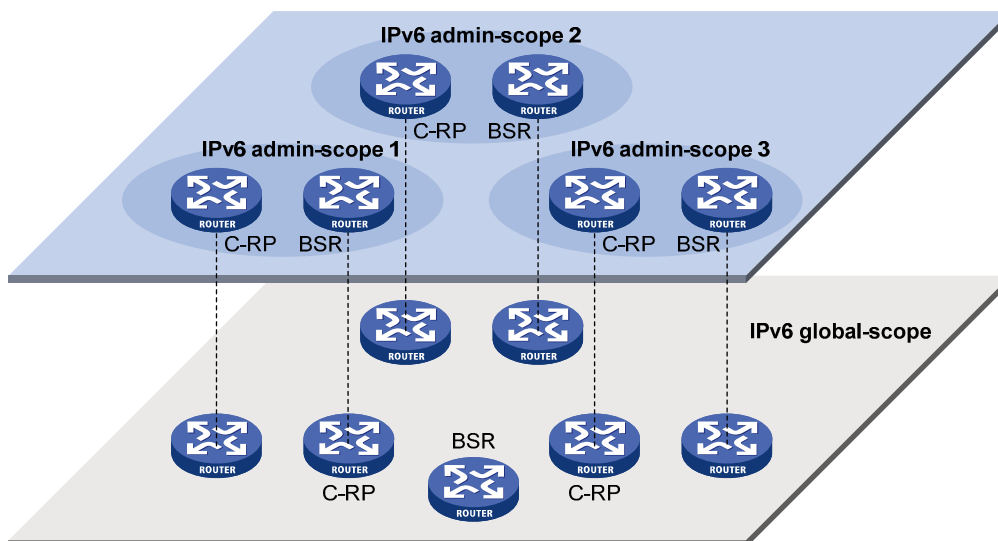
每个 IPv6 管理域以及 IPv6 Global 域都有独立的 C-RP 和 BSR 设备, 这些设备仅在其所属的域有效, 也就是说 BSR 机制与 RP 选举在各 IPv6 管理域之间是隔离的; 每个 IPv6 管理域都有自己的边

界，各 IPv6 管理域所服务 IPv6 组播组范围内的 IPv6 组播信息不能进、出该边界。为了更清晰地理解 IPv6 管理域和 IPv6 Global 域之间的关系，可以从以下两个角度进行考虑：

(1) 地域空间角度

IPv6 管理域是针对特定 Scope 值的逻辑管理区域，属于此范围的 IPv6 组播报文只能在本 IPv6 管理域的域内或域外传播，无法跨过 IPv6 管理域的边界。

图1-7 地域空间上 IPv6 管理域与 IPv6 Global 域的关系

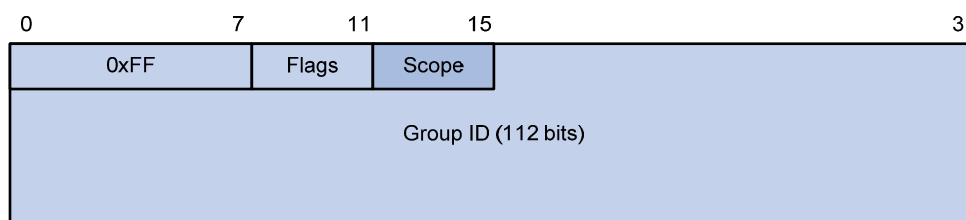


如 图 1-7所示，对于同一Scope值的IPv6 组播组而言，各IPv6 管理域在地域上必须相互独立、相互隔离。而IPv6 Global域则包含了IPv6 PIM-SM域内的所有路由器，不属于任何IPv6 管理域服务范围的IPv6 组播报文，可以在整个IPv6 PIM-SM域范围内传播。

(2) Scope 值角度

如 图 1-8所示，IPv6 组播通过其地址结构中的Scope字段来表明该IPv6 组播组属于哪个域。

图1-8 IPv6 组播地址结构



Scope值较大的域包含Scope值较小的域，Scope值为E所对应的域（即IPv6 Global域）最大。Scope 字段可能的取值及其含义如 表 1-2所示。

表1-2 Scope 字段的取值及其含义

取值	含义	所属域
0、F	保留 (Reserved)	-
1	接口本地范围 (Interface-Local Scope)	-
2	链路本地范围 (Link-Local Scope)	-
3	子网本地范围 (Subnet-Local Scope)	IPv6 管理域

取值	含义	所属域
4	管理本地范围 (Admin-Local Scope)	IPv6 管理域
5	站点本地范围 (Site-Local Scope)	IPv6 管理域
6、7、9~D	未分配 (Unassigned)	IPv6 管理域
8	机构本地范围 (Organization-Local Scope)	IPv6 管理域
E	全球范围 (Global Scope)	IPv6 Global 域

1.1.6 SSM 模型在 IPv6 PIM 中的实现

SSM (Source-Specific Multicast, 指定信源组播) 模型和 ASM (Any-Source Multicast, 任意信源组播) 模型是两个完全对等的模型。目前, ASM 模型包括 IPv6 PIM-DM 和 IPv6 PIM-SM 两种模式, SSM 模型能够借助 IPv6 PIM-SM 的部分技术来实现。

SSM 模型为指定源组播提供了解决方案, 通过 MLDv2 来维护主机与路由器之间的关系。鉴于 IPv6 PIM-DM 模式以“扩散—剪枝”方式构建以 IPv6 组播源为根的 SPT, 虽然 SPT 的路径最短, 但是分发树的建立过程效率较低, 不适合大中型网络。

在实际应用中, 通常采用 IPv6 PIM-SM 模式的一部分技术来实现 SSM 模型。由于接收者已经通过其它渠道 (如广告咨询等) 知道了 IPv6 组播源的具体位置, 因此在 SSM 模型中无需 RP, 无需构建 RPT, 也无需 IPv6 组播源注册过程来发现其它 IPv6 PIM 域内的 IPv6 组播源。

与 ASM 模型相比, SSM 模型仅需要 MLDv2 和 IPv6 PIM-SM 部分子集的支持, SSM 模型在 IPv6 PIM 域内的工作机制可以简单概括如下:

- 邻居发现
- DR 选举
- 构建 SPT

1. 邻居发现

IPv6 PIM-SSM 使用与 IPv6 PIM-SM 完全相同的邻居发现机制, 具体请参见“[1.1.2 1. 邻居发现](#)”一节。

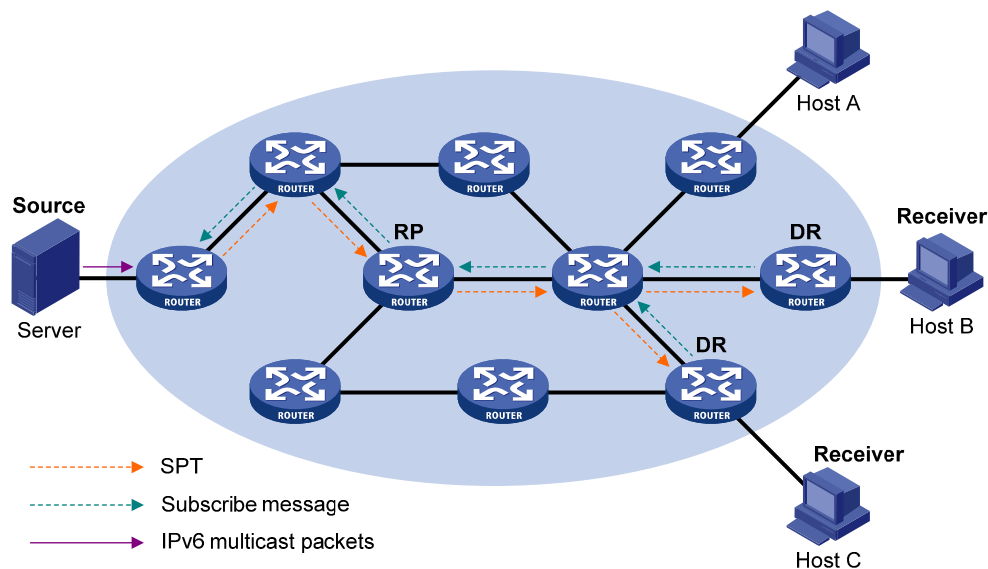
2. DR 选举

IPv6 PIM-SSM 使用与 IPv6 PIM-SM 完全相同的 DR 选举机制, 具体请参见“[1.1.4 2. DR 选举](#)”一节。

3. 构建 SPT

构建为 IPv6 PIM-SM 服务的 RPT, 还是构建为 IPv6 PIM-SSM 服务的 SPT, 关键在于接收者准备加入的 IPv6 组播组是否属于 IPv6 SSM 组地址范围 (IANA 保留的 IPv6 SSM 组地址范围为 FF3x::/32, 其中 x 表示任意合法的 scope)。

图1-9 IPv6 PIM-SSM 中构建 SPT 示意图



如 图 1-9所示，Host B和Host C为IPv6 组播信息的接收者（Receiver），由其借助MLDv2 的报告报文向DR报告自己对来自IPv6 组播源S、发往IPv6 组播组G的信息感兴趣。收到该报告报文的DR先判断该报文中的IPv6 组地址是否在IPv6 SSM组地址范围内：

- 如果在 IPv6 SSM 组地址范围内，则构建 IPv6 PIM-SSM，并向 IPv6 组播源 S 逐跳发送通道（Channel）的订阅报文（Subscribe Message）。沿途所有路由器上都创建（S，G）表项，从而在网络内构建了一棵以 IPv6 组播源 S 为根、以接收者为叶子的 SPT，该 SPT 就是 IPv6 PIM-SSM 中的传输通道；
- 如果不在 IPv6 SSM 组地址范围内，则仍旧按照 IPv6 PIM-SM 的流程进行后续处理，此时 DR 需要向 RP 发送（*，G）加入报文，同时需要进行 IPv6 组播源的注册。

说明

在 IPv6 PIM-SSM 中，借助“通道”的概念表示 IPv6 组播组，借助“订阅报文”的概念表示加入报文。

1.1.7 协议规范

与 IPv6 PIM 相关的协议规范有：

- RFC 4601: Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification (Revised)
- RFC 3973: Protocol Independent Multicast-Dense Mode (PIM-DM): Protocol Specification (Revised)
- RFC 3956: Embedding the Rendezvous Point (RP) Address in an IPv6 Multicast Address
- RFC 4607: Source-Specific Multicast for IP
- RFC 5059: Bootstrap Router (BSR) Mechanism for Protocol Independent Multicast (PIM)
- draft-ietf-ssm-overview-05: An Overview of Source-Specific Multicast (SSM)

1.2 配置 IPv6 PIM-DM

1.2.1 IPv6 PIM-DM 配置任务简介

表1-3 IPv6 PIM-DM 配置任务简介

配置任务	说明	详细配置
使能 IPv6 PIM-DM	必选	1.2.3
使能状态刷新能力	可选	1.2.4
配置状态刷新参数	可选	1.2.5
配置 IPv6 PIM-DM 定时器	可选	1.2.6
配置 IPv6 PIM 公共特性	可选	1.5

1.2.2 配置准备

在配置 IPv6 PIM-DM 之前，需完成以下任务：

- 配置任一 IPv6 单播路由协议，实现域内网络层互通

在配置 IPv6 PIM-DM 之前，需准备以下数据：

- 发送状态刷新报文的时间间隔
- 等待接收新状态刷新报文的最小时间
- 状态刷新报文的 Hop Limit 值
- 嫁接报文的重传时间

1.2.3 使能 IPv6 PIM-DM

在接口上使能了 IPv6 PIM-DM 后，路由器会定期发送 Hello 报文以发现 IPv6 PIM 邻居，并对收到的来自 IPv6 PIM 邻居的报文进行处理。在部署 IPv6 PIM-DM 域时，建议在其所有非边界接口上均使能 IPv6 PIM-DM。

表1-4 使能 IPv6 PIM-DM

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
使能 IPv6 组播路由	multicast ipv6 routing-enable	必选 缺省情况下，IPv6 组播路由处于关闭状态
进入接口视图	interface interface-type interface-number	-
使能 IPv6 PIM-DM	pim ipv6 dm	必选 缺省情况下，IPv6 PIM-DM 处于关闭状态



注意

- 同一台设备所有接口上所启用的 IPv6 PIM 模式必须相同。
- IPv6 PIM-DM 不能与处于 IPv6 SSM 组地址范围内的 IPv6 组播组同时使用。



说明

有关 **multicast ipv6 routing-enable** 命令的详细介绍，请参见“IP 组播分册”中的“IPv6 组播路由与转发命令”。

1.2.4 使能状态刷新能力

为了避免各路由器上被剪枝的接口因为超时而恢复转发，与 IPv6 组播源直连的路由器会周期性地发送（S，G）状态刷新报文，该报文沿着 IPv6 PIM-DM 域最初的扩散路径逐跳进行转发，从而刷新沿途所有路由器上的剪枝定时器的状态。只有当一个共享网段内的所有 IPv6 PIM 路由器上都使能了状态刷新能力时，该共享网段才具备状态刷新能力。

请在 IPv6 PIM-DM 域内的所有路由器上进行如下配置。

表1-5 使能状态刷新能力

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入接口视图	interface interface-type interface-number	-
使能状态刷新能力	pim ipv6 state-refresh-capable	可选 缺省情况下，状态刷新能力处于使能状态

1.2.5 配置状态刷新参数

在与 IPv6 组播源直连的路由器上，会以一定的时间间隔周期性地发送（S，G）状态刷新报文，可以通过配置来改变这个时间间隔。

路由器可能在短时间内收到多个状态刷新报文，而其中有些报文可能是重复的。为了避免接收这些重复的报文，可以配置接收新状态刷新报文的等待时间：路由器将丢弃在该时间内收到的状态刷新报文；当该时间超时后，路由器将正常接收新的状态刷新报文，并更新自己的 IPv6 PIM-DM 状态，同时重置该等待时间。

在收到状态刷新报文时，路由器会将该报文的 Hop Limit 值减 1 后转发给其下游，直至该报文的 Hop Limit 值减为 0，当网络规模很小时，状态刷新报文将在网络中循环传递。因此，为了有效控制刷新报文的传递范围，需要根据网络规模大小配置合适的 Hop Limit 值。

请在 IPv6 PIM-DM 域内的所有路由器上进行如下配置。

表1-6 配置状态刷新参数

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置发送状态刷新报文的时间间隔	state-refresh-interval interval	可选 缺省情况下，发送状态刷新报文的时间间隔为 60 秒
配置接收新状态刷新报文的等待时间	state-refresh-rate-limit interval	可选 缺省情况下，接收新状态刷新报文的等待时间为 30 秒
配置状态刷新报文的 Hop Limit 值	state-refresh-hoplimit hoplimit-value	可选 缺省情况下，状态刷新报文的 Hop Limit 值为 255

1.2.6 配置 IPv6 PIM-DM 定时器

嫁接报文是 IPv6 PIM-DM 中唯一使用确认机制的报文。在 IPv6 PIM-DM 域中，下游路由器发出嫁接报文后，如果在指定时间内没有收到来自其上游路由器的嫁接应答报文，则会重发嫁接报文，直到被确认。

表1-7 配置 IPv6 PIM-DM 定时器

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入接口视图	interface interface-type interface-number	-
配置嫁接报文的 重传时间	pim ipv6 timer graft-retry interval	可选 缺省情况下，嫁接报文的 重传时间为 3 秒



说明

有关 IPv6 PIM-DM 其它定时器的相关配置，请参见“[1.5.7 配置 IPv6 PIM 公共定时器](#)”。

1.3 配置 IPv6 PIM-SM

1.3.1 IPv6 PIM-SM 配置任务简介

表1-8 IPv6 PIM-SM 配置任务简介

配置任务	说明	详细配置
使能 IPv6 PIM-SM	必选	1.3.3
配置 RP	配置静态 RP	可选 1.3.4 1.
	配置 C-RP	可选 1.3.4 2.
	使能嵌入式 RP	可选 1.3.4 3.

配置任务		说明	详细配置
	全局配置 C-RP 定时器	可选	1.3.4 4.
配置 BSR	配置 C-BSR	可选	1.3.5 1.
	配置 BSR 服务边界	可选	1.3.5 2.
	全局配置 C-BSR 参数	可选	1.3.5 3.
	配置 C-BSR 定时器	可选	1.3.5 4.
	关闭自举报文语义分片功能	可选	1.3.5 5.
配置 IPv6 管理域	使能 IPv6 管理域机制	可选	1.3.6 1.
	配置 IPv6 管理域边界	可选	1.3.6 2.
	配置 IPv6 管理域的 C-BSR	可选	1.3.6 3.
配置 IPv6 组播源注册		可选	1.3.7
配置 SPT 切换		可选	1.3.8
配置 IPv6 PIM 公共特性		可选	1.5

1.3.2 配置准备

在配置 IPv6 PIM-SM 之前，需完成以下任务：

- 配置任一 IPv6 单播路由协议，实现域内网络层互通

在配置 IPv6 PIM-SM 之前，需准备以下数据：

- 静态 RP 的 IPv6 地址及表示其所服务 IPv6 组范围的 IPv6 ACL 规则
- C-RP 的优先级及表示其所服务 IPv6 组范围的 IPv6 ACL 规则
- 合法 C-RP 的地址范围及表示其所服务 IPv6 组范围的 IPv6 ACL 规则
- 发送宣告报文的时间间隔
- C-RP 超时时间
- C-BSR 的优先级
- 哈希掩码长度
- 表示合法 BSR 地址范围的 IPv6 ACL 规则
- 自举时间间隔
- 自举超时时间
- 表示注册报文过滤规则的 IPv6 ACL 规则
- 注册抑制时间
- 注册探测时间
- 发起 SPT 切换的 IPv6 组播数据速率阈值、IPv6 ACL 规则和排序规则
- 发起 SPT 切换前检查 IPv6 组播数据速率阈值的时间间隔

1.3.3 使能 IPv6 PIM-SM

在接口上使能了 IPv6 PIM-SM 后，路由器会定期发送 Hello 报文以发现 IPv6 PIM 邻居，并对收到的来自 IPv6 PIM 邻居的报文进行处理。在部署 IPv6 PIM-SM 域时，建议在其所有非边界接口上均使能 IPv6 PIM-SM。

表1-9 使能 IPv6 PIM-SM

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
使能 IPv6 组播路由	multicast ipv6 routing-enable	必选 缺省情况下，IPv6 组播路由处于关闭状态
进入接口视图	interface <i>interface-type</i> <i>interface-number</i>	-
使能 IPv6 PIM-SM	pim ipv6 sm	必选 缺省情况下，IPv6 PIM-SM 处于关闭状态



注意

同一台设备所有接口上所启用的 IPv6 PIM 模式必须相同。



说明

有关 **multicast ipv6 routing-enable** 命令的详细介绍，请参见“IP 组播分册”中的“IPv6 组播路由与转发命令”。

1.3.4 配置 RP

RP 可以通过手工方式静态配置，也可以通过 BSR 机制动态选举。对于大型 IPv6 PIM 网络，配置静态 RP 将会非常繁琐。所以，通常静态 RP 是作为动态选举 RP 机制的备份手段，以提高网络的健壮性，增强组播网络的运营管理能力。

1. 配置静态 RP

当网络内仅有一个动态 RP 时，通过手工配置静态 RP 可以避免因单一节点故障而引起的通信中断，同时也可以避免 C-RP 与 BSR 之间频繁的信息交互而占用带宽。

请在 PIM-SM 域内的所有路由器上进行如下配置。

表1-10 配置静态 RP

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置静态 RP	static-rp <i>ipv6-rp-address</i> [<i>acl6-number</i>] [preferred]	必选 缺省情况下，没有配置静态 RP



注意

为了让静态 RP 功能正常发挥作用，必须在所有路由器上指定相同的静态 RP 地址。

2. 配置 C-RP

在 PIM-SM 域中，可以把有意成为 RP 的路由器配置为 C-RP。BSR 通过接收来自 C-RP 的 C-RP 信息，或者接收来自其它路由器的自动 RP 宣告，收集 C-RP 信息并将其汇总为 RP-Set 信息，然后在全网内扩散。之后，网络内的其它路由器根据 RP-Set 信息计算出特定组播组范围所对应的 RP。建议在骨干网路由器上配置 C-RP。

为了防止 C-RP 欺骗，需要在 BSR 上配置合法的 C-RP 地址范围及其所服务的组播组范围。同时由于每个 C-BSR 都可能成为 BSR，因此必须在 IPv6 PIM-SM 域内的所有 C-BSR 上都配置相同的过滤策略。

表1-11 配置 C-RP

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置某接口为 C-RP	c-rp ipv6-address [{ group-policy acl6-number scope scope-id } priority priority holdtime hold-interval advertisement-interval adv-interval] * [bidir]	必选 缺省情况下，没有配置 C-RP
合法 C-RP 的地址范围及其所服务的 IPv6 组播组范围	crp-policy acl6-number	可选 缺省情况下，C-RP 的地址范围及其所服务的 IPv6 组播组范围不受任何限制



说明

- 在配置 C-RP 时，应在 C-RP 与 IPv6 PIM-SM 域中的其它设备之间保留较大的通信带宽。
- 一个 RP 可以为多个 IPv6 组播组服务，也可以为所有 IPv6 组播组服务。每个 IPv6 组播组在任意时刻，只能由唯一的一个 RP 为其转发数据，而不能由多个 RP 转发数据。

3. 使能嵌入式 RP

嵌入式 RP 机制可以从 IPv6 组播地址中直接解析出 RP，从而取代静态配置的 RP 或由 BSR 机制动态计算出来的 RP，DR 不再需要预先知道 RP 的信息，只需对组播报文进行分析即可知道 RP 的地址。

表1-12 使能嵌入式 RP

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-

操作	命令	说明
使能嵌入式 RP 功能	embedded-rp [<i>acl6-number</i>]	可选 缺省情况下，默认嵌入式 RP 地址范围内的 IPv6 组播组均可以使用嵌入式 RP 功能

说明

默认的嵌入式 RP 地址范围为 FF7x::/12 和 FFFx::/12，其中 x 表示任意合法的 scope。有关 scope 字段的详细介绍，请参见“IP 组播分册”中的“组播概述”。

4. 全局配置 C-RP 定时器

为了使 BSR 能够在 IPv6 PIM-SM 域内分发 RP-Set 信息，C-RP 必须周期性地向 BSR 发送宣告报文，BSR 从该报文中学习 RP-Set 信息，并将该信息与自己的 IPv6 地址一起封装在自举报文中向域中的所有 IPv6 PIM 路由器进行宣告。

C-RP 在其宣告报文中封装一个保持时间，BSR 在收到该报文后，从中获得该时间值并启动 C-RP 超时定时器，如果超时后 BSR 仍没有收到来自 C-RP 后续的宣告报文，则认为目前网络中的 C-RP 失效或不可达。

请在已配置为 C-RP 的路由器上进行如下配置。

表1-13 全局配置 C-RP 定时器

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置发送宣告报文的 时间间隔	c-rp advertisement-interval <i>interval</i>	可选 缺省情况下，发送宣告报文的时间间隔为 60 秒
配置 C-RP 超时时间	c-rp holdtime <i>interval</i>	可选 缺省情况下，C-RP 的超时时间为 150 秒

说明

有关 IPv6 PIM-SM 其它定时器的相关配置，请参见“[1.5.7 配置 IPv6 PIM 公共定时器](#)”。

1.3.5 配置 BSR

在一个 IPv6 PIM-SM 域中只能有一个 BSR，但需要配置至少一个 C-BSR。任意一台路由器都可以被配置为 C-BSR。在 C-BSR 之间通过自动选举产生 BSR，BSR 负责在 IPv6 PIM-SM 域中收集并发布 RP 信息。

1. 配置 C-BSR

C-BSR 应配置在骨干网的路由器上，在将路由器配置为 C-BSR 时，必须同时指定一个使能了 IPv6 PIM-SM 的接口的 IPv6 地址。C-BSR 间的自动选举机制简单描述如下：

- 最初，每个 C-BSR 都认为自己是本 IPv6 PIM-SM 域的 BSR，并使用接口的 IPv6 地址作为 BSR 地址，发送自举报文；
- 当某 C-BSR 收到其它 C-BSR 发来的自举报文时，首先比较自己与后者的优先级，优先级较高者获胜；在优先级相同的情况下，再比较自己与后者的 BSR 地址，拥有较大 IPv6 地址者获胜。如果后者获胜，则用后者的 BSR 地址替换自己的 BSR 地址，并不再认为自己是 BSR；否则，保留自己的 BSR 地址，并继续认为自己是 BSR。

通过在路由器上配置合法 BSR 的地址范围，可以对收到的自举报文按照地址范围进行过滤，从而防止某些恶意主机非法伪装成 BSR，以避免合法的 BSR 被恶意取代。必须在 IPv6 PIM-SM 域内的所有路由器上进行相同的配置。通常针对以下两类情况实施预防措施：

- (1) 某些恶意主机通过伪造自举报文以欺骗路由器，试图更改 RP 映射关系。这种攻击通常发生在边缘路由器上，由于 BSR 处于网络内部，主机在网络外部，因此边缘路由器通过对收到的自举报文进行邻居检查和 RPF 检查，丢弃不符合要求的报文，就可以避免外部网络用户对内部网络 BSR 的攻击；
- (2) 网络中某台路由器被攻击者控制，或者有非法接入的路由器时，攻击者可以将这样的路由器配置为 C-BSR，并使其在竞争中获胜，从而控制网络中 RP 信息的发布权。由于在被配置为 C-BSR 后，路由器会自动向整个网络扩散自举报文，而自举报文是 Hop Limit 值为 1 的 IPv6 组播报文，所以只要其邻居路由器不接收该自举报文，就不会影响整个网络。因此，通过在整个网络的所有路由器上都配置合法 BSR 的地址范围，从而丢弃合法范围之外的自举报文，就可以防止此类攻击。

以上两种预防策略可以部分地保护网络中 BSR 的安全。但是如果某台合法的 BSR 路由器被攻击者控制，还是可能导致问题。

表1-14 配置 C-BSR

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置某接口为 C-BSR	c-bsr ipv6-address [<i>hash-length</i> [<i>priority</i>]]	必选 缺省情况下，没有配置 C-BSR
配置合法的 BSR 地址范围	bsr-policy acl6-number	可选 缺省情况下，BSR 的地址范围不受任何限制



说明

由于 BSR 与 IPv6 PIM-SM 域中的其它设备需要交换大量信息，因此应在 C-BSR 与 IPv6 PIM-SM 域中的其它设备之间保留较大的通信带宽。

2. 配置 BSR 服务边界

BSR 作为 IPv6 PIM-SM 域中的管理核心，负责将收集到的 RP-Set 信息以自举报文的形式发向 IPv6 PIM-SM 域中的所有路由器。

BSR 的服务边界，即 IPv6 PIM-SM 域的边界。BSR 是针对特定的服务范围而言的，众多的 BSR 服务边界接口将网络划分成不同的 IPv6 PIM-SM 域，自举报文无法通过 IPv6 PIM-SM 域的边界，BSR 服务边界之外的路由器也不能参与本 IPv6 PIM-SM 域内的组播转发。

请在有待成为 BSR 服务边界的路由器上进行如下配置。

表1-15 配置 BSR 服务边界

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入接口视图	interface <i>interface-type interface-number</i>	-
配置 BSR 的服务边界	pim ipv6 bsr-boundary	必选 缺省情况下，没有配置 BSR 的服务边界

3. 全局配置 C-BSR 参数

在一个 IPv6 PIM-SM 域中，从众多 C-BSR 中选举出唯一的 BSR。IPv6 PIM-SM 域内的 C-RP 向 BSR 发送宣告报文，由 BSR 汇总为 RP-Set，并向本 IPv6 PIM-SM 域内的所有路由器进行宣告。所有路由器都使用统一的哈希算法，得到特定 IPv6 组播组所对应 RP 的地址。

请在已配置为 C-BSR 的路由器上进行如下配置。

表1-16 全局配置 C-BSR 参数

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置哈希掩码长度	c-bsr hash-length <i>hash-length</i>	可选 缺省情况下，哈希掩码长度为 126
配置 C-BSR 的优先级	c-bsr priority <i>priority</i>	可选 缺省情况下，C-BSR 的优先级为 64

4. 配置 C-BSR 定时器

当某 C-BSR 竞选成为 BSR 后，它会通过自举报文向其服务的区域以组播方式发送自己的 IPv6 地址和 RP-Set 信息。BSR 以自举时间间隔周期性地向网络发送自举报文，收到该报文的 C-BSR 会在自举超时时间内将其保持，此时 BSR 选举过程暂停；当自举超时时间超时时，C-BSR 之间会触发新一轮的 BSR 选举过程。

请在已配置为 C-BSR 的路由器上进行如下配置。

表1-17 配置 C-BSR 定时器

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置自举时间间隔	c-bsr interval <i>interval</i>	可选 缺省取值请参见 表 1-17 后的相关说明
配置自举超时时间	c-bsr holdtime <i>interval</i>	可选 缺省取值请参见 表 1-17 后的相关说明



说明

关于自举时间间隔的取值:

- 如果没有进行手工配置, 则其取值由如下公式决定: 自举时间间隔 = (自举超时时间 - 10) ÷ 2。缺省情况下, 自举超时时间为 130 秒, 则自举时间间隔的缺省值 = (130 - 10) ÷ 2 = 60(秒)。
- 如果进行了手工配置, 则取配置值。

关于自举超时时间的取值:

- 如果没有进行手工配置, 则其取值由如下公式决定: 自举超时时间 = 自举时间间隔 × 2 + 10。缺省情况下, 自举时间间隔为 60 秒, 则自举超时时间的缺省值 = 60 × 2 + 10 = 130(秒)。
- 如果进行了手工配置, 则取配置值。



注意

配置时, 应保证自举时间间隔小于自举超时时间。

5. 关闭自举报文语义分片功能

BSR 周期性地向所在 IPv6 PIM-SM 域发送自举报文以通告 RP-Set 信息。当 RP-Set 信息较少时, 自举报文被封装在一个 IPv6 报文中发送出去; 而当 RP-Set 信息较多时, 自举报文的大小可能超过接口的 MTU (Maximum Transmission Unit, 最大传输单元) 值, 从而触发其在 IP 层的分片。在这种情况下, 一个 IP 分片的丢失就会导致整个自举报文都被丢弃。

自举报文语义分片功能可以解决上述问题: 当自举报文大于接口 MTU 时, 会被分解为多个自举报文分片 (Bootstrap Message Fragment, BSMF)。非 BSR 收到自举报文分片后, 若发现某组范围对应的 RP 信息都在这一个分片中, 便立即更新该组范围对应的 RP-Set; 若发现某组范围映射的 RP 信息被分在了多个分片中, 则待收齐了这些分片后再更新该组范围对应的 RP-Set。这样, 由于不同分片所含组范围对应的 RP 信息不同, 因此个别分片的丢失只影响该分片所含组范围对应的 RP 信息, 而不会导致整个自举报文都被丢弃。

自举报文语义分片功能是缺省使能的, 但由于不支持该功能的设备会将自举报文分片当作完整的自举报文处理, 从而导致其学到的 RP-Set 信息不完整, 因此当 IPv6 PIM-SM 域中存在此类设备时, 请在已配置为 C-BSR 的路由器上关闭本功能。

表1-18 关闭自举报文语义分片功能

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
关闭自举报文语义分片功能	undo bsm-fragment enable	必选 缺省情况下, 自举报文语义分片功能处于使能状态



说明

通常，BSR 根据其 BSR 接口的 MTU 值对自举报文进行语义分片；而对由于新学到 IPv6 PIM 邻居而触发的自举报文发送，则根据发送接口的 MTU 值进行语义分片。

1.3.6 配置 IPv6 管理域

在 IPv6 非管理域机制下，一个 IPv6 PIM-SM 域中只有唯一的 BSR，整个网络都在该 BSR 的管理范围之内。为了更有针对性地管理，可以将整个 IPv6 PIM-SM 域划分为多个 IPv6 管理域：每个 IPv6 管理域中各维护一个 BSR，服务于特定 Scope 值的 IPv6 组播组；IPv6 Global 域则可视为一种特殊的 IPv6 管理域，其维护的 BSR 为 Scope 值为 14 的 IPv6 组播组提供服务。

1. 使能 IPv6 管理域机制

在配置 IPv6 管理域各项功能之前，必须先使能 IPv6 管理域机制。

请在有待成为 C-BSR 和 ZBR 上进行如下配置。

表1-19 使能 IPv6 管理域机制

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
使能 IPv6 管理域机制	c-bsr admin-scope	必选 缺省情况下，IPv6 管理域机制处于关闭状态

2. 配置 IPv6 管理域边界

在 IPv6 管理域机制中，各 IPv6 管理域的边界由 ZBR 构成，每个 IPv6 管理域各维护一个 BSR，服务于特定 Scope 值的 IPv6 组播组，属于此范围的 IPv6 组播协议报文（如断言报文、BSR 自举报文等）无法通过 IPv6 管理域边界。

请在有待成为 ZBR 的路由器上进行如下配置。

表1-20 配置 IPv6 管理域边界

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入接口视图	interface interface-type interface-number	-
配置 IPv6 组播转发边界	multicast ipv6 boundary { ipv6-group-address prefix-length scope { scope-id admin-local global organization-local site-local } }	必选 缺省情况下，没有配置 IPv6 组播转发边界



说明

有关 **multicast ipv6 boundary** 命令的详细介绍，请参见“IP 组播分册”中的“IPv6 组播路由与转发命令”。

3. 配置 IPv6 管理域的 C-BSR

在应用了 IPv6 管理域机制的网络中，从众多 C-BSR 中选举出针对不同 Scope 值的 BSR。网络内的 C-RP 只向对应的 BSR 发送宣告报文，由 BSR 汇总为 RP-Set，并向其所服务 IPv6 管理域内的所有路由器进行宣告。所有路由器都使用统一的哈希算法，得到特定 IPv6 组播组所对应 RP 的地址。请在有待成为 IPv6 管理域 C-BSR 的路由器上进行如下配置。

表1-21 配置 IPv6 管理域的 C-BSR

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置 IPv6 管理域的 C-BSR	c-bsr scope { <i>scope-id</i> admin-local global organization-local site-local } [hash-length <i>hash-length</i> priority <i>priority</i>] *	必选 缺省情况下，没有配置 IPv6 管理域的 C-BSR



说明

关于哈希掩码长度和 C-BSR 的优先级这两个值：

- 可以在两种域范围内进行配置：全局和 IPv6 管理域；
- 如果在 IPv6 管理域下进行了配置，则取其配置值；
- 如果未在 IPv6 管理域下进行配置，则取相应的全局值。

有关全局 C-BSR 参数的相关配置，请参见“[1.3.5 3. 全局配置 C-BSR 参数](#)”。

1.3.7 配置 IPv6 组播源注册

在 IPv6 PIM-SM 域内，IPv6 组播源侧 DR 向 RP 发送注册报文，而这些注册报文拥有不同的 IPv6 组播源或 IPv6 组播地址。为了让 RP 服务于特定的 IPv6 组播组，可以对注册报文进行过滤。如果某个（S，G）表项被过滤规则拒绝，或者过滤规则中没有定义对它的操作，RP 都会向 DR 发送注册停止报文，以停止该 IPv6 组播数据的注册过程。

出于对注册报文在传递过程中完整性的考虑，可以配置根据整个报文来计算校验和。但为了减少往注册报文中封装数据报文的工作量并考虑到互通性，一般情况下不建议配置根据注册报文的全部内容来计算校验和的方式。

当接收者不再通过 RP 接收发往某 IPv6 组播组的数据（即 RP 不再服务于该 IPv6 组播组），或 RP 正式开始接收来自 IPv6 组播源的、封装有 IPv6 组播数据的注册报文时，RP 将向 IPv6 组播源侧 DR 发送注册停止报文，DR 收到该报文后将停止发送封装有 IPv6 组播数据的注册报文并启动注册停止定时器（Register-Stop Timer）。当注册停止定时器超时后，DR 会向 RP 发送一个空注册报文（Null-Register Message，即不封装 IPv6 组播数据的注册报文）：如果 DR 在注册探测时间（Register_Probe_Time）内收到了来自 RP 的注册停止报文，DR 将刷新其注册停止定时器；否则，DR 将重新开始发送封装有 IPv6 组播数据的注册报文。

注册停止定时器的超时时间是一个随机值，由其它两个时间值决定：注册抑制时间（Register_Suppression_Time）和注册探测时间。其具体取值范围如下：（0.5×注册抑制时间，1.5×注册抑制时间）－注册探测时间。

请在所有已配置为 C-RP 的路由器上配置注册报文的过滤规则和根据注册报文的全部内容来计算校验和；请在所有可能成为组播源侧 DR 的路由器上配置注册抑制时间和注册探测时间。

表1-22 配置 IPv6 组播源注册

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置注册报文的过滤规则	register-policy <i>acl6-number</i>	可选 缺省情况下，没有配置注册报文的过滤规则
配置根据注册报文的全部内容来计算校验和	register-whole-checksum	可选 缺省情况下，仅根据注册报文头来计算校验和
配置注册抑制时间	register-suppression-timeout <i>interval</i>	可选 缺省情况下，注册抑制时间为 60 秒
配置注册探测时间	probe-interval <i>interval</i>	可选 缺省情况下，注册探测时间为 5 秒

1.3.8 配置 SPT 切换

接收者侧 DR 和 RP 都能够周期性地检测流经本设备的 IPv6 组播数据的转发速率（交换机没有此功能），从而触发从 RPT 切换到 SPT。

请在所有可能成为接收者侧 DR 和所有已配置为 C-RP 的路由器上进行如下配置。

表1-23 配置 SPT 切换

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置发起 SPT 切换的条件	spt-switch-threshold infinity [group-policy <i>acl6-number</i> [order <i>order-value</i>]]	可选 缺省情况下，设备收到第一个 IPv6 组播数据包后便立即向 SPT 切换

1.4 配置 IPv6 PIM-SSM



说明

IPv6 PIM-SSM 模型需要 MLDv2 的支持，因此应确保连接有接收者的 IPv6 PIM 路由器上使能了 MLDv2。

1.4.1 IPv6 PIM-SSM 配置任务简介

表1-24 IPv6 PIM-SSM 配置任务简介

配置任务	说明	详细配置
使能 IPv6 PIM-SM	必选	1.4.3
配置 IPv6 SSM 组播组范围	可选	1.4.4
配置 IPv6 PIM 公共特性	可选	1.5

1.4.2 配置准备

在配置 IPv6 PIM-SSM 之前，需完成以下任务：

- 配置任一 IPv6 单播路由协议，实现域内网络层互通

在配置 IPv6 PIM-SSM 之前，需准备以下数据：

- IPv6 SSM 组播组范围

1.4.3 使能 IPv6 PIM-SM

由于 SSM 模型是通过 IPv6 PIM-SM 的部分子集功能实现的，因此系统在使能了 IPv6 PIM-SM 的同时也具备了 IPv6 PIM-SSM 能力。在部署 IPv6 PIM-SM 域时，建议在其所有非边界接口上均使能 IPv6 PIM-SM。

表1-25 使能 IPv6 PIM-SM

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
使能 IPv6 组播路由	multicast ipv6 routing-enable	必选 缺省情况下，IPv6 组播路由处于关闭状态
进入接口视图	interface interface-type interface-number	-
使能 IPv6 PIM-SM	pim ipv6 sm	必选 缺省情况下，IPv6 PIM-SM 处于关闭状态



注意

同一台设备所有接口上所启用的 IPv6 PIM 模式必须相同。



说明

有关 **multicast ipv6 routing-enable** 命令的详细介绍，请参见“IP 组播分册”中的“IPv6 组播路由与转发命令”。

1.4.4 配置 IPv6 SSM 组播组范围

在把来自 IPv6 组播源的信息传递给接收者的过程中，是采用 IPv6 PIM-SSM 模型还是 IPv6 PIM-SM 模型，这取决于接收者订阅通道（S，G）中的 IPv6 组播组是否在 IPv6 SSM 组播组范围之内，所有使能了 IPv6 PIM-SM 的接口将会认为属于该范围内的 IPv6 组播组采用了 IPv6 SSM 模型。

请在 IPv6 PIM-SM 域内的所有路由器上进行如下配置。

表1-26 配置 IPv6 SSM 组播组范围

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置 IPv6 SSM 组播组的范围	ssm-policy <i>acl6-number</i>	可选 缺省情况下，IPv6 SSM 组播组的范围为 FF3x::/32，其中 x 表示任意合法的 scope



注意

- 应确保域内所有路由器上配置的 IPv6 SSM 组播组地址范围都一致，否则组播信息将无法通过 IPv6 SSM 模型进行传输。
- 如果某 IPv6 组播组属于 IPv6 SSM 组播组范围，但该组成员使用 MLDv1 发送加入报文，则设备不会触发（*，G）加入报文。

1.5 配置 IPv6 PIM 公共特性



说明

对于本节中那些既可在 IPv6 PIM 视图、又可在接口视图下进行配置的功能或参数来说：

- 在 IPv6 PIM 视图下所作的配置对所有接口生效，在接口视图下所作的配置仅对当前接口生效；
- 如果在这两个视图下对某功能或参数均进行了配置，则不论配置先后，接口视图下的配置将被优先采用。

1.5.1 IPv6 PIM 公共特性配置任务简介

表1-27 IPv6 PIM 公共特性配置任务简介

配置任务	说明	详细配置
配置 IPv6 组播数据过滤器	可选	1.5.3
配置 Hello 报文过滤器	可选	1.5.4
配置 Hello 报文选项	可选	1.5.5
配置剪枝延迟时间	可选	1.5.6

配置任务	说明	详细配置
配置 IPv6 PIM 公共定时器	可选	1.5.7
配置加入/剪枝报文规格	可选	1.5.8

1.5.2 配置准备

在配置 IPv6 PIM 公共特性之前，需完成以下任务：

- 配置任一 IPv6 单播路由协议，实现域内网络层互通
- 配置 IPv6 PIM-DM（或 IPv6 PIM-SM、IPv6 PIM-SSM）

在配置 IPv6 PIM 公共特性之前，需准备以下数据：

- 表示 IPv6 组播数据过滤规则的 IPv6 ACL 规则
- 表示合法 Hello 报文的源地址范围的 IPv6 ACL 规则
- 竞选 DR 的优先级（全局值/接口值）
- 保持 IPv6 PIM 邻居可达状态的时间（全局值/接口值）
- 发送剪枝报文的延迟时间（全局值/接口值）
- 剪枝否决时间（全局值/接口值）
- 剪枝延迟时间
- 发送 Hello 报文的时间间隔（全局值/接口值）
- 发送 Hello 报文的最大延迟时间（接口值）
- 保持断言状态的时间（全局值/接口值）
- 发送加入/剪枝报文的时间间隔（全局值/接口值）
- 保持加入/剪枝状态的时间（全局值/接口值）
- IPv6 组播源生存时间
- 加入/剪枝报文的最大长度
- 加入/剪枝报文中（S，G）表项的最大数量

1.5.3 配置 IPv6 组播数据过滤器

无论在 IPv6 PIM-DM 还是 IPv6 PIM-SM 域内，各路由器都可以对流经自己的 IPv6 组播数据进行检查，通过比较是否符合过滤规则，从而决定是否继续转发 IPv6 组播数据。也就是说 IPv6 PIM 域内的路由器能够成为 IPv6 组播数据的过滤器。过滤器的存在一方面有助于实现信息流量控制，另一方面可以在安全性方面限定下游接收者能够获得的信息。

表1-28 配置 IPv6 组播数据过滤器

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置 IPv6 组播数据过滤器	source-policy acl6-number	必选 缺省情况下，没有配置 IPv6 组播数据过滤器



说明

- 通常，过滤器的位置离 IPv6 组播源距离越近，过滤影响越明显。
- 过滤器不仅过滤独立的 IPv6 组播数据，还过滤封装在注册报文中的 IPv6 组播数据。

1.5.4 配置 Hello 报文过滤器

随着 IPv6 PIM 协议的推广和应用，对其安全性的要求也越来越高。建立正确的 IPv6 PIM 邻居是 IPv6 PIM 协议安全应用的前提。如果在接口上指定了合法 Hello 报文的源地址范围，便能够保证 IPv6 PIM 邻居的正确建立，从而有效防止各种 IPv6 PIM 协议报文攻击，提高设备对 IPv6 PIM 协议报文处理的安全性。

表1-29 配置 Hello 报文过滤器

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入接口视图	interface interface-type interface-number	-
配置合法 Hello 报文的源地址范围	pim ipv6 neighbor-policy acl6-number	必选 缺省情况下，Hello 报文的源地址范围不受任何限制



说明

当 Hello 报文过滤器的配置生效后，对于之前已建立的 IPv6 PIM 邻居，若由于其 Hello 报文被过滤而导致无法收到后续的 Hello 报文，将会在老化超时后被自动删除

1.5.5 配置 Hello 报文选项

无论在 IPv6 PIM-DM 域还是在 IPv6 PIM-SM 域内，各路由器之间发送的 Hello 报文都包含很多可供配置的选项，对各选项的介绍如下：

- **DR_Priority**（仅用于 IPv6 PIM-SM）：表示竞选 DR 的优先级，优先级高的设备被选举为 DR。可以在与 IPv6 组播源或接收者直连的共享网络中的所有路由器上都配置此参数。
- **Holdtime**：表示保持 IPv6 PIM 邻居可达状态的时间，若超时后仍没有收到 Hello 报文，则认为 IPv6 PIM 邻居失效或不可达。
- **LAN_Prune_Delay**：表示在共享网络上传递剪枝报文的延迟时间，该选项由三部分组成：**LAN-delay**（发送剪枝报文的延迟时间）、**Override-interval**（剪枝否决时间）和禁止加入报文抑制能力。当共享网段内各 IPv6 PIM 路由器的 LAN-delay 或 Override-interval 不同时，取其中最大的值；当要禁止加入报文抑制能力时，须在共享网段内的所有 IPv6 PIM 路由器上都禁止该能力。

LAN-delay 表示路由器从收到下游路由器发来的剪枝报文到继续向上游路由器发送剪枝报文的延迟时间，**Override-interval** 则表示允许下游路由器否决剪枝动作的时间。路由器在收到下游路由器发

来的剪枝报文后并不立即执行剪枝动作，而是仍将当前的转发状态保持 LAN-delay + Override-interval 时间。如果下游路由器需要继续接收 IPv6 组播数据，则必须在 Override-interval 时间内向上游路由器发送加入报文以否决这个剪枝动作，这就称为剪枝否决；如果 Override-interval 时间超时后未收到任何加入报文，上游路由器就会在 LAN-delay + Override-interval 时间超时后执行剪枝动作。

IPv6 PIM 路由器发送 Hello 报文时，会生成一个随机数 Generation ID 并携带在该报文中。一台 IPv6 PIM 路由器的 Generation ID 一般不会变化，除非该路由器的状态发生了改变（如接口刚使能了 IPv6 PIM 或设备进行了重启），此时，当其开始或重新开始发送 Hello 报文时，会生成一个新的 Generation ID。这样，如果 IPv6 PIM 路由器发现其上游邻居发来的 Hello 报文中 Generation ID 发生了改变，就会认为该邻居的状态已经丢失或其上游邻居已经改变，从而触发发送加入报文以进行状态刷新。在禁止加入报文抑制能力（即使能邻居跟踪）时，应在共享网段的所有 IPv6 PIM 路由器上都禁止该能力，否则上游路由器无法跟踪每台下游路由器的加入报文。

1. 全局配置 Hello 报文选项

表1-30 全局配置 Hello 报文选项

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置竞选 DR 的优先级	hello-option dr-priority <i>priority</i>	可选 缺省情况下，竞选 DR 的优先级为 1
配置保持 IPv6 PIM 邻居可达状态的时间	hello-option holdtime <i>interval</i>	可选 缺省情况下，保持 IPv6 PIM 邻居可达状态的时间为 105 秒
配置发送剪枝报文的延迟时间	hello-option lan-delay <i>interval</i>	可选 缺省情况下，发送剪枝报文的延迟时间为 500 毫秒
配置剪枝否决时间	hello-option override-interval <i>interval</i>	可选 缺省情况下，剪枝否决时间为 2500 毫秒
禁止加入报文抑制能力	hello-option neighbor-tracking	必选 缺省情况下，加入报文抑制能力处于使能状态

2. 在接口上配置 Hello 报文选项

表1-31 在接口上配置 Hello 报文选项

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入接口视图	interface <i>interface-type interface-number</i>	-
配置竞选 DR 的优先级	pim ipv6 hello-option dr-priority <i>priority</i>	可选 缺省情况下，竞选 DR 的优先级为 1
配置保持 IPv6 PIM 邻居可达状态的时间	pim ipv6 hello-option holdtime <i>interval</i>	可选 缺省情况下，保持 IPv6 PIM 邻居可达状态的时间为 105 秒

操作	命令	说明
配置发送剪枝报文的延迟时间	pim ipv6 hello-option lan-delay interval	可选 缺省情况下，发送剪枝报文的延迟时间为 500 毫秒
配置剪枝否决时间	pim ipv6 hello-option override-interval interval	可选 缺省情况下，剪枝否决时间为 2500 毫秒
禁止加入报文抑制能力	pim ipv6 hello-option neighbor-tracking	必选 缺省情况下，加入报文抑制能力处于使能状态
配置不接受无 Generation ID 的 Hello 报文	pim ipv6 require-genid	必选 缺省情况下，接受无 Generation ID 的 Hello 报文

1.5.6 配置剪枝延迟时间

当共享网段中存在不支持剪枝否决的下游路由器时，通过在上游路由器上配置 **Prune-delay**（剪枝延迟时间），可以使其在收到下游路由器发来的剪枝报文后不会立即执行剪枝动作，而是仍将当前的转发状态保持 **Prune-delay** 时间。如果在该时间内收到了下游路由器发来的加入报文，则否决这个剪枝动作；如果在该时间超时后仍未收到任何加入报文，则执行剪枝动作。

表1-32 配置剪枝延迟时间

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置剪枝延迟时间	prune delay interval	可选 缺省情况下，本地剪枝延迟时间为 3 秒

1.5.7 配置 IPv6 PIM 公共定时器

IPv6 PIM 路由器通过周期性地发送 Hello 报文，以发现 IPv6 PIM 邻居，并维护各路由器之间的 IPv6 PIM 邻居关系。

为了避免多个 IPv6 PIM 路由器同时发送 Hello 报文而导致冲突，当 IPv6 PIM 路由器在收到 Hello 报文时，将延迟一段时间后再发送 Hello 报文，该时间值为小于“触发 Hello 报文的最大延迟时间”的一个随机值。

IPv6 PIM 路由器通过周期性地向其上游路由器发送加入/剪枝报文以更新状态，在该报文中携带有保持时间，上游路由器为被剪枝的下游接口设置保持加入/剪枝状态定时器。

在断言中落选的路由器将会剪掉其下游的转发接口，并把这种断言状态保持一段时间。超时后，落选的路由器会重新恢复转发 IPv6 组播数据。

当路由器没有收到来自 IPv6 组播源 S 的后续 IPv6 组播数据时，不会立即删除（S，G）表项，而是将其维持一段时间后再删除，这段时间就称为 IPv6 组播源的生存时间。

1. 全局配置 IPv6 PIM 公共定时器

表1-33 全局配置 IPv6 PIM 公共定时器

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置发送 Hello 报文的时间间隔	timer hello interval	可选 缺省情况下，发送 Hello 报文的时间间隔为 30 秒
配置发送加入/剪枝报文的时间间隔	timer join-prune interval	可选 缺省情况下，发送加入/剪枝报文的时间间隔为 60 秒
配置保持加入/剪枝状态的时间	holdtime join-prune interval	可选 缺省情况下，保持加入/剪枝状态的时间为 210 秒
配置保持断言状态的时间	holdtime assert interval	可选 缺省情况下，保持断言状态的时间为 180 秒
配置 IPv6 组播源生存时间	source-lifetime interval	可选 缺省情况下，IPv6 组播源的生存时间为 210 秒

2. 在接口上配置 IPv6 PIM 公共定时器

表1-34 在接口上配置 IPv6 PIM 公共定时器

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入接口视图	interface interface-type interface-number	-
配置发送 Hello 报文的时间间隔	pim ipv6 timer hello interval	可选 缺省情况下，发送 Hello 报文的时间间隔为 30 秒
配置触发 Hello 报文的最大延迟时间	pim ipv6 triggered-hello-delay interval	可选 缺省情况下，触发 Hello 报文的最大延迟时间为 5 秒
配置发送加入/剪枝报文的时间间隔	pim ipv6 timer join-prune interval	可选 缺省情况下，发送加入/剪枝报文的时间间隔为 60 秒
配置保持加入/剪枝状态的时间	pim ipv6 holdtime join-prune interval	可选 缺省情况下，保持加入/剪枝状态的时间为 210 秒
配置保持断言状态的时间	pim ipv6 holdtime assert interval	可选 缺省情况下，保持断言状态的时间为 180 秒



说明

如果网络没有特殊要求，建议采用缺省值。

1.5.8 配置加入/剪枝报文规格

如果加入/剪枝报文的尺寸较大，则丢失一个报文将导致较多信息的遗失；如果加入/剪枝报文的尺寸较小，则单个报文的丢失所产生的影响也将降低。

通过控制加入/剪枝报文中（S，G）表项的数目，可以有效减少单位时间内发送的（S，G）表项数量。

表1-35 配置加入/剪枝报文规格

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入 IPv6 PIM 视图	pim ipv6	-
配置加入/剪枝报文的最大长度	jp-pkt-size <i>packet-size</i>	可选 缺省情况下，加入/剪枝报文的最大长度为 8100 字节
配置加入/剪枝报文中（S，G）表项的最大数量	jp-queue-size <i>queue-size</i>	可选 缺省情况下，加入/剪枝报文中（S，G）表项的最大数量为 1020 个

1.6 IPv6 PIM 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 IPv6 PIM 的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

在用户视图下执行 **reset** 命令可以清除 IPv6 PIM 统计信息。

表1-36 IPv6 PIM 显示和维护

操作	命令
查看 IPv6 PIM-SM 域中的 BSR 信息，以及本地配置并生效的 C-RP 信息	display pim ipv6 bsr-info
查看 IPv6 PIM 所使用的 IPv6 单播路由信息	display pim ipv6 claimed-route [<i>ipv6-source-address</i>]
查看 IPv6 PIM 控制报文的数量	display pim ipv6 control-message counters [message-type { <i>probe</i> <i>register</i> <i>register-stop</i> }] [interface <i>interface-type interface-number</i> message-type { <i>assert</i> <i>bsr</i> <i>crp</i> <i>graft</i> <i>graft-ack</i> <i>hello</i> <i>join-prune</i> <i>state-refresh</i> }] *]
查看尚未被确认的嫁接信息	display pim ipv6 grafts
查看接口上的 IPv6 PIM 信息	display pim ipv6 interface [<i>interface-type interface-number</i>] [verbose]
查看待发送的加入/剪枝报文信息	display pim ipv6 join-prune mode { sm [flags <i>flag-value</i>] ssm } [interface <i>interface-type interface-number</i> neighbor <i>ipv6-neighbor-address</i>] * [verbose]

操作	命令
查看 IPv6 PIM 邻居信息	display pim ipv6 neighbor [interface <i>interface-type interface-number</i> <i>ipv6-neighbor-address</i> verbose] *
查看 IPv6 PIM 路由表的内容	display pim ipv6 routing-table [<i>ipv6-group-address</i> [<i>prefix-length</i>] <i>ipv6-source-address</i> [<i>prefix-length</i>] incoming-interface [<i>interface-type interface-number</i> register] outgoing-interface { include exclude match } { <i>interface-type interface-number</i> register } mode <i>mode-type</i> flags <i>flag-value</i> fsm] *
查看 RP 的信息	display pim ipv6 rp-info [<i>ipv6-group-address</i>]
重置 IPv6 PIM 控制报文计数器	reset pim ipv6 control-message counters [interface <i>interface-type interface-number</i>]

1.7 IPv6 PIM 典型配置举例

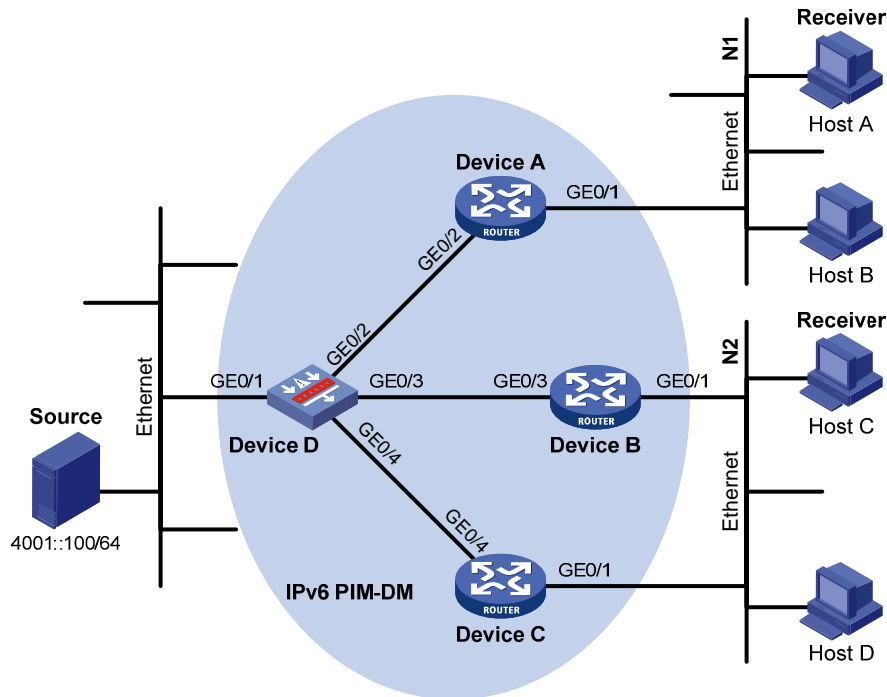
1.7.1 IPv6 PIM-DM 典型配置举例

1. 组网需求

- 接收者通过组播方式接收视频点播信息，不同组织的接收者群体组成末梢网络，每个末梢网络中都存在至少一个接收者，整个 IPv6 PIM 域采用 DM 方式。
- Host A 和 Host C 为两个末梢网络中的 IPv6 组播信息接收者；Device D 通过 GigabitEthernet0/1 接口与 IPv6 组播源（Source）所在的网络连接；Device A 通过 GigabitEthernet0/1 接口连接末梢网络 N1，通过 GigabitEthernet0/2 接口连接 Device D；Device B 和 Device C 分别通过各自的 GigabitEthernet0/1 接口连接末梢网络 N2，并分别通过各自的 GigabitEthernet0/3 接口连接 Device D。
- Device A 与末梢网络 N1 之间运行 MLDv1；Device B 和 Device C 与末梢网络 N2 之间也运行 MLDv1。

2. 组网图

图1-10 IPv6 PIM-DM 典型配置组网图



设备	接口	IP 地址	设备	接口	IP 地址
Device A	GE0/1	1001::1/64	Device D	GE0/1	4001::1/64
	GE0/2	1002::1/64		GE0/2	1002::2/64
Device B	GE0/1	2001::1/64		GE0/3	2002::2/64
	GE0/3	2002::1/64		GE0/4	3001::2/64
Device C	GE0/1	2001::2/64			
	GE0/3	3001::1/64			

3. 配置步骤

(1) 使能 IPv6 转发功能，并配置 IPv6 地址和 IPv6 单播路由协议

使能各设备的IPv6 转发功能，并按照图 1-10配置各接口的IPv6 地址和前缀长度，具体配置过程略。配置 IPv6 PIM-DM 域内的各设备之间采用 OSPFv3 协议进行互连，确保 IPv6 PIM-DM 域内部在网络层互通，并且各设备之间能够借助 IPv6 单播路由协议实现动态路由更新，具体配置过程略。

(2) 使能 IPv6 组播路由，并使能 IPv6 PIM-DM 和 MLD

在 Device A 上使能 IPv6 组播路由，在各接口上使能 IPv6 PIM-DM，并在其连接末梢网络的接口 GigabitEthernet0/1 上使能 MLD。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] multicast ipv6 routing-enable
[DeviceA] interface gigabitethernet 0/1
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] mld enable
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] pim ipv6 dm
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 0/2
[DeviceA-GigabitEthernet0/2] pim ipv6 dm
[DeviceA-GigabitEthernet0/2] quit
```

Device B 和 Device C 的配置与 Device A 相似，配置过程略。

在 Device D 上使能 IPv6 组播路由，并在各接口上使能 IPv6 PIM-DM。

```

<DeviceD> system-view
[DeviceD] multicast ipv6 routing-enable
[DeviceD] interface gigabitethernet 0/1
[DeviceD-GigabitEthernet0/1] pim ipv6 dm
[DeviceD-GigabitEthernet0/1] quit
[DeviceD] interface gigabitethernet 0/2
[DeviceD-GigabitEthernet0/2] pim ipv6 dm
[DeviceD-GigabitEthernet0/2] quit
[DeviceD] interface gigabitethernet 0/3
[DeviceD-GigabitEthernet0/3] pim ipv6 dm
[DeviceD-GigabitEthernet0/3] quit
[DeviceD] interface gigabitethernet 0/4
[DeviceD-GigabitEthernet0/4] pim ipv6 dm
[DeviceD-GigabitEthernet0/4] quit

```

(3) 检验配置效果

通过使用 **display pim ipv6 interface** 命令可以查看设备接口上 IPv6 PIM 的配置和运行情况。例如：

查看 Device D 上 IPv6 PIM 的配置信息。

```

[DeviceD] display pim ipv6 interface

```

Interface	NbrCnt	HelloInt	DR-Pri	DR-Address
GE0/1	0	30	1	4001::1 (local)
GE0/2	0	30	1	1002::2 (local)
GE0/3	1	30	1	2002::2 (local)
GE0/4	1	30	1	3001::2 (local)

通过使用 **display pim ipv6 neighbor** 命令可以查看设备之间的 IPv6 PIM 邻居关系。例如：

查看 Device D 上 IPv6 PIM 的邻居关系信息。

```

[DeviceD] display pim ipv6 neighbor
Total Number of Neighbors = 3

```

Neighbor	Interface	Uptime	Expires	Dr-Priority
1002::1	GE0/2	00:04:00	00:01:29	1
2002::1	GE0/3	00:04:16	00:01:29	3
3001::1	GE0/4	00:03:54	00:01:17	5

假如 Host A 需要接收 IPv6 组播组 G (FF0E::101) 的信息，当 IPv6 组播源 S (4001::100/64) 向 IPv6 组播组 G 发送 IPv6 组播数据时，通过扩散生成 SPT，SPT 路径中各设备 (Device A 和 Device D) 上都存在 (S, G) 表项，Host A 向 Device A 发送 MLD 报告以加入 IPv6 组播组 G，在 Device A 上生成 (*, G) 表项。通过使用 **display pim ipv6 routing-table** 命令可以查看设备的 IPv6 PIM 路由表信息。例如：

查看 Device A 上的 IPv6 PIM 路由表信息。

```

[DeviceA] display pim ipv6 routing-table
Total 1 (*, G) entry; 1 (S, G) entry

(*, FF0E::101)
  Protocol: pim-dm, Flag: WC
  UpTime: 00:01:24

```

```

Upstream interface: NULL
  Upstream neighbor: NULL
  RPF prime neighbor: NULL
Downstream interface(s) information:
Total number of downstreams: 1
  1: GigabitEthernet0/1
      Protocol: mld, UpTime: 00:01:20, Expires: never

(4001::100, FF0E::101)
Protocol: pim-dm, Flag: ACT
UpTime: 00:01:20
Upstream interface: GigabitEthernet0/2
  Upstream neighbor: 1002::2
  RPF prime neighbor: 1002::2
Downstream interface(s) information:
Total number of downstreams: 1
  1: GigabitEthernet0/1
      Protocol: pim-dm, UpTime: 00:01:20, Expires: never

```

Device B 和 Device C 上的显示信息与 Device A 类似。

查看 Device D 上的 IPv6 PIM 路由表信息。

```

[DeviceD] display pim ipv6 routing-table
Total 0 (*, G) entry; 1 (S, G) entry

(4001::100, FF0E::101)
Protocol: pim-dm, Flag: LOC ACT
UpTime: 00:02:19
Upstream interface: GigabitEthernet0/1
  Upstream neighbor: NULL
  RPF prime neighbor: NULL
Downstream interface(s) information:
Total number of downstreams: 3
  1: GigabitEthernet0/2
      Protocol: pim-dm, UpTime: 00:02:19, Expires: never
  2: GigabitEthernet0/3
      Protocol: pim-dm, UpTime: 00:02:19, Expires: never
  3: GigabitEthernet0/4
      Protocol: pim-dm, UpTime: 00:02:19, Expires: never

```

1.7.2 IPv6 PIM-SM 非管理域典型配置举例

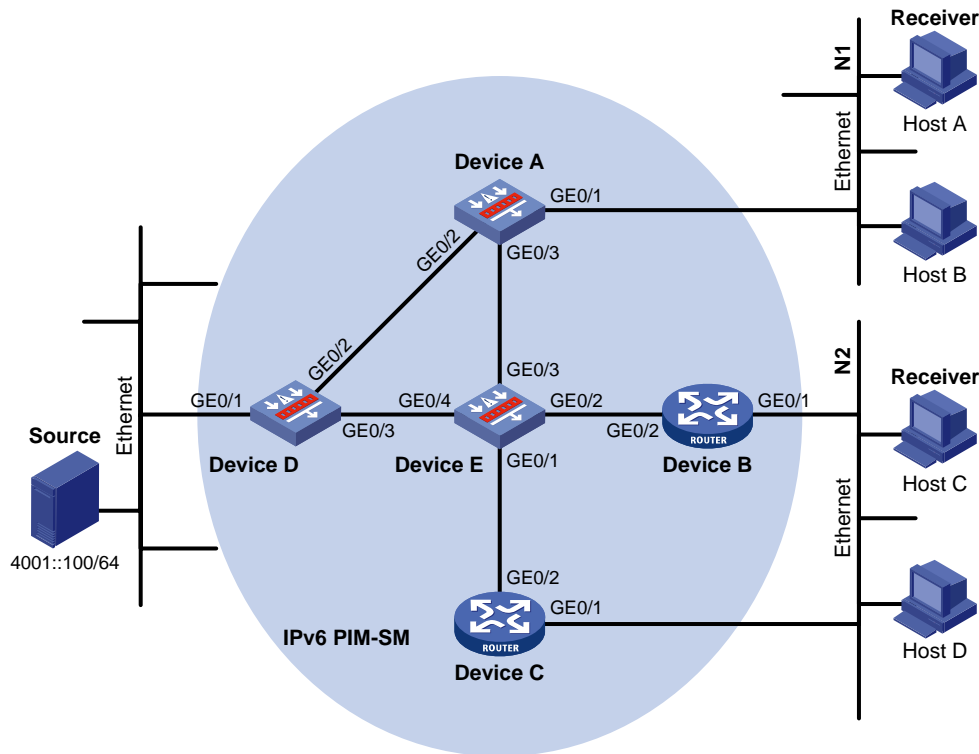
1. 组网需求

- 接收者通过组播方式接收视频点播信息，不同组织的接收者群体组成末梢网络，每个末梢网络中都存在至少一个接收者，整个 IPv6 PIM 域采用 SM 方式。
- Host A 和 Host C 为两个末梢网络中的 IPv6 组播信息接收者；Device D 通过 GigabitEthernet0/1 接口与 IPv6 组播源（Source）所在网络连接；Device A 通过 GigabitEthernet0/1 接口连接末梢网络 N1，通过 GigabitEthernet0/2 接口和 GigabitEthernet0/3 接口分别连接 Device D 和 Device E；Device B 和 Device C 分别通过各自的 GigabitEthernet0/1 接口连接末梢网络 N2，并分别通过各自的 GigabitEthernet0/3 接口连接 Device E；

- 将 Device D 的 GigabitEthernet0/3 接口和 Device E 的 GigabitEthernet0/3 接口都配置为 C-BSR 和 C-RP，其中 Device E 上 C-BSR 的优先级较高；C-RP 所服务的 IPv6 组播组范围为 FF0E::101/64，通过改变哈希掩码长度使此范围内的 IPv6 组地址间隔映射到这两个 C-RP 上。
- Device A 与末梢网络 N1 之间运行 MLDv1；Device B 和 Device C 与末梢网络 N2 之间也运行 MLDv1。

2. 组网图

图1-11 IPv6 PIM-SM 非管理域典型配置组网图



设备	接口	IP 地址	设备	接口	IP 地址
Device A	GE0/1	1001::1/64	Device D	GE0/1	4001::1/64
	GE0/2	1002::1/64		GE0/2	1002::2/64
	GE0/3	1003::1/64		GE0/3	4002::1/64
Device B	GE0/1	2001::1/64	Device E	GE0/1	3001::2/64
	GE0/2	2002::1/64		GE0/2	2002::2/64
Device C	GE0/1	2001::2/64		GE0/3	1003::2/64
	GE0/2	3001::1/64	GE0/4	4002::2/64	

3. 配置步骤

(1) 使能 IPv6 转发功能，并配置 IPv6 地址和 IPv6 单播路由协议

使能各设备的 IPv6 转发功能，并按照 [图 1-11](#) 配置各接口的 IPv6 地址和前缀长度，具体配置过程略。配置 IPv6 PIM-SM 域内的各设备之间采用 OSPFv3 协议进行互连，确保 IPv6 PIM-SM 域内部在网络层互通，并且各设备之间能够借助 IPv6 单播路由协议实现动态路由更新，具体配置过程略。

(2) 使能 IPv6 组播路由，并使能 IPv6 PIM-SM 和 MLD

在 Device A 上使能 IPv6 组播路由，在各接口上使能 IPv6 PIM-SM，并在其连接末梢网络的接口 GigabitEthernet0/1 上使能 MLD。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] multicast ipv6 routing-enable
[DeviceA] interface gigabitethernet 0/1
```

```
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] mld enable
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] pim ipv6 sm
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 0/2
[DeviceA-GigabitEthernet0/2] pim ipv6 sm
[DeviceA-GigabitEthernet0/2] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 0/3
[DeviceA-GigabitEthernet0/3] pim ipv6 sm
[DeviceA-GigabitEthernet0/3] quit
```

Device B 和 Device C 的配置与 Device A 相似，Device D 和 Device E 除了不需要在相应接口上使能 MLD 外，其它的配置也与 Device A 相似，配置过程略。

(3) 配置 C-BSR 和 C-RP

在 Device D 上配置 RP 通告的服务范围，以及 C-BSR 和 C-RP 的位置，并指定哈希掩码长度为 128，C-BSR 的优先级为 10。

```
<DeviceD> system-view
[DeviceD] acl ipv6 number 2005
[DeviceD-acl6-basic-2005] rule permit source ff0e::101 64
[DeviceD-acl6-basic-2005] quit
[DeviceD] pim ipv6
[DeviceD-pim6] c-bsr 4002::1 128 10
[DeviceD-pim6] c-rp 4002::1 group-policy 2005
[DeviceD-pim6] quit
```

在 Device E 上配置 RP 通告的服务范围，以及 C-BSR 和 C-RP 的位置，并指定哈希掩码长度为 128，C-BSR 的优先级为 20。

```
<DeviceE> system-view
[DeviceE] acl ipv6 number 2005
[DeviceE-acl6-basic-2005] rule permit source ff0e::101 64
[DeviceE-acl6-basic-2005] quit
[DeviceE] pim ipv6
[DeviceE-pim6] c-bsr 1003::2 128 20
[DeviceE-pim6] c-rp 1003::2 group-policy 2005
[DeviceE-pim6] quit
```

(4) 检验配置效果

通过使用 **display pim ipv6 interface** 命令可以查看设备接口上 IPv6 PIM 的配置和运行情况。例如：

查看 Device A 上 IPv6 PIM 的配置信息。

```
[DeviceA] display pim ipv6 interface
Interface           NbrCnt  HelloInt   DR-Pri   DR-Address
GE0/1                0        30         1        1001::1
                    (local)
GE0/2                1        30         1        1002::2
GE0/3                1        30         1        1003::2
```

通过使用 **display pim ipv6 bsr-info** 命令可以查看设备上 BSR 选举的信息，以及本地配置并生效的 C-RP 信息。例如：

查看 Device A 上的 BSR 信息，以及本地配置并生效的 C-RP 信息。

```
[DeviceA] display pim ipv6 bsr-info
Elected BSR Address: 1003::2
Priority: 20
Hash mask length: 128
```

```
State: Accept Preferred
Uptime: 00:04:22
Expires: 00:01:46
```

查看 Device D 上的 BSR 信息，以及本地配置并生效的 C-RP 信息。

```
[DeviceD] display pim ipv6 bsr-info
Elected BSR Address: 1003::2
  Priority: 20
  Hash mask length: 128
  State: Elected
  Uptime: 00:05:26
  Expires: 00:01:45
Candidate BSR Address: 4002::1
  Priority: 10
  Hash mask length: 128
  State: Candidate

Candidate RP: 4002::1(GigabitEthernet0/3)
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Advertisement Interval: 60
  Next advertisement scheduled at: 00:00:48
```

查看 Device E 上的 BSR 信息，以及本地配置并生效的 C-RP 信息。

```
[DeviceE] display pim ipv6 bsr-info
Elected BSR Address: 1003::2
  Priority: 20
  Hash mask length: 128
  State: Elected
  Uptime: 00:01:10
  Next BSR message scheduled at: 00:01:48
Candidate BSR Address: 1003::2
  Priority: 20
  Hash mask length: 128
  State: Elected

Candidate RP: 1003::2(GigabitEthernet0/3)
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Advertisement Interval: 60
  Next advertisement scheduled at: 00:00:48
```

通过使用 **display pim ipv6 rp-info** 命令可以查看设备上获取的 RP 信息。例如：

查看 Device A 上的 RP 信息。

```
[DeviceA] display pim ipv6 rp-info
PIM-SM BSR RP information:
prefix/prefix length: FF0E::101/64
  RP: 4002::1
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Uptime: 00:05:19
  Expires: 00:02:11
```

```
RP: 1003::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:05:19
Expires: 00:02:11
```

假如 Host A 需要接收 IPv6 组播组 G (FF0E::100) 的信息，由于根据哈希算法得出 G 对应的 RP 为 Device E，因此 Device A 和 Device E 之间会生成 RPT。当 IPv6 组播源 S (4001::100/64) 向 RP 发起注册后，Device D 和 Device E 之间会生成 SPT。当 Device A 收到 IPv6 组播数据后立即执行从 RPT 到 SPT 的切换。RPT 路径中的设备 (Device A 和 Device E) 上存在 (*, G) 表项，而 SPT 路径中的设备 (Device A 和 Device D) 上存在 (S, G) 表项，通过使用 **display pim ipv6 routing-table** 命令可以查看设备的 IPv6 PIM 路由表信息。例如：

查看 Device A 上的 IPv6 PIM 路由表信息。

```
[DeviceA] display pim ipv6 routing-table
Total 1 (*, G) entry; 1 (S, G) entry
```

```
(*, FF0E::100)
RP: 1003::2
Protocol: pim-sm, Flag: WC
UpTime: 00:03:45
Upstream interface: GigabitEthernet0/3
  Upstream neighbor: 1003::2
  RPF prime neighbor: 1003::2
Downstream interface(s) information:
Total number of downstreams: 1
  1: GigabitEthernet0/1
    Protocol: mld, UpTime: 00:02:15, Expires: 00:03:06
```

```
(4001::100, FF0E::100)
RP: 1003::2
Protocol: pim-sm, Flag: SPT ACT
UpTime: 00:02:15
Upstream interface: GigabitEthernet0/2
  Upstream neighbor: 1002::2
  RPF prime neighbor: 1002::2
Downstream interface(s) information:
Total number of downstreams: 1
  1: GigabitEthernet0/1
    Protocol: pim-sm, UpTime: 00:02:15, Expires: 00:03:06
```

Device B 和 Device C 上的显示信息与 Device A 类似。

查看 Device D 上的 IPv6 PIM 路由表信息。

```
[DeviceD] display pim ipv6 routing-table
Total 0 (*, G) entry; 1 (S, G) entry
```

```
(4001::100, FF0E::100)
RP: 1003::2
Protocol: pim-sm, Flag: SPT LOC ACT
UpTime: 00:14:44
Upstream interface: GigabitEthernet0/1
  Upstream neighbor: NULL
```

```

RPF prime neighbor: NULL
Downstream interface(s) information:
Total number of downstreams: 1
  1: GigabitEthernet0/3
      Protocol: mld, UpTime: 00:14:44, Expires: 00:02:26
# 查看 Device E 上的 IPv6 PIM 路由表信息。
[DeviceE] display pim ipv6 routing-table
Total 1 (*, G) entry; 0 (S, G) entry

(*, FF0E::100)
  RP: 1003::2 (local)
  Protocol: pim-sm, Flag: WC
  UpTime: 00:16:56
  Upstream interface: Register
    Upstream neighbor: 4002::1
    RPF prime neighbor: 4002::1
  Downstream interface(s) information:
  Total number of downstreams: 1
    1: GigabitEthernet0/3
        Protocol: pim-sm, UpTime: 00:16:56, Expires: 00:02:34

```

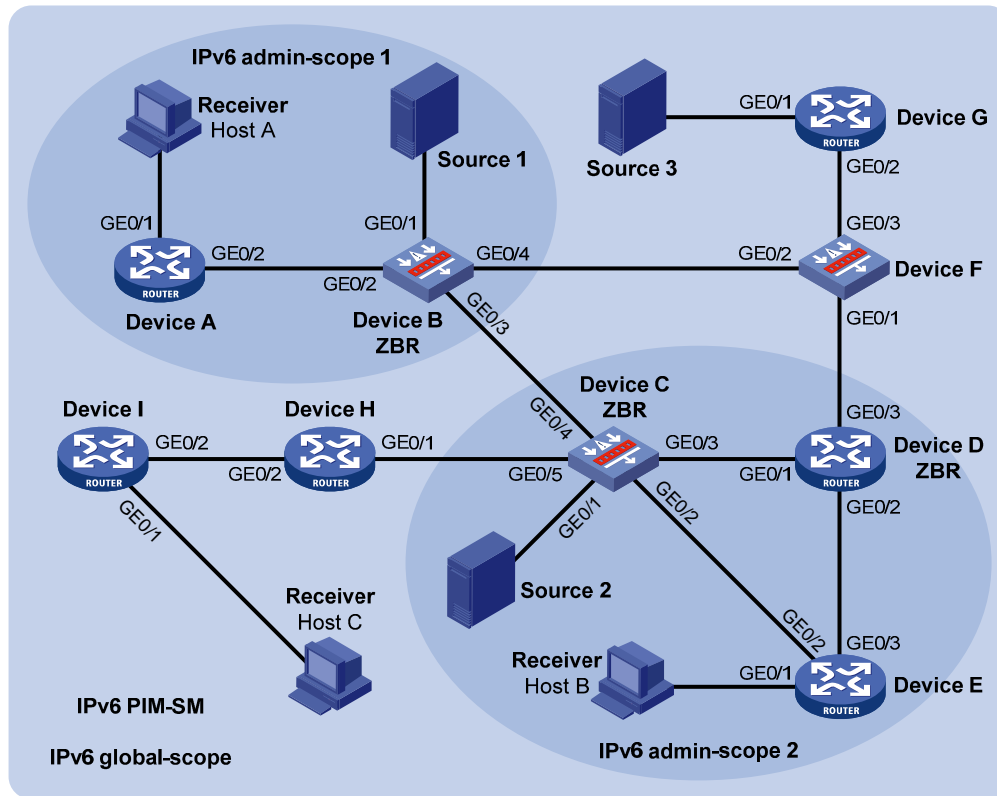
1.7.3 IPv6 PIM-SM 管理域典型配置举例

1. 组网需求

- 接收者通过组播方式接收视频点播信息，整个 IPv6 PIM 域采用 SM 管理域方式，划分为 IPv6 管理域 1（Scope 值为 4）、IPv6 管理域 2（Scope 值为 4）和 IPv6 Global 域，Device B、Device C 和 Device D 为各 IPv6 管理域的 ZBR。
- Source 1 和 Source 2 分别向 IPv6 组播组 FF14::101 发送内容不同的 IPv6 组播信息，Host A 和 Host B 则分别只接收来自 Source 1 和 Source 2 的 IPv6 组播信息；Source 3 向 IPv6 组播组 FF1E::202 发送 IPv6 组播信息，Host C 为其接收者。
- Device B 的 GigabitEthernet0/2 接口为 IPv6 管理域 1 的 C-BSR 和 C-RP，服务于 Scope 值为 4 的 IPv6 组播组；Device D 的 GigabitEthernet0/1 接口为 IPv6 管理域 2 的 C-BSR 和 C-RP，服务于 Scope 值为 4 的 IPv6 组播组；Device F 的 GigabitEthernet0/3 接口为 IPv6 Global 域的 C-BSR 和 C-RP，服务于 Scope 值为 14 的 IPv6 组播组。
- Device A、Device E 和 Device I 分别与各自所连接的接收者之间运行 MLDv1。

2. 组网图

图1-12 IPv6 PIM-SM 管理域配置组网图



设备	接口	IP 地址	设备	接口	IP 地址
Device A	GE0/1	1001::1/64	Device D	GE0/1	3002::2/64
	GE0/2	1002::1/64		GE0/2	6001::1/64
Device B	GE0/1	2001::1/64	Device E	GE0/3	6002::1/64
	GE0/2	1002::2/64		GE0/1	7001::1/64
	GE0/3	2002::1/64		GE0/2	3003::2/64
	GE0/4	2003::1/64		GE0/3	6001::2/64
Device C	GE0/1	3001::1/64	Device F	GE0/3	8001::1/64
	GE0/3	3002::1/64		GE0/1	6002::2/64
	GE0/2	3003::1/64		GE0/2	2003::2/64
	GE0/4	2002::2/64		Device G	GE0/1
GE0/5	3004::1/64	GE0/2	8001::2/64		
Device H	GE0/2	4001::1/64	Source 1	-	2001::100/64
	GE0/1	3004::2/64	Source 2	-	3001::100/64
Device I	GE0/1	5001::1/64	Source 3	-	9001::100/64
	GE0/2	4001::2/64			

3. 配置步骤

(1) 配置 IPv6 地址和 IPv6 单播路由协议

使能各设备的IPv6转发功能，请按照图 1-12配置各接口的IPv6地址和前缀长度，具体配置过程略。配置 IPv6 PIM-SM 域内的各设备之间采用 OSPFv3 协议进行互连，确保 IPv6 PIM-SM 域内部在网络层互通，并且各设备之间能够借助 IPv6 单播路由协议实现动态路由更新，具体配置过程略。

(2) 使能 IPv6 组播路由和 IPv6 管理域机制，并使能 IPv6 PIM-SM 和 MLD

在 Device A 上使能 IPv6 组播路由和 IPv6 管理域机制，在各接口上使能 IPv6 PIM-SM，并在其连接有接收者的接口 GigabitEthernet0/1 上使能 MLD。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] multicast ipv6 routing-enable
```

```

[DeviceA] pim ipv6
[DeviceA-pim6] c-bsr admin-scope
[DeviceA-pim6] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 0/1
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] mld enable
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] pim ipv6 sm
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 0/2
[DeviceA-GigabitEthernet0/2] pim ipv6 sm
[DeviceA-GigabitEthernet0/2] quit

```

Device E 和 Device I 的配置与 Device A 相似，配置过程略。

在 Device B 上使能 IPv6 组播路由和 IPv6 管理域机制，并在各接口上使能 IPv6 PIM-SM。

```

<DeviceB> system-view
[DeviceB] multicast ipv6 routing-enable
[DeviceB] pim ipv6
[DeviceB-pim6] c-bsr admin-scope
[DeviceB-pim6] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 0/1
[DeviceB-GigabitEthernet0/1] pim ipv6 sm
[DeviceB-GigabitEthernet0/1] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 0/2
[DeviceB-GigabitEthernet0/2] pim ipv6 sm
[DeviceB-GigabitEthernet0/2] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 0/3
[DeviceB-GigabitEthernet0/3] pim ipv6 sm
[DeviceB-GigabitEthernet0/3] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 0/4
[DeviceB-GigabitEthernet0/4] pim ipv6 sm
[DeviceB-GigabitEthernet0/4] quit

```

Device C、Device D、Device F、Device G 和 Device H 的配置与 Device B 相似，配置过程略。

(3) 配置 IPv6 管理域边界

在 Device B 上将接口 GigabitEthernet0/3 和 GigabitEthernet0/4 配置为 IPv6 管理域 1 的边界。

```

[DeviceB] interface gigabitethernet 0/3
[DeviceB-GigabitEthernet0/3] multicast ipv6 boundary scope 4
[DeviceB-GigabitEthernet0/3] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 0/4
[DeviceB-GigabitEthernet0/4] multicast ipv6 boundary scope 4
[DeviceB-GigabitEthernet0/4] quit

```

在 Device C 上将接口 GigabitEthernet0/4 和 GigabitEthernet0/5 配置为 IPv6 管理域 2 的边界。

```

<DeviceC> system-view
[DeviceC] interface gigabitethernet 0/4
[DeviceC-GigabitEthernet0/4] multicast ipv6 boundary scope 4
[DeviceC-GigabitEthernet0/4] quit
[DeviceC] interface gigabitethernet 0/5
[DeviceC-GigabitEthernet0/5] multicast ipv6 boundary scope 4
[DeviceC-GigabitEthernet0/5] quit

```

在 Device D 上将接口 GigabitEthernet0/3 配置为 IPv6 管理域 2 的边界。

```

<DeviceD> system-view
[DeviceD] interface gigabitethernet 0/3

```

```
[DeviceD-GigabitEthernet0/3] multicast ipv6 boundary scope 4
[DeviceD-GigabitEthernet0/3] quit
```

(4) 配置 C-BSR 和 C-RP

在 Device B 上配置 RP 通告的服务范围，并将接口 GigabitEthernet0/2 配置为 IPv6 管理域 1 的 C-BSR 和 C-RP。

```
[DeviceB] pim ipv6
[DeviceB-pim6] c-bsr scope 4
[DeviceB-pim6] c-bsr 1002::2
[DeviceB-pim6] c-rp 1002::2 scope 4
[DeviceB-pim6] quit
```

在 Device D 上配置 RP 通告的服务范围，并将接口 GigabitEthernet0/2 配置为 IPv6 管理域 2 的 C-BSR 和 C-RP。

```
[DeviceD] pim ipv6
[DeviceD-pim6] c-bsr scope 4
[DeviceD-pim6] c-bsr 3002::2
[DeviceD-pim6] c-rp 3002::2 scope 4
[DeviceD-pim6] quit
```

在 Device F 上将接口 GigabitEthernet0/3 配置为 IPv6 Global 域的 C-BSR 和 C-RP。

```
<DeviceF> system-view
[DeviceF] pim ipv6
[DeviceF-pim6] c-bsr scope global
[DeviceF-pim6] c-bsr 8001::1
[DeviceF-pim6] c-rp 8001::1
[DeviceF-pim6] quit
```

(5) 检验配置效果

通过使用 **display pim ipv6 bsr-info** 命令可以查看设备上 BSR 选举的信息，以及本地配置并生效的 C-RP 信息。例如：

查看 Device B 上的 BSR 信息，以及本地配置并生效的 C-RP 信息。

```
[DeviceB] display pim ipv6 bsr-info
Elected BSR Address: 8001::1
  Priority: 64
  Hash mask length: 126
  State: Accept Preferred
  Scope: 14
  Uptime: 00:01:45
  Expires: 00:01:25
Elected BSR Address: 1002::2
  Priority: 64
  Hash mask length: 126
  State: Elected
  Scope: 4
  Uptime: 00:04:54
  Next BSR message scheduled at: 00:00:06
Candidate BSR Address: 1002::2
  Priority: 64
  Hash mask length: 126
  State: Elected
  Scope: 4
```



```
Candidate RP: 1002::2(GigabitEthernet0/2)
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Advertisement Interval: 60
  Next advertisement scheduled at: 00:00:15
```

查看 Device D 上的 BSR 信息，以及本地配置并生效的 C-RP 信息。

```
[DeviceD] display pim ipv6 bsr-info
Elected BSR Address: 8001::1
  Priority: 64
  Hash mask length: 126
  State: Accept Preferred
  Scope: 14
  Uptime: 00:01:45
  Expires: 00:01:25
Elected BSR Address: 3002::2
  Priority: 64
  Hash mask length: 126
  State: Elected
  Scope: 4
  Uptime: 00:03:48
  Next BSR message scheduled at: 00:01:12
Candidate BSR Address: 3002::2
  Priority: 64
  Hash mask length: 126
  State: Elected
  Scope: 4
```

```
Candidate RP: 3002::2(GigabitEthernet0/1)
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Advertisement Interval: 60
  Next advertisement scheduled at: 00:00:10
```

查看 Device F 上的 BSR 信息，以及本地配置并生效的 C-RP 信息。

```
[DeviceF] display pim ipv6 bsr-info
Elected BSR Address: 8001::1
  Priority: 64
  Hash mask length: 126
  State: Elected
  Scope: 14
  Uptime: 00:01:11
  Next BSR message scheduled at: 00:00:49
Candidate BSR Address: 8001::1
  Priority: 64
  Hash mask length: 126
  State: Elected
  Scope: 14

Candidate RP: 8001::1(GigabitEthernet0/3)
  Priority: 192
  HoldTime: 130
```

```
Advertisement Interval: 60
Next advertisement scheduled at: 00:00:55
```

通过使用 **display pim ipv6 rp-info** 命令可以查看设备上获取的 RP 信息。例如：

查看 Device B 上的 RP 信息。

```
[DeviceB] display pim ipv6 rp-info
PIM-SM BSR RP information:
prefix/prefix length: FF0E::/16
  RP: 8001::1
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Uptime: 00:03:39
  Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF1E::/16
  RP: 8001::1
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Uptime: 00:03:39
  Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF2E::/16
  RP: 8001::1
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Uptime: 00:03:39
  Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF3E::/16
  RP: 8001::1
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Uptime: 00:03:39
  Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF4E::/16
  RP: 8001::1
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Uptime: 00:03:39
  Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF5E::/16
  RP: 8001::1
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Uptime: 00:03:39
  Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF6E::/16
  RP: 8001::1
```

Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF7E::/16
RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF8E::/16
RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF9E::/16
RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFAE::/16
RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFBE::/16
RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFCE::/16
RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFDE::/16
RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130

Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFEE::/16
RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFFE::/16
RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF04::/16
RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF14::/16
RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF24::/16
RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF34::/16
RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF44::/16
RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF54::/16
RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF64::/16
RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF74::/16
RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF84::/16
RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF94::/16
RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFA4::/16
RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFB4::/16
RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFC4::/16

RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFD4::/16

RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFE4::/16

RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFF4::/16

RP: 1002::2
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

查看 Device F 上的 RP 信息。

[DeviceF] display pim rp-info

PIM-SM BSR RP information:

prefix/prefix length: FF0E::/16

RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF1E::/16

RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF2E::/16

RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF3E::/16

RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF4E::/16

RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF5E::/16

RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF6E::/16

RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF7E::/16

RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF8E::/16

RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FF9E::/16

RP: 8001::1
Priority: 192
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFAE::/16

RP: 8001::1
Priority: 192

```
HoldTime: 130
Uptime: 00:03:39
Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFBE::/16
  RP: 8001::1
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Uptime: 00:03:39
  Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFCE::/16
  RP: 8001::1
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Uptime: 00:03:39
  Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFDE::/16
  RP: 8001::1
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Uptime: 00:03:39
  Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFEE::/16
  RP: 8001::1
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Uptime: 00:03:39
  Expires: 00:01:51

prefix/prefix length: FFFE::/16
  RP: 8001::1
  Priority: 192
  HoldTime: 130
  Uptime: 00:03:39
  Expires: 00:01:51
```

1.7.4 IPv6 PIM-SSM 典型配置举例

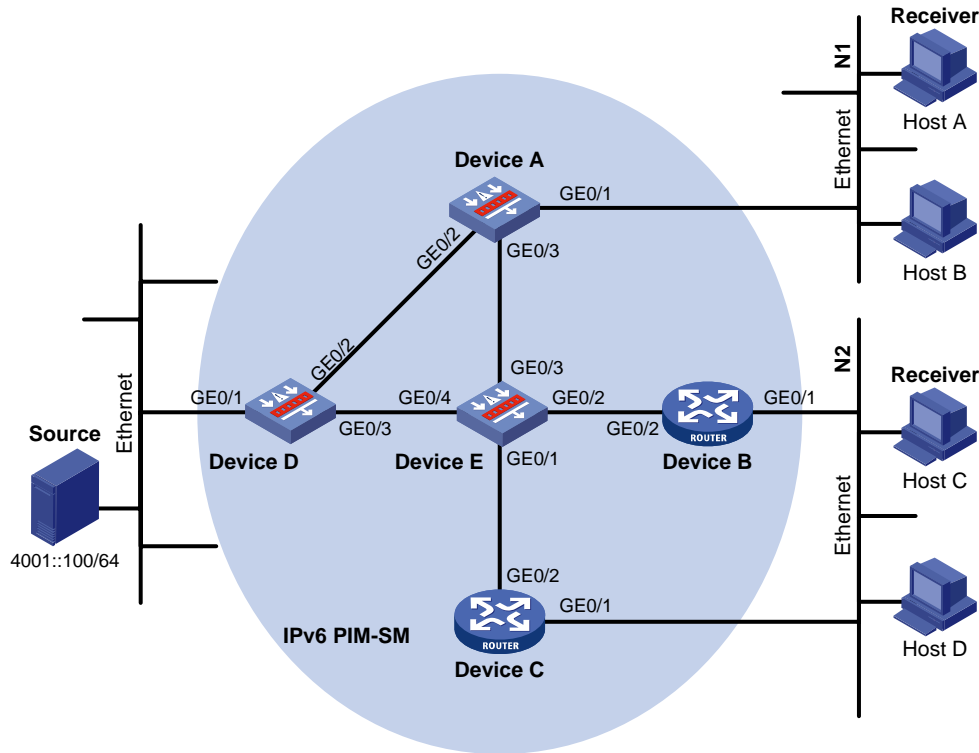
1. 组网需求

- 接收者通过组播方式接收视频点播信息，不同组织的接收者群体组成末梢网络，每个末梢网络中都存在至少一个接收者，整个 IPv6 PIM 域采用 SSM 方式。
- Host A 和 Host C 为两个末梢网络中的 IPv6 组播信息接收者；Device D 通过 GigabitEthernet0/1 接口与 IPv6 组播源（Source）所在网络连接；Device A 通过 GigabitEthernet0/1 接口连接末梢网络 N1，通过 GigabitEthernet0/2 接口和 GigabitEthernet0/3 接口分别连接 Device D 和 Device E；Device B 和 Device C 分别通过各自的 GigabitEthernet0/1 接口连接末梢网络 N2，并分别通过各自的 GigabitEthernet0/2 接口连接 Device E；Device E 连接 Device A、Device B、Device C 和 Device D。

- SSM 组播组的范围是 FF3E::/64。
- Device A 与末梢网络 N1 之间运行 MLDv2；Device B 和 Device C 与末梢网络 N2 之间也运行 MLDv2。

2. 组网图

图1-13 IPv6 PIM-SSM 典型配置组网图



设备	接口	IP 地址	设备	接口	IP 地址
Device A	GE0/1	1001::1/64	Device D	GE0/1	4001::1/64
	GE0/2	1002::1/64		GE0/2	1002::2/64
	GE0/3	1003::1/64		GE0/3	4002::1/64
Device B	GE0/1	2001::1/64	Device E	GE0/1	3001::2/64
	GE0/2	2002::1/64		GE0/2	2002::2/64
Device C	GE0/1	2001::2/64		GE0/3	1003::2/64
	GE0/2	3001::1/64		GE0/4	4002::2/64

3. 配置步骤

(1) 使能 IPv6 转发功能，并配置 IPv6 地址和 IPv6 单播路由协议

使能各设备的 IPv6 转发功能，并按照 [图 1-13](#) 配置各接口的 IPv6 地址和前缀长度，具体配置过程略。配置 IPv6 PIM-SM 域内的各设备之间采用 OSPFv3 协议进行互连，确保 IPv6 PIM-SM 域内部在网络层互通，并且各设备之间能够借助 IPv6 单播路由协议实现动态路由更新，具体配置过程略。

(2) 使能 IPv6 组播路由，并使能 IPv6 PIM-SM 和 MLD

在 Device A 上使能 IPv6 组播路由，在各接口上使能 IPv6 PIM-SM，并在其连接末梢网络的接口 GigabitEthernet0/1 上使能 MLD，且配置其版本为 2。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] multicast ipv6 routing-enable
[DeviceA] interface gigabitethernet 0/1
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] mld enable
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] mld version 2
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] pim ipv6 sm
```

```
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 0/2
[DeviceA-GigabitEthernet0/2] pim ipv6 sm
[DeviceA-GigabitEthernet0/2] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 0/3
[DeviceA-GigabitEthernet0/3] pim ipv6 sm
[DeviceA-GigabitEthernet0/3] quit
```

Device B 和 Device C 的配置与 Device A 相似，Device D 和 Device E 除了不需要在相应接口上使能 MLD 外，其它的配置也与 Device A 相似，配置过程略。

(3) 配置 IPv6 SSM 组播组的地址范围

在 Device A 上配置 IPv6 SSM 组播组的地址范围为 FF3E::/64。

```
[DeviceA] acl ipv6 number 2000
[DeviceA-acl6-basic-2000] rule permit source ff3e:: 64
[DeviceA-acl6-basic-2000] quit
[DeviceA] pim ipv6
[DeviceA-pim6] ssm-policy 2000
[DeviceA-pim6] quit
```

Device B、Device C、Device D 和 Device E 的配置与 Device A 相似，配置过程略。

(4) 检验配置效果

通过使用 **display pim ipv6 interface** 命令可以查看设备接口上 IPv6 PIM 的配置和运行情况。例如：

查看 Device A 上 IPv6 PIM 的配置信息。

```
[DeviceA] display pim ipv6 interface
Interface          NbrCnt HelloInt   DR-Pri   DR-Address
GE0/1              0       30           1       1001::1
                  (local)
GE0/2              1       30           1       1002::2
GE0/3              1       30           1       1003::2
```

假如 Host A 需要接收指定 IPv6 组播源 S (4001::100/64) 发往 IPv6 组播组 G (FF3E::101) 的信息，Device A 会向 IPv6 组播源方向构造 SPT，SPT 路径中的设备 (Device A 和 Device D) 上生成 (S, G) 表项，而 SPT 路径之外的设备 (Device E) 上没有 IPv6 组播路由项，通过使用 **display pim ipv6 routing-table** 命令可以查看设备的 IPv6 PIM 路由表信息。例如：

查看 Device A 上的 IPv6 PIM 路由表信息。

```
[DeviceA] display pim ipv6 routing-table
Total 0 (*, G) entry; 1 (S, G) entry

(4001::100, FF3E::101)
  Protocol: pim-ssm, Flag:
  UpTime: 00:00:11
  Upstream interface: GigabitEthernet0/2
    Upstream neighbor: 1002::2
    RPF prime neighbor: 1002::2
  Downstream interface(s) information:
  Total number of downstreams: 1
    1: GigabitEthernet0/1
      Protocol: mld, UpTime: 00:00:11, Expires: 00:03:25
```

Device B 和 Device C 上的显示信息与 Device A 类似。

查看 Device D 上的 IPv6 PIM 路由表信息。

```
[DeviceD] display pim ipv6 routing-table
Total 0 (*, G) entry; 1 (S, G) entry

(4001::100, FF3E::101)
  Protocol: pim-ssm, Flag: LOC
  UpTime: 00:08:02
  Upstream interface: GigabitEthernet0/1
    Upstream neighbor: NULL
    RPF prime neighbor: NULL
  Downstream interface(s) information:
  Total number of downstreams: 1
    1: GigabitEthernet0/2
      Protocol: pim-ssm, UpTime: 00:08:02, Expires: 00:03:25
```

1.8 常见配置错误举例

1.8.1 无法正确建立组播分发树

1. 故障现象

网络中各路由器（包括直连 IPv6 组播源或接收者的路由器）上都没有 IPv6 组播转发项，也就是说无法正确建立组播分发树，客户端无法接收 IPv6 组播数据。

2. 分析

- 无论运行哪个 IPv6 PIM 模式，IPv6 单播路由是创建 IPv6 PIM 路由项的基础。只有单播运行顺畅，组播才能运行成功。
- IPv6 PIM 协议需要 RPF 接口支持 IPv6 PIM 协议。RPF 邻居也必须是 IPv6 PIM 邻居。如果 RPF 接口或 RPF 邻居没有使能 IPv6 PIM，组播分发树就不能正确建立，导致组播数据转发异常。
- IPv6 PIM 协议需要整个网络运行相同的 IPv6 PIM 模式，即 DM 或 SM。否则，组播分发树不能正确建立，导致组播数据转发异常。

3. 处理过程

- (1) 检查 IPv6 单播路由。使用命令 **display ipv6 routing-table** 命令检查是否有到达 IPv6 组播源或 RP 的 IPv6 单播路由项。
- (2) 检查 RPF 接口上是否使能 IPv6 PIM。通过命令 **display pim ipv6 interface** 命令查看接口的 IPv6 PIM 信息。若接口上没有使能 IPv6 PIM，请使用 **pim ipv6 dm** 或 **pim ipv6 sm** 命令使能 IPv6 PIM。
- (3) 检查 RPF 邻居是否是 IPv6 PIM 邻居。通过命令 **display pim ipv6 neighbor** 查看 IPv6 PIM 邻居信息。
- (4) 检查直连 IPv6 组播源、直连接收者的路由器接口上是否使能了 IPv6 PIM 和 MLD。
- (5) 检查 IPv6 PIM 模式是否一致。通过命令 **display pim ipv6 interface verbose** 检查 RPF 接口和 RPF 邻居所在路由器的对应接口上是否使能了相同模式的 IPv6 PIM 协议。
- (6) 检查整个网络中各路由器上的 IPv6 PIM 模式是否一致。通过命令 **display current-configuration** 查看接口上的 IPv6 PIM 模式信息，确保所有路由器配置相同模式的 IPv6 PIM 协议，即要么全部配置为 **pim ipv6 sm**，要么全部配置为 **pim ipv6 dm**。

1.8.2 IPv6 组播数据异常终止在中间路由器

1. 故障现象

IPv6 组播数据可以到达中间路由器，但无法到达最后一跳路由器。中间路由器某接口上收到 IPv6 组播数据，但 IPv6 PIM 路由表中没有创建相应的 (S, G) 项。

2. 分析

- 路由器在转发 IPv6 组播数据时，将收到 IPv6 组播数据报文的 Hoplimit 值减 1，重新计算校验值，然后向所有的出接口转发。如果出接口上配置了命令 **multicast ipv6 minimum-hoplimit**，IPv6 组播数据报文的 Hoplimit 值必须大于配置的最小 Hoplimit 值才会被转发，否则将会被丢弃。
- 命令 **multicast ipv6 boundary** 用于在接口上设置 IPv6 组播转发边界，如果 IPv6 组播数据无法通过该边界，IPv6 PIM 是无法创建路由项的。
- 此外，**source-policy** 命令用于过滤接收到的 IPv6 组播数据报文。如果 IPv6 组播数据报文无法通过该命令的 ACL 规则，IPv6 PIM 也是无法创建路由项的。

3. 处理过程

- (1) 检查 IPv6 组播转发最小 Hoplimit 值。通过命令 **display current-configuration** 查看 IPv6 组播转发的最小 Hoplimit 值，应调高 Hoplimit 值，或者删除接口上配置的 **multicast ipv6 minimum-hoplimit** 命令。
- (2) 检查 IPv6 组播转发边界的配置。通过命令 **display current-configuration** 查看 IPv6 组播转发边界上的设置，使用 **multicast ipv6 boundary** 命令更改 IPv6 组播转发边界的设置，使 IPv6 组播数据能够通过该边界。
- (3) 检查 IPv6 组播过滤器配置。通过命令 **display current-configuration** 查看 IPv6 组播过滤器的配置，更改 **source-policy** 命令的 ACL 规则，使 IPv6 组播数据的源/组地址通过 ACL 过滤。

1.8.3 IPv6 PIM-SM 中 RP 无法加入 SPT

1. 故障现象

共享树不能正确建立，或者 RP 不能加入到达 IPv6 组播源的源树。

2. 分析

- RP 是 IPv6 PIM-SM 网络的核心，为指定 IPv6 组播组服务。多个 RP 可以在网络中共存。请确保所有路由器上的 RP 信息是一致的；同一个指定组是被映射到相同的 RP。否则，IPv6 组播异常。
- 对于静态 RP 机制，整个网络中的所有路由器包括静态 RP 本身必须用静态 RP 命令配置相同的 RP。否则，IPv6 组播异常。

3. 处理过程

- (1) 检查是否有到达 RP 的路由。通过命令 **display ipv6 routing-table** 查看各路由器上是否有到达 RP 的路由。
- (2) 检查动态 RP 信息。通过命令 **display pim ipv6 rp-info** 查看各路由器上的 RP 信息是否一致。如果不一致，请配置成一致。
- (3) 检查静态 RP 的配置。通过命令 **display pim ipv6 rp-info** 查看全网所有路由器上是否配置了相同的静态 RP。

1.8.4 IPv6 PIM-SM 中无法建立 RPT 或无法进行源注册

1. 故障现象

C-RP 无法向 BSR 单播通告报文，BSR 没有发布包含 C-RP 的自举报文，BSR 上没有到达各 C-RP 的单播路由，共享树无法正确建立，或者 DR 无法向 RP 进行源注册。

2. 分析

- C-RP 周期性用单播模式向 BSR 通告报文。如果 C-RP 没有到达 BSR 的路由，BSR 就不能接收 C-RP 发来的通告报文，也就不会通告包含该 C-RP 的自举消息。
- RP 是 IPv6 PIM-SM 网络的核心。请确保所有路由器上的 RP 信息是一致的，指定 IPv6 组播组 G 被映射到相同的 RP，到 RP 的单播路由是可达的。

3. 处理过程

- (1) 检查到各 C-RP、RP 和 BSR 的单播路由是否可达。通过命令 **display ipv6 routing-table** 查看各路由器上是否有到达 RP 和 BSR 的路由，及 C-RP 和 BSR 之间的路由。请确保各 C-RP 上存在到达 BSR 的单播路由，BSR 上存在到达各 C-RP 的单播路由，整个网络中所有路由器上存在到达 RP 的单播路由。
- (2) 检查 RP 和 BSR 信息。IPv6 PIM-SM 协议需要 RP 和 BSR 的支持，首先使用命令 **display pim ipv6 bsr-info** 查看各路由器上是否有 BSR 信息，使用 **display pim ipv6 rp-info** 命令查看各路由器上 RP 信息是否正确。
- (3) 检查 IPv6 PIM 邻居关系。通过命令 **display pim ipv6 neighbor** 查看各路由器是否建立了正常的邻居关系。