

目 录

第 1 章 IP 组播简介	1-1
1.1 IP 组播概述	1-1
1.2 组播地址.....	1-2
1.2.1 IP 组播地址	1-2
1.2.2 以太网组播 MAC 地址	1-3
1.3 IP 组播协议	1-4
1.3.1 因特网组管理协议.....	1-4
1.3.2 组播路由协议	1-4
1.4 IP 组播报文的转发.....	1-6
1.5 组播的应用	1-6
第 2 章 组播公共配置	2-1
2.1 组播公共配置简介	2-1
2.2 组播公共配置	2-1
2.2.1 启动组播	2-1
2.2.2 配置组播转发报文的最小 TTL 值	2-2
2.2.3 配置组播转发边界.....	2-2
2.2.4 配置组播路由项数量限制.....	2-2
2.2.5 清除 MFC 转发项或其统计信息	2-3
2.2.6 清除组播核心路由表中的路由项.....	2-3
2.3 组播公共配置显示和调试	2-3
第 3 章 IGMP 配置.....	3-1
3.1 IGMP 简介	3-1
3.1.1 IGMP 概述	3-1
3.1.2 IGMP Proxy 简介	3-2
3.2 IGMP 配置	3-3
3.2.1 启动组播	3-4
3.2.2 在接口上使能 IGMP	3-4
3.2.3 配置 IGMP Proxy	3-4
3.2.4 配置路由器成为组成员	3-5
3.2.5 控制对 IP 组播组的访问	3-5
3.2.6 配置 IGMP 查询报文间隔.....	3-6
3.2.7 配置 IGMP 版本	3-6
3.2.8 配置 IGMP 查询器存在时间	3-6
3.2.9 配置 IGMP 最大查询响应时间	3-7
3.2.10 配置接口上加入 IGMP 组的数量限制	3-7

3.2.11 发送 IGMP 指定组查询报文的时间间隔.....	3-8
3.2.12 发送 IGMP 指定组查询报文的次数.....	3-8
3.2.13 删除接口上已加入的 IGMP 组.....	3-9
3.3 IGMP 显示和调试.....	3-9
3.4 IGMP 典型配置举例.....	3-9
第 4 章 PIM 配置.....	4-1
4.1 PIM 协议简介.....	4-1
4.1.1 PIM-DM.....	4-1
4.1.2 PIM-SM.....	4-2
4.2 PIM-DM 配置.....	4-4
4.2.1 启动组播.....	4-4
4.2.2 在接口上使能 IGMP.....	4-4
4.2.3 启动 PIM-DM 协议.....	4-4
4.2.4 进入 PIM 视图.....	4-5
4.2.5 配置 Hello 报文发送间隔.....	4-5
4.2.6 配置组播源（组）过滤.....	4-6
4.2.7 配置 PIM 邻居过滤.....	4-6
4.2.8 配置接口的 PIM 邻居最大数量.....	4-6
4.3 PIM-SM 配置.....	4-7
4.3.1 启动组播.....	4-7
4.3.2 在接口上使能 IGMP.....	4-7
4.3.3 启动 PIM-SM 协议.....	4-8
4.3.4 进入 PIM 视图.....	4-8
4.3.5 配置 PIM-SM 域边界.....	4-8
4.3.6 配置候选 BSR.....	4-8
4.3.7 配置候选 RP.....	4-9
4.3.8 配置静态 RP.....	4-10
4.3.9 配置 Hello 报文发送间隔.....	4-10
4.3.10 配置组播源（组）过滤.....	4-11
4.3.11 配置 PIM 邻居过滤.....	4-11
4.3.12 配置接口的 PIM 邻居最大数量.....	4-11
4.3.13 配置 RP 对注册报文进行过滤.....	4-11
4.3.14 配置从 RPT 切换到 SPT 的阈值.....	4-11
4.3.15 限定合法 BSR 的范围.....	4-12
4.3.16 限定合法 C-RP 的范围.....	4-12
4.3.17 清除 PIM 路由项.....	4-13
4.3.18 清除 PIM 邻居.....	4-13
4.4 PIM 显示和调试.....	4-13
4.5 PIM 典型配置举例.....	4-14
4.5.1 PIM-DM 典型配置举例.....	4-14

4.5.2 PIM-SM 典型配置举例	4-17
4.6 PIM 故障诊断与排除	4-20
第 5 章 MSDP 配置	5-1
5.1 MSDP 协议简介	5-1
5.1.1 MSDP 工作原理	5-1
5.2 MSDP 配置	5-4
5.2.1 使能 MSDP	5-4
5.2.2 配置 MSDP 对等体	5-4
5.2.3 配置静态 RPF 对等体	5-5
5.2.4 配置 Originating RP	5-6
5.2.5 配置缓存 SA 状态	5-6
5.2.6 配置缓存 SA 的最大数量	5-6
5.2.7 请求 MSDP 对等体的源信息	5-7
5.2.8 控制创建的源信息	5-7
5.2.9 控制转发的源信息	5-8
5.2.10 控制接收的源信息	5-9
5.2.11 配置 MSDP 全连接组	5-9
5.2.12 配置 MSDP 连接重试周期	5-10
5.2.13 关闭 MSDP 对等体	5-10
5.2.14 清除 MSDP 连接、统计和 SA 缓存	5-10
5.3 MSDP 显示和调试	5-11
5.4 MSDP 典型配置举例	5-12
5.4.1 配置静态 RPF 对等体	5-12
5.4.2 配置 Anycast RP	5-13
5.4.3 MSDP 综合组网举例	5-16
第 6 章 MBGP 组播扩展配置	6-1
6.1 MBGP 组播扩展简介	6-1
6.1.1 MBGP 组播扩展概述	6-1
6.1.2 MBGP 为组播扩展的属性	6-1
6.1.3 MBGP 的运行方式与消息类型	6-2
6.2 MBGP 组播扩展配置	6-3
6.2.1 启动 MBGP 组播扩展协议	6-3
6.2.2 指定 MBGP 组播扩展要通告的网络路由	6-4
6.2.3 配置自治系统的 MED 值	6-4
6.2.4 比较来自不同自治系统邻居路径的 MED 值	6-4
6.2.5 配置本地优先级	6-4
6.2.6 配置 MBGP 定时器	6-5
6.2.7 配置 MBGP 对等体/对等体组	6-5
6.2.8 配置 MBGP 对等体/对等体组的路由过滤	6-7
6.2.9 配置 MBGP 路由聚合	6-9

6.2.10 配置 MBGP 路由反射器	6-9
6.2.11 配置 MBGP 团体属性	6-10
6.2.12 配置 MBGP 引入 IGP 的路由信息	6-10
6.2.13 定义 AS 路径列表和路由策略	6-10
6.2.14 配置 MBGP 路由过滤	6-10
6.2.15 复位 BGP 连接	6-11
6.3 MBGP 显示和调试	6-11
6.4 MBGP 组播扩展典型配置举例	6-11
第 7 章 组播静态路由配置	7-1
7.1 组播静态路由简介	7-1
7.2 组播静态路由配置	7-1
7.2.1 配置组播静态路由	7-2
7.2.2 配置组播 RPF 路由选择策略	7-2
7.3 组播静态路由显示和调试	7-3
7.4 组播静态路由典型配置举例	7-3

第1章 IP 组播简介

1.1 IP 组播概述

当信息（包括数据、语音和视频）传送的目的地是网络中的少数用户时，可以采用多种传送方式。可以采用单播（Unicast）的方式，即为每个用户单独建立一条数据传送通路；或者采用广播（Broadcast）的方式，把信息传送给网络中的所有用户，不管他们是否需要，都会给他们发送广播信息。例如，在一个网络上有 200 个用户需要接收相同的信息时，传统的解决方案是用单播方式把这一信息分别发送 200 次，以便确保需要数据的用户能够得到所需的数据；或者采用广播的方式，在整个网络范围内传送数据，需要这些数据的用户可直接在网络上获取。这两种方式都浪费了大量宝贵的带宽资源，而且广播方式也不利于信息的安全和保密。

IP 组播技术的出现及时解决了这个问题。组播源仅发送一次信息，组播路由协议为组播数据包建立树型路由，被传递的信息在尽可能远的分叉路口才开始复制和分发（参见图 1-1），因此，信息能够被准确高效地传送到每个需要它的用户。

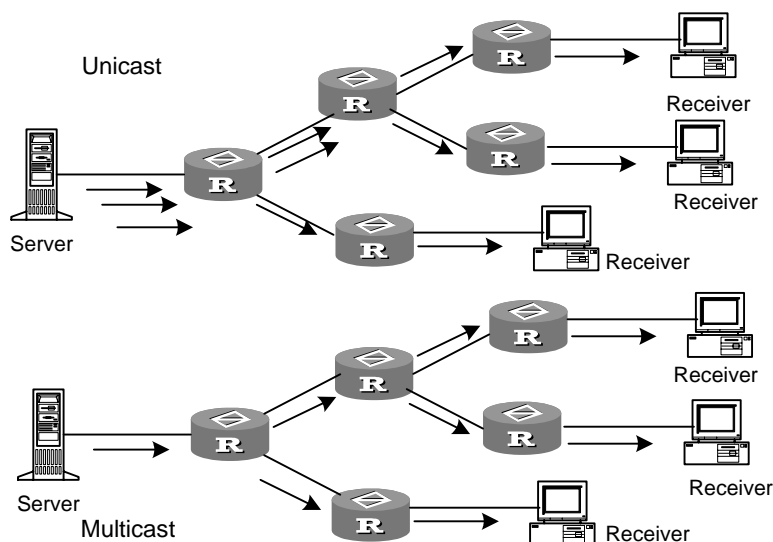


图1-1 单播与组播传送消息的对比

需要注意的是，组播源不一定属于组播组，它向组播组发送数据，自己不一定是接收者。可以同时有多个源向一个组播组发送报文。

网络中可能有不支持组播的路由器，组播路由器可以使用隧道方式将组播包封装在单播 IP 包中传送给相邻的组播路由器，相邻的组播路由器再将单播 IP 头剥掉，然后继续进行组播传输。从而避免对网络的结构进行较大的改动。

组播的优势主要在于：

- 提高效率：降低网络流量，减轻服务器和相关设备的负荷；
- 优化性能：减少冗余流量；
- 分布式应用：使多点应用成为可能。

1.2 组播地址

1.2.1 IP 组播地址

组播报文的目的地地址使用 D 类 IP 地址，范围是从 224.0.0.0 到 239.255.255.255。D 类地址不能出现在 IP 报文的源 IP 地址字段。

单播数据传输过程中，一个数据包传输的路径是从源地址路由到目的地址，利用“逐跳”（hop-by-hop）的原理在 IP 网络中传输。然而在 IP 组播环境中，数据包的目的地址不是一个，而是一组，形成组地址。所有的信息接收者都加入到一个组内，并且一旦加入之后，流向组地址的数据立即开始向接收者传输，组中的所有成员都能接收到数据包。组播组中的成员是动态的，主机可以在任何时刻加入和离开组播组。

组播组可以是永久的也可以是临时的。组播组地址中，有一部分由官方分配的，称为永久组播组。永久组播组保持不变的是它的 IP 地址，组中的成员构成可以发生变化。永久组播组中成员的数量都可以是任意的，甚至可以为零。那些没有保留下来供永久组播组使用的 IP 组播地址，可以被临时组播组利用。

D 类地址的范围及含义见表 1-1。

表1-1 D 类地址的范围及含义

D 类地址范围	含义
224.0.0.0~224.0.0.255	预留的组播地址（永久组地址），地址 224.0.0.0 保留不做分配，其它地址供路由协议使用
224.0.1.0~238.255.255.255	用户可用的组播地址（临时组地址），全网范围内有效
239.0.0.0~239.255.255.255	本地管理组播地址，仅在特定的本地范围内有效

常用的预留组播地址列表如下：

表1-2 预留的组播地址列表

D 类地址范围	含义
224.0.0.0	基准地址（保留）
224.0.0.1	所有主机的地址
224.0.0.2	所有组播路由器的地址
224.0.0.3	不分配

D 类地址范围	含义
224.0.0.4	DVMRP 路由器
224.0.0.5	OSPF 路由器
224.0.0.6	OSPF DR
224.0.0.7	ST 路由器
224.0.0.8	ST 主机
224.0.0.9	RIP-2 路由器
224.0.0.10	IGRP 路由器
224.0.0.11	活动代理
224.0.0.12	DHCP 服务器/中继代理
224.0.0.13	所有 PIM 路由器
224.0.0.14	RSVP 封装
224.0.0.15	所有 CBT 路由器
224.0.0.16	指定 SBM
224.0.0.17	所有 SBMS
224.0.0.18	VRRP
.....

1.2.2 以太网组播 MAC 地址

以太网传输单播 IP 报文的时候，目的 MAC 地址使用的是接收者的 MAC 地址。但是在传输组播报文时，传输目的不再是一个具体的接收者，而是一个成员不确定的组，所以使用的是组播 MAC 地址。组播 MAC 地址是和组播 IP 地址对应的。IANA（Internet Assigned Number Authority）规定，组播 MAC 地址的高 24bit 为 0x01005e，MAC 地址的低 23bit 为组播 IP 地址的低 23bit。

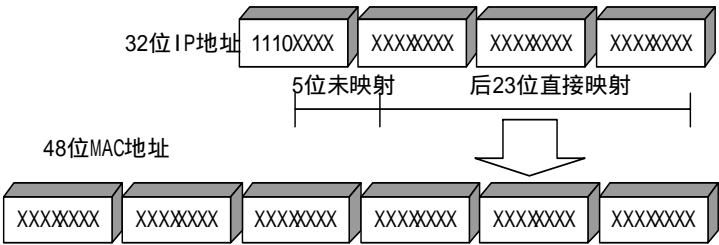


图1-2 组播 IP 地址与以太网 MAC 地址的映射关系

由于 IP 组播地址的后 28 位中只有 23 位被映射到 MAC 地址，这样就会有 32 个 IP 组播地址映射到同一 MAC 地址上。

1.3 IP 组播协议

组播涉及到的协议主要有组播组管理协议和组播路由协议。组播组管理协议目前使用的是作为 IP 组播基本信令协议的因特网组播管理协议（IGMP），它运行在主机和路由器之间，作用是使路由器了解网段上有没有组播组成员。组播路由协议运行在组播路由器之间，作用是建立和维护组播路由，完成正确、高效地转发组播数据包。目前使用的组播路由协议主要有 PIM-SM、PIM-DM、MSDP 等。而单播路由协议 BGP 经过组播扩展后也可以在域间传递组播路由信息。

1.3.1 因特网组管理协议

因特网组管理协议 IGMP 是主机可以使用的唯一协议，它定义了主机与路由器之间组播成员关系的建立和维护机制，是整个 IP 组播的基础。主机通过 IGMP 通知路由器有关组成员的信息，并使路由器能通过和自己直接相连的主机来了解组内其他成员的情况。如果一个网络中有一个用户通过 IGMP 宣布加入某组播组，则网络中的组播路由器就将发到该组播组的信息通过组播路由协议进行传播，最终将该网络作为一个分枝加入组播树。当主机作为某个组的成员开始收到信息后，路由器就会周期性地对该组进行查询，检查组内的成员是否还参与其中，只要还有一个主机仍在参与，路由器就继续接收数据。当网络中的所有用户退出该组播组后，相关的分枝就从组播树中删掉。

1.3.2 组播路由协议

由于组播组地址是虚拟的，所以不可能如同单播那样，直接从数据源一端路由到特定的目的地址。组播应用程序将数据包发送给一组希望接收数据的接收者（组播地址），而不是仅仅传送给一个接收者（单播地址）。

组播路由建立了一个从数据源端到多个接收端的无环数据传输路径。组播路由协议的任务就是构建分发树结构。组播路由器能采用多种方法来建立数据传输的路径，即分发树。

与单播路由一样，组播路由也分为域内和域间两大类。域内组播路由目前已经相当成熟，在众多的域内路由协议中，PIM-DM（协议独立组播—密集模式）和 PIM-SM（协议独立组播—稀疏模式）是目前应用最多的协议。域间路由的首要问题是路由信息（或者说可达信息）如何在自治系统之间传递，由于不同的 AS 可能属于不同的运营商，因此除了距离信息外，域间路由信息必须包含运营商的策略，这是与域内路由信息的不同之处。

1. 域内组播路由协议

- PIM-DM（Protocol-Independent Multicast Dense Mode，PIM-DM）

密集模式组播路由协议适用于小型网络。它假设网络中的每个子网都存在至少一个对组播源感兴趣的接收站点。因此，组播数据包被扩散到网络中的所有点。与此伴随着相关资源（带宽和路由器的 CPU 等）的消耗。为了减少这些宝贵网络资源的消耗，密集模式组播路由协议对没有组播数据转发的分支进行剪枝操作，只保留包含接收站点的分支。为了使剪掉的分支中有组播数据转发需求的接收站点可以接收组播数据流，剪掉的分支可以周期性地恢复成转发状态。为了减少等待剪枝分支恢复转发状态的延时时间，密集模式组播路由协议使用嫁接机制主动恢复组播报文的转发。这种周期性的扩散和剪枝现象是密集模式协议的特征。一般说来，密集模式下数据包的转发路径是“有源树”——以“源”为根、组播组成员为枝叶的一棵树。由于有源树使用的是从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）。

- PIM-SM（Protocol-Independent Multicast Sparse Mode，PIM-SM）

密集模式采用的扩散—剪枝技术，在广域网上是不可取的。在广域网上，组播接收成员相对稀疏，多采用稀疏模式。稀疏模式默认所有主机都不需要接收组播包，只向明确指定需要组播包的主机转发。为了使接收站点能够接收到特定组的组播数据流，连接这些站点的组播路由器必须向该组对应的“汇聚点”RP（Rendezvous Point）（汇聚点需要在网络中构建，是一些虚拟的数据交换地点）发送加入消息，加入消息经过一个个路由器后到达根部，即汇聚点，所经过的路径就变成了共享树的分支。稀疏模式协议先将组播报文发送到汇聚点，再沿以汇聚点为根的组员为枝叶的“共享树”转发。为了避免共享树的分支由于未更新而被删除，稀疏模式组播路由协议通过向分支周期性地发送加入消息来维护组播分布树。

发送端如果想要给特定的地址发送数据，首先要在汇聚点进行注册，之后把数据发向汇聚点。当数据到达了汇聚点后，组播数据包被复制并沿着分发树路径把数据传给接收者。复制仅仅发生在分发树的分支处，这个过程能自动重复直到数据包最终到达目的地。

2. 域间组播路由协议

- MSDP（Multicast Source Discovery Protocol）

对于 ISP 来说，不希望依靠竞争对手的 RP 转发组播流量，但同时又要求无论信源的 RP 在哪里，都能从信源获取信息发给自己内部的成员。MSDP 就是为了解决这个问题而提出的。MSDP（组播源发现协议）描述了多个 PIM-SM 域互连的机制。MSDP 允许不同域的 RP 共享其组播源信息。MSDP 要求域内组播路由协议必须是 PIM-SM。

- MBGP 组播扩展

目前使用最多的域间单播路由协议是 BGP-4。由于组播的网络拓扑和单播拓扑有可能不同，为了实现域间组播路由信息的传递，必须对 BGP-4 进行改造。为了构造域

间组播路由树，除了要知道单播路由信息外，还要知道网络中哪些部分是支持组播的，即组播的网络拓扑情况。

在 RFC2858 中规定了对 BGP 进行多协议扩展的方法，扩展后的 BGP（MBGP，也写作 BGP-4+）不仅能携带 IPv4 单播路由信息，也能携带其它网络层协议（如组播、IPv6 等）的路由信息，携带组播路由信息只是其中一个扩展功能。

1.4 IP 组播报文的转发

在组播模型中，源主机向 IP 数据包目的地址字段内的组播组地址所表示的主机组传送信息。和单播模型不同的是，组播模型必须将组播数据包转发到多个外部接口上以便能传送到所有接收站点，因此组播转发过程比单播转发过程更加复杂。

- RPF（Reverse Path Forwarding，逆向路径转发）

为了保证组播信息包都是通过最短路径到达路由器，组播必须依靠单播路由表或者单独提供给组播使用的单播路由表（如 MBGP 组播路由表），对组播信息包的接收接口进行一定的检查，这种检查机制就是大部分组播路由协议进行组播转发的基础——RPF（Reverse Path Forwarding，逆向路径转发）检查。组播路由器利用到达的组播数据包的源地址来查询单播路由表或者独立的组播路由表，以确定此数据包到达的入接口处于接收站点至源地址的最短路径上。如果使用的是有源树，这个源地址就是发送组播数据包的源主机的地址；如果使用的是共享树，该源地址就是共享树的根的地址。当组播数据包到达路由器时，如果 RPF 检查通过，数据包则按照组播转发项进行转发，否则，数据包被丢弃。

- 组播策略路由

组播策略路由是对组播通常按照路由表进行报文转发功能的一种补充和增强，它依照用户指定的具体策略来转发组播报文。

组播策略路由通过配置 Route-policy 来实现，它是单播策略路由的一种扩展，由用户输入的一组 IF-MATCH-APPLY 语句来描述。IF-MATCH 子句定义匹配准则，也就是通过当前 Route-policy 规定所需满足的过滤条件，它规定当组播报文满足用户配置的匹配条件时，不再按照通常的流程来转发，而是按照用户配置的动作（由 APPLY 语句描述）进行转发。

有关组播策略路由的具体配置请参见本手册之“网络协议”部分。

1.5 组播的应用

IP 组播技术有效地解决了单点发送多点接收的问题，实现了 IP 网络中点到多点的高效数据传送，能够大量节约网络带宽、降低网络负载。利用网络的组播特性可以方便地提供一些新的增值业务，包括在线直播、网络电视、远程教育、远程医疗、网络电台、实时视/音频会议等互联网的信息服务领域。

- 多媒体、流媒体的应用；
- 培训、联合作业场合的通信；
- 数据仓库、金融应用（股票）等；
- 任何“点到多点”的数据发布应用。

在 IP 网络中多媒体业务日渐增多的情况下，组播有着巨大的市场潜力，组播业务也将逐渐得到推广和普及。

第2章 组播公共配置

2.1 组播公共配置简介

组播公共配置的任务是组播组管理协议和组播路由协议共有的。包括启动组播、配置组播转发边界、显示组播路由表及组播转发表等。

2.2 组播公共配置

组播的基本公共配置包括：

- 启动组播

组播的高级公共配置包括：

- 配置组播转发报文的最小 TTL 值
- 配置组播转发边界
- 配置组播路由项数量限制
- 清除 MFC 转发项或其统计信息
- 清除组播核心路由表中的路由项

2.2.1 启动组播

启动组播路由协议之前，必须首先启动组播。

请在系统视图下进行下列配置。

表2-1 启动组播

操作	命令
启动组播	multicast routing-enable
停止组播	undo multicast routing-enable

缺省不启动组播。



注意：

只有启动了组播，其他的组播配置才能生效。

2.2.2 配置组播转发报文的最小 TTL 值

组播转发 TTL 值可配置在所有支持组播报文转发的接口上。

在接口上配置组播转发报文的最小 TTL 值后，当要将一个报文从该接口转发出去时（包括本机发出的报文），对接口上配置的最小 TTL 值进行检查，若报文 TTL 值（报文 TTL 已在本路由器内减 1）大于接口上配置的最小 TTL 值，则转发该报文；若报文 TTL 值小于或等于接口上配置的最小 TTL 值，则丢弃该报文。

请在接口视图下进行下列配置。

表2-2 配置组播转发报文的最小 TTL 值

操作	命令
配置组播转发报文的最小 TTL 值	multicast minimum-ttl <i>ttl-value</i>
取消配置的组播转发报文的最小 TTL 值	undo multicast minimum-ttl

缺省情况下，未配置组播转发的最小 TTL 值。

2.2.3 配置组播转发边界

组播转发边界可配置在所有支持组播报文转发的接口上。

当一个接口配置了组播转发边界以后，从该接口接收的报文和从该接口发出的报文（包括本机发出的报文）都将进行过滤。其中，对于从该接口接收的报文，先按照组播转发边界进行过滤，再执行可能的组播策略路由处理。

请在接口视图下进行下列配置。

表2-3 配置组播转发边界

操作	命令
配置组播转发边界	multicast packet-boundary <i>acl-number</i>
取消配置的组播转发边界	undo multicast packet-boundary

缺省情况下，不对接收与发送的组播数据进行组播边界过滤。

2.2.4 配置组播路由项数量限制

为防止大量的组播路由项耗尽路由器内存，可以限制组播路由项的数量。

请在系统视图下进行下列配置。

表2-4 配置组播路由项数量限制

操作	命令
配置组播路由项数量限制	multicast route-limit <i>limit</i>


缺省情况下，组播路由项的数量限制为系统允许的最大值，这个最大值随路由器类型不同而有所差别。

2.2.5 清除 MFC 转发项或其统计信息

请在用户视图下进行下列操作。

表2-5 清除 MFC 转发项或其统计信息

操作	命令
清除 MFC 转发项或转发项的统计信息	reset multicast forwarding-table [statistics] all reset multicast forwarding-table [statistics] group-address [mask { group-mask group-mask-length }] [source-address [mask { source-mask source-mask-length }]] [incoming-interface interface-type interface-number] reset multicast forwarding-table [statistics] slot slot-number

 说明：

槽号参数 **slot slot-number** 只用在分布式路由器系统中。

2.2.6 清除组播核心路由表中的路由项

请在用户视图下进行下列操作。

表2-6 清除组播核心路由表中的路由项

操作	命令
清除组播核心路由表的路由项	reset multicast routing-table all reset multicast routing-table group-address [mask { group-mask group-mask-length }] [source-address [mask { source-mask source-mask-length }]] [incoming-interface interface-type interface-number]

清除组播核心路由表中的路由项后，MFC 中相应的转发项也将被删除。

2.3 组播公共配置显示和调试

1. 显示和调试

在完成上述配置后，可在所有视图下执行 **display** 命令显示配置后组播的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

在用户视图下，执行 **debugging** 命令可对组播进行调试。

表2-7 组播公共配置显示和调试

操作	命令
查看组播路由表信息	display multicast routing-table [<i>group-address</i> [mask { <i>mask</i> <i>mask-length</i> }] <i>source-address</i> [mask { <i>mask</i> <i>mask-length</i> }] incoming-interface { <i>interface-type</i> <i>interface-number</i> register }]*
查看静态组播路由的配置信息	display multicast routing-table static [config] <i>source-address</i> [<i>mask</i> <i>mask-length</i>]
查看组播转发表信息	display multicast forwarding-table [<i>group-address</i> [mask { <i>mask</i> <i>mask-length</i> }] <i>source-address</i> [mask { <i>mask</i> <i>mask-length</i> }] incoming-interface { <i>interface-type</i> <i>interface-number</i> register }]*
查看 RPF 路由信息	display multicast rpf-info <i>source-address</i>
打开组播报文转发调试信息开关	debugging multicast forwarding
打开组播转发状态调试信息开关	debugging multicast status-forwarding
打开组播核心路由调试信息开关	debugging multicast kernel-routing

VRP 的组播实现中，组播路由表分三个层次：每个组播路由协议有一个协议自身的组播路由表；各个组播路由协议的组播路由信息经过综合形成组播核心路由表；组播核心路由表与组播转发表保持一致，而组播转发表真正控制着组播数据包的转发。组播转发表主要用于调试，一般情况下，用户只需查看组播核心路由表获得需要的信息。

2. 跟踪组播数据经过的网络路径

可在所有视图下使用 **mtracert** 命令跟踪组播数据从组播源到目的接收者的所经过的网络路径，定位错误。

表2-8 跟踪组播数据经过的网络路径

操作	命令
跟踪组播数据从组播源到目的接收者所经过的网络路径	mtracert <i>source-address</i> [<i>last-hop-address</i>] [<i>group-address</i>]

- 只指定组播源地址时，默认最后一跳地址为本地路由器的某个物理接口地址，默认组地址为 0.0.0.0。从本跳路由器开始，按照到组播源的 RPF 规则，逐跳反向跟踪到直连组播源的第一跳路由器。
- 只指定组播源地址和最后一跳地址时，默认组地址为 0.0.0.0，从最后一跳路由器开始，按照到组播源的 RPF 规则，逐跳反向跟踪到直连组播源的第一跳路由器。

- 只指定源地址和组地址时，默认最后一跳地址为本跳路由器的某个物理接口地址，从本跳路由器开始，按照沿途每跳路由器组播核心路由表的相应（S，G）项，反向跟踪到直连组播源的第一跳路由器。
- 指定组播源地址，目的地址和组地址时，从最后一跳路由器开始，按照沿途路由器组播核心路由表的相应（S，G）项，反向跟踪到直连组播源的第一跳路由器。
- 对组地址为 0.0.0.0 的跟踪方式称为 weak trace 方式。

第3章 IGMP 配置

3.1 IGMP 简介

3.1.1 IGMP 概述

IGMP (Internet Group Management Protocol, 因特网组管理协议) 是 TCP/IP 协议族中负责 IP 组播成员管理的协议。它用来在 IP 主机和与其直接相邻的组播路由器之间建立、维护组播组成员关系。IGMP 不包括组播路由器之间的组成员关系信息的传播与维护, 这部分工作由各组播路由协议完成。所有参与组播的主机必须实现 IGMP 协议。

参与 IP 组播的主机可以在任意位置、任意时间、成员总数不受限制地加入或退出组播组。组播路由器不需要也不可能保存所有主机的成员关系, 它只是通过 IGMP 协议了解每个接口连接的网段上是否存在某个组播组的接收者, 即组成员。而主机方只需要保存自己加入了哪些组播组。

IGMP 在主机与路由器之间是不对称的: 主机需要响应组播路由器的 IGMP 查询报文, 即, 以成员资格报告报文响应; 路由器周期性发送成员资格查询报文, 然后根据收到的响应报文确定某个特定组在自己所在子网上是否有主机加入, 并且当收到主机的退出组的报告时, 发出特定组的查询 (IGMP 版本 2), 以确定某个特定组是否已无成员存在。

到目前为止, IGMP 有三个版本: IGMP 版本 1 (由 RFC1112 定义)、IGMP 版本 2 (由 RFC2236 定义) 和 IGMP 版本 3。目前应用最多的是版本 2。

IGMP 版本 2 对版本 1 所做的改进主要有:

1. 共享网段上组播路由器的选举机制

共享网段即一个网段上有多个组播路由器的情况。在这种情况下, 由于此网段下运行 IGMP 的路由器都能从主机那里收到成员资格报告消息, 因此, 只需要一个路由器发送成员资格查询消息, 这就需要一个路由器选举机制来确定一个路由器作为查询器。

在 IGMP 版本 1 中, 查询器的选择由组播路由协议决定; IGMP 版本 2 对此做了改进, 规定同一网段上有多个组播路由器时, 具有最低 IP 地址的组播路由器被选举出来充当查询器。

2. IGMP 版本 2 增加了离开组机制

在 IGMP 版本 1 中, 主机悄然离开组播组, 不会给任何组播路由器发出任何通知。造成组播路由器只能依靠组播组响应超时来确定组播成员的离开。而在版本 2 中,

当一个主机决定离开一个组播组时，如果它是对最近一条成员资格查询消息作出响应的主机，那么它就会发送一条离开组的消息。

3. IGMP 版本 2 增加了对特定组的查询

在 IGMP 版本 1 中，组播路由器的一次查询，是针对该网段下的所有组播组。这种查询称为普遍组查询。

在 IGMP 版本 2 中，在普遍组查询之外增加了特定组的查询，这种查询报文的目的 IP 地址为该组播组的 IP 地址，报文中的组地址域部分也为该组播组的 IP 地址。这样就避免了属于其它组播组成员的主机发送响应报文。

4. IGMP 版本 2 增加了最大响应时间字段

IGMP 版本 2 增加最大响应时间字段，以动态地调整主机对组查询报文的响应时间。

3.1.2 IGMP Proxy 简介

在一个大规模的网络中应用组播路由协议时（例如 PIM-DM），会存在很多末梢网络（末梢区域），对这些末梢网络进行配置和管理是一件很繁重的工作。

为了减少这些配置和管理工作，同时又不影响末梢网络的组播连接，可以在末梢网络路由器（图中的 RouterB）上配置 IGMP Proxy，路由器将自己所连接的主机发出的 IGMP 加入或 IGMP 离开消息进行转发。配置了 IGMP Proxy 后，对于外部网络来说，末梢路由器不再是一个 PIM 邻居，而是一台主机，只有当该路由器有直连成员时，才会接收相应组的组播数据。

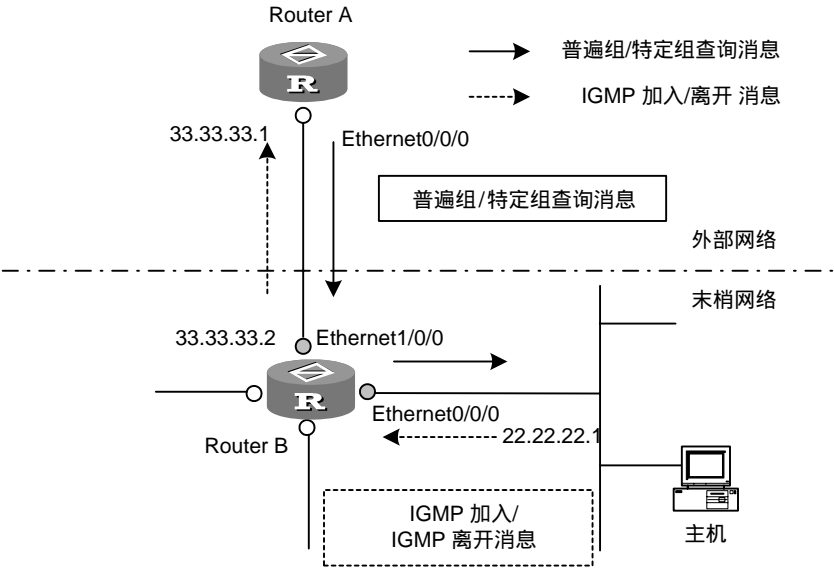


图3-1 IGMP Proxy 示意图

图 3-1是一个末梢网络 IGMP Proxy 示意图。

首先，在 RouterB 的 Ethernet0/0/0 接口和 Ethernet1/0/0 接口上配置 PIM 协议，在 Ethernet0/0/0 接口上配置 Ethernet1/0/0 接口为其到达外部网络的 IGMP Proxy 代理出接口（通过配置命令 **igmp proxy**）。

然后在 RouterA 的 Ethernet0/0/0 接口上配置 **pim neighbor-policy**，滤除 33.33.33.0/24 网段的 PIM 邻居，即不将 RouterB 作为其 PIM 邻居。

这样，当末梢网络中的 RouterB 从 Ethernet0/0/0 接口收到主机发出的 IGMP 加入或 IGMP 离开消息后，将该 IGMP 消息的源地址改为到 RouterA 的出接口地址（Ethernet1/0/0 接口地址：33.33.33.2），并将该消息向 RouterA 的 Ethernet0/0/0 接口发送。对 RouterA 来说，就象接口 Ethernet0/0/0 有直连主机存在一样。同样，RouterB 在收到外部网络路由器 RouterA 发送的普遍组或特定组查询消息后，也将查询消息的源地址改为到主机的出接口地址（Ethernet0/0/0 接口地址：22.22.22.1），并将该消息从 Ethernet0/0/0 接口发送出去。

在图 3-1 中，称 RouterB 的 Ethernet0/0/0 接口为被代理接口，RouterB 的 Ethernet1/0/0 接口为代理接口。

3.2 IGMP 配置

启动组播后，必须在接口上使能 IGMP 协议，才能进行其他 IGMP 配置。

IGMP 的基本配置包括：

- 启动组播
- 在接口上使能 IGMP
- 配置 IGMP Proxy

IGMP 的高级配置包括：

- 配置路由器成为组成员
- 控制对 IP 组播组的访问
- 配置 IGMP 查询报文间隔
- 配置 IGMP 版本
- 配置 IGMP 查询器存在时间
- 配置 IGMP 最大查询响应时间
- 配置接口上加入 IGMP 组的数量限制
- 发送 IGMP 指定组查询报文的时间间隔
- 发送 IGMP 指定组查询报文的次数
- 删除接口上已加入的 IGMP 组

3.2.1 启动组播

启动组播后，组播的相关配置才能生效。

请参见“第 2 章 组播公共配置”。

3.2.2 在接口上使能 IGMP


此项配置任务在需要进行组播成员关系维护的接口上使能 IGMP。执行此操作之后，才能进行 IGMP 的其他配置。

请在接口视图下进行下列配置。

表3-1 在接口上使能 IGMP

操作	命令
在当前接口上使能 IGMP	igmp enable
在当前接口上禁止 IGMP	undo igmp enable

缺省情况下，接口上禁止 IGMP。

 说明：

运行组播时，如果一个路由器的以太网接口配置了从 IP 地址，则要求在同一共享网段的其他路由器的以太网接口也配置从 IP 地址，且所有这些以太网接口的从 IP 地址处于同一网段。

3.2.3 配置 IGMP Proxy

为了减少对末梢网络进行的配置和管理工作，同时又不影响末梢网络的组播连接，可以配置 IGMP Proxy。

在末梢网络路由器上配置 IGMP Proxy 后，对于外部网络来说，末梢路由器只是一台主机，只有当该路由器有直连成员时，才会接收相应组的组播数据。

请在接口视图下进行下列配置。

表3-2 配置 IGMP Proxy

操作	命令
指定当前接口的代理接口	igmp proxy interface-type interface-number
取消接口 IGMP Proxy 功能	undo igmp proxy

缺省情况下，不使能 IGMP Proxy 功能。



注意：

配置 **igmp proxy** 前需要先在接口上使能 PIM 协议。

同一个接口不能作为两个及两个以上其它接口的 IGMP 代理接口。

3.2.4 配置路由器成为组成员

通常情况下，运行 IGMP 的主机会对组播路由器的 IGMP 查询报文进行响应，如果由于某种原因无法响应，就可能导致组播路由器认为该网段没有该组播组地成员，从而取消相应的路径。

为避免这种情况的发生，可以将路由器的某个接口配置成为组播组成员，当从该接口收到 IGMP 查询报文时，由路由器进行响应，从而保证接口所在网段能够继续收到组播报文。

请在接口视图下进行下列配置。

表3-3 配置路由器成为组成员

操作	命令
配置路由器成为组成员	igmp host-join <i>group-address</i>
取消路由器作为组成员	undo igmp host-join <i>group-address</i>

缺省情况下，路由器不加入任何组播组。

3.2.5 控制对 IP 组播组的访问

组播路由器通过接受到的 IGMP 组成员关系报文来确定该网段的组成员关系。可以通过此项配置在每一个接口上设一个过滤器，以限制接口所服务的组播组范围。

请在接口视图下进行下列配置。

表3-4 控制对 IP 组播组的访问

操作	命令
限制接口所服务的组播组范围	igmp group-policy <i>acl-number</i> [1 2]
取消接口上配置的过滤器	undo igmp group-policy

缺省不配置过滤器，即接口允许任一组播组。

3.2.6 配置 IGMP 查询报文间隔

路由器通过在所连接的网段上发送 IGMP 查询报文，获得该网段哪些组播组有成员。组播路由器周期性地发送查询报文，当得到某一组成员报告的时候，刷新该网段相应的组成员关系信息。组成员关系超时时间为查询间隔的 3 倍。

请在接口视图下进行下列配置。

表3-5 配置查询间隔

操作	命令
配置查询间隔	igmp timer query seconds
恢复查询间隔的缺省值	undo igmp timer query

在一个网段中有多个组播路由器时，由查询器负责向局域网上的所有主机发送 IGMP 查询报文。

缺省时，此时间间隔为 60 秒。

3.2.7 配置 IGMP 版本

请在接口视图下进行下列配置。

表3-6 配置 IGMP 版本

操作	命令
选择路由器使用的 IGMP 版本	igmp version { 1 2 }
恢复到缺省配置	undo igmp version

缺省情况下，使用版本 2。



注意：

子网上的所有路由器应支持同一版本的 IGMP。IGMP 各版本之间不能自动转换。应该配置子网上的所有路由为同一 IGMP 版本。

3.2.8 配置 IGMP 查询器存在时间

IGMP 查询器存在时间超时是指当一路由器停止发送查询报文后，另一路由器取代其成为新的查询报文发送者的等待时间。

请在接口视图下进行下列配置。

表3-7 配置 IGMP 查询器存在时间

操作	命令
配置 IGMP 查询器存在时间	igmp timer other-querier-present <i>seconds</i>
恢复查询器存在时间的缺省值	undo igmp timer other-querier-present

缺省情况下，路由器在 **igmp timer query** 命令指定的间隔的 2 倍时间内没有收到查询消息，就认为原来的查询器失效。当配置了查询器超时时间，并且路由器在配置的时间之内没有收到查询消息时，也认为原来的查询器失效。



注意：

配置的查询器超时时间应大于查询间隔，否则可能导致网络内的查询器反复变化。

3.2.9 配置 IGMP 最大查询响应时间

从路由器接收到一条查询消息后，主机会为其所属的每个组播组都配置一个计时器，计时器的值在 0 到最大响应时间之间随机选定，当其中任何一个计时器的值减为 0 时，主机就会发送该组播组的成员报告消息。

合理配置最大响应时间，可以使主机快速响应查询信息，路由器也就能快速地掌握组播组成员的存在状况。

请在接口视图下进行下列配置。

表3-8 配置 IGMP 最大查询响应时间

操作	命令
配置 IGMP 最大查询响应时间	igmp max-response-time <i>seconds</i>
恢复最大查询响应时间到缺省值	undo igmp max-response-time

最大响应时间的值愈小，路由器阻断组的速度愈快。实际中响应时间是配置值范围（1～25 秒）内的一个随机值。缺省值为 10 秒。

3.2.10 配置接口上加入 IGMP 组的数量限制

如果不限制路由器接口上 IGMP 组加入数量和路由器 IGMP 组加入总数量，在加入了大量的组后，就有可能耗尽路由器内存，导致路由器故障。

用户可以对路由器接口上 IGMP 组加入数量进行限制。路由器 IGMP 组加入总数量的限制由系统定义，不能通过配置命令改变。

请在接口视图下进行下列配置。

表3-9 配置接口上加入 IGMP 组的数量限制

操作	命令
配置接口上加入 IGMP 组的数量限制	igmp group-limit <i>limit</i>
恢复缺省配置	undo igmp group-limit

缺省情况下，接口上加入 IGMP 组的数量限制为 1024。

接口上加入 IGMP 组的数量上限随路由器类型不同而有所区别，例如在集中式路由器上的值为 4096。

如果在配置时，接口上的 IGMP 组加入数量已经超过了配置值，原先已经加入的 IGMP 组不会被删除。

3.2.11 发送 IGMP 指定组查询报文的时间间隔

IGMP 查询器在收到主机发送的 IGMP Leave 报文时，可以发送 IGMP 指定组查询报文的时间间隔。

本命令只有当 IGMP 查询路由器运行在 IGMP 版本 2 时有效。如果主机运行的是 IGMP 版本 1，离开某个组时不发送 IGMP Leave 报文，此时本命令对该主机无效。请在接口视图下进行下列配置。

表3-10 发送 IGMP 指定组查询报文的时间间隔

操作	命令
发送 IGMP 指定组查询报文的时间间隔	igmp lastmember-queryinterval <i>seconds</i>
恢复时间间隔的缺省值	undo igmp lastmember-queryinterval

缺省情况下，IGMP 指定组查询报文的时间间隔为 1 秒。

3.2.12 发送 IGMP 指定组查询报文的次数

IGMP 查询器在收到主机发送的 IGMP Leave 报文时，可以发送 IGMP 指定组查询报文的次数。

本命令只有当 IGMP 查询路由器运行在 IGMP 版本 2 时有效。如果主机运行的是 IGMP 版本 1，离开某个组时不发送 IGMP Leave 报文，此时本命令对该主机无效。请在接口视图下进行下列配置。

表3-11 发送 IGMP 指定组查询报文的次数

操作	命令
发送 IGMP 指定组查询报文的次数	igmp robust-count <i>robust-value</i>
恢复报文次数为缺省值	undo igmp robust-count

缺省情况下，发送 IGMP 指定组查询报文的次数为 2 次。


3.2.13 删除接口上已加入的 IGMP 组

可以删除路由器所有接口的所有已加入的 IGMP 组，也可以删除特定接口上的所有已加入的 IGMP 组，或者删除特定接口上某个特定 IGMP 组地址或组地址网段。

请在用户视图下进行下列配置。

表3-12 删除接口上已加入的 IGMP 组

操作	命令
删除接口上已加入的 IGMP 组	reset igmp group { all interface <i>interface-type interface-number</i> { all <i>group-address</i> [<i>group-mask</i>] } }

 说明：

删除组后，不影响该组的再次加入。

3.3 IGMP 显示和调试

在完成上述配置后，可在所有视图下执行 **display** 命令显示配置后 IGMP 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 **debugging** 命令可对 IGMP 进行调试。

表3-13 IGMP 显示和调试

操作	命令
显示 IGMP 组播组成员信息	display igmp group [<i>group-address</i> interface <i>interface-type interface-number</i> local]
显示接口的 IGMP 配置和运行信息	display igmp interface [<i>interface-type interface-number</i>]
打开 IGMP 调试信息开关	debugging igmp { all event host packet timer }

3.4 IGMP 典型配置举例

1. 组网需求

如图 3-2，在 RouterA 和 RouterB 的接口上启动 IGMP 和 PIM-DM。

在末梢网络路由器 RouterB 上，配置接口 Ethernet0/0/0 加入组播组 224.0.1.1，且配置 IGMP 代理接口为 Ethernet1/0/0。（有关 PIM-DM 协议配置请参见下一章。）

说明：

这里重点说明 IGMP 及 IGMP Proxy 的配置，其他配置不作说明。

2. 组网图

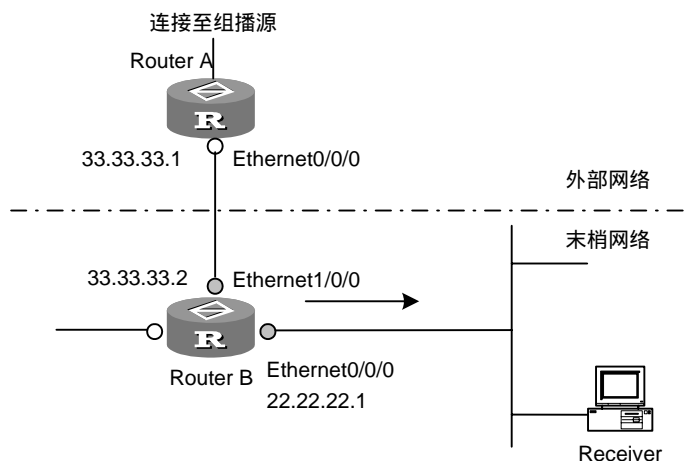


图3-2 IGMP 典型组网举例示意图

3. 配置步骤

(1) 配置路由器 RouterB

启动组播。

```
[RouterB] multicast routing-enable
```

在接口 Ethernet0/0/0、Ethernet1/0/0 上启动 IGMP 及 PIM-DM。

```
[RouterB] interface ethernet 0/0/0
[RouterB-Ethernet0/0/0] ip address 22.22.22.1 24
[RouterB-Ethernet0/0/0] igmp enable
[RouterB-Ethernet0/0/0] pim dm
[RouterB-Ethernet0/0/0] igmp host-join 224.0.1.1
[RouterB-Ethernet0/0/0] interface ethernet 1/0/0
[RouterB-Ethernet1/0/0] ip address 33.33.33.2 24
[RouterB-Ethernet1/0/0] igmp enable
[RouterB-Ethernet1/0/0] pim dm
[RouterB-Ethernet1/0/0] quit
```

配置接口 Ethernet1/0/0 为 Ethernet0/0/0 的 IGMP Proxy 代理接口。

```
[RouterB] interface ethernet 0/0/0
[RouterB-Ethernet0/0/0] igmp proxy ethernet1/0/0
```

(2) 配置路由器 RouterA

启动组播。

```
[RouterA] multicast routing-enable

# 在接口 Ethernet0/0/0 上启动 IGMP、PIM-DM。

[RouterA] interface ethernet 0/0/0
[RouterA-Ethernet0/0/0] igmp enable
[RouterA-Ethernet0/0/0] pim dm

# 配置 Ethernet0/0/0 不把 33.33.33.2 作为 PIM 邻居。

[RouterA-Ethernet0/0/0] pim neighbor-policy 2001
[RouterA-Ethernet0/0/0] quit
[RouterA] acl number 2001
[RouterA-acl-basic-2001] rule deny source 33.33.33.2 0
[RouterA-acl-basic-2001] rule permit source any
```

(3) 配置 Receiver

Receiver 首先跟组播源建立 http 连接，把组播源当前的几个节目（每个节目对应不同的组播地址，即组播组）列在客户端软件上。当选择某一个节目时，客户端软件主动发送 IGMP 报文加入该组播组，此时 Receiver 即可接收相应的组播节目。

第4章 PIM 配置

4.1 PIM 协议简介

4.1.1 PIM-DM

PIM-DM (Protocol Independent Multicast , Dense Mode , 协议独立组播 - 密集模式) 属于密集模式的组播路由协议，适用于小型网络，在这种网络环境下，组播组的成员相对比较密集。

PIM-DM 的工作过程可以概括为：邻居发现、扩散—剪枝过程、嫁接阶段。

1. 邻居发现

PIM-DM 路由器刚开始启动时，需要使用 Hello 报文来发现邻居。运行 PIM-DM 的各网络节点之间使用 Hello 报文保持联系。PIM-DM 的 Hello 报文是周期性发送的。

2. 扩散—剪枝过程 (Flooding&Prune)

PIM-DM 假设网络上的所有主机都准备接收组播数据。

当某组播源 S 开始向组播组 G 发送数据时，路由器接收到组播报文后，首先根据单播路由表进行 RPF 检查，如果检查通过，路由器创建一个 (S , G) 表项，然后将数据向网络上所有下游 PIM-DM 节点转发 (Flooding)。如果没有通过 RPF 检查，即组播报文从错误的接口输入，则将报文丢弃。经过这个过程，在 PIM-DM 组播域内，都会创建一个 (S , G) 表项。

如果下游节点没有组播组成员，则向上游节点发剪枝 (Prune) 消息，通知上游节点不用再转发数据。上游节点收到剪枝消息后，就将相应的接口从其组播转发表项 (S , G) 对应的输出接口列表中删除，这就建立了一个以源 S 为根的 SPT (Shortest Path Tree , SPT) 树。剪枝过程最先由叶子路由器发起。

上述过程就称为扩散—剪枝过程。各个被剪枝的节点同时提供超时机制，当剪枝超时，路由器重新开始扩散—剪枝过程。PIM-DM 的扩散—剪枝机制周期性进行。

3. RPF 检查

PIM-DM 采用 RPF 检查，利用现存的单播路由表构建一棵从数据源始发的组播转发树。当一个组播包到达时，路由器首先判断到达路径的正确性。如果到达接口是单播路由指示的通往组播源的接口，就认为这个组播包是从正确路径而来；否则，将组播包作为冗余报文丢弃。作为路径判断依据的单播路由信息可以来源于任何一种单播路由协议，如 RIP、OSPF 发现的路由信息，而不依赖于特定的单播路由协议。

4. Assert 机制

如图 4-1 所示，如果处于一个 LAN 网段上的两台组播路由器 A 和 B，各自有到组播源 S 的接收途径，它们在接收到组播源 S 发出的组播数据报文以后，都会向 LAN 上转发该组播报文，这时，下游节点组播路由器 C 就会收到两份相同的组播报文。

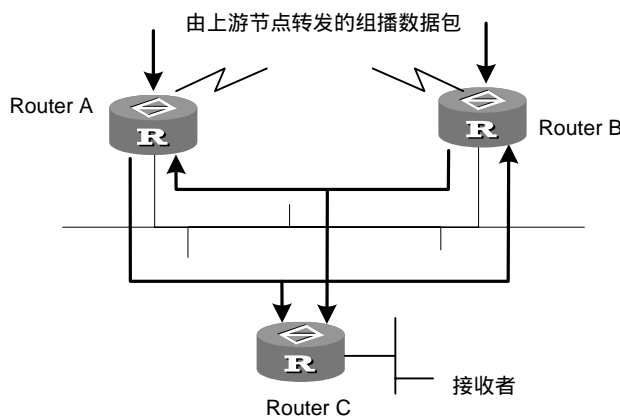


图4-1 Assert 机制示意图

路由器检测到这种情况后，需要通过 Assert 机制来选定一个唯一的转发者。通过发送 Assert 报文，选出一条最优的径，如果两条或两条以上路径的优先级和开销相同，则选择 IP 地址大的作为该 (S, G) 项的上游邻居，由它负责该 (S, G) 组播报文的转发。

5. 嫁接 (Graft)

当被剪枝的下游节点需要恢复到转发状态时，该节点使用嫁接报文通知上游节点。

4.1.2 PIM-SM

PIM-SM (Protocol Independent Multicast, Sparse Mode) 即与协议无关的组播稀疏模式，属于稀疏模式的组播路由协议，主要用于组成员分布相对分散、范围较广、大规模的网络。

与密集模式的扩散—剪枝不同，PIM-SM 协议假定所有的主机都不需要接收组播数据包，只有主机明确指定需要时，PIM-SM 路由器才向它转发组播数据包。

PIM-SM 通过配置汇聚点 RP (Rendezvous Point) 和自举路由器 BSR (Bootstrap Router)，向所有 PIM-SM 路由器通告组播信息，并利用路由器的加入/剪枝信息，建立起基于 RP 的共享树 RPT (RP-rooted shared tree)。从而减少数据报文和控制报文占用的网络带宽，降低路由器的处理开销。组播数据沿着共享树流到该组播组成员所在的网段，当数据流量达到一定程度，组播数据流可以切换到基于源的最短路径树 SPT，以减少网络延迟。

PIM-SM 不依赖于特定的单播路由协议，而是使用现存的单播路由表进行 RPF 检查。

1. PIM-SM 工作原理

PIM-SM 的工作过程主要有：邻居发现、RP 共享树（RPT）的生成、组播源注册、SPT 切换等。其中，邻居发现机制与 PIM-DM 相同，这里不再介绍。

(1) RP 共享树（RPT）的生成

当主机加入一个组播组 G 时，与该主机直接相连的叶子路由器通过 IGMP 报文了解到有组播组 G 的接收者，就为组播组 G 计算出对应的汇聚点 RP，然后向朝着 RP 方向的上一级节点发送加入组播组的消息（join 消息）。从叶子路由器到 RP 之间途经的每个路由器都会在转发表中生成（*, G）表项，表示无论是哪个源发出的，发送至组播组 G 的，都适用于该表项。当 RP 收到发往组播组 G 的报文后，报文就会沿着已经建立好的路径到达叶子路由器，进而到达主机。这样就生成了以 RP 为根的 RPT。如下图所示。

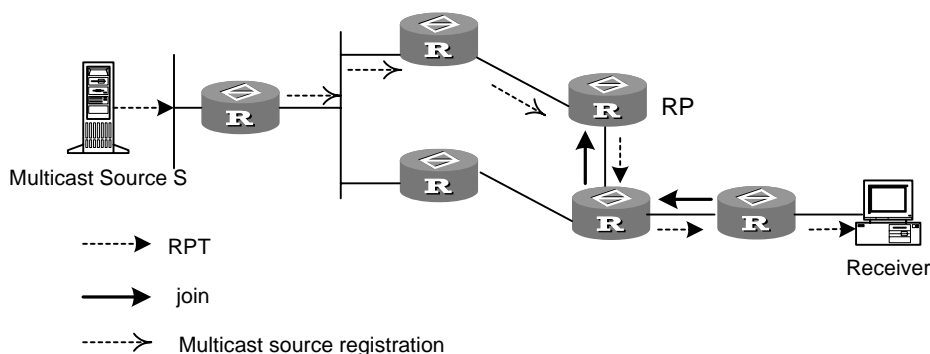


图4-2 RPT 示意图

(2) 组播源注册

当组播源 S 向组播组 G 发送了一个组播报文时，与其直接相连的 PIM-SM 组播路由器接收到该报文以后，就负责将该组播报文封装成注册报文，单播给对应的 RP。如果一个网段上有多个 PIM-SM 组播路由器，这时候将由指定路由器 DR (Designated Router) 负责发送该组播报文。

(3) SPT 切换

当组播路由器发现从 RP 发来的目的地址为 G 的组播报文的速率超过了阈值时，组播路由器就向朝着源 S 的上一级节点发送加入消息，导致 RPT 向 SPT 的切换。

2. PIM-SM 配置前准备工作

(1) 配置候选 RP

在 PIM-SM 网络中，可以存在多个 RP（候选 RP），每个候选 RP（Candidate-RP，C-RP）负责转发目的地址在一定范围内的组播报文。配置多个候选 RP 可以实现 RP 负载分担。候选 RP 之间没有主次之分，所有的组播路由器收到 BSR 通告的候选 RP 消息后，根据相同的算法计算出与某一组播组对应的 RP。

注意，一个 RP 可以为多个组播组服务，也可以为所有组播组服务。每个组播组在任意时刻，只能唯一地对应一个 RP，不能同时对应多个 RP。

(2) 配置 BSR

BSR 是 PIM-SM 网络里的管理核心，它负责收集候选 RP 发来的信息，并把它们广播出去。

一个网络内部只能有一个 BSR，但可以配置多个候选 BSR（Candidate-BSR，C-BSR）。这样，一旦某个 BSR 发生故障后，能够切换到另外一个。C-BSR 通过自动选举产生 BSR。

(3) 配置静态 RP

RP 是组播路由中的核心路由器，如果由于某种原因使由 BSR 机制选举产生的动态 RP 失效，则可以通过配置静态 RP 来指定。静态 RP 作为动态 RP 的备份，可以提高网络的健壮性，增强组播网络的运营管理能力。

4.2 PIM-DM 配置

PIM-DM 的基本配置包括：

- 启动组播
- 在接口上使能 IGMP
- 进入 PIM 视图
- 启动 PIM-DM 协议

PIM-DM 的高级配置包括：

- 配置 Hello 报文发送间隔
- 配置组播源（组）过滤
- 配置 PIM 邻居过滤
- 配置接口的 PIM 邻居最大数量

4.2.1 启动组播

请参见“第 2 章 组播公共配置”。

4.2.2 在接口上使能 IGMP

请参见“第 3 章 IGMP 配置”。

4.2.3 启动 PIM-DM 协议

在接口上配置了 PIM-DM 之后，协议会定期发送 PIM 协议 Hello 报文，并且处理 PIM 邻居发送的协议报文。

请在接口视图下进行下列配置。

表4-1 启动 PIM-DM 协议

操作	命令
在接口上启动 PIM-DM 协议	pim dm
在接口上禁止 PIM-DM 协议	undo pim dm

必须使能组播路由之后，PIM-DM 才能生效。在接口上启动了 PIM-DM 协议后，不能再对此接口启动 PIM-SM 协议，反之亦然。

当路由器在 PIM-DM 协议域中运行时，建议在非边界路由器的全部接口启动 PIM-DM。

4.2.4 进入 PIM 视图

配置与 PIM 相关的全局参数需要进入 PIM 视图。

请在系统视图下进行下列配置。

表4-2 启动 PIM

操作	命令
进入 PIM 视图	pim
清除在 PIM 视图下进行的配置	undo pim



注意：

使用 **undo pim** 命令将清除所有在 PIM 视图下进行的配置。

4.2.5 配置 Hello 报文发送间隔

接口启动 PIM 协议后，会定期发送 Hello 报文。

请在接口视图下进行下列配置。

表4-3 配置 Hello 报文发送间隔

操作	命令
配置接口的 Hello 报文发送间隔	pim timer hello seconds
恢复该时间间隔的缺省值	undo pim timer hello

缺省情况下，Hello 报文发送间隔是 30 秒。

4.2.6 配置组播源（组）过滤

可以根据组播数据包和注册报文中封装的组播数据的源、组地址进行过滤，以提高网络的安全性。

请在 PIM 视图下进行下列配置。

表4-4 配置组播源（组）过滤

操作	命令
对接收的组播数据报文进行源（组）过滤	source-policy <i>acl-number</i>
取消配置	undo source-policy

如果配置基本访问控制列表，则对接收的所有组播数据报文匹配源地址，未通过匹配的报文将被丢弃。

如果配置高级访问控制列表，则对接收的所有组播数据报文匹配源地址和组地址，未通过匹配的报文将被丢弃。

4.2.7 配置 PIM 邻居过滤

可以通过配置基本访问控制列表，限制只有通过过滤的路由器才能作为当前接口的 PIM 邻居。

请在接口视图下进行下列配置。

表4-5 配置 PIM 邻居过滤

操作	命令
对 PIM 邻居进行过滤	pim neighbor-policy <i>acl-number</i>
取消配置	undo pim neighbor-policy

4.2.8 配置接口的 PIM 邻居最大数量

为防止建立大量的 PIM 邻居关系后耗尽路由器内存，导致路由器故障，可以对路由器接口上 PIM 邻居的数量进行限制。而路由器 PIM 邻居总数量的限制由系统内部定义，用户不能通过命令改变。

请在接口视图下进行下列配置。

表4-6 配置接口的 PIM 邻居最大数量

操作	命令
配置接口的 PIM 邻居数量限制	pim neighbor-limit <i>limit</i>
恢复缺省配置	undo pim neighbor-limit

缺省情况下，接口的 PIM 邻居数量上限为 128。

如果在用户配置的时候，该接口上的 PIM 邻居数已经超过了配置值，原有的 PIM 邻居不会被删除。

4.3 PIM-SM 配置

PIM-SM 的基本配置包括：

- 启动组播
- 在接口上使能 IGMP
- 启动 PIM-SM 协议
- 进入 PIM 视图
- 配置 PIM-SM 域边界
- 配置候选 BSR
- 配置候选 RP
- 配置静态 RP

PIM-SM 的高级配置包括：

- 配置 Hello 报文发送间隔
- 配置组播源（组）过滤
- 配置 PIM 邻居过滤
- 配置接口的 PIM 邻居最大数量
- 配置 RP 对注册报文进行过滤
- 配置从 RPT 切换到 SPT 的阈值
- 限定合法 BSR 的范围
- 限定合法 C-RP 的范围
- 清除 PIM 路由项
- 清除 PIM 邻居

需要注意的是，在整个 PIM-SM 域中，至少要在在一台路由器上配置候选 RP 和候选 BSR。

4.3.1 启动组播

请参见“第 2 章 组播公共配置”。

4.3.2 在接口上使能 IGMP

请参见“第 3 章 IGMP 配置”。

4.3.3 启动 PIM-SM 协议

启动组播之后，此项配置才会有效。

请在接口视图下进行下列配置。

表4-7 启动 PIM-SM 协议

操作	命令
在接口上启动 PIM-SM	pim sm
在接口上禁止 PIM-SM	undo pim sm

重复此项配置，以在其他接口上启动 PIM-SM。一个接口在同一时刻只能运行一个组播路由协议。在接口上启动了 PIM-SM 协议后，不能再对此接口启动 PIM-DM 协议，反之亦然。

4.3.4 进入 PIM 视图

请参见本章“PIM-DM 配置”。

4.3.5 配置 PIM-SM 域边界

配置 PIM-SM 域边界后，自举报文（Bootstrap message）从任何方向都不能穿过边界。通过这种方法，可以分割 PIM-SM 域。

请在接口视图下进行下列配置。

表4-8 配置 PIM-SM 域边界

操作	命令
配置 PIM-SM 域边界	pim bsr-boundary
删除配置的 PIM-SM 域边界	undo pim bsr-boundary

缺省不配置域边界。配置了此项配置之后，自举报文不能通过该边界，但其他 PIM 报文可以通过域边界。此配置能够有效地将网络划分成使用不同 BSR 的区域。

4.3.6 配置候选 BSR

在一个 PIM 域中，需要配置一个或多个候选 BSR，候选 BSR 之间通过自动选举，产生自举路由器 BSR（Bootstrap Router），BSR 负责收集并发布 RP 信息。下面简单描述一下候选 BSR 之间的自动选举：

在将路由器配置为候选 BSR 时，必须同时指定一个启动了 PIM-SM 的接口。

最初，每个候选 BSR 都认为自己是本 PIM-SM 的 BSR，并使用这个接口的 IP 地址作为 BSR 地址，发送自举报文（Bootstrap message）。

当候选 BSR 收到其它路由器发来的自举报文时，它将新收到的自举报文的 BSR 地址与自己的 BSR 地址进行比较，比较标准包括优先级和 IP 地址，优先级相同的情况下，较大的 IP 地址被认为是更好的。如果前者更好，则将这个新的 BSR 地址替换自己的 BSR 地址，并且不再认为自己是 BSR；否则，保留自己的 BSR 地址，继续将自己视为 BSR。

请在 PIM 视图下进行下列配置。

表4-9 配置候选 BSR

操作	命令
配置候选 BSR	c-bsr <i>interface-type interface-number hash-mask-len</i> [<i>priority</i>]
取消候选 BSR 的配置	undo c-bsr

候选 BSR 应配置在骨干网的路由器上。缺省没有配置 BSR，优先级的缺省值为 0。对通过 GRE-TUNNEL 学习组播 BSR 消息，要配置组播静态路由，保证到 BSR 的下一跳是 GRE 口。还需要用户注意的是，组播静态路由配置要合理规划，避免路由回环。



注意：

在同一台路由器上只能配置一个候选 BSR，在另外的接口上配置 BSR 会取代先前的配置。

对通过 GRE-TUNNEL 学习组播 BSR 消息，要配置组播静态路由，保证到 BSR 的下一跳是 GRE 口。

组播静态路由配置要合理规划，避免路由回环。

4.3.7 配置候选 RP

在 PIM-SM 协议中，路由组播数据创建的共享树是以 RP 为树根的，从组播组到 RP 存在一个映射，一个组播组映射到一个 RP 上，不同的组可以映射到同一 RP 上。

请在 PIM 视图下进行下列配置。

表4-10 配置候选 RP

操作	命令
配置候选 RP	c-rp <i>interface-type interface-number</i> [group-policy <i>acl-number</i>] [priority <i>priority-value</i>]
取消候选 RP 的配置	undo c-rp { <i>interface-type interface-number</i> all }

配置 RP 时，若没有指定所服务的组播组范围，该 RP 为所有组播组服务，否则，所服务组的范围限定为指定范围的组播组。建议在骨干网路由器上配置候选 RP。



注意：

此命令中，参数 *acl-number* 并不是用来进行匹配过滤，而是定义一个组范围，只要是 **permit** 的组范围都会作为 RP 的服务组范围通告出去，而其它诸如 **deny** 等的配置不起作用。

4.3.8 配置静态 RP

RP 是组播路由中的核心路由器，如果由于某种原因使由 BSR 机制选举产生的动态 RP 失效，则可以配置静态 RP，作为动态 RP 的备份，提高网络的健壮性，增强组播网络的运营管理能力。

请在 PIM 视图下进行下列配置。

表4-11 配置静态 RP

操作	命令
配置静态 RP	static-rp <i>rp-address</i> [<i>acl-number</i>]
取消配置的静态 RP	undo static-rp

如果使用静态 RP，PIM 域内所有路由器必须采用相同的配置。如果配置的静态 RP 地址是本机某个状态为 UP 的接口地址，本机就作为静态 RP。作为静态 RP 的接口不必使能 PIM 协议。

使用基本访问控制列表可以控制静态 RP 所服务的组播组范围。

在 BSR 机制选举产生的 RP 有效时，静态 RP 不起作用。

4.3.9 配置 Hello 报文发送间隔

接口启动 PIM 协议后，会定期发送 Hello 报文。

PIM-SM 协议通过定期广播 Hello 报文以发现 PIM 邻居，并判定哪一个路由器是指定路由器（Designated Router，DR）。

请在接口视图下进行下列配置。

表4-12 配置 Hello 报文发送间隔

操作	命令
配置接口的 Hello 报文发送间隔	pim timer hello <i>seconds</i>
恢复该时间间隔的缺省值	undo pim timer hello

缺省情况下，Hello 报文发送间隔是 30 秒。

4.3.10 配置组播源（组）过滤

请参见本章“PIM-DM 配置”。

4.3.11 配置 PIM 邻居过滤

请参见本章“PIM-DM 配置”。

4.3.12 配置接口的 PIM 邻居最大数量

请参见本章“PIM-DM 配置”。

4.3.13 配置 RP 对注册报文进行过滤

在 PIM-SM 网络中，通过注册报文过滤机制，可以在 RP 上控制哪些源向哪些组发送报文，即 RP 可以对 DR 发送来的注册报文进行过滤，只接受特定的报文。

请在 PIM 视图下进行下列配置。

表4-13 配置 RP 对 DR 发送来的注册报文进行过滤

操作	命令
配置 RP 对 DR 发来的注册报文进行过滤	register-policy <i>acl-number</i>
取消配置的报文过滤	undo register-policy

如果某个源组表项（S，G）被 ACL 拒绝，或者 ACL 没有定义对它的操作，或者没有定义 ACL，RP 都会向 DR 发送 RegisterStop 消息，阻止该组播数据流的注册过程。



注意：

只有与 ACL 的 **permit** 语句匹配的注册报文才会被 RP 接受。指定一个没有定义的 ACL 将使 RP 拒绝所有的注册报文。

4.3.14 配置从 RPT 切换到 SPT 的阈值

PIM-SM 路由器最初通过共享树转发组播数据包，但是如果组播数据通过的速率超过一定的阈值，数据包经过的最后一跳路由器则会发起从共享树到最短路径树的切换。

请在 PIM 视图下进行下列配置。

表4-14 配置从共享树 RPT 切换到最短路径树 SPT 的阈值

操作	命令
配置从共享树切换到最短路径树的阈值	spt-switch-threshold { <i>traffic-rate</i> infinity } [group-policy <i>acl-number</i> [order <i>order-value</i>]]
恢复缺省配置	undo spt-switch-threshold { <i>traffic-rate</i> infinity } [group-policy <i>acl-number</i>]

缺省情况下，阈值为 0，即最后一跳路由器收到第一个组播数据包就会转向最短路径树。

4.3.15 限定合法 BSR 的范围

为了防止网络中合法的 BSR 被恶意取代，避免 BSR 欺骗，可以限定合法 BSR 的范围，除此范围以外的其他的 BSR 消息，不会被路由器接收，保护网络中 BSR 的安全性。

请在相应的视图下进行下列配置。

表4-15 限定合法 BSR 的范围

操作	命令
限定合法 BSR 的范围（PIM 视图下）	bsr-policy <i>acl-number</i>
恢复正常状态，不做任何范围限制（PIM 视图下）	undo bsr-policy
创建一个访问控制列表（系统视图下）	acl number <i>acl-number</i> [basic advanced interface] }
定义一个基本访问控制列表的规则（基本 ACL 视图下）	rule [<i>rule-id</i>] { permit deny } [source <i>sour-addr</i> <i>sour-wildcard</i> any]

关于 **bsr-policy** 命令的详细介绍，请参见命令手册。

4.3.16 限定合法 C-RP 的范围

为了防止 C-RP 欺骗，可以限定合法 C-RP 的范围，并且限定每个 C-RP 所服务的组范围。

请在相应的视图下进行下列配置。

表4-16 限定合法 C-RP 的范围

操作	命令
限定合法 C-RP 的范围（PIM 视图下）	crp-policy <i>acl-number</i>
恢复正常状态，不做任何范围限制（PIM 视图下）	undo crp-policy

操作	命令
创建一个访问控制列表（系统视图下）	acl number <i>acl-number</i> [basic advanced interface] }
定义一个基本访问控制列表的规则（高级 ACL 视图下）	rule [<i>rule-id</i>] { permit deny } <i>protocol</i> [source <i>sour-addr</i> <i>sour-wildcard</i> any] [destination <i>dest-addr</i> <i>dest-mask</i> any]

关于 **crp-policy** 命令的详细介绍，请参见命令手册。

4.3.17 清除 PIM 路由项

请在用户视图下进行下列操作。

表4-17 清除 PIM 路由项

操作	命令
清除 PIM 路由项	reset pim routing-table { all { <i>group-address</i> [mask <i>group-mask</i> mask-length <i>group-mask-length</i>] <i>source-address</i> [mask <i>source-mask</i> mask-length <i>source-mask-length</i>] } { incoming-interface { <i>interface-type</i> <i>interface-number</i> null } } } * }

4.3.18 清除 PIM 邻居

请在用户视图下进行下列操作。

表4-18 清除 PIM 邻居

操作	命令
清除 PIM 邻居	reset pim neighbor { all { <i>neighbor-address</i> interface <i>interface-type</i> <i>interface-number</i> } } * }

4.4 PIM 显示和调试


在完成上述配置后，可在所有视图下执行 **display** 命令显示配置后 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 **debugging** 命令可对 PIM 进行调试。

表4-19 PIM 显示和调试

操作	命令
显示 PIM 协议组播路由表	display pim routing-table [{ { * g [<i>group-address</i> [mask { <i>mask-length</i> <i>mask</i> }]] ** rp [<i>rp-address</i> [mask { <i>mask-length</i> <i>mask</i> }]] } { <i>group-address</i> [mask { <i>mask-length</i> <i>mask</i> }] <i>source-address</i> [mask { <i>mask-length</i> <i>mask</i> }] } } * incoming-interface { <i>interface-type</i> <i>interface-num</i> null } { dense-mode sparse-mode } } * }

操作	命令
显示 PIM 协议接口信息	display pim interface [<i>interface-type interface-number</i>]
显示 PIM 相邻路由器信息	display pim neighbor [interface <i>interface-type interface-number</i>]
显示 BSR 信息	display pim bsr-info
显示 RP 信息	display pim rp-info [<i>group-address</i>]
打开 PIM 协议调试开关	debugging pim common { all event packet timer }
打开 PIM-DM 协议调试开关	debugging pim dm { alert all mrt timer warning { recv send } { all assert graft graft-ack join prune } }
打开 PIM-SM 协议调试开关	debugging pim sm { all mbr register-proxy mrt timer verbose warning { recv send } { assert bootstrap crpadv jp reg regstop } }

 说明：


debugging pim sm register-proxy 仅适用于分布式路由器，在分布式路由器上，打开接口板代理主控板发送注册报文时的调试开关。

4.5 PIM 典型配置举例

4.5.1 PIM-DM 典型配置举例

1. 组网需求

在下图中，Multicast Source 作为组播源，RECEIVER 1 和 RECEIVER 2 是组播节目“影视热线”的两个接收成员。

 说明：

在实际的网络中，由于路由设备由不同的厂商提供，设备上的路由协议也会各不相同，这里仅以 OSPF 为例进行说明。

2. 组网图

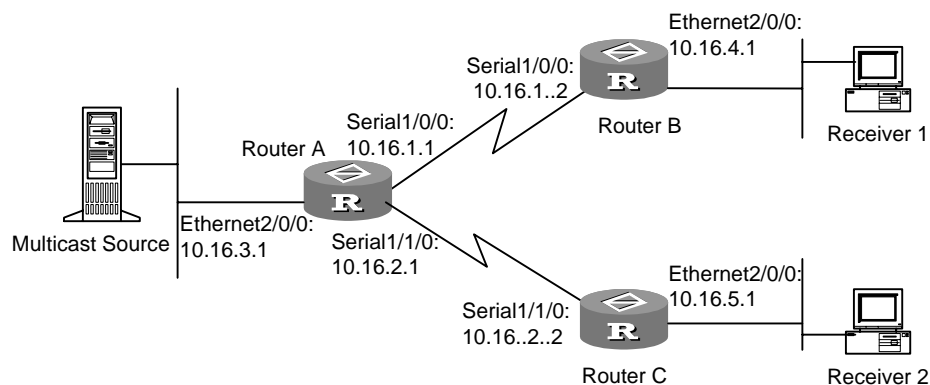


图4-3 PIM-DM 典型配置组网图

3. 配置步骤

(1) 配置路由器 RouterA

启动组播。

```
<Quidway> system-view
[Quidway] multicast routing-enable
```

分别在接口 Ethernet2/0/0、Serial1/0/0 和 Serial1/1/0 上启动 PIM-DM。

```
[Quidway] interface serial 1/0/0
[Quidway-Serial1/0/0] pim dm
[Quidway-Serial1/0/0] ip address 10.16.1.1 24
[Quidway-Serial1/0/0] quit
[Quidway] interface serial 1/1/0
[Quidway-Serial1/1/0] pim dm
[Quidway-Serial1/1/0] ip address 10.16.2.1 24
[Quidway-Serial1/1/0] quit
[Quidway] interface ethernet 2/0/0
[Quidway-Ethernet2/0/0] pim dm
[Quidway-Ethernet2/0/0] ip address 10.16.3.1 24
[Quidway-Ethernet2/0/0] quit
```

分别在接口 Ethernet2/0/0、Serial1/0/0 和 Serial1/1/0 上启动 OSPF。

```
[Quidway] ospf
[Quidway-ospf-1] area 0
[Quidway-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.1.0 0.0.0.255
[Quidway-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.2.0 0.0.0.255
[Quidway-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.3.0 0.0.0.255
[Quidway-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[Quidway-ospf-1] quit
```

(2) 配置路由器 RouterB

启动组播。

```
<Quidway> system-view
[Quidway] multicast routing-enable
```

在接口 Serial1/0/0 上启动 PIM-DM。

```
[Quidway] interface serial 1/0/0
[Quidway-Serial1/0/0] pim dm
[Quidway-Serial1/0/0] ip address 10.16.1.2 24
[Quidway-Serial1/0/0] quit
```

在接口 Ethernet2/0/0 上启动 PIM-DM。

```
[Quidway] interface ethernet 2/0/0
[Quidway-Ethernet2/0/0] igmp enable
[Quidway-Ethernet2/0/0] pim dm
[Quidway-Ethernet2/0/0] ip address 10.16.4.1 24
```

分别在接口 Ethernet2/0/0、Serial1/0/0 上启动 OSPF。

```
[Quidway] ospf
[Quidway-ospf-1] area 0
[Quidway-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.1.0 0.0.0.255
[Quidway-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.4.0 0.0.0.255
[Quidway-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[Quidway-ospf-1] quit
```

(3) 配置路由器 RouterC

启动组播。

```
<Quidway> system-view
[Quidway] multicast routing-enable
```

在接口 Serial1/1/0 和 Ethernet2/0/0 上启动 PIM-DM。

```
[Quidway] interface serial 1/1/0
[Quidway-Serial1/1/0] pim dm
[Quidway-Serial1/1/0] ip address 10.16.2.2 24
[Quidway-Serial1/1/0] quit
[Quidway] interface ethernet 2/0/0
[Quidway-Ethernet2/0/0] igmp enable
[Quidway-Ethernet2/0/0] pim dm
[Quidway-Ethernet2/0/0] ip address 10.16.5.1 24
```

分别在接口 Ethernet2/0/0、Serial1/1/0 上启动 OSPF。

```
[Quidway] ospf
[Quidway-ospf-1] area 0
[Quidway-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.1.0 0.0.0.255
[Quidway-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.5.0 0.0.0.255
```

```
[Quidway-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
```

```
[Quidway-ospf-1] quit
```

(4) 配置组播源

在组播源上逐一配置组播节目对应的组播地址，如“影视热线”节目对应组播地址 224.0.1.1。

(5) 配置 Receiver1/2

Receiver 首先跟组播源建立 http 连接，然后在客户端软件上选择“影视热线”节目即可。

4.5.2 PIM-SM 典型配置举例

1. 组网需求

在下图中，Multicast Source 作为组播源，HostA 为组播节目“影视热线”的接收成员。指定路由器 B 的 serial 1/0/0 接口为候选 RP 和候选 BSR。

说明：

在实际的网络中，由于路由设备由不同的厂商提供，设备上的路由协议也会各不相同，这里仅以 OSPF 为例进行说明。

2. 组网图

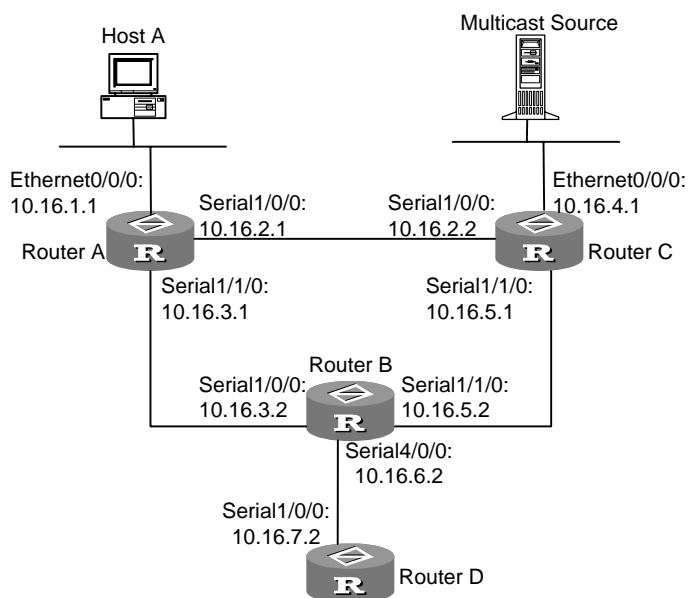


图4-4 PIM-SM 综合配置图

3. 配置步骤

(1) 配置路由器 Router A

启动 PIM-SM。

```
<RouterA> system-view
[RouterA] multicast routing-enable
[RouterA] interface ethernet 0/0/0
[RouterA-Ethernet0/0/0] pim sm
[RouterA-Ethernet0/0/0] igmp enable
[RouterA-Ethernet0/0/0] ip address 10.16.1.1 24
[RouterA-Ethernet0/0/0] quit
[RouterA] interface serial 1/0/0
[RouterA-Serial1/0/0] pim sm
[RouterA-Serial1/0/0] ip address 10.16.2.1 24
[RouterA-Serial1/0/0] quit
[RouterA] interface serial 1/1/0
[RouterA-Serial1/1/0] pim sm
[RouterA-Serial1/1/0] ip address 10.16.3.1 24
```

配置特定组播组从共享树切换到最短路径树的阈值为 10kbit/s。

```
[RouterA] acl number 2005
[RouterA-acl-basic-2005] rule permit source 224.0.1.1 0.0.0.255
[RouterA-acl-basic-2005] quit
[RouterA] pim
[RouterA-pim] spt-switch-threshold 10 group-policy 2005
```

分别在接口 Ethernet0/0/0、Serial1/0/0 和 Serial1/1/0 上启动 OSPF。

```
[RouterA] ospf
[RouterA-ospf-1] area 0
[RouterA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.1.0 0.0.0.255
[RouterA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.2.0 0.0.0.255
[RouterA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.3.0 0.0.0.255
[RouterA-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[RouterA-ospf-1] quit
```

(2) 配置路由器 Router C

启动 PIM-SM。

```
<RouterC> system-view
[RouterC] multicast routing-enable
[RouterC] interface ethernet 0/0/0
[RouterC-Ethernet0/0/0] pim sm
[RouterC-Ethernet0/0/0] ip address 10.16.4.1 24
[RouterC-Ethernet0/0/0] quit
[RouterC] interface serial 1/0/0
[RouterC-Serial1/0/0] pim sm
[RouterC-Serial1/0/0] ip address 10.16.2.2 24
```

```
[RouterC-Serial1/0/0] quit
[RouterC] interface serial 1/1/0
[RouterC-Serial1/1/0] pim sm
[RouterC-Ethernet0/0/0] ip address 10.16.5.1 24
```

分别在接口 Ethernet0/0/0、Serial1/0/0 和 Serial1/1/0 上启动 OSPF。

```
[RouterC] ospf
[RouterC-ospf-1] area 0
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.4.0 0.0.0.255
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.2.0 0.0.0.255
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.5.0 0.0.0.255
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[RouterC-ospf-1] quit
```

(3) 配置路由器 Router B

启动 PIM-SM。

```
<RouterB> system-view
[RouterB] multicast routing-enable
[RouterB] interface serial 1/0/0
[RouterB-Serial1/0/0] pim sm
[RouterB-Serial1/0/0] ip address 10.16.3.2 24
[RouterB-Serial1/0/0] quit
[RouterB] interface serial 1/1/0
[RouterB-Serial1/1/0] pim sm
[RouterB-Serial1/1/0] ip address 10.16.5.2 24
[RouterB-Serial1/1/0] quit
[RouterB] interface serial 4/0/0
[RouterB-Serial4/0/0] pim sm
[RouterB-Serial4/0/0] ip address 10.16.6.2 24
[RouterB-Serial4/0/0] quit
```

配置候选 BSR。

```
[RouterB] pim
[RouterB-pim] c-bsr serial 1/0/0 30 2
[RouterB-pim] quit
```

配置候选 RP。

```
[RouterB] acl number 2005
[RouterB-acl-basic-2005] rule permit source 224.0.1.1 0 0.255.255.255
[RouterB-acl-basic-2005] quit
[RouterB] pim
[RouterB-pim] c-rp serial 1/0/0 group-policy 2005
[RouterB-pim] quit
```

配置 PIM 边界。

```
[RouterB] interface serial4/0/0
[RouterB-Serial4/0/0] pim bsr-boundary

# 分别在接口 Serial4/0/0、Serial1/0/0 和 Serial1/1/0 上启动 OSPF。
```

```
[RouterC] ospf
[RouterC-ospf-1] area 0
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.3.0 0.0.0.255
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.5.0 0.0.0.255
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.16.6.0 0.0.0.255
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[RouterC-ospf-1] quit
```

(4) 配置 HostA

Receiver 首先跟组播源建立 http 连接，然后在客户端软件上选择“影视热线”节目即可。

(5) 配置组播源

在组播源上逐一配置组播节目对应的组播地址，如“影视热线”节目对应组播地址 224.0.1.1。

在接口 Serial4/0/0 上配置了边界后，路由器 Router D 就收不到路由器 Router B 发出的 BSR 信息，它被排除在本 PIM 域之外。

假设主机 A 是“影视热线”节目的接收者，组播源现在开始发送目的地址为 224.0.1.1 的数据，开始时，路由器 A 通过路由器 B 接收主机 B 发送的组播数据，当主机 B 发送的组播数据的速率超过 10kbit/s 后，路由器 A 会加入最短路径树，直接从路由器 C 接收主机 B 发送的组播数据包。

4.6 PIM 故障诊断与排除

故障之一：路由器不能正确建立组播路由表。

故障排除：可以按照如下步骤进行。

解决问题之前，首先应保证单播路由是正确的。

- PIM-SM 协议需要有 RP 和 BSR 的支持，所以首先使用 **display pim bsr-info**，看是否有 BSR 信息，如果不存在，则需要查看是否有通向 BSR 的单播路由。这个问题解决后，看 RP 信息是否正确，使用 **display pim rp-info** 命令。如果没有 RP 信息，也需要检查单播路由。
- 另外，也可以使用 **display pim neighbor** 来查看是否正确建立了邻居关系。

第5章 MSDP 配置

5.1 MSDP 协议简介

MSDP (Multicast Source Discovery Protocol , 组播源发现协议) 用来发现其它 PIM-SM 域内的组播源信息。配置了 MSDP 对等体的 RP 将其域内的活动组播源信息通过 SA 消息通告给它的所有 MSDP 对等体，这样，一个 PIM-SM 域内的组播源信息就会被传递到另一个 PIM-SM 域。

MSDP 对等体可以建立在不同域的 RP 之间，也可以建立在同一域的多个 RP 之间，还可以建立在 RP 与普通路由器之间或者普通路由之间。MSDP 对等体之间使用 TCP 连接。

MSDP 使得一个 PIM-SM 域不需要依赖另一个 PIM-SM 域内的 RP，因为在得到另一个 PIM-SM 域内的组播源信息之后，一个 PIM-SM 域里的接收者可以不通过另一 PIM-SM 域里的 RP 而直接加入到这个域内组播源的 SPT 上。

MSDP 另一个应用是 Anycast RP。在一个域内，用同一个 IP 地址配置不同的路由器上的某一接口（通常是 Loopback 接口），同时，配置这些路由器上这个接口为候选 RP，并在这些 RP 之间建立 MSDP 对等体关系。单播路由收敛后，组播源可以选择最近的 RP 注册，接收者也可以选择最近的 RP 加入其 RPT。这些 RP 之间通过 MSDP 对等体了解对方的注册源信息，最终每个 RP 了解到整个域内的所有组播源，这样，每个 RP 上的接收者就可以接收到整个域内的所有组播源发出的组播数据。

通过向就近的 RP 发起注册和 RPT 加入，实现 RP 的负载分担；一个 RP 失效后，其原来注册的源和加入者，又会选择另一个就近的 RP 注册和加入，实现了 RP 的冗余备份。

另外，MSDP 通过 RPF 检查机制，只接受从正确路径上接收到的 SA 消息，避免接受冗余的 SA 消息；可以通过配置 Mesh 全连接组来避免 SA 消息在 MSDP 对等体之间泛滥。

5.1.1 MSDP 工作原理

如图 5-1 所示，PIM-SM 域 1 和域 2、域 3 中的 RP 之间建立 MSDP 对等体关系。域 3 中存在某个组的成员，当域 1 中的一个组播源向这个组发送数据时，域 3 中的组成员从得知这个组播源到接收到这个组播源的组播数据的工作过程如下：

- (1) PIM-SM 域 1 里的组播源开始发送数据包；

- (2) 连接组播源的指定路由器 DR (Designated Router) 将组播源发出的数据封装在 Register 报文里，发给域 1 内的 RP；
- (3) 域 1 中的 RP 将报文解封装，沿域内的共享树向下转发给域内的所有成员，域内成员可以选择是否切换到源树上；
- (4) 同时，域 1 内的 RP 将生成一个 SA (Source Active，活动源) 消息，发送给 MSDP 对等体 (PIM-SM 域 2 和域 3 内的 RP)。SA 消息包括如下内容：组播源的 IP 地址、组播组地址和生成消息的 RP 的地址，并且域 1 内的 RP 也将收到的第一个组播数据封装在这个 SA 消息中；
- (5) 如果在 MSDP 对等体所在的域 (图中为 PIM-SM 域 3) 里有组成员，则该域内的 RP 将 SA 消息中封装的组播数据沿共享树下发到组成员的同时，向组播源发送加入消息；
- (6) 当逆向转发路径建立起来之后，组播源发出的数据将直接发送到域 3 的 RP 上，RP 向共享树转发数据。此时，域 3 中连接组成员的最后一跳路由器可以选择是否切换到 SPT 上。

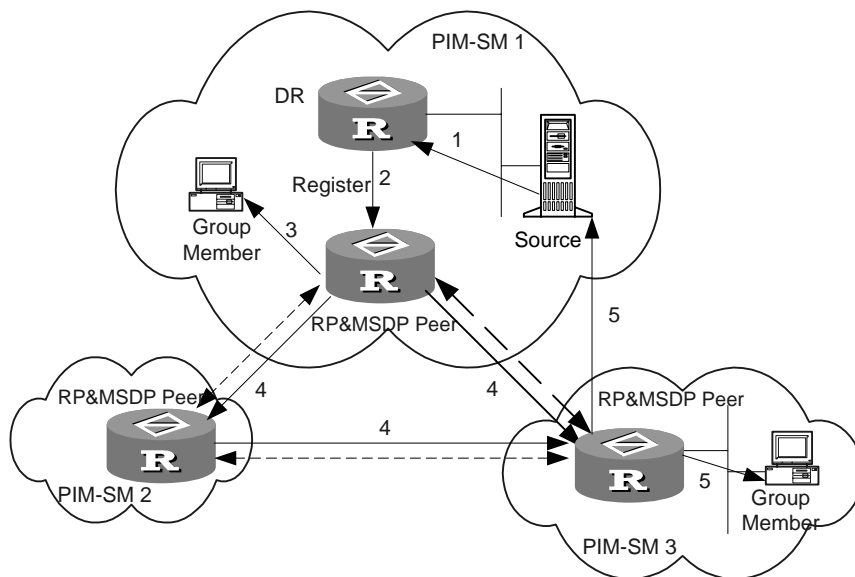


图5-1 MSDP 的工作原理（一）

如图 5-2 所示，RTA、RTB、RTC、RTD、RTDE、RTF 分别属于域 1、域 2 和域 3，并在相互之间建立 MSDP 对等体关系，在图中用双向的箭头表示。其中 RTB、RTC、RTD 之间建立 Mesh 全连接组。在这些 MSDP 对等体之间转发 SA 消息的过程和 RPF 检查的方法如下：

- (1) 如果发出 SA 消息的 MSDP 对等体就是组播源所在的 RP，接受该 SA 消息，并向其他对等体转发，如：RTA 发给 RTB；

- (2) 如果只配置了一个 MSDP 对等体，接受该对等体发来的 SA 消息，如 RTB 发给 RTA；
- (3) 如果 SA 消息是从静态 RPF 对等体发来的，接受该 SA 消息，并向其他对等体转发，如 RTD 发给 RTE；
- (4) 如果 SA 消息是从 MSDP 全连接组中的对等体发来的，接受该 SA 消息，并向该全连接组以外的对等体转发，如 RTB 发给 RTD；
- (5) 如果 SA 消息是从同一个域内的 MSDP 对等体发来的，并且该对等体是到源所在域 RP 的最佳路径上的下一跳，接受该 SA 消息，并向其他对等体转发，如 RTE 发给 RTF；
- (6) 如果 SA 消息是从不同域的 MSDP 对等体发来的，并且它是到源所在域 RP 最佳路径上的下一个自治域，接受该 SA 消息，并向其他对等体转发，如：RTD 发给 RTF；
- (7) 其他 SA 消息，不接受也不转发。

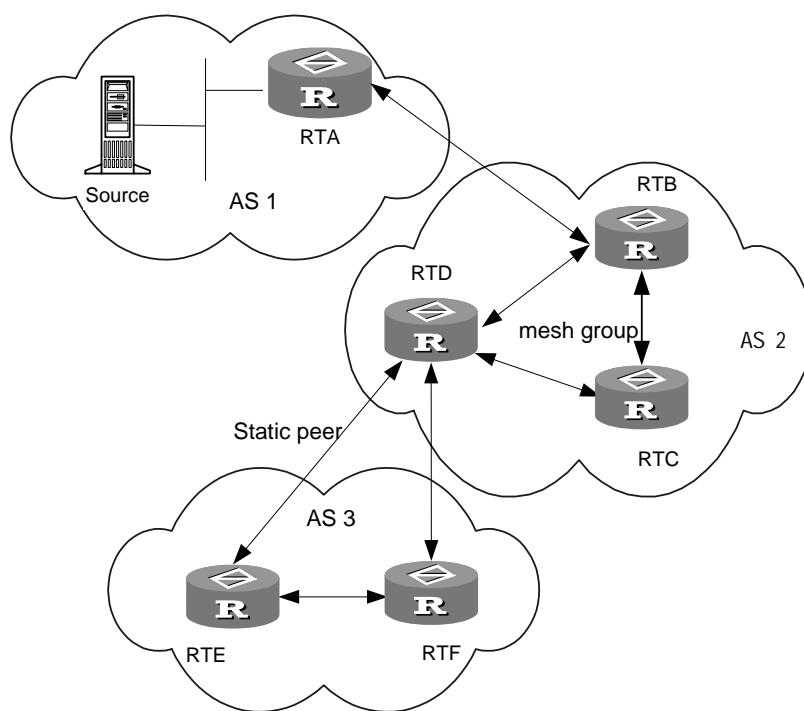


图5-2 MSDP 的工作原理（二）



注意：

配置 MSDP 的路由器同时需要运行 BGP 或 MBGP，并且，建议 MSDP 对等体的地址与 BGP 或 MBGP 对等体的地址相同。如果不运行 BGP 或 MBGP，需要配置静态 RPF 对等体。

5.2 MSDP 配置

MSDP 的基本配置包括：

- 使能 MSDP
- 配置 MSDP 对等体

MSDP 的高级配置包括：

- 配置静态 RPF 对等体
- 配置 Originating RP
- 配置缓存 SA 状态
- 配置缓存 SA 的最大数量
- 请求 MSDP 对等体的源信息
- 控制创建的源信息
- 控制转发的源信息
- 控制接收的源信息
- 配置 MSDP 全连接组
- 配置 MSDP 连接重试周期
- 关闭 MSDP 对等体
- 清除 MSDP 连接、统计和 SA 缓存

5.2.1 使能 MSDP

在配置 MSDP 前，必须先使能 MSDP。

请在系统视图下进行下列配置。

表5-1 使能 MSDP

操作	命令
使能 MSDP 并进入 MSDP 视图	msdp
清除 MSDP 的所有配置	undo msdp

5.2.2 配置 MSDP 对等体

通过在本本地配置 MSDP 对等体来启动 MSDP。

请在 MSDP 视图下进行下列配置。

表5-2 配置 MSDP 对等体

操作	命令
配置 MSDP 对等体	peer <i>peer-address</i> connect-interface <i>interface-type</i> <i>interface-number</i>
取消配置 MSDP 对等体	undo peer <i>peer-address</i>
为 MSDP 对等体添加描述性文本	peer <i>peer-address</i> description <i>text</i>
删除已添加的描述性文本	undo peer <i>peer-address</i> description <i>text</i>

其中，添加描述性文本的命令是可选的。

如果本地路由器与一个 MSDP 对等体同时也是 BGP 对等体，MSDP 对等体和 BGP 对等体应使用相同的 IP 地址。

存在 MSDP 对等体关系的两台路由器上不一定需要运行 BGP 或 MBGP，只要它们之间存在一条 BGP 或 MBGP 路径就可以。而如果没有 BGP 或 MBGP 路径，则必须配置静态 RPF 对等体。

5.2.3 配置静态 RPF 对等体

请在 MSDP 视图进行下列配置。

表5-3 配置静态 RPF 对等体

操作	命令
配置静态 RPF 对等体	static-rpf-peer <i>peer-address</i> [rp-policy <i>list</i>]
取消配置的静态 RPF 对等体	undo static-rpf-peer <i>peer-address</i>

缺省情况下，没有静态 RPF 对等体。

必须先配置 **peer** 命令，然后才能配置 **static-rpf-peer**。

如果命令 **peer** 只配置了一个 MSDP 对等体，这个 MSDP 对等体将被作为静态 RPF 对等体。

当同时配置多个静态 RPF 对等体时，必须遵守如下两种配置方法：

- 都使用 **rp-policy** 参数：多个静态 RPF 对等体同时起作用，并按照所配置的前缀列表对 SA 消息中的 RP 进行过滤，只接收 RP 地址通过过滤的 SA 消息。如果同时配置了多个使用相同 **rp-policy** 参数的静态 RPF 对等体，则从其中一个对等体接收到的 SA 消息会向其他对等体转发。
- 都不使用 **rp-policy** 参数：按照配置的先后顺序，只有第一个连接状态是 UP 的静态 RPF 对等体是激活的，接收来自该对等体所有的 SA 消息，从其它静态 RPF 对等体接收到的 SA 消息将被丢弃。如果这个激活的静态 RPF 对等体

失效（如配置取消或连接断开），仍然按照配置的先后顺序，重新选择第一个连接状态是 UP 的静态 RPF 对等体作为激活的静态 RPF 对等体。

5.2.4 配置 Originating RP

创建 SA 消息时，可以配置 MSDP 使用指定接口的 IP 地址作为其 SA 消息中的 RP 地址。

请在 MSDP 视图进行下列配置。

表5-4 配置 Originating RP

操作	命令
配置 MSDP 使用指定接口的 IP 地址作为其 SA 消息中的 RP 地址	originating-rp <i>interface-type interface-number</i>
取消上述操作	undo originating-rp

缺省情况下，SA 消息的 RP 地址为 PIM 配置的 RP 地址。

5.2.5 配置缓存 SA 状态

在路由器上配置缓存 SA 状态，可以使后续新加入的组不必等待下一次到达的 SA 消息，就可以从 SA 缓存中获得所有的活动源，加入到相应的源树。

请在 MSDP 视图进行下列配置。

表5-5 缓存 SA 状态

操作	命令
创建 SA 缓存状态	cache-sa-enable
禁止缓存 SA 状态	undo cache-sa-enable

在缺省情况下，路由器收到 SA 消息后缓存 SA 的状态（即（S，G）项）。

使用此配置会消耗一些内存来缩短组加入延迟。

5.2.6 配置缓存 SA 的最大数量

为防止路由器受到 DoS（Deny of Service）攻击，可以配置路由器缓存 SA 消息的最大数量。

请在 MSDP 视图下进行下列配置。

表5-6 配置缓存 SA 的最大数量

操作	命令
配置缓存 SA 的最大数量	peer peer-address sa-cache-maximum sa-limit
恢复缺省配置	undo peer peer-address sa-cache-maximum

缺省情况下，缓存 SA 的最大值是 2048。

5.2.7 请求 MSDP 对等体的源信息

当一个新组加入时，路由器向指定的 MSDP 对等体发送 SA 请求消息，该 MSDP 对等体回应其缓存的 SA 信息。如果该 MSDP 对等体没有使能 SA 缓存状态，此配置无效。

请在 MSDP 视图进行下列配置。

表5-7 请求 MSDP 对等体的源信息

操作	命令
配置路由器在接收到一个新组加入消息时，向其指定的 MSDP 对等体发送 SA 请求消息	peer peer-address request-sa-enable
恢复缺省配置	undo peer peer-address request-sa-enable

本地 RP 发送 SA 请求消息立刻得到所有活跃源的响应。

缺省情况下，路由器在收到新组的加入消息时不向其 MSDP 对等体发送 SA 请求消息，而是等待下一个周期发送的 SA 消息的到来。

5.2.8 控制创建的源信息

1. 过滤引入的组播路由项

RP 对每个注册的源进行过滤，以控制在 SA 消息中被通告出去活动源的信息。可以配置 MSDP 在创建 SA 消息时，只通告组播路由表中符合条件的（S，G）项，即控制从组播路由表中引入域内的（S，G）项。

请在 MSDP 视图进行下列配置。

表5-8 过滤引入的组播路由项

操作	命令
通告通过访问控制列表的（S，G）项	import-source [acl acl-number]
取消上述配置	undo import-source

缺省情况下，SA 消息只通告域内的源。

如果执行不带 **acl** 参数的 **import-source** 命令，SA 消息将不通告任何源。

2. 过滤 SA 请求消息

请在 MSDP 视图进行下列配置。

表5-9 过滤 SA 请求消息

操作	命令
过滤来自指定 MSDP 对等体的所有 SA request 消息	peer peer-address sa-request-policy
过滤来自指定 MSDP 对等体的通过基本访问控制列表的组的 SA request 消息	peer peer-address sa-request-policy acl acl-number
取消过滤 SA 请求消息的配置	undo peer peer-address sa-request-policy

缺省情况下，只有缓存 SA 消息的路由器才能回应 SA 请求消息。缺省情况下路由器接收其 MSDP 对等体发送的所有 SA 请求消息。

访问控制列表描述组播组地址。如果没有指定访问控制列表，则忽略其 MSDP 对等体发送的所有 SA 请求。如果指定了访问控制列表，则只处理符合该列表的组的 SA 请求消息，其它的被忽略。

5.2.9 控制转发的源信息

对源信息的控制除了控制源信息的创建，还可以控制源信息的转发和接受。使用 MSDP 出方向过滤器或生存时间阈值，都可以控制 SA 消息的转发，缺省情况下，所有 SA 消息都向 MSDP 对等体转发。

1. 使用 MSDP 出方向过滤器

创建 MSDP 出方向过滤器可以实现以下功能：

- 过滤掉所有的（S，G）项
- 只转发通过高级访问控制列表的 SA 消息

请在 MSDP 视图进行下列配置。

表5-10 使用 MSDP 过滤器控制转发的源信息

操作	命令
过滤掉所有到指定 MSDP 对等体的 SA 消息	peer peer-address sa-policy export
转发通过高级访问控制列表过滤的到指定 MSDP 对等体的 SA 消息	peer peer-address sa-policy export [acl acl-number]
取消对转发的源信息进行过滤	undo peer peer-address sa-policy export

2. 使用 TTL 限制带封装数据的 SA 消息

带封装数据的 SA 消息只有在其 IP 头的 TTL 不小于阈值时才能发送到指定的 MSDP 对等体，因此可以通过配置 TTL 阈值来控制带封装数据的 SA 消息的转发。

例如，如果需要限制 TTL 小于等于 10 的带封装数据的 SA 消息向域外扩散，可以将限制域内组播流量的 TTL 阈值设为 10。反之，配置这些报文的 TTL 大于 10，就可以扩散到域外。

请在 MSDP 视图进行下列配置。

表5-11 使用 TTL 限制带封装数据的 SA 消息

操作	命令
限制到指定 MSDP 对等体的封装在第一个 SA 消息中的组播数据	peer peer-address minimum-ttl ttl
取消使用 TTL 限制带封装数据的 SA 消息	undo peer peer-address minimum-ttl

缺省情况下，TTL 阈值为 0。

5.2.10 控制接收的源信息

请在 MSDP 视图进行下列配置。

表5-12 控制接收的源信息

操作	命令
过滤掉来自指定 MSDP 对等体的 SA 消息	peer peer-address sa-policy import
接收通过高级访问控制列表过滤的来自指定 MSDP 对等体的 SA 消息	peer peer-address sa-policy import [acl acl-number]
取消对接收的源信息进行过滤	undo peer peer-address sa-policy import

与 MSDP 出方向过滤器的功能相似，配置 MSDP 入方向的过滤器就可以控制接受的 SA 消息。缺省情况下，对从对等体接收到的 SA 消息不进行过滤，全部接受。

5.2.11 配置 MSDP 全连接组

如果需要在几个 MSDP 对等体之间实现完全连接，又要避免 SA 消息的泛滥，就可以将这几个 MSDP 对等体配置为一个全连接组（Mesh Group）。

来自组外的 SA 消息发送给组内其它成员，同时，对来自组内对等体的 SA 消息不再进行 Peer-RPF 检查。也不再在组内转发。这就避免了 SA 消息泛滥，同时，也简化了 Peer-RPF（不需要在 MSDP 对等体之间运行 BGP 或 MBGP）。

请在 MSDP 视图进行下列配置。

表5-13 配置 MSDP 全连接组

操作	命令
配置 MSDP 对等体成为全连接组成员	peer <i>peer-address</i> mesh-group <i>name</i>
取消配置的 MSDP 全连接组成员	undo peer <i>peer-address</i> mesh-group <i>name</i>

将同一 MSDP 对等体配置到多个全连接组时，最后一个有效。

5.2.12 配置 MSDP 连接重试周期

请在 MSDP 视图下进行下列配置。

表5-14 配置 MSDP 连接重试周期

操作	命令
配置 MSDP 连接重试周期	timer retry <i>seconds</i>
恢复 MSDP 连接重试周期的缺省值	undo timer retry

缺省情况下，MSDP 连接重试周期为 30 秒。

5.2.13 关闭 MSDP 对等体

可以对 MSDP 对等体之间的会话进行关闭，根据需要再进行激活。

关闭 MSDP 对等体之间的会话后，TCP 连接关闭，并不再重试建立连接，但配置信息会保留。

请在 MSDP 视图下进行下列配置。

表5-15 关闭 MSDP 对等体

操作	命令
关闭指定的 MSDP 对等体	shutdown <i>peer-address</i>
取消关闭指定的 MSDP 对等体	undo shutdown <i>peer-address</i>

缺省情况下，MSDP 对等体是使能的。

5.2.14 清除 MSDP 连接、统计和 SA 缓存

请在用户视图下进行下列操作。

表5-16 清除 MSDP 连接、统计和 SA 缓存

操作	命令
清除指定的 MSDP 对等体的 TCP 连接，重置所有 MSDP 消息 counters	reset msdp peer <i>peer-address</i>
清除 MSDP 对等体的统计信息	reset msdp statistics [<i>peer-address</i>]
清除 MSDP 的 SA 缓存项	reset msdp sa-cache [<i>group-address</i>]

5.3 MSDP 显示和调试

1. 显示和调试

在完成上述配置后，可在所有视图下执行 **display** 命令显示配置后 MSDP 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 **debugging** 命令可对 MSDP 进行调试。

表5-17 MSDP 显示和调试

操作	命令
显示来自指定自治域的 SA 消息中源和组的数量	display msdp sa-count [<i>as-number</i>]
显示 MSDP 对等体的详细信息	display msdp peer-status [<i>peer-address</i>]
显示从 MSDP 对等体学到的(S,G) 状态	display msdp sa-cache [<i>group-address</i> [<i>source-address</i>]] [<i>autonomous-system-number</i>]
显示 MSDP 对等体状态	display msdp brief
打开 MSDP 的调试信息开关	debugging msdp { all connect event packet source-active }

注意，只有执行了 **cache-sa-enable** 命令之后，执行 **display msdp sa-count** 命令才会有输出。

2. 跟踪 SA 消息在网络中传递的路径

可在所有视图下使用 **mtracert** 命令跟踪组播数据从组播源到目的接收者的所经过的网络路径，定位错误。

表5-18 跟踪 SA 消息在网络中传递的路径

操作	命令
跟踪 SA 消息在网络中传递的路径	msdp-tracert { <i>source-address</i> } { <i>group-address</i> } { <i>rp-address</i> } [<i>max-hops max-hops</i>] [<i>next-hop-info</i>] [<i>sa-info</i>] [<i>peer-info</i>] [<i>skip-hops skip-hops</i>]

通过跟踪指定（S，G，RP）项的网络路径，可以定位消息丢失、减少配置错误等问题。在确定 SA 消息的传递路径后，通过正确配置，可以避免 SA 消息泛滥。

5.4 MSDP 典型配置举例

5.4.1 配置静态 RPF 对等体

1. 组网需求

在下图所示的环境中，四台路由器均在 PIM-SM 域上，它们之间没有运行 BGP 或 MBGP。

为了使路由器 D 能够获得 PIM-SM 域 1、域 2 和域 3 三个域中指定的源信息，可以配置带有 **rp-policy** 参数的静态 RPF 对等体。

配置完成后，路由器 RTD 只接收来自其静态 RPF 对等体且被相应过滤策略允许的 SA 消息。

2. 组网图

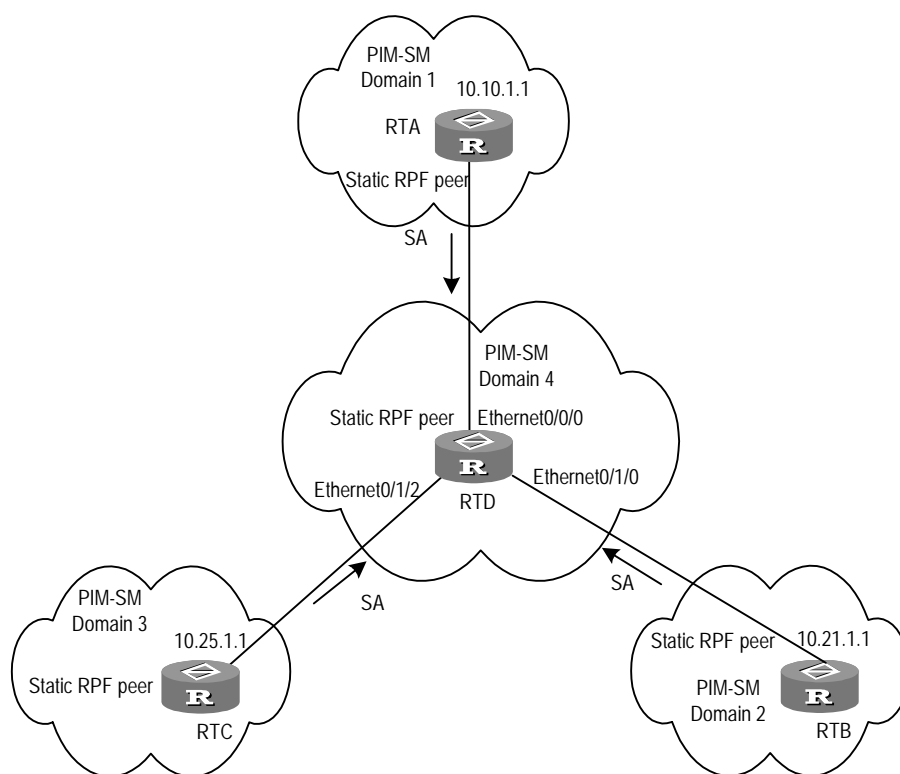


图5-3 配置静态 RPF 对等体

3. 配置步骤

配置路由器 RTA 为 RTD 的静态 RPF 对等体：


```
<RTD> system-view
```

```
[RTD] ip ip-prefix list-a permit 10.10.0.0 16
[RTD] msdp
[RTD-msdp] peer 10.10.1.1 connect-interface ethernet 0/0/0
[RTD-msdp] static-rpf-peer 10.10.1.1 rp-policy list-a
# 配置路由器 RTB 为 RTD 的静态 RPF 对等体：
[RTD] ip ip-prefix list-b permit 10.21.0.0 16
[RTD] msdp
[RTD-msdp] peer 10.21.1.1 connect-interface ethernet 0/1/0
[RTD-msdp] static-rpf-peer 10.21.1.1 rp-policy list-b
# 配置路由器 RTC 为 RTD 的静态 RPF 对等体：
[RTD] ip ip-prefix list-c permit 10.25.0.0 16
[RTD] msdp
[RTD-msdp] peer 10.25.1.1 connect-interface ethernet 0/1/2
[RTD-msdp] static-rpf-peer 10.25.1.1 rp-policy list-c
```

5.4.2 配置 Anycast RP

1. 组网需求

在 PIM-SM 域内配置 Anycast RP。RTA 和 RTB 之间建立 MSDP 对等体，在 RTA 和 RTB 上配置向外发送 SA 消息时使用 Loopback0 地址；配置 RTA 和 RTB 的 Loopback10 接口为 BSR/RP，并配置 Anycast RP 地址，以达到当有组播组成员加入时，与主机直接相连的路由器能够向拓扑距离最近的 RP 发起加入的目的。

 说明：

本例主要进行 RTA 和 RTB 的配置，由于 RTE、RTD 和 RTC 上的配置主要是启动组播和在各个接口上启动 PIM-SM 协议，本举例将省略此部分内容。

2. 组网图

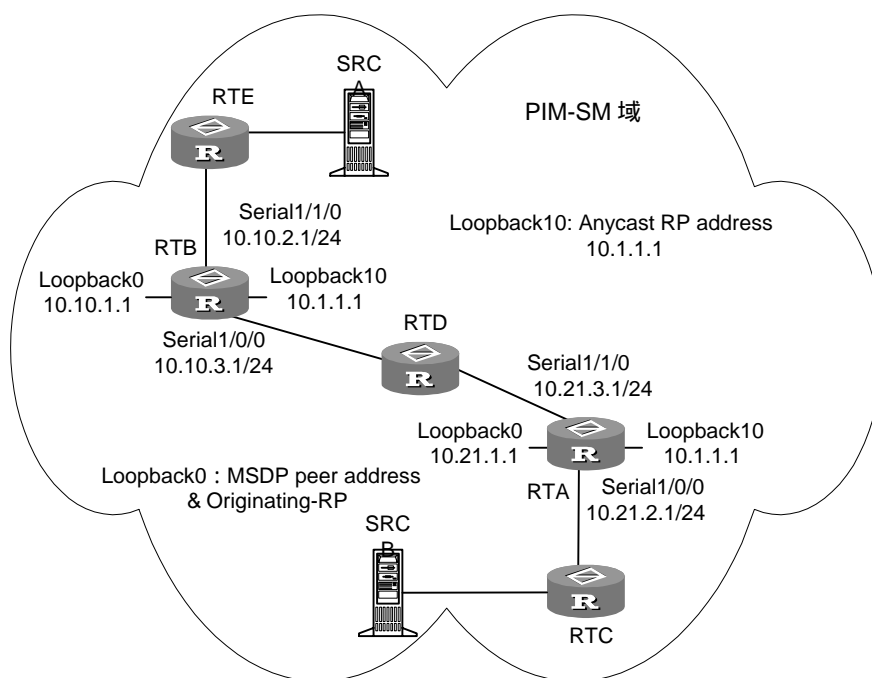


图5-4 配置 Anycast RP

3. 配置步骤

(1) 配置路由器 RTB

启动组播。

```
<RTB> system-view
```

```
[RTB] multicast routing-enable
```

配置接口 Loopback0 的 IP 地址。

```
[RTB] interface loopback0
```

```
[RTB-LoopBack0] ip address 10.10.1.1 255.255.255.255
```

```
[RTB-LoopBack0] quit
```

配置接口 Loopback10 的 IP 地址，启动 PIM-SM。

```
[RTB] interface loopback10
```

```
[RTB-LoopBack10] ip address 10.1.1.1 255.255.255.255
```

```
[RTB-LoopBack10] pim sm
```

```
[RTB-LoopBack10] quit
```

配置接口 Serial1/1/0 的 IP 地址，启动 PIM-SM。

```
[RTB] interface serial 1/1/0
```

```
[RTB-Serial1/1/0] ip address 10.10.2.1 255.255.255.0
```

```
[RTB-Serial1/1/0] pim sm
```

```
[RTB-Serial1/1/0] undo shutdown
```

```
[RTB-Serial1/1/0] quit
# 配置接口 Serial1/0/0 的 IP 地址，启动 PIM-SM。

[RTB] interface serial 1/0/0
[RTB-Serial1/0/0] ip address 10.10.3.1 255.255.255.0
[RTB-Serial1/0/0] pim sm
[RTB-Serial1/0/0] undo shutdown
[RTB-Serial1/0/0] quit

# 配置 OSPF。

[RTB] ospf
[RTB-ospf-1] area 0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.10.2.0 0.255.255.255
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.10.3.0 0.255.255.255
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.1.1.1 0.0.0.0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.10.1.1 0.0.0.0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[RTB-ospf-1] quit

# 配置 RTA 为其 MSDP 对等体。

[RTB] msdp
[RTB-msdp] peer 10.21.1.1 connect-interface loopback 0

# 配置 Originating RP。

[RTB-msdp] originating-rp loopback0
[RTB-msdp] quit

# 配置候选 RP 和 BSR。

[RTB] pim
[RTB-pim] c-rp loopback 10
[RTB-pim] c-bsr loopback 10 30
```

(2) 配置路由器 RTA

启动组播

```
[RTA] multicast routing-enable
```

配置接口 Loopback0 的 IP 地址。

```
[RTA] interface loopback0
[RTA-LoopBack0] ip address 10.21.1.1 255.255.255.255
[RTA-LoopBack0] quit
```

配置接口 Loopback10 的 IP 地址，启动 PIM-SM。

```
[RTA] interface loopback10
[RTA-LoopBack10] ip address 10.1.1.1 255.255.255.255
[RTA-LoopBack10] pim sm
[RTA-LoopBack10] quit
```

配置接口 Serial1/0/0 的 IP 地址，启动 PIM-SM

```
[RTA] interface serial 1/0/0
[RTA-Serial1/0/0] ip address 10.21.2.1 255.255.255.0
[RTA-Serial1/0/0] pim sm
[RTA-Serial1/0/0] undo shutdown
[RTA-Serial1/0/0] quit
```

配置接口 Serial1/1/0 的 IP 地址，启动 PIM-SM

```
[RTA] interface serial 1/1/0
[RTA-Serial1/1/0] ip address 10.21.3.1 255.255.255.0
[RTA-Serial1/1/0] pim sm
[RTA-Serial1/1/0] undo shutdown
[RTA-Serial1/1/0] quit
```

配置 OSPF 路由。

```
[RTA] ospf
[RTA-ospf-1] area 0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.21.2.0 0.255.255.255
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.21.3.0 0.255.255.255
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.1.1.1 0.0.0.0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.21.1.1 0.0.0.0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[RTA-ospf-1] quit
```

配置 RTB 为其 MSDP 对等体。

```
[RTA] msdp
[RTA-msdp] peer 10.10.1.1 connect-interface loopback 0
```

配置 Originating RP。

```
[RTA-msdp] originating-rp loopback0
[RTA-msdp] quit
```

配置候选 RP 和 BSR。

```
[RTA] pim
[RTA-pim] c-rp loopback 10
[RTA-pim] c-bsr loopback 10 30
```

5.4.3 MSDP 综合组网举例

1. 组网需求

在如下网络中，组播源位于 PIM-SM 域 1，接收者位于 PIM-SM 域 2、3、4，接收“影视热线”节目。域间运行 MSDP，在 PIM-SM 域 1 内配置 Anycast RP，PIM-SM 各个域的 RP 建立 MSDP 对等体关系，域间使用 MBGP 组播扩展路由协议（此部分命令请参见下一章）。

说明：

为了更加清晰地说明 MSDP 及 IGMP 等的配置，本例中假设域 1 不存在接收者，域 2、3、4 中加入组播组的接收者连接到路由器的以太网口上。

RTF 的配置请参考 RTA 和 RTE。

RTC、RTD 的配置比较简单，仅启动组播路由即可，请参考 RTB。

RTH、RTI 的配置请参考 RTG。

2. 组网图

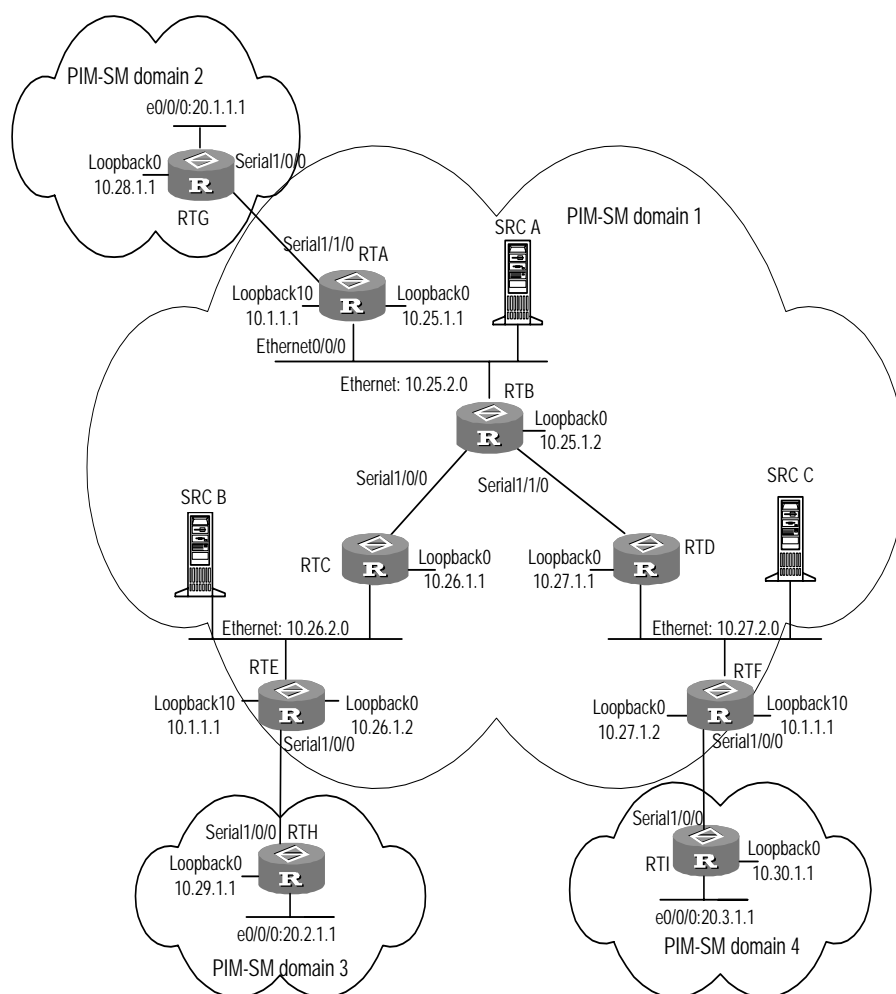


图5-5 MSDP 综合组网举例组网图

3. 配置步骤

(1) 配置路由器 RTA

启动组播。

```
<RTA> system-view
```

```
[RTA] multicast routing-enable
```


配置接口 loopback0 的 IP 地址，启动 PIM-SM。

```
[RTA] interface loopback0
[RTA-LoopBack0] ip address 10.25.1.1 255.255.255.255
[RTA-LoopBack0] pim sm
[RTA-LoopBack0] quit
```

配置接口 loopback10 的 IP 地址，启动 PIM-SM。

```
[RTA] interface loopback10
[RTA-LoopBack10] ip address 10.1.1.1 255.255.255.255
[RTA-LoopBack10] pim sm
[RTA-LoopBack10] quit
```

配置接口 ethernet 0/0/0 的 IP 地址，启动 PIM-SM。

```
[RTA] interface ethernet 0/0/0
[RTA-Ethernet0/0/0] ip address 10.25.2.3 255.255.255.0
[RTA-Ethernet0/0/0] pim sm
[RTA-Ethernet0/0/0] undo shutdown
[RTA-Ethernet0/0/0] quit
```

配置接口 serial 1/1/0 的 IP 地址，启动 PIM-SM。

```
[RTA] interface serial 1/1/0
[RTA-Serial1/1/0] ip address 10.25.3.1 255.255.255.0
[RTA-Serial1/1/0] pim sm
[RTA-Serial1/1/0] undo shutdown
[RTA-Serial1/1/0] quit
```

配置 OSPF。

```
[RTA] ospf
[RTA-ospf-1] area 0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.25.2.0 0.0.0.255
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.1.1.1 0.0.0.0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.25.1.1 0.0.0.0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[RTA-ospf-1] quit
```

配置 IBGP 对等体 RTE。

```
[RTA] bgp 100
[RTA-bgp] undo synchronization
[RTA-bgp] group rte internal
[RTA-bgp] peer 10.26.1.2 group rte
[RTA-bgp] peer rte connect-interface loopback0
[RTA-bgp] peer rte next-hop-local
[RTA-bgp] ipv4-family multicast
[RTA-bgp-af-mul] peer rte enable
```

```
[RTA-bgp-af-mul] peer 10.26.1.2 group rte
[RTA-bgp-af-mul] peer rte next-hop-local
[RTA-bgp-af-mul] quit
```

配置 IBGP 对等体 RTF。

```
[RTA-bgp] group rtf internal
[RTA-bgp] peer 10.27.1.2 group rtf
[RTA-bgp] peer rtf connect-interface loopback0
[RTA-bgp] peer rtf next-hop-local
[RTA-bgp] ipv4-family multicast
[RTA-bgp-af-mul] peer rtf enable
[RTA-bgp-af-mul] peer rtf next-hop-local
[RTA-bgp-af-mul] quit
```

配置 EBGP 对等体 RTG。

```
[RTA-bgp] group rtg external
[RTA-bgp] peer 10.28.1.1 group rtg as-number 200
[RTA-bgp] peer rtg next-hop-local
[RTA-bgp] peer rtg default-route-advertise
[RTA-bgp] peer rtg ebgp-max-hop 255
[RTA-bgp] ipv4-family multicast
[RTA-bgp-af-mul] peer 10.28.1.1 group rtg
[RTA-bgp-af-mul] peer rtg enable
[RTA-bgp-af-mul] peer rtg next-hop-local
[RTA-bgp-af-mul] quit
[RTA-bgp] quit
```

配置 MSDP 对等体、全连接组和 Originating RP。

```
[RTA] msdp
[RTA-msdp] static-rpf-peer 10.28.1.1
[RTA-msdp] peer 10.28.1.1 connect-interface loopback 0
[RTA-msdp] peer 10.26.1.2 connect-interface loopback 0
[RTA-msdp] peer 10.27.1.2 connect-interface loopback 0
[RTA-msdp] peer 10.26.1.2 mesh-group net
[RTA-msdp] peer 10.27.1.2 mesh-group net
[RTA-msdp] originating-rp loopback0
[RTA-msdp] quit
```

配置候选 RP 和 BSR。

```
[RTA] pim
[RTA-pim] c-rp loopback 10
[RTA-pim] c-bsr loopback 0 30
```

(2) 配置路由器 RTE

启动组播。

```
[RTE] multicast routing-enable

# 配置接口 IP 地址，启动 PIM-SM。

[RTE] interface loopback0
[RTE-LoopBack0] ip address 10.26.1.2 255.255.255.255
[RTE-LoopBack0] pim sm
[RTE-LoopBack0] quit

# 配置接口 IP 地址，启动 PIM-SM。

[RTE] interface loopback10
[RTE-LoopBack10] ip address 10.1.1.1 255.255.255.255
[RTE-LoopBack10] pim sm
[RTE-LoopBack10] quit

# 配置接口 IP 地址，启动 PIM-SM。

[RTE] interface ethernet 0/0/0
[RTE-Ethernet0/0/0] ip address 10.26.2.3 255.255.255.0
[RTE-Ethernet0/0/0] pim sm
[RTE-Ethernet0/0/0] undo shutdown
[RTE-Ethernet0/0/0] quit

# 配置接口 IP 地址，启动 PIM-SM。

[RTE] interface serial 1/0/0
[RTE-Serial1/0/0] ip address 10.26.3.1 255.255.255.0
[RTE-Serial1/0/0] pim sm
[RTE-Serial1/0/0] undo shutdown
[RTE-Serial1/0/0] quit

# 配置 OSPF。

[RTE] ospf
[RTE-ospf-1] area 0
[RTE-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.26.2.0 0.255.255.255
[RTE-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.1.1.1 0.0.0.0
[RTE-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.26.1.2 0.0.0.0
[RTE-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[RTE-ospf-1] quit

# 配置 IBGP 对等体 RTA。

[RTE] bgp 100
[RTE-bgp] undo synchronization
[RTE-bgp] group rta internal
[RTE-bgp] peer 10.25.1.1 group rta
[RTE-bgp] peer rta connect-interface loopback0
[RTE-bgp] peer rta next-hop-local
[RTE-bgp] ipv4-family multicast
```

```
[RTE-bgp-af-mul] peer 10.25.1.1 group rta
[RTE-bgp-af-mul] peer rta enable
[RTE-bgp-af-mul] peer rta next-hop-local
[RTE-bgp-af-mul] quit
```

配置 IBGP 对等体 RTF。

```
[RTE-bgp] group rtf internal
[RTE-bgp] peer 10.26.1.2 group rtf
[RTE-bgp] peer rtf connect-interface loopback0
[RTE-bgp] peer rtf next-hop-local
[RTE-bgp] ipv4-family multicast
[RTE-bgp-af-mul] peer 10.26.1.2 group rtf
[RTE-bgp-af-mul] peer rtf enable
[RTE-bgp-af-mul] peer rtf next-hop-local
[RTE-bgp-af-mul] quit
[RTE-bgp] quit
```

配置 MSDP 对等体、全连接组和 Originating RP。

```
[RTE] msdp
[RTE-msdp] peer 10.29.1.1 connect-interface loopback 0
[RTE-msdp] static-rpf-peer 10.29.1.1
[RTE-msdp] peer 10.25.1.1 connect-interface loopback 0
[RTE-msdp] peer 10.27.1.2 connect- interface loopback 0
[RTE-msdp] peer 10.25.1.1 mesh-group net
[RTE-msdp] peer 10.27.1.2 mesh-group net
[RTE-msdp] originating-rp loopback0
[RTE-msdp] quit
[RTE] ip route-static 10.29.1.1 255.255.255.0 serial1/0/0
```

配置候选 RP 和 BSR。

```
[RTE] pim
[RTE-pim] c-rp loopback 10
[RTE-pim] c-bsr loopback 0 30
```

(3) 配置路由器 RTB

启动组播。

```
[RTB] multicast routing-enable
```

配置接口 IP 地址，启动 PIM-SM。

```
[RTB] interface ethernet 0/0/0
[RTB-Ethernet0/0/0] ip address 10.25.2.4 255.255.255.0
[RTB-Ethernet0/0/0] pim sm
[RTB-Ethernet0/0/0] undo shutdown
```

(4) 配置路由器 RTG

启动组播。

```
<RTG> system-view
[RTG] multicast routing-enable
```

配置接口 loopback0 的 IP 地址，启动 PIM-SM。

```
[RTG] interface loopback0
[RTG-LoopBack0] ip address 10.28.1.1 255.255.255.255
[RTG-LoopBack0] pim sm
[RTG-LoopBack0] quit
```

配置接口 serial 1/0/0 的 IP 地址，启动 PIM-SM。

```
[RTA] interface serial 1/0/0
[RTA-Serial1/0/0] ip address 10.25.3.2 255.255.255.0
[RTA-Serial1/0/0] pim sm
[RTA-Serial1/0/0] quit
```

配置接口 ethernet0/0/0 的 IP 地址，启动 PIM-SM、IGMP。

```
[RTG] interface ethernet0/0/0
[RTG-ethernet0/0/0] ip address 20.1.1.1 255.255.255.255
[RTG-ethernet0/0/0] pim sm
[RTG-ethernet0/0/0] igmp enable
[RTG-ethernet0/0/0] quit
```

配置 MSDP 对等体和 Originating RP。

```
[RTA] msdp
[RTA-msdp] static-rpf-peer 10.28.1.1
[RTA-msdp] peer 10.25.1.1 connect-interface loopback 0
[RTA-msdp] originating-rp loopback0
[RTA-msdp] quit
```

配置候选 RP 和 BSR。

```
[RTA] pim
[RTA-pim] c-rp loopback 0
[RTA-pim] c-bsr loopback 0 30
```

(5) 配置组播源

在组播源上逐一配置组播节目对应的组播地址，如“影视热线”节目对应组播地址 224.0.1.1。

(6) 配置接收者

Receiver 首先跟组播源建立 http 连接，然后在客户端软件上选择“影视热线”节目即可。

第6章 MBGP 组播扩展配置

6.1 MBGP 组播扩展简介

6.1.1 MBGP 组播扩展概述

目前使用最多的域间单播路由协议是 BGP-4，由于组播的网络拓扑和单播拓扑有可能不同，为了实现域间组播路由信息的传递，必须对 BGP-4 进行改动。网络中的一些路由器可能只支持单播不支持组播，也可能按照策略配置不转发组播分组。为了构造域间组播路由树，除了要知道单播路由信息外，还要知道网络中哪些部分是支持组播的，即组播的网络拓扑情况。

BGP-4 已被证明是一个有效、稳定的单播域间路由协议，因此合理的解决方案是对 BGP-4 协议进行增强和扩展，而不是构建一套全新的协议。RFC2858 中规定了对 BGP 进行多协议扩展的方法，扩展后的 BGP（Multiprotocol BGP，MBGP，也称为 BGP-4+）不仅能携带 IPv4 单播路由信息，也能携带其它网络层协议（如组播、IPv6 等）的路由信息，携带组播路由信息只是其中一个扩展功能。本章主要介绍 MBGP 组播扩展。

有了 MBGP 之后，单播和组播路由信息可以通过同一个进程交换，存放在不同的路由表里。由于 MBGP 是 BGP-4 协议的一个增强版，因此 BGP-4 所支持的常见的策略和配置方法都可以用到组播里。

6.1.2 MBGP 为组播扩展的属性

为了在 MBGP 中支持组播能力，RFC2858 在 UPDATE 报文里定义了两个新的路径属性：MP_REACH_NLRI 和 MP_UNREACH_NLRI。MP_REACH_NLRI（多协议可达 NLRI，Multiprotocol Reachable NLRI）和 MP_UNREACH_NLRI（多协议不可达 NLRI，Multiprotocol Unreachable NLRI）。它们都是可选非过渡（optional non-transitive）属性，即：不支持 MBGP 的路由器可以忽略这些属性里的信息，不转发这些属性。

在 MP_REACH_NLRI 和 MP_UNREACH_NLRI 属性中所携带的信息中，包含了 AFI（Address Family Identifier，地址族标识）和 SAFI（Subsequent Address Family Identifier，补充地址族标识）字段，可以指定属性信息是针对哪个地址族的。SAFI 是对 NLRI（Network Layer Reachability Information）中信息的补充：1 表示 NLRI 中的信息是单播模式，2 表示 NLRI 中的信息是组播模式。

1. MP_REACH_NLRI 属性

MP_REACH_NLRI 是可选非过渡属性，具有以下用途：

- 发送可达新协议的路由；
- 发送新协议的下一跳信息，编码方式与 NLRI 相同；
- 允许路由器报告部分或全部存在于本地系统的子网接入点（Subnetwork Points of Attachment，SNPA）；

2. MP_UNREACH_NLRI 属性

MP_UNREACH_NLRI 属性是可选非过渡属性，用于取消一条或多条不可达路由，包含的字段有：

- AFI、SAFI；
- Withdrawn Routes：取消的路由，其中包括一个或多个 NLRI，NLRI 里的内容是可达的目的地址。

包含 MP_UNREACH_NLRI 属性的 UPDATE 报文不要求携带其他路径属性。

由于增加了这两个属性，MBGP 具有携带多协议信息的功能。MBGP 既可以支持单播又可以支持组播，在网络中构建不同的单播和组播拓扑结构，而且能分别支持不同的策略。所以，针对某一个策略，MBGP 构造出来的域间单播和组播转发路由可能是不同的。

6.1.3 MBGP 的运行方式与消息类型

MBGP 在路由器上以下列两种方式运行：

- IBGP（Internal BGP）
- EBGp（External BGP）

当 MBGP 运行于同一自治系统（AS）内部时，被称为 IBGP；当 MBGP 运行于不同自治系统之间时，称为 EBGp。

MBGP 有四种消息：

- Open Message
- Update Message
- Notification Message
- Keepalive Message

Open Message 是连接建立后第一个发送的消息，它用于建立 BGP 对等体间的连接关系。Notification Message 是错误通告消息。Keepalive Message 是用于检测连接有效性的消息。Update Message 是 MBGP 系统中最重要信息，用于在对等体之间交换路由信息，它最多由三部分构成：不可达路由(MP_UNREACH_NLRI)、路径属性（Path Attributes）、网络可达性信息（MP_REACH_NLRI）。


6.2 MBGP 组播扩展配置

MBGP 组播扩展的基本配置包括：

- 启动 MBGP 组播扩展协议
- 指定 MBGP 组播扩展要通告的网络路由

MBGP 组播扩展的高级配置包括：

- 配置自治系统的 MED 值
- 比较来自不同自治系统邻居路径的 MED 值
- 配置本地优先级
- 配置 MBGP 定时器
- 配置 MBGP 对等体/对等体组
- 配置 MBGP 路由聚合
- 配置 MBGP 路由反射器
- 配置 MBGP 团体属性
- 配置 MBGP 与 IGP 的交互
- 定义 AS 路径列表和路由策略
- 配置 MBGP 路由过滤
- 复位 BGP 连接

 说明：

以下仅详细列出在 IPv4 组播子地址族视图下配置的任务，其他在 BGP 视图下或者系统视图下进行配置的任务只列出标题及简单描述，具体配置请参见本手册的“路由协议”之“BGP 配置”和“IP 路由策略”部分。

6.2.1 启动 MBGP 组播扩展协议

启动 MBGP 组播扩展协议时应进入 IPv4 地址族的组播子地址族。

启动 MBGP 组播扩展协议后，路由器还不接收相邻路由器的 MBGP 连接请求。要使路由器主动向相邻路由器发出 MBGP 连接请求，请检查 MBGP 对等体的配置。

去掉 MBGP 组播地址族时，MBGP 将切断所有已经建立的 MBGP 连接。

请在 BGP 视图下进行下列配置。

表6-1 启动 MBGP 组播扩展协议

操作	命令
进入 MBGP 组播地址族模式	ipv4-family multicast
去掉 MBGP 组播地址族模式	undo ipv4-family multicast

缺省情况下，系统不运行 MBGP 组播扩展协议。

6.2.2 指定 MBGP 组播扩展要通告的网络路由

用 **network** 命令来指定 MBGP 要向对等体通告的网络路由，同时也可指定此网络路由的掩码和使用的 Route-policy。

请在 IPv4 组播子地址族视图下进行下列配置。

表6-2 指定 MBGP 组播扩展要通告的网络路由

操作	命令
配置本地 MBGP 要通告的网络路由	network <i>ip-address</i> [<i>address-mask</i>] [route-policy <i>policy-name</i>]
取消本地 MBGP 要通告的网络路由	undo network <i>ip-address</i> [<i>address-mask</i>] [route-policy <i>policy-name</i>]

缺省情况下，本地 MBGP 不通告任何路由。

使用 **network** 命令通告的是精确匹配的路由，即前缀与掩码要与配置完全符合才能正确发布。如果没有指定掩码，则按照自然网段进行精确匹配。

6.2.3 配置自治系统的 MED 值

在 BGP 视图下配置的 MED，同时对单播和组播都起作用。

此项配置请参见本手册的“路由协议”之“BGP 配置”部分。

6.2.4 比较来自不同自治系统邻居路径的 MED 值

除非能够确认不同的自治系统采用了同样的 IGP 和路由选择方式，否则不要使用该配置。在 BGP 视图下进行该项配置，对单播和组播都起作用。

此项配置请参见本手册的“路由协议”之“BGP 配置”部分。

6.2.5 配置本地优先级

可用配置不同本地优先级的方法来影响 MBGP 路由选择。当一个运行 MBGP 的路由器通过不同邻居得到了目的地相同、下一跳不同的路由时，将选取本地优先级最高的路由作为到达目的地的路由。

该配置对单播和组播都起作用。

此项配置请参见本手册的“路由协议”之“BGP 配置”部分。

6.2.6 配置 MBGP 定时器

当一台路由器与对端路由器建立了 MBGP 连接后，定时向对端发送 Keepalive 消息，指示连接通路正常，可以保持连接。若路由器在设定的连接保持时间内（Holdtime）未收到对端的 Keepalive 消息或任何其它类型的消息，即认为此 MBGP 连接已经被中断，从而退出此 MBGP 连接，并对从此 MBGP 连接收到的路由进行相应的处理。因此，发送 Keepalive 消息的间隔时间和 MBGP 连接保持时间间隔是 MBGP 机制中两个非常重要的参数。

该配置对单播和组播都起作用。

此项配置请参见本手册的“路由协议”之“BGP 配置”部分。

6.2.7 配置 MBGP 对等体/对等体组

MBGP 对等体组的使用是为了方便用户配置。当用户启动若干配置相同的对等体时，可先创建一对等体组并将其配置好；然后将各对等体加入到此对等体组中以使其获得与此对等体组相同的配置。



注意：

请在技术支持人员的指导下配置对等体组。

以下关于对等体/对等体组的各项配置均在 IPv4 组播子地址族视图下进行。

1. 创建对等体组及加入组员

缺省情况下，IBGP 对等体会加入到一个默认的对等体组中，不需要进行配置。这个默认的对等体组是不可见的，对任何一个 IBGP 对等体的路由更新策略的配置只对其所在组内的其它 IBGP 对等体有效。若路由器不是路由反射器，所有 IBGP 对等体在同一个组内；否则，所有的路由反射客户在一个组内，非客户在另一个组内。

EBGP 对等体组的成员必须在同一网段内，否则某些 EBGP 对等体可能会丢弃本路由器发送的路由更新报文。

不能将 IBGP 对等体和 EBGP 对等体加入同一个组中。

表6-3 创建对等体组及加入组员

操作	命令
创建一个对等体组	group <i>group-name</i>
删除指定的对等体组	undo group <i>group-name</i>

操作	命令
在对等体组中创建一个对等体	peer <i>peer-address</i> group <i>group-name</i>
从对等体组中删除一个对等体	undo peer <i>peer-address</i> group <i>group-name</i>
复位对等体组所有成员的连接（用户视图）	reset bgp group <i>group-name</i>

2. 使能对等体/对等体组

表6-4 使能对等体/对等体组

操作	命令
使能指定对等体/对等体组	peer <i>group-name</i> enable
去使能指定对等体/对等体组	undo peer <i>group-name</i> enable

3. 配置将 MBGP 团体属性传给对等体/对等体组

表6-5 配置将团体属性传给对等体

操作	命令
配置将团体属性传给对等体/对等体组	peer <i>group-name</i> advertise-community
不将团体属性传给对等体/对等体组	undo peer <i>group-name</i> advertise-community

缺省情况下，不将团体属性传给任何对等体/对等体组。

4. 配置对等体/对等体组为 MBGP 路由反射器的客户

表6-6 配置对等体为 BGP 路由反射器的客户

操作	命令
配置对等体/对等体组作为 MBGP 路由反射器客户	peer <i>group-name</i> reflect-client
取消对等体/对等体组作为 MBGP 路由反射器客户	undo peer <i>group-name</i> reflect-client

缺省情况下，自治系统中无路由反射器。

一般来说，不需要为对等体组配置此命令。保留该项配置是为了在某些情况下与其他厂商的设备兼容。

5. 配置在发布路由时将自身地址作为下一跳

取消向对等体/对等体组发布的路由中下一跳的处理，把自身地址作为下一跳。此配置只对 IBGP 对等体/对等体组有效。

表6-7 配置在发布路由时将自身地址作为下一跳

操作	命令
发布路由时将自身地址作为下一跳	peer group-name next-hop-local
发布路由时不将自身地址作为下一跳	undo peer group-name next-hop-local

6. 配置发送 BGP 更新报文时只携带公共 AS 号

表6-8 配置发送 BGP 更新报文时只携带公共 AS 号

操作	命令
配置发送 BGP 更新报文时只携带公共 AS 号	peer group-name public-as-only
配置发送 BGP 更新报文时携带私有 AS 号。	undo peer group-name public-as-only

缺省情况下，发送 BGP 更新报文时，携带私有自治系统号。

7. 配置本地 AS 号的重复次数

该命令可配置本地 AS 号的重复次数。

请在 IPv4 组播子地址族视图下进行下列配置。

表6-9 配置 AS 号的重复次数

操作	命令
配置本地 AS 号的重复次数	peer { group-name peer-address } allow-as-loop [number]
取消配置本地 AS 号的重复次数	undo peer { group-name peer-address } allow-as-loop

缺省情况下，*number* 取值为 3。

6.2.8 配置 MBGP 对等体/对等体组的路由过滤

请在 IPv4 组播子地址族视图下进行下列配置。

1. 指定对等体/对等体组的路由策略

对等体组的成员必须与所在的组使用相同的出方向路由更新策略，但入方向的策略可以不同。即，对外发布路由时，一个对等体组遵循的策略是相同的，而在接收路由时，各对等体可以选择自己的策略。

表6-10 指定对等体/对等体组的路由策略

操作	命令
配置 MBGP 对从对等体/对等体组接收到的路由应用路由策略	peer { group-name peer-address } route-policy policy-name import
取消该路由策略	undo peer { group-name peer-address } route-policy policy-name import
配置 MBGP 对向对等体/对等体组发送的路由应用路由策略	peer group-name route-policy policy-name export
取消该路由策略	undo peer group-name route-policy policy-name export

缺省情况下，不对接收及发送的路由应用路由策略。

2. 配置对等体/对等体组的基于 IP 访问控制列表的路由过滤策略

表6-11 配置对等体/对等体组的基于 IP 访问控制列表的路由过滤策略

操作	命令
配置 MBGP 基于访问控制列表过滤从对等体/对等体组收到的路由	peer { group-name peer-address } filter-policy acl-number import
取消对接收路由的过滤	undo peer { group-name peer-address } filter-policy acl-number import
配置 MBGP 基于访问控制列表过滤向对等体/对等体组发布的路由	peer group-name filter-policy acl-number export
取消对发布路由的过滤	undo peer group-name filter-policy acl-number export

缺省情况下，不对接收及发布的路由进行过滤。

3. 配置对等体/对等体组的基于 AS 路径列表的路由过滤策略

表6-12 配置对等体/对等体组的基于 AS 路径列表的过滤策略

操作	命令
配置 MBGP 基于 AS 路径列表过滤从对等体/对等体组收到的路由	peer { group-name peer-address } as-path-acl number import
取消对接收路由的过滤	undo peer { group-name peer-address } as-path-acl number import
配置 MBGP 基于 AS 路径列表过滤向对等体/对等体组发布的路由	peer group-name as-path-acl number export
取消对发布路由的过滤	undo peer group-name as-path-acl number export

缺省情况下，不对接收及发布的路由进行过滤。

4. 配置对等体/对等体组的基于前缀列表的路由过滤策略

表6-13 配置对等体/对等体组的基于前缀列表的路由过滤策略

操作	命令
配置 MBGP 基于地址前缀列表过滤从对等体/对等体组收到的路由	peer { <i>group-name</i> <i>peer-address</i> } ip-prefix <i>prefixname</i> import
取消对接收路由的过滤	undo peer { <i>group-name</i> <i>peer-address</i> } ip-prefix <i>prefixname</i> import
配置 MBGP 基于地址前缀列表过滤向对等体/对等体组发布的路由	peer <i>group-name</i> ip-prefix <i>prefixname</i> export
取消对发布路由的过滤	undo peer <i>group-name</i> ip-prefix <i>prefixname</i> export

缺省情况下，不对接收及发布的路由进行过滤。

6.2.9 配置 MBGP 路由聚合

MBGP 支持路由的手动聚合。手动聚合是对 MBGP 本地路由进行的聚合，在手动聚合方式下还可进行一系列参数的配置。

请在 IPv4 组播子地址族视图下进行下列配置。

表6-14 配置 MBGP 路由聚合

操作	命令
配置本地路由聚合	aggregate <i>address mask</i> [as-set] [detail-suppressed] [suppress-policy <i>route-policy-name</i>] [origin-policy <i>route-policy-name</i>] [attribute-policy <i>route-policy-name</i>]
取消本地路由聚合	undo aggregate <i>address mask</i> [as-set] [detail-suppressed] [suppress-policy <i>route-policy-name</i>] [origin-policy <i>route-policy-name</i>] [attribute-policy <i>route-policy-name</i>]

缺省情况下，MBGP 不对本地路由进行聚合。

6.2.10 配置 MBGP 路由反射器

为保证 MBGP 组播对等体之间的连通性，IBGP 组播对等体之间需要建立全闭环网。在某些网络中，内部 MBGP 组播网络非常大，建立全闭环网开销很大。路由反射器的基本思路是：指定一个路由器作为内部对话的焦点。多个 MBGP 组播路由器可以与一个中心点对等化，然后多个路由反射器再进行对等化。路由反射器作为其它路由器的集中点，其它路由器就称为客户机。客户机与路由反射器对等并与其交换选路信息。路由反射器依次在客户机之间传递（反射）信息。

有关原理详细描述及具体配置请参见本手册的“路由协议”之“BGP 配置”部分

6.2.11 配置 MBGP 团体属性

在 MBGP 的范围内，一个团体是一组具有公共性质的目的地。一个团体不限于一个网络或一个自治系统，没有物理边界的概念。

具体配置请参见本手册的“路由协议”之“BGP 配置”部分。

6.2.12 配置 MBGP 引入 IGP 的路由信息

MBGP 可以向其它的自治区域发送本区域的内部网络的信息。为了达到此目的，可以将本地路由器通过 IGP 路由协议得到的关于本区域内部的网络信息通过 MBGP 发送出去。

请在 IPv4 组播子地址族视图下进行下列配置。

表6-15 引入 IGP 的路由信息

操作	命令
配置 MBGP 引入 IGP 的路由信息	import-route <i>protocol</i> [route-policy <i>policy-name</i>] [med <i>metric</i>]
取消引入 IGP 的路由信息	undo import-route <i>protocol</i>

缺省情况下，MBGP 不引入其它协议的路由。

*protocol*指定可引入的源路由协议，目前可为 direct、static、rip、isis、ospf 与 ospf-ase、ospf-nssa。

6.2.13 定义 AS 路径列表和路由策略

有关 AS 路径列表和路由策略（Route-policy）的配置有：

- 配置自治系统的正则表达式（系统视图下）

MBGP 的 UPDATE 消息中，包含一 AS_PATH 域，在 MBGP 交换路由信息的过程中，路由信息经过的自治系统路径会记录在这个域中。

- 定义路由策略（Route-policy）（系统视图下）
- 定义匹配规则（路由策略视图下）
- 定义赋值规则（路由策略视图下）

有关自治系统的正则表达式的具体配置请参见本手册的“路由协议”之“BGP 配置”部分；其他配置请参见该手册“路由协议”之“IP 路由策略配置”部分。

6.2.14 配置 MBGP 路由过滤

MBGP 的路由过滤和单播 BGP 的路由过滤的配置是一样的。

具体配置请参见本手册的“路由协议”之“BGP 配置”部分。

6.2.15 复位 BGP 连接

用户改变 MBGP 的策略或协议配置后，必须切断当前 BGP 连接，使新配置生效。

具体配置请参见本手册的“路由协议”之“BGP 配置”部分。

6.3 MBGP 显示和调试

在完成上述配置后，可在所有视图下执行 **display** 命令显示配置后 MBGP 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 **debugging** 命令可对 MBGP 进行调试。

表6-16 MBGP 显示和调试

操作	命令
显示 MBGP 路由表中的信息	display bgp multicast routing-table <i>ip-address</i>
显示 BGP 路由表中匹配的 as-path 访问控制列表的 MBGP 路由	display bgp multicast routing-table as-path-acl <i>as-path-acl</i>
显示 CIDR 路由	display bgp multicast routing-table cidr
显示指定 MBGP 团体的路由信息	display bgp multicast routing-table community [<i>community-number</i> no-export-subconfed no-advertise no-export whole-match]
显示指定 MBGP 团体列表允许的路由信息	display bgp multicast routing-table community-list <i>community-list-number</i> [whole-match]
显示具有不一致的源 AS 的路由	display bgp multicast routing-table different-origin-as
查看从指定组播邻居接收的路由或向该邻居发送的路由	display bgp multicast routing-table peer <i>peer-address</i> { received advertised }
显示通过 MBGP 通告的路由信息	display bgp multicast network
显示对等体组信息	display bgp multicast group [<i>group-name</i>]
显示 MBGP 对等体的信息	display bgp multicast peer [<i>ip-address</i> verbose]
打开 MBGP UPDATE 报文调试信息开关	debugging bgp mp-update [receive send verbose]

6.4 MBGP 组播扩展典型配置举例

1. 组网需求

本例说明如何通过 MBGP 属性来管理路由选择。

所有路由器都配置 MBGP。AS200 中的 IGP 使用 OSPF。路由器 A 在 AS100 中，并作为 AS200 中的路由器 B 和路由器 C 的 MBGP 邻居。路由器 B 和路由器 C 对路由器 D 运行 IBGP，路由器 D 也在 AS200 中。

2. 组网图

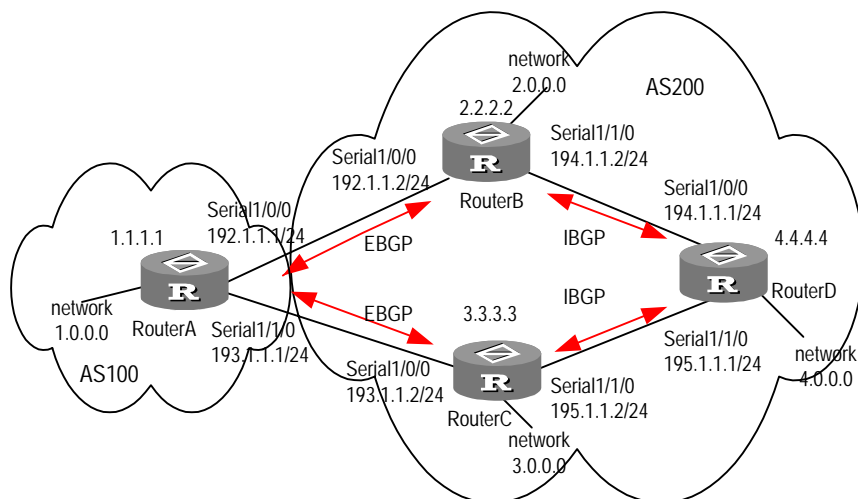


图6-1 配置 MBGP 路径选择的组网图

3. 配置步骤

(1) 配置 Router A

```
<RouterA> system-view
[RouterA] interface serial 1/0/0
[RouterA-Serial1/0/0] ip address 192.1.1.1 255.255.255.0
[RouterA-Serial1/0/0] quit
[RouterA] interface serial 1/1/0
[RouterA-Serial1/1/0] ip address 193.1.1.1 255.255.255.0
[RouterA-Serial1/1/0] quit
```

启动 MBGP。

```
[RouterA] bgp 100
[RouterA-bgp] ipv4-family multicast
```

指定 MBGP 要发送的网络。

```
[RouterA-bgp-af-mul] network 1.0.0.0
[RouterA-bgp-af-mul] network 2.0.0.0
[RouterA-bgp-af-mul] quit
```

配置对等体。

```
[RouterA-bgp] bgp 100
[RouterA-bgp] group a1 external
[RouterA-bgp] peer 192.1.1.2 group a1 as-number 200
[RouterA-bgp] group a2 external
```

```
[RouterA-bgp] peer 193.1.1.2 group a2 as-number 200
[RouterA-bgp] ipv4-family multicast
[RouterA-bgp-af-mul] peer a1 enable
[RouterA-bgp-af-mul] peer 192.1.1.2 group a1
[RouterA-bgp-af-mul] peer a2 enable
[RouterA-bgp-af-mul] peer 193.1.1.2 group a2
[RouterA-bgp-af-mul] quit
```

配置路由器 A 的 MED 属性。

路由器 A 上增加访问控制列表，允许网络 1.0.0.0

```
[RouterA] acl number 2001
[RouterA-acl-basic-2001] rule permit ip source 1.0.0.0 0.255.255.255
```

定义两个路由策略，一个名为 set_med_50，另一个名为 set_med_100，第一个路由策略为网络 1.0.0.0 配置的 MED 属性为 50，第二个的 MED 属性为 100。

```
[RouterA] route-policy set_med_50 permit node 10
[RouterA-route-policy] if-match acl 2001
[RouterA-route-policy] apply cost 50
[RouterA-route-policy] quit
[RouterA] route-policy set_med_100 permit node 10
[RouterA-route-policy] if-match acl 2001
[RouterA-route-policy] apply cost 100
```

应用路由策略 set_med_50 到路由器 C（193.1.1.2）出口路由更新上，应用路由策略 set_med_100 到路由器 B（192.1.1.2）的出口路由更新上。

```
[RouterA] bgp 100
[RouterA-bgp] ipv4-family multicast
[RouterA-bgp-af-mul] peer a2 route-policy set_med_50 export
[RouterA-bgp-af-mul] peer a1 route-policy set_med_100 export
```

(2) 配置 Router B

```
<RouterB> system-view
[RouterB] interface serial 1/0/0
[RouterB-Serial1/0/0] ip address 192.1.1.2 255.255.255.0
[RouterB-Serial1/0/0] quit
[RouterB] interface serial 1/1/0
[RouterB-Serial1/1/0] ip address 194.1.1.2 255.255.255.0
[RouterB-Serial1/1/0] quit
[RouterB] ospf
[RouterB-ospf-1] area 0
[RouterB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 194.1.1.0 0.0.0.255
[RouterB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 192.1.1.0 0.0.0.255
[RouterB-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[RouterB-ospf-1] quit
```

```
[RouterB] bgp 200
[RouterB-bgp] undo synchronization
[RouterB-bgp] group b1 external
[RouterB-bgp] peer 192.1.1.1.1 group b1 as-number 100
[RouterB-bgp] group b2 internal
[RouterB-bgp] peer 194.1.1.1.1 group b1 as-number 200
[RouterB-bgp] peer 195.1.1.1.2 group b1 as-number 200
[RouterB-bgp] ipv4-family multicast
[RouterB-bgp-af-mul] peer b1 enable
[RouterB-bgp-af-mul] peer 192.1.1.1 group b1
[RouterB-bgp-af-mul] peer b2 enable
[RouterB-bgp-af-mul] peer 194.1.1.1 group b2
[RouterB-bgp-af-mul] peer 195.1.1.2 group b2
```

(3) 配置 Router C

```
<RouterC> system-view
[RouterC] interface serial 1/0/0
[RouterC-Serial1/0/0] ip address 193.1.1.2 255.255.255.0
[RouterC-Serial1/0/0] quit
[RouterC] interface serial 1/1/0
[RouterC-Serial1/1/0] ip address 195.1.1.2 255.255.255.0
[RouterC-Serial1/1/0] quit
[RouterC] ospf
[RouterC-ospf-1] area 0
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 193.1.1.0 0.0.0.255
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 195.1.1.0 0.0.0.255
[RouterC-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[RouterC-ospf-1] quit
[RouterC] bgp 200
[RouterC-bgp] undo synchronization
[RouterC-bgp] group c1 external
[RouterC-bgp] peer 193.1.1.1 group c1 as-number 100
[RouterC-bgp] group c2 internal
[RouterC-bgp] peer 194.1.1.2 group c2 as-number 200
[RouterC-bgp] peer 195.1.1.1 group c2 as-number 200
[RouterC-bgp] ipv4-family multicast
[RouterC-bgp-af-mul] peer c1 enable
[RouterC-bgp-af-mul] peer 193.1.1.1 group c1
[RouterC-bgp-af-mul] peer c1 next-hop-local
[RouterC-bgp-af-mul] peer c2 enable
[RouterC-bgp-af-mul] peer 194.1.1.2 group c2
[RouterC-bgp-af-mul] peer 195.1.1.1 group c2
[RouterC-bgp-af-mul] peer c2 next-hop-local
```

配置路由器 C 的本地优先级属性。

在路由器 C 上加上访问列表 2001，允许网络 1.0.0.0。

```
[RouterC] acl number 2001
[RouterC-acl-basic-2001] rule permit source 1.0.0.0 0.255.255.255
[RouterC-acl-basic-2001] quit
```

定义名为 localpref 的路由策略，该策略中配置了匹配 ACL 2001（访问控制列表 2001）的路由的本地优先级为 200，不匹配的为 100。

```
[RouterC] route-policy localpref permit node 10
[RouterC-route-policy] if-match acl 2001
[RouterC-route-policy] apply local-preference 200
[RouterC-route-policy] quit
[RouterC] route-policy localpref permit node 20
[RouterC-route-policy] apply local-preference 100
```

应用此路由策略到来自 BGP 邻居 193.1.1.2（路由器 A）上的入口流量上。

```
[RouterC] bgp 200
[RouterC-bgp] ipv4-family multicast
[RouterC-bgp-af-mul] peer c1. route-policy localpref import
```

(4) 配置 Router D

```
<RouterD> system-view
[RouterD] interface serial 1/0/0
[RouterD-Serial1/0/0] ip address 194.1.1.1 255.255.255.0
[RouterD-Serial1/0/0] quit
[RouterD] interface serial 1/1/0
[RouterD-Serial1/1/0] ip address 195.1.1.1 255.255.255.0
[RouterD-Serial1/1/0] quit
[RouterD] ospf
[RouterD-ospf-1] area 0
[RouterD-ospf-1-area-0.0.0.0] network 194.1.1.0 0.0.0.255
[RouterD-ospf-1-area-0.0.0.0] network 195.1.1.0 0.0.0.255
[RouterD-ospf-1-area-0.0.0.0] network 4.0.0.0 0.0.0.255
[RouterD-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[RouterD-ospf-1] quit
[RouterD] bgp 200
[RouterD-bgp] undo synchronization
[RouterD-bgp] group d1 internal
[RouterD-bgp] peer 194.1.1.2 group d1
[RouterD-bgp] peer 194.1.1.2 group d1
[RouterD-bgp] ipv4-family multicast
[RouterD-bgp-af-mul] peer d1 enable
[RouterD-bgp-af-mul] peer 195.1.1.2 group d1
```

```
[RouterD-bgp-af-mul] peer 194.1.1.2 group d1
```

为使配置生效，所有的 MBGP 邻居需要使用 **reset bgp all** 命令重设。

第7章 组播静态路由配置

7.1 组播静态路由简介

组播的网络拓扑和单播拓扑有可能不同，网络中的一些路由器可能只支持单播不支持组播。如果需要单播数据包和组播数据包发送的路径不同，则可以配置组播静态路由，将组播路径与单播路径区别开来。

举例来说，当在源和目的端之间的路径上存在不支持组播的路由器时，组播路由器可以使用隧道方式将组播包传送给相邻的组播路由器。如图 7-1所示，单播路由器（Unicast）仅支持单播，组播数据包由组播路由器（Multicast）通过隧道来转发。如果不配置组播静态路由，则单播数据包也将通过该隧道传输。组播静态路由解决了这个问题，在组播路由器上配置了一条组播静态路由后，可以实现仅使用隧道发送组播数据包，而对于单播数据包，不使用此隧道发送。

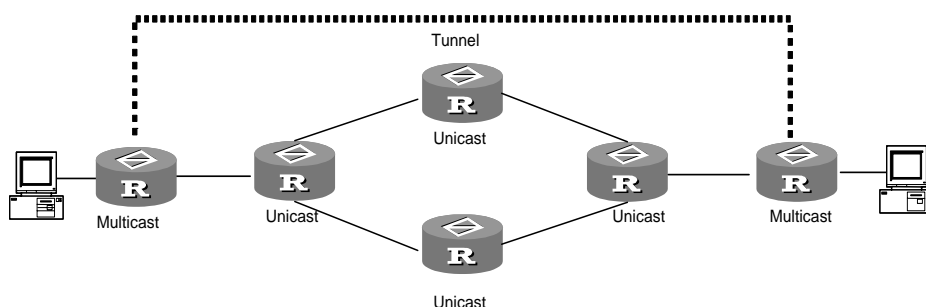


图7-1 隧道方式发送组播数据包

组播静态路由仅对所配置的组播路由器生效，不会以任何方式被广播或者引入给其他路由器。

7.2 组播静态路由配置

组播静态路由配置包括：

- 配置组播静态路由
- 改变组播 RPF 路由选择策略



注意：

对于同一网段的多条配置，匹配时是按照配置的先后顺序进行的，保证正确的配置顺序对组播是非常重要的。


7.2.1 配置组播静态路由

请在系统视图下进行下列配置。

表7-1 配置组播静态路由

操作	命令
配置组播静态路由	ip rpf-route-static <i>source</i> { <i>mask</i> <i>mask-length</i> } [<i>protocol</i>] [<i>route-policy</i> <i>polycyname</i>] { <i>rpf-nbr</i> <i>interface-type</i> <i>interface-number</i> } [preference <i>preference</i>]
删除组播静态路由表中存在的组播静态路由	undo ip rpf-route-static <i>source</i> { <i>mask</i> <i>mask-length</i> } [<i>protocol</i>] [<i>route-policy</i> <i>polycyname</i>]
删除全部的组播静态路由	delete rpf-route-static all

source/mask、*protocol*、**route-policy** 为静态组播路由的关键要素，三个关键要素有一个不同就认为是不同的配置。配置时，首先查询静态组播路由树中是否已有此配置，若有，就修改相应的字段（配置顺序保持不变）；若没有，则添加。每一个网段允许配 8 条不同的配置。

 说明：

配置了 **ip rpf-route-static** 之后，该组播静态路由并不一定会生效，因为有可能出现无法迭代出接口，或者指定接口 down 等情况。因此，进行此项配置后，建议使用命令 **display multicast routing-table static config** 查看该路由是否配置成功，使用命令 **display multicast routing-table static** 查看该路由是否生效。

7.2.2 配置组播 RPF 路由选择策略

组播 RPF 路由选择策略分为最长匹配规则和优先级规则两种：最长匹配规则是指在“MBGP、组播静态路由、单播路由”三种路由中选择掩码最长的；优先级规则是指在上述三种路由中选择优先级最高（数值最小）。

请在系统视图下进行下列配置。

表7-2 配置组播 RPF 路由选择策略

操作	命令
配置使用最长匹配规则	ip rpf-longest-match
恢复缺省配置	undo ip rpf-longest-match

缺省情况下，使用优先级规则进行选路。

7.3 组播静态路由显示和调试

在完成上述配置后，可在所有视图下执行 **display** 命令显示配置后组播的运行情况，通过查看显示信息验证配置的效果。

表7-3 组播静态路由显示和调试

操作	命令
显示配置的组播静态路由	display multicast routing-table static config [<i>source mask</i>]
显示活跃的组播静态路由	display multicast routing-table static [<i>source mask</i>]

7.4 组播静态路由典型配置举例

1. 组网需求

在下图所示的环境中，路由器 RT1 和 RT2 工作在 OSPF 域中，其中路由器 RT1 支持组播，路由器 RT2 上运行单播路由协议，RT0 为域外运行组播路由协议的路由器。要想使 RT1 通过 RT0 获得域外的组播源信息，通过 RT2 获得域内的组播源信息，可以进行下面的配置。

2. 组网图

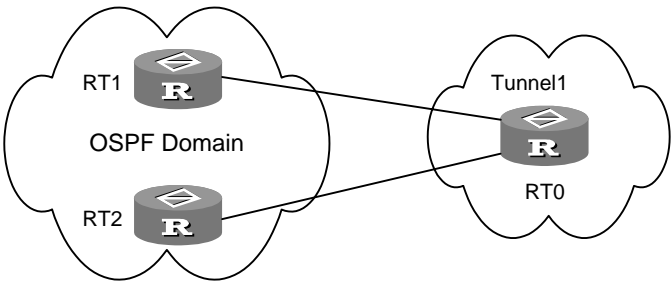


图7-2 组播静态路由典型配置举例

3. 配置步骤

RT1 的配置：

```
<RT1> system-view
[RT1] ip rpf-route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 ospf null0 preference 255
[RT1] ip rpf-route-static 0.0.0.0 0.0.0.0 tunnel1
```

其中，第一条命令使域内的组播源信息经由 RT2 到达 RT1 时，如果满足匹配规则，则通过 RPF 检查；第二条命令使域外的组播源信息经由 tunnel1 到达 RT1 时通过 RPF 检查。