组播协议配置

目 录

第 1 章 组播路由协议概述 1
1.1 组播路由实现 1
1.2 组播路由配置任务列表 2
1.2.1 基本组播配置任务列表 2
1.2.2 IGMP 配置任务列表 2
1.2.3 PIM-DM 配置任务列表 3
1.2.4 PIM-SM 配置任务列表 3
1.2.5 DVMRP 配置任务列表 3
第 2 章 基本的组播路由配置 4
2.1 启动组播路由 4
2.2 端口上启动组播功能 4
2.2.1 启动 OLNK 4
2.2.2 启动 PIM-DM 4
2.2.3 启动 PIM-SM 4
2.2.4 启动 DVMRP 5
2.3 配置 TTL 阈值 5
2.4 取消组播快速转发 5
2.5 配置组播静态路由 5
2.6 配置 IP 组播边界 6
2.7 配置 IP 组播流量控制 7
2.8 配置 IP 组播 Helper 7
2.9 配置 Stub 组播路由 8
2.10 监视和维护组播路由 9
第 3 章 IGMP 配置 11
3.1 简介 11
3.2 IGMP 配置 11
3.2.1 更改 IGMP 当前运行的版本 11
3.2.2 配置 IGMP 查询间隔 12
3.2.3 配置 IGMP Querier 间隔 12
3.2.4 配置 IGMP 最大响应时间 13
3.2.5 配置 IGMP 最后一个组成员查询间隔 13
3.2.6 IGMP 静态配置 14
3.2.7 配置 IGMP Immediate-leave 列表 14
3.3 IGMP 特性配置举例 15
第 4 章 PIM-DM 配置 18
4.1 PIM-DM 简介 18

4.2 配置 PIM-DM 18
4.2.1 调整定时器 18
4.2.2 指定版本号 19
4.2.3 配置状态刷新 19
4.2.4 配置过滤列表 19
4.2.5 设置 DR 优先级 20
4.2.6 清除(S,G)信息 20
4.3 PIM-DM 状态刷新配置举例 20
第 5 章 配置 PIM-SM 21
5.1 PIM-SM 简介 21
5.2 PIM-SM 配置任务列表 21
5.2.1 启动全局组播 22
5.2.2 启动 pim-sm 进程 22
5.2.3 配置邻居过滤列表 23
5.2.4 DR 选举 25
5.2.5 配置候选 RP 25
5.2.6 配置候选 BSR 27
5.2.7 配置 SPT 切换阀值 28
5.2.8 配置 SSM(需要给出具体网络拓扑，举例) 28
5.2.9 配置管理域 sz 29
5.2.10 配置注册报文源地址 30
5.2.11 配置 anycast-rp 功能 31
5.2.12 显示 pim-sm 本地路由条目 31
5.2.13 清除 pim-sm 路由条目 32
5.2.14 跟踪 pim-sm 调试信息 33
5.3 PIM-SM 配置实例 35
5.3.1 pim-sm 常见拓扑配置举例 35
5.3.2 多协议组播的混配 38
第 6 章 配置 DVMRP 39
6.1 DVMRP 简介 39
6.2 DVMRP 配置 40
6.2.1 启动 DVMRP 40
6.2.2 配置路由汇总 40
6.2.3 配置端口强制叶节点 40
6.2.4 配置路由过滤器 40
6.2.5 显示 DVMRP 单播路由 41
6.2.6 显示 DVMRP 组播路由 41
6.2.7 清除 DVMRP 学习的组播路由 41
6.3 DVMRP 配置举例 41

第 1 章 组播路由协议概述

本章描述如何配置组播路由协议。如果要了解本章**组播路由**命令的完整描述，请参考其它有关 "**组播路由**命令"的章节。

传统的 IP 传输只允许一台主机向单个主机（单播通信）或者所有主机（广播通信），组播技术则提供第三种选择：允许一台主机向某些主机发送保文。这些主机被称为组成员。

发送到组成员的保文目的地址是某个 D 类地址（224.0.0.0~239.255.255.255）。组播保文的传输类似于 UDP，只是一种尽力保证的服务，不提供类似于 TCP 的可靠传输和差错控制。

构成组播的应用需要发送方和接收方。发送方无需加入某个组就可以发送组播保文，而接收方必须事先加入某个组才能接收到这个组的保文。

组成员的关系是动态的，主机可以随时加入或者离开某个组，而且组成员的位置和个数没有任何限制。如果需要，一台主机可以同时多个组的成员。因此，组的活动状态和组成员的个数可随着时间发生变化。

路由器通过执行组播路由协议（例如 PIM-DM，PIM-SM 等）来维护转发组播保文的路由表，通过 IGMP 协议来学习在直连网段上组成员的状态。主机通过发送 IGMP Report 消息来加入特定的 IGMP 组。

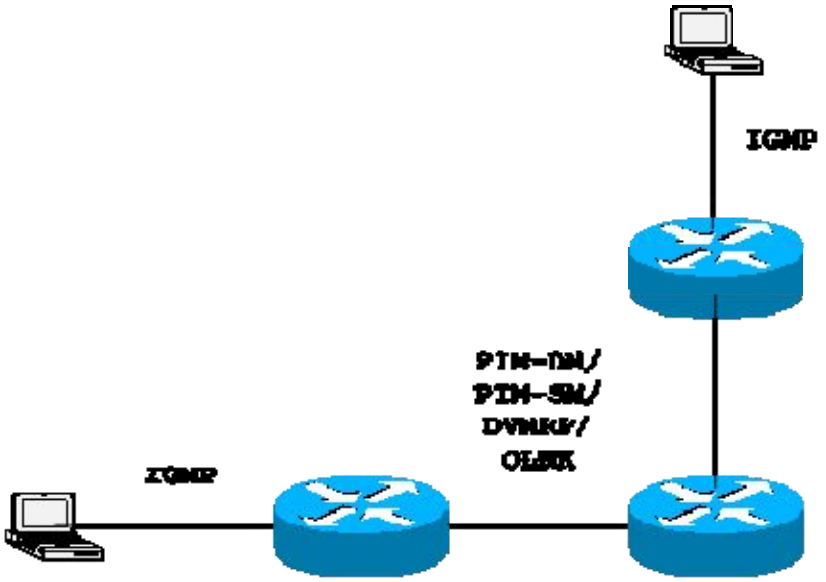
IP 组播技术的上述特定非常适合于“一对多”的多媒体应用。

1.1 组播路由实现

在路由器软件中，组播路由包括如下协议：

* IGMP 运行于局域网上的路由器和主机之间，跟踪组成员的关系。
* OLNK 是一种静态的静态组播技术，用于简单的拓扑结构中，即能实现组播转发，又能有效减少组播路由协议对 CPU 和带宽的浪费。
* PIM-DM/PIM-SM/DVMRP 是动态的组播路由协议，运行在路由器之间，通过建立组播路由表来实现组播转发。

下图显示了在 IP 组播环境中应用到的组播协议：



1.2 组播路由配置任务列表

1.2.1 基本组播配置任务列表

* 启动组播路由（必选）
* 配置 TTL 门槛（可选）
* 取消组播快速转发（可选）
* 配置组播静态路由（可选）
* 配置组播边界（可选）
* 配置组播 Helper（可选）
* 配置 Stub 组播路由（可选）
* 监视和维护组播路由（可选）

1.2.2 IGMP 配置任务列表

* 更改 IGMP 当前运行的版本
* 配置 IGMP 查询间隔
* 配置 IGMP Querier 间隔
* 配置 IGMP 最大响应时间
* 配置 IGMP 最后一个组成员查询间隔

* IGMP 静态配置
* 配置 IGMP Immediate-leave 列表

1.2.3 PIM-DM 配置任务列表

* 调整定时器
* 指定 PIM-DM 版本号
* 配置状态刷新
* 配置过滤列表
* 设置 DR 优先级
* 清除(S,G)信息

1.2.4 PIM-SM 配置任务列表

* 配置静态 RP
* 配置候选 BSR
* 配置候选 RP
* 显示 PIM-SM 组播路由
* 清除 PIM-SM 学习的组播路由

1.2.5 DVMRP 配置任务列表

* 配置路由汇总
* 配置端口强制叶节点
* 配置路由过滤器
* 显示 DVMRP 单播路由
* 显示 DVMRP 组播路由
* 清除 DVMRP 学习的组播路由

第 2 章 基本的组播路由配置

2.1 启动组播路由

启动组播路由以允许路由器软件转发组播保文。在全局配置态下输入以下命令启动组播保文转发：

命令	目的
ip multicast-routing	启动组播路由。

2.2 端口上启动组播功能

端口上运行组播路由协议会同时激活 IGMP 在端口上的操作。组播路由协议包括 OLNK，PIM-DM，PIM-SM 或者 DVMRP。在同一个端口上最多只允许一个组播路由协议运行。在路由器连接多个组播域时，可以在不同端口上运行不同的组播协议。

尽管路由器软件能够很好地充当组播边界路由器（MBR）的作用，如有可能，请尽量保证不要在路由器上同时运行多个组播路由协议，因为这样会对某些组播路由协议造成不必要的影响。例如，当 PIM-DM（仅支持（S，G）表项）和 BIDIR PIM-SM（仅支持（*，G）表项）运行时，会造成混乱。

2.2.1 启动 OLNK

在端口运行 OLNK 以组播功能。在端口配置态下输入以下命令：

命令	目的
ip olnk	启动组播路由。

2.2.2 启动 PIM-DM

在端口运行 PIM-DM 以激活密集模式组播功能，按以下步骤进行：

命令	目的
ip pim-dm	进入需要运行 PIM-DM 的端口，在端口配置态 下激活 PIM-DM 组播路由进程。

2.2.3 启动 PIM-SM

在端口运行 PIM-DM 以激活密集模式组播功能，按以下步骤进行：

命令	目的

ip pim-sm	进入需要运行 PIM-SM 的端口，在端口配置态下激活 PIM-SM 组播路由进程。

2.2.4 启动 DVMRP

在端口运行 DVMRP 以激活密集模式组播功能，按以下步骤进行：

命令	目的
ip dvmrp	进入需要运行 DVMRP 的端口，在端口配置态 下激活 DVMRP 组播路由进程。

2.3 配置 TTL 阈值

使用 ip multicast ttl-threshold 配置端口上允许通过的组播报文 TTL 的阈值，使用 no ip multicast ttl-threshold 来使用默认值。默认值为 1。

命令	目的
ip multicast ttl-threshold *ttl-value*	配置端口的 TTL 阈值。

示例

下面的实例演示了系统管理员配置某个端口的 TTL 阈值：

interface ethernet 1/0

ip multicast ttl-threshold 200

2.4 取消组播快速转发

使用 ip multicast mroute-cache 配置端口上允许使用组播快速转发的功能，使用 no ip multicast mroute-cache 来取消组播快速转发的功能：

命令	目的
ip multicast mroute-cache	在端口上启用组播的快速转发功能。

示例

下面的实例演示了系统管理员配置取消某个端口上的快速转发功能：

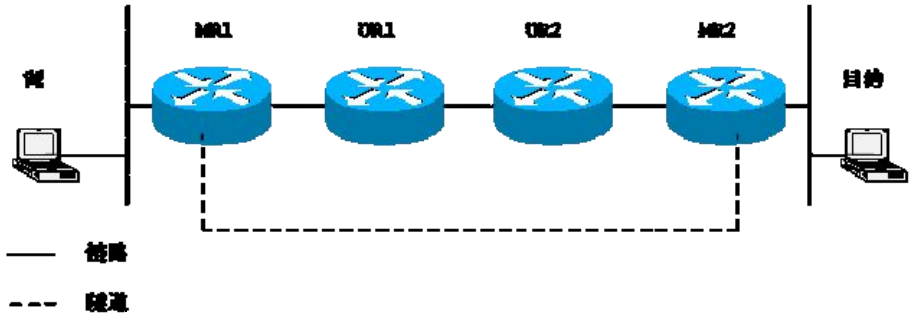
interface ethernet 1/0
no ip mroute-cache

2.5 配置组播静态路由

组播静态路由允许组播转发路径不同于单播路径。组播保文转发时都会进行 RPF 检查：保文的实际接收端口是期望接收的端口（该端口就是到达发送方的单播路由下一跳接

口）。如果单播的拓扑和组播的拓扑一致，这样的检查是合理的。但是，在某些情况下，还是希望单播的路径和组播的路径有所不同。

最常见的例子是使用了隧道技术。当一条路径上的路由器并不支持组播协议时，解决的办法是在两个路由器之间配置 GRE 隧道。在下图中，每个单播路由器（UR）仅支持单播报文；每个组播路由器（MR）支持组播报文。源通过 MR1 和 MR2 把组播报文发送到目的。MR2 仅当组播报文是从隧道接收时，才会转发该报文。如果这样，从目的向源发送单播报文时也会通过隧道。我们知道，通过隧道发送报文比直接的发送要慢。



通过配置组播静态路由，能够使路由器根据配置信息进行 RPF 检查，而不是单播路由表。因此，组播报文使用隧道，单播报文不走隧道。组播静态路由只存在本地，并不会宣告出去或者进行路由转发。

在全局配置态下，使用如下命令来配置组播静态路由。

命令	说明
ip mroute *source-address mask rpf-address* **type** *number*[**distance**]	配置组播静态路由。

2.6 配置 IP 组播边界

使用 ip multicast boundary 配置端口组播边界，使用 no ip multicast boundary 来取消设定的边界。第二次配置该命令将覆盖掉第一次配置的命令

命令	说明
ip multicast boundary *access-list*	在端口上配置 IP 组播边界。

举例

下面的实例演示了系统管理员配置某个端口的管理边界

interface ethernet 0/0
ip multicast boundary acl
ip access-list standard acl
permit 192.168.20.97 255.255.255.0

2.7 配置 IP 组播流量控制

使用 ip multicast rate-limit 命令来限制端口上某个 source/group 范围 接收和发送组播报文的流量。使用 no ip multicast rate-limit 命令取 消流量限制。

配置某个组播流的输入流量限制为 n kbps。

命令	说明
ip multicast rate-limit in group-list *access-list*1 **source-list** *access-list*2 **nkbps**	配置端口上某个范围内组播流的最大输入流量限制。

配置某个组播流的输出流量限制为 n kbps。

命令	说明
ip multicast rate-limit out group-list *access-list*1 **source-list** *access-list*2 kbps	配置端口上某个范围内组播流的最大输出流量限制。

2.8 配置 IP 组播 Helper

使使用 ip multicast helper-map 命令来配置在组播网络上使用组播路由来连接两个广播网络。使用 no ip multicast helper-map 命令撤销该命令。

在与源广播网络相连的第一跳路由器上。

命令	说明
interface *type number*	进入端口配置态。
ip multicast helper-map broadcast *group-address access-list*	配置 ip multicast helper 命令，将广播报文转换为组播报文。
ip directed-broadcast	允许定向广播。
ip forward-protocol [*port*]	配置允许转发的报文端口号。

在与目的广播网络相连的最后一跳路由器上

命令	说明
interface *type number*	进入端口配置态。
ip directed-broadcast	允许定向广播。
ip multicast helper-map *group-address broadcast-address access-list*	配置 ip multicast helper 命令，将组播报文转换为广播报文。
ip forward-protocol [port]	配置允许转发的报文端口号。

举例

下面的实例演示了系统管理员配置组播 helper 命令。

路由器上的配置如下图所示，在第一跳路由器上 e0 端口上配置 ip directed-broadcast 允许处理定向广播报文。配置 ip multicast helper-map broadcast 230.0.0.1 testacl1 ，允许将 192.168.20.97/24 源地址发送的 端口号为 4000 的 udp 广播报文转换成 目的地址为 230.0.0.1 的组播报文发送。

在最后一跳路由器 e1 端口上配置 ip directed-broadcast 允许处理定向广播报文。配置 ip multicast helper-map 230.0.0.1 172.10.255.255 testacl2 ，允许将 192.168.20.97/24 源地址发送的 端口号为 4000 的目的地址为 230.0.0.1 的组播报文转换成目的地址为 172.10.255.255 的广播报文发送。

在与源广播网络相连的第一跳路由器上：

```
interface ethernet 0
ip directed-broadcast
ip multicast helper-map broadcast 230.0.0.1 testacl
ip pim-dm
!
ip access-list extended testacl   permit udp 192.168.20.97 255.255.255.0 any
ip forward-protocol udp 4000
```

在与目的广播网络相连的最后一跳路由器上

```
interface ethernet 1
ip directed-broadcast
ip multicast helper-map 230.0.0.1 172.10.255.255 testacl2
ip pim-dm
!
ip access-list extended testacl2   permit udp 192.168.20.97 255.255.255.0 any
ip forward-protocol udp 4000
```

2.9 配置 Stub 组播路由

使用 ip igmp helper-address 和 ip pim-dm neighbor-filter 来配置 Stub 组播路由

在 stub router 与 host 相连的端口上配置。

命令	说明
interface *type number*	进入端口配置态。
ip igmp helper-address *destination-address*	配置 ip igmp helper-address 命令，将多播报文中转倒 central router 上。

在 central router 与 stub router 相连的端口上

命令	说明
interface *type number*	进入端口配置态。

ip pim neighbor-filter *access-list*	过滤掉所有发送到 stub router 的 pim 报文。

举例

路由器 A 与 B 的配置如下图所示 ：

Stub Router A Configuration

ip multicast-routing
ip pim-dm
ip igmp helper-address 10.0.0.2

Central Router B Configuration

ip multicast-routing
ip pim-dm
ip pim-dm neighbor-filter stubfilter

ip access-list stubfilter

deny 10.0.0.1

2.10 监视和维护组播路由

1. 清除组播缓存、路由表

如果怀疑特定的缓存或者路由表失效时，可以清除它的内容。在管理态下，输入如下命令：

命令	说明
clear ip igmp group [*type number*] [*group-address* | <*cr*>]	清除 IGMP 缓存中的表项。
clear ip mroute *[* | *group-address* | *source-address]*	清除组播路由表的表项。

2. 显示组播路由表和系统统计信息

通过显示 IP 组播路由表、有关缓存或者数据库，可以判断资源使用情况并解决网络问题。

在管理态下使用如下命令来观察组播路由的统计信息：

命令	说明
show ip igmp groups [*type number* | *group-address*] [**detail**]	显示 IGMP 缓存中多播组的信息。
show ip igmp interface [*type number*]	显示端口上 IGMP 的配置信息。
show ip mroute mfc	显示组播转发缓存。
show ip rpf [**ucast** | **mstatic** | **pim-dm** |	显示 RPF 信息。

pim-sm | **dvmrp**] *source-address*	

第 3 章 IGMP 配置

3.1 简介

1. IGMP

IGMP 是一类针对多播组成员管理的协议，IGMP 即 Internet Group Management Protocol 的缩写。IGMP 是一种不对称的协议，它包括主机端（Host）和路由器端（Router）两方面的内容：主机端的协议规定了作为多播组成员的主机如何向 Router 报告自身属于不同的多播组的身份，以及主机如何响应 Router 发送的 Query 报文的过程；Router 端的协议规定了支持 IGMP 的 Router 如何获得本地网络内主机的多播组成员身份，如何根据主机的 Report 报文更改 Router 保存的多播组成员信息。

通过 IGMP Router 端协议在我们路由器中的实现，可以向路由器中的多播路由协议提供当前网络内多播组的成员存在情况，以决定是否需要转发多播（Multicast）报文。综上所述，为使我们的路由器支持 IP 报文的多播过程，需要实现多播路由协议和 IGMP Router 端协议。目前我们的路由器中已经实现了 IGMP Router 端协议，支持当前的最新版本——IGMP 版本 3。

在实际应用中，没有针对 IGMP 单独的启动命令，IGMP-Router 端功能由多播路由协议（Multicast Routing Protocol）启动。

2. OLNK

严格地说，OLNK（IGMP only-link）并不能是一种组播路由协议，因为它没有协议的交互的过程。但是，在某些特定的场合和简单的拓扑环境下，运行 OLNK 会收到非常好的效果。它类似于没有协议过程的 PIM-DM 协议，能够处理本地的 IGMP 组成员的变化，根据拓扑变化及时调整 RPF 接口，即保证了组播的转发，又避免了组播路由协议的控制保文对带宽的占用。

3.2 IGMP 配置

IGMP-Router 端特性的配置命令主要是调整 IGMP 参数一类的命令，下面就简要介绍 IGMP-Router 端的基本配置命令。如果需要了解全部的 IGMP-Router 端实现的命令，请参照 IGMP 的命令说明文档。

3.2.1 更改 IGMP 当前运行的版本

自从 IGMP 提出以来，至今已经有三个正式的版本，对应的 RFC 分别为：RFC1112、RFC2236 和 RFC3376。其中，IGMP 版本 1 只实现了最简单的多播组成员记录功能；版本 2 实现了针对某个特定多播组成员的查询功能以及 IGMP 主机离开某特定多播组的 Leave 报文，降低了组成员变化的延迟时间；版本 3 则进一步实现了对应于主机源地址的多播组成员身份的更新和维护，另外，版本 3 的 IGMP Router 还全面兼容版本 1 和版

本 2 的 IGMP 主机端，我们的路由器软件系统提供了对这三种版本的 IGMP Router 端协议的全面支持。

因为 IGMP 是针对路由器的端口进行配置的，也就是说，可以在不同的端口上分别配置 IGMP-Router 端功能（由不同端口上配置的多播路由协议分别启动），而且可以在不同端口上运行不同版本的 IGMP。

需要特别指出的是，对某一个特定的多播路由器来说，在连接同一网络的不同端口中，只能在某一个端口上开启 IGMP-Router 功能。

要更改某一个端口上运行的 IGMP-Router 端协议的版本，可以在端口配置态下使用以下命令进行更改：

命令	目的
ip igmp version *version_number*	更改当前端口正在运行的 IGMP 的版本。

3.2.2 配置 IGMP 查询间隔

无论当前运行的 IGMP-Router 协议的版本号为多少，多播路由器在开启了 IGMP-Router 端功能的端口上都会每隔一段时间发送一次 IGMP General Query 报文，发送地址是 224.0.0.1，目的是希望获得 IGMP 主机响应的 Report 报文，从而获得此端口连接的网络上 IGMP 主机分别属于哪些多播组的信息。这个 General Query 报文发送间隔时间被称为 IGMP 查询间隔（IGMP Query Interval），如果把这个时间设得比较大，则路由器无法迅速获得当前 IGMP 主机的多播组归属信息，但如果把这个时间设得比较小，又会增加当前网络上的 IGMP 报文的流量。

要更改某个端口上 IGMP 查询间隔的大小，可以在端口配置态下使用以下命令进行更改：

命令	目的
ip igmp query-interval *time*	更改当前端口的 IGMP 查询间隔大小，单位为 秒。

3.2.3 配置 IGMP Querier 间隔

对 IGMP-Router 端协议版本 2 和版本 3 而言，如果在同一网络内存在同样运行 IGMP-Router 端协议的路由器，就需要面对一个 querier 选取的问题，所谓 querier，是指能发送 query 报文的路由器（实际上即启动了 IGMP-Router 端协议的路由器的某个端口），在正常运行情况下，同一网络内只存在一个 querier，即只有一个路由器在发送 IGMP Query 报文。对于 IGMP-Router 端协议版本 1，不存在 querier 选取的问题，因为 IGMP-Router 版本 1 中哪台路由器能发送 IGMP Query 报文是由多播路由协议指定的。

对 IGMP-Router 端协议版本 2 和版本 3 来说，采用同样的 querier 选取机制：即 IP 地址最小的路由器为此网络中的 querier，对于非 querier 来说，需要保存一个时钟，记录 querier 存在的时间，当此时钟超时后，非 querier 变为 querier，开始向外发送 IGMP Query 报文，直到此路由器收到 IP 地址比自己小的路由器发出的 IGMP Query 报文并再次变为非 querier。

对 IGMP-Router 端协议版本 2 来说，其他 querier 存在的时间间隔可以通过以下命令进行配置：

命令	说明
ip igmp querier-timeout *time*	配置其他 querier 存在的时间间隔，单位为秒。

对 IGMP-Router 端协议版本 1 来说，其他 querier 存在的时间间隔值没有实际作用；对于 IGMP-Router 端协议版本 3 来说，此时间间隔由协议内部规定其值的大小，不可配置，所以上述配置命令仅对 IGMP-Router 端协议版本 2 有效。

3.2.4 配置 IGMP 最大响应时间

对 IGMP-Router 端协议版本 2 和版本 3 而言，在发送 IGMP General Query 报文时，在 IGMP 报文中有专门的数据域指明了 IGMP 主机的最大响应时间，即 IGMP 主机必须在收到 IGMP General Query 报文后的最大响应时间间隔内发送对此 General Query 报文的响应报文。如果此最大响应时间设置得过大，则会造成 IGMP 主机多播组成员身份变化的延迟，如果此最大响应时间设置得过小，又会造成网络上 IGMP 报文的流量过大。

注意：

IGMP 最大响应时间必须小于 IGMP 查询间隔，在使用此配置命令时，如果最大响应时间的值大于查询间隔(query-interval)时，系统会将最大响应时间的值自动调整为(query-interval - 1)秒。

对 IGMP-Router 端协议版本 2 和版本 3 来说，可以在端口配置态下通过以下命令设置 IGMP 最大响应时间：

命令	目的
ip igmp query-max-response-time *time*	配置 IGMP 最大响应时间，单位为秒。

对 IGMP-Router 端协议版本 1 来说，此最大响应时间间隔由协议内部规定其值的大小，不可配置，所以上述配置命令仅对 IGMP-Router 端协议版本 1 无效。

3.2.5 配置 IGMP 最后一个组成员查询间隔

对 IGMP-Router 端协议版本 2 和版本 3 而言，当发送针对某个特定多播组的 Group Specific Query 报文时，将使用最后一个组成员查询间隔作为 IGMP Query 报文中的主机最大响应时间，即 IGMP 主机必须在收到 Group Specific Query 报文后的最后一个组成员查询间隔内发送对此 Query 报文的响应报文。如果 IGMP 主机通过查询本身的状态发现不需要响应此 Query 报文，则在此时间间隔后过去后仍然不发送响应报文，则多播路由器会对已经保存的多播组成员信息进行相应的更新。如果此时间间隔设置得过大，则会造成 IGMP 主机多播组成员身份变化的延迟，如果此时间间隔设置得过小，又会造成网络上 IGMP 报文的流量过大。

对 IGMP-Router 端协议版本 2 和版本 3 来说，可以在端口配置态下通过以下命令设置 IGMP 最后一个组成员查询间隔时间：

命令	目的
ip igmp last-member-query-interval *time*	配置 IGMP 最后一个组成员查询间隔，单位为毫秒。

对 IGMP-Router 端协议版本 1 来说，配置的最后一个组成员的查询间隔没有被使用，尽管在端口运行 IGMP 版本 1 时可以配置这条命令，但并没有实际应用效果。

3.2.6 IGMP 静态配置

在我们路由器对 IGMP-Router 端协议的实现中，除了协议规定的功能外，我们还支持端口上的静态多播组配置。所谓“静态”是与 IGMP 主机端报告的“动态”信息相区别，对于 IGMP 主机来说，它的多播组成员关系可能是变化的，假设当前它只属于多播组 group1，希望接收发往多播组 group1 的多播报文；但经过一段时间后它可能又属于多播组 group2，还希望接收发往多播组 group2 的多播报文；而再经过一段时间之后，此 IGMP 主机可能不再属于任何一个多播组，所以说主机报告的多播组归属信息是动态变化的。

与上述“动态多播组”不同，某端口如果静态配置了属于某一个多播组，则除非使用 no 命令取消这种配置，多播协议将认为此端口始终需要接收发往这个多播组的多播报文。另外，为了提供和 IGMP-Router 协议版本 3 更好的兼容，静态配置的多播组可以指定希望接收来自哪些源地址的多播报文，即增加了多播报文接收的 source-filter 功能。

可以在端口配置态下通过以下命令设置该端口的静态多播组：

命令	目的
ip igmp static-group { * | *group-address*} {**include** *source-address* | *<cr>* }	配置该端口下的静态多播组属性。

3.2.7 配置 IGMP Immediate-leave 列表

如果路由器某端口上已经启动了 IGMP 版本 2，且在此端口所连接的网络上仅存在一个 IGMP 主机，则可以通过配置 IGMP Immediate-leave 列表实现 IGMP 主机的“Immediate Leave”功能。根据 IGMP 版本 2 的规定，当某个主机要离开特定的多播组时，该主机将向所有的多播路由器发送 Leave 报文，而多播路由器将发送 Group Specific 报文以确认此端口上是否已经不再有主机需要接受发向这个多播组的多播报文。而如果配置了“Immediate Leave”功能，则可以避免 IGMP 主机与多播路由器之间的报文交互，也可以避免多播路由器维护的多播组成员身份变化的延迟。

注意：

因为在全局配置态和端口配置态下都能配置此条命令，但全局配置态下配置的此条命令的优先级要高于在端口配置态下配置的命令，如果先在全局配置态下配置了此命令，则后来在端口配置态下配置的命令将被忽略；如果先在端口配置态下配置了此条命令，则后来在全局配置态下配置的命令将删除原来在端口配置态下配置的命令。

对 IGMP-Router 端协议版本 2 来说，可以在端口配置态下通过以下命令设置 IGMP 的 Immediate-leave 列表：

命令	目的
ip igmp immediate-leave group-list *list-name*	配置能实现“立即离开多播组”功能的 IGMP 主 机的访问列表。
ip access-list standard *list-name*	创建名字为 list-name 的 IP 标准访问列表。
permit *source-address*	在 IP 标准访问列表的配置模式下配置我们希

	望实现“立即离开”功能的 IGMP 主机的 IP 地址。

因为 IGMP-Router 端协议版本 1 和版本 3 对 leave 报文的处理流程和 IGMP 版本 2 的处理流程存在很大差异，所以上述配置命令仅对 IGMP-Router 端协议版本 1 和版本 3 无效。

3.3 IGMP 特性配置举例

1. 更改 IGMP 版本示例

因为高版本的 IGMP-Router 端协议能完全兼容低版本的 IGMP 主机，所以当网络环境中存在低版本的 IGMP 主机时并不需要更改多播路由器运行的 IGMP-Router 端协议的版本，但高版本的 IGMP-Router 端协议不能与低版本的 IGMP-Router 端协议兼容，所以在当前的网络环境内如果存在运行低版本 IGMP-Router 端协议的路由器时，需要更改运行高版本 IGMP 的路由器的相关端口上的 IGMP-Router 端协议的版本，更改的原则是：将 IGMP-Router 端协议版本改为同一网段上最低的 IGMP-Router 端协议的版本。

假设系统管理员知道路由器的某个端口连接的网络中存在运行 IGMP-Router 版本 1 以及 IGMP-Router 版本 2 的路由器，则需要将运行高版本的 IGMP-Router 协议的路由器对应端口的 IGMP-Router 协议版本号改为 1。下面的实例演示了系统管理员将某个端口（下面的例子中为 ethernet 1/0 端口）上运行的 IGMP 的版本改为版本 1 的过程：

interface ethernet 1/0

ip igmp version 1

2. 配置 IGMP 查询间隔示例

下面的实例演示了系统管理员将某个端口（下面的例子中为 ethernet 1/0 端口）上 IGMP 的查询间隔改为 50 秒的过程：

interface ethernet 1/0

ip igmp query-interval 50

配置 IGMP Querier 间隔

对 IGMP-Router 端协议版本 2 和版本 3 而言，如果在同一网络内存在同样运行 IGMP-Router 端协议的路由器，就需要面对一个 querier 选取的问题，所谓 querier，是指能发送 query 报文的路由器（实际上即启动了 IGMP-Router 端协议的路由器的某个端口），在正常运行情况下，同一网络内只存在一个 querier，即只有一个路由器在发送 IGMP Query 报文。对于 IGMP-Router 端协议版本 1，不存在 querier 选取的问题，因为 IGMP-Router 版本 1 中哪台路由器能发送 IGMP Query 报文是由多播路由协议指定的。

对 IGMP-Router 端协议版本 2 和版本 3 来说，采用同样的 querier 选取机制：即 IP 地址最小的路由器为此网络中的 querier，对于非 querier 来说，需要保存一个时钟，记录 querier 存在的时间，当此时钟超时后，非 querier 变为 querier，开始向外发送 IGMP Query 报文，直到此路由器收到 IP 地址比自己小的路由器发出的 IGMP Query 报文并再次变为非 querier。

对 IGMP-Router 端协议版本 2 来说，其他 querier 存在的时间间隔可以通过以下命令进行配置：

命令	目的

ip igmp querier-timeout *time*	配置其他 querier 存在的时间间隔，单位为秒。

对 IGMP-Router 端协议版本 1 来说，其他 querier 存在的时间间隔值没有实际作用；对于 IGMP-Router 端协议版本 3 来说，此时间间隔由协议内部规定其值的大小，不可配置，所以上述配置命令仅对 IGMP-Router 端协议版本 2 有效。

3. 配置 IGMP Querier 间隔示例

下面的实例演示了系统管理员将某个端口（下面的例子中为 ethernet 1/0 端口）上 IGMP 的 querier 间隔改为 100 秒的过程：

```
interface ethernet 1/0
ip igmp querier-timeout 100
```

4. 配置 IGMP 最大响应时间示例

下面的实例演示了系统管理员将某个端口（下面的例子中为 ethernet 1/0 端口）上 IGMP 的最大响应时间改为 15 秒的过程：

```
interface ethernet 1/0
ip igmp query-max-response-time 15
```

5. 配置 IGMP 最后一个组成员查询间隔示例

下面的实例演示了系统管理员将某个端口（下面的例子中为 ethernet 1/0 端口）上 IGMP 的最后一个组成员查询间隔改为 2000 毫秒的过程：

```
interface ethernet 1/0
ip igmp last-member-query-interval 2000
```

6. IGMP 静态配置示例

静态多播组配置命令在使用不同的参数时可以定义不同类别的静态多播组，下面的示例将分别介绍使用不同命令参数的结果：

```
interface ethernet 1/0
ip igmp static-group *
```

上述配置命令在 ethernet 1/0 端口上静态配置了所有的多播组，即此端口属于所有的多播组，多播路由协议将向此端口转发所有的 IP 多播报文。

```
interface ethernet 1/0
ip igmp static-group 224.1.1.7
```

上述配置命令在 ethernet 1/0 端口上静态配置了多播组 224.1.1.7，即此端口属于多播组 224.1.1.7，多播路由协议将向此端口转发所有发往多播组 224.1.1.7 的 IP 多播报文。

```
interface ethernet 1/0
ip igmp static-group 224.1.1.7 include 192.168.20.168
```

上述配置命令在 ethernet 0/0 端口上静态配置了多播组 224.1.1.7，但同时定义了此多播组的 source-filter 为 192.168.20.168，即此端口属于多播组 224.1.1.7，但只接收来自

192.168.20.168 的 IP 多播报文，多播路由协议将仅向此端口转发来自 192.168.20.168，发往多播组 224.1.1.7 的 IP 多播报文。

针对上面的例子，如果还希望接收来自 192.168.20.169，发往 224.1.1.7 的 IP 多播报文，则可以在端口配置态下再配置一条命令：

ip igmp static-group 224.1.1.7 include 192.168.20.169

如果还需要增加其他针对这个多播组的 source-filter 信息，可以多次执行上述命令，定义不同的 source-address。

注意：

在使用上述配置命令时，不能对同一个多播组既配置针对某个特定的 source address 的多播组信息，同时配置针对同一多播组的所有 source address 的多播组信息；类似的，不能对同一个多播组既配置针对所有 source address 的多播组信息，同时配置针对同一多播组的某一个特定 source address 的多播组信息。后面配置的命令将被忽略。举例来说，如果已经配置了命令 ip igmp static-group 224.1.1.7，此时再配置命令 ip igmp static-group 224.1.1.7 include 192.168.20.168 时，后一条命令将被忽略。

7. 配置 IGMP Immediate-leave 列表示例

下面的实例演示了系统管理员将某个端口（下面的例子中为 ethernet 1/0 端口）上允许实现“立即离开”功能的访问列表名配置为 imme-leave，并将某 IGMP 主机的地址（在下面的例子中为 192.168.20.168）加入该访问列表的完整过程。通过这些配置步骤，就能保证 IP 地址为 192.168.20.168 的 IGMP 主机实现了“立即离开”多播组的功能。

interface ethernet 1/0

ip igmp immediate-leave imme-leave

exit

ip access-list standard imme-leave

permit 192.168.20.168

第 4 章 PIM-DM 配置

4.1 PIM-DM 简介

PIM-DM（Protocol Independent Multicast Dense Mode）是一种密集模式的多播路由协议，缺省认为当组播源开始发送组播数据时，域内所有的网络节点都需要接收该数据。因而，PIM-DM 采用扩散-剪枝的方式进行组播数据包的转发。组播源开始发送数据时，沿路路由器向朝着源的 RPF 接口之外的所有 PIM 激活接口转发组播数据包。这样，PIM-DM 域中所有网络节点都会收到这些组播数据包。为了完成组播转发，沿路的路由器需要为组 G 和它的源 S 创建相应的组播路由项(S,G)。 (S,G)路由项包括组播源地址、组播组地址、入接口、出接口列表、定时器和标志等。

如果网络中某区域没有组播组成员，PIM-DM 协议会发送剪枝消息，将通往该区域的转发接口剪枝，并且建立剪枝状态。剪枝状态对应着超时定时器。当定时器超时时，剪枝状态又重新变为转发状态，组播数据得以再次沿着这些分支流下。另外，剪枝状态包含组播源和组播组的信息。当剪枝区域内出现了组播组成员时，为了减少反应时间，协议不必等待上游剪枝状态超时，而是主动向上游发送嫁接报文，以使剪枝状态变为转发状态。

只要源 S 仍然发送信息到 G 组，第一跳路由器就会周期性地向下面的初始广播树发送（S,G）状态刷新信息，以完成刷新。PIM-DM 的状态刷新机制，可以刷新下游的状态，使广播树分支的剪枝不会超时。

PIM-DM 在多路访问网络中，除了涉及 DR 的选举外，还引入了以下机制：使用断言机制来选举唯一的转发者以防向同一网段重复转发组播数据包；使用加入/剪枝抑制机制来减少冗余的加入/剪枝消息；使用剪枝否决机制来否决不应该的剪枝行为。

在 PIM-DM 域中，运行 PIM-DM 协议的路由器周期性的发送 Hello 消息，用以发现邻接的 PIM 路由器，进行叶子网络、叶子路由器的判断，并且负责在多路访问网络中进行指定路由器（DR）的选举。

为了适用于 IGMP v1，PIM-DM 负责进行 DR 的选取。当端口上所有 PIM 邻居都支持 DR Priority 时，选择优先级最高的成为 DR。如果优先级相同，则选择具有最大端口 IP 值的路由器为 DR；如果有路由器在 hello 报文中没有通告它的优先权，有多个路由器存在此情况，则选择端口 IP 值最高的路由器为 DR。

路由器的 PIM-DM v2 支持邻居过滤列表、无分类域间路由（CIDR）、变长子网掩码（VLSM）和 IGMP v1、v2、v3。

4.2 配置 PIM-DM

4.2.1 调整定时器

路由协议使用几个计时器来判断发送 hello 报文、状态刷新控制斑纹的频率。Hello 报文发送间隔时间的长短影响到邻居关系是否能正确建立。

要调整计时器，在路由器端口配置模式中使用如下命令：

命令	目的
ip pim-dm hello-interval	经过多长时间（单位：秒）从端口向邻居发送 hello 报文。
ip pim-dm state-refresh origination-interval	对于与源直连的第一跳路由器，是周期性发送状态刷新报文的间隔，仅仅对上游端口进行的配置生效；对于后续路由器，是端口允许接收并处理状态刷新报文的时间间隔。

4.2.2 指定版本号

路由器的 PIM-DM 只支持 PIM v2。

由于 PIM v1 已经过时，所以无论是否配置 Version，我们都缺省支持 PIM v2。做此命令的目的仅仅是为了风格上与以前保持兼容：

命令	目的
ip pim-dm version *version*	在路由器端口配置 PIM-DM 版本。

4.2.3 配置状态刷新

在管理模式，缺省情况下允许运行转发 PIM 密集模式状态刷新控制消息。端口配置态的配置命令，对于与源直连的第一跳路由器，是周期性发送状态刷新报文的间隔，此时仅仅对上游端口进行的配置生效；对于后续路由器，是端口允许接收并处理状态刷新报文的时间间隔。

命令	目的
no ip pim-dm state-refresh disable	允许在端口上收发状态刷新报文。
ip pim-dm state-refresh origination-interval	在端口上收发状态刷新报文的时间间隔。

4.2.4 配置过滤列表

PIM-DM 在缺省情况下没有设置过滤列表，包括邻居过滤列表以及组播边界过滤列表，都是在端口配置态下进行配置。

如果需要禁止某台路由器或者某个网段的路由器加入 PIM-DM 协商，就需要配置邻居过滤列表。为了禁止或者允许某些组通过本 region，就需要设置边界组过滤列表。

命令	目的
ip pim-dm neighor-filter	配置邻居过滤列表。
ip multicast boundary	配置组过滤列表。

4.2.5 设置 DR 优先级

进行 DR 的选取，以便能适用于 IGMP v1。缺省情况下，路由器 DR 优先级为 1。当端口上所有 PIM 邻居都支持 DR Priority 时，选择优先级最高的成为 DR。如果优先级相同，则选择具有最大端口 IP 值的路由器为 DR；如果有路由器在 hello 报文中没有通告它的优先权，有多个路由器存在此情况，则选择端口 IP 值最高的路由器为 DR。

在端口配置态下进行该命令地配置：

命令	目的
ip pim-dm dr-priority	在指定端口设置本地路由器 DR 优先级。

4.2.6 清除(S,G)信息

正常情况下，可能需要清除本地 MRT 中的(S,G)表项或者清除通过(S,G)表项转发组播报文数的统计值。在管理模式下使用如下命令：

命令	目的
clear ip mroute pim-dm {* | *group* [*source*]}	清除本地 MRT 中的(S,G)表项，这个操作将删 除本地多播路由表中的全部或者部分表项，并 可能影响正常的多播报文转发，本命令只能删 除上游端口是由 PIM-DM 多播路由协议创建的 (S,G)条目。
clear ip pim-dm interface	复位 PIM-DM 端口下通过(S,G)转发的多播报 文统计值，本命令只能复位上游端口是由 PIM-DM 多播路由协议创建的(S,G)条目。

4.3 PIM-DM 状态刷新配置举例

参见“配置状态刷新”。

第 5 章 配置 PIM-SM

5.1 PIM-SM 简介

PIM 是 Protocol Independent Multicast（协议无关组播）的简称。它表示可以利用任意单播路由协议（比如 RIP、OSPF、IS-IS、BGP 等）所生成的单播路由表为 IP 组播提供路由。组播路由与所采用的单播路由协议无关，只要能够通过单播路由协议产生相应的组播路由表项即可。PIM 借助 RPF（Reverse Path Forwarding，逆向路径转发）机制实现对组播报文的转发。当组播报文到达设备时，首先对其进行 RPF 检查：若 RPF 检查通过，则创建相应的组播路由表项，从而进行组播报文的转发；若 RPF 检查失败，则丢弃该报文。有关 RPF 的详细介绍，请参见本白皮书第二章。

根据实现机制的不同，PIM 分为以下两种模式：

PIM-DM（Protocol Independent Multicast-Dense Mode，协议无关组播-密集模式）

PIM-SM（Protocol Independent Multicast-Sparse Mode，协议无关组播-稀疏模式） 另

外，SSM（Source-Specific Multicast，指定信源组播）模型通过借助 PIM-SM 的部分技术来实现。

稀疏模式则是针对密集模式而言的。稀疏模式的基本观点是主机必须请求之后才能够接收数据，而密集模式则是先认为主机需要接收数据。稀疏模式通常用于较大的网络当中，而密集模式则适用于较小规模，组播成员较为密集的网络。

5.2 PIM-SM 配置任务列表

启动全局 multicast-routing 启

动 pim-sm 进程

配置 pim-sm 的邻居过滤功能

DR 的选举配置

配置 pim-sm 候选 RP

配置 pim-sm 候选 BSR

配置 SPT 和 RPT 切换阀值

配置 pim-sm 的 SSM 功能

配置 pim-sm 的管理域功能

配置 pim-sm 指定注册报文源地址功能

配置 pim-sm 的 anycast-rp 功能

显示 pim-sm 本地路由条目

跟踪 pim-sm 调试信息

清除 pim-sm 路由条目

5.2.1 启动全局组播

命令： ip multicast-routing

no ip multicast-routing

如果需要使用 pim-sm 协议，则应当在配置态下执行以下命令：

router_config#ip multicast-routing

执行结束之后，show running 会显示以下内容：

!

ip multicast-routing

!

如果不再需要使用 pim-sm 协议，则应当在配置态下执行：

router_config #no ip multicast-routing

5.2.2 启动 pim-sm 进程

在全局使能了 multicast-routing 功能之后，还需要配置支持 pim-sm 的接口，才能在对应端口收发 pim-sm 协议消息。对于每一个路由端口，组播协议对端口具有独占性。也就是如果该端口上使能了其它组播协议，则不能再配置 pim-sm。

端口上 pim-sm 生效的前提是：

1. 端口上配置了主 ip 地址
2. 端口协议 up
3. 端口上配置了 pim-sm

配置实例:

router_config#interface f0/0

```
router_config_f0/0#ip address 172.17.21.173 255.255.255.0
router_config_f0/0#ip pim-sm
```

配置完成以后，用 show running 观看结果

```
!
interface FastEthernet0/0
 ip address 172.17.21.173 255.255.255.0
 no ip directed-broadcast
 ip pim-sm
!
```

用 show ip pim-sm interface 观察结果:

```
router#show ip pim-sm interface
Intf        Address          Ver/    Nbr     Hello   DR      DR
                             Mode    Count   Intvl   Prior   Addr
f0/0        172.17.21.173    V2/S    0       30      1       172.17.21.173
```

如果要停止端口上 pim-sm，则在对应端口执行 no 命令即可

```
router_config#interface f0/0
router_config_f0/0#no ip pim-sm
```

在端口上还可以配置其它一些 pim-sm 命令，诸如管理域边界范围，bsr 边界，DR 优 先级，邻居过滤列表，hello 时间间隔等，具体参加《pim-sm 命令手册》。

5.2.3 配置邻居过滤列表

pim-sm 在工作时也需要维护邻居关系，pim-sm 通过 Hello 消息来完成邻居的检测和相 关参数的协商。路由器在使能了 Ppim-sm 功能的接口上周期性发送地的向所有 pim 路由器
（224.0.0.13）以组播方式发送 pim-sm hello 报文，收到 hello 消息并且参数一致则建立邻
居关系。如果一个路由器没有发送 Hello 消息却收到了 Hello 消息，则此路由器认为邻居存 在，而对方如果没有收到 hello 报文，则认为邻居不存在。

可以在对应端口配置邻居过滤列表，对收到的 hello 报文进行邻居过滤检查。删除邻居过滤列表或者解禁刚才被否决的邻居，则需要等到下一个 hello 周期，才能获知邻居信息。

配置了邻居访问列表的步骤：

1. 端口上配置了主 ip 地址
2. 端口协议 up
3. 端口上配置了 pim-sm
4. 端口上配置 pim-sm 标准访问列表，进行邻居过滤

配置实例:

router_config#interface e2/1

router_config_e2/1#ip address 172.20.21.172 255.255.255.0

router_config_e2/1#ip pim-sm

router_config_e2/1#ip pim-sm nbr-filter nbr_permit

router_config_e2/1#exit

router_config#ip access-list standard nbr_permit

router_config_std_nacl#permit 172.20.21.174 255.255.255.0

配置结果，允许来自 172.20.21.0/24 网段的 hello 报文，建立邻居关系。

R172_config_std_nacl#show ip pim-s nei

PIM-SMv2 Neighbor Table

Neighbor Address	Interface	Uptime/Expires	DR Prior
172.20.21.173	Ethernet2/1	00:15:24/00:01:30	1(DR)

如果将配置修改为如下，端口 e2/1 上只允许来自 172.20.21.174 的 hello 报文 R172_config_std_nacl#permit 172.20.21.174 255.255.255.255 调试信息如下：

2004-1-1 00:16:26 PIM-SM: rcvd hello from 172.20.21.173, filter by acl

原来建立的邻居见逐渐老化直到超时删除：

R172#show ip pim-s nei

PIM-SMv2 Neighbor Table

Neighbor Address	Interface	Uptime/Expires	DR Prior
172.20.21.173	Ethernet2/1	00:17:21/00:00:03	1(DR)

5.2.4 DR 选举

DR 的选举规则是各路由器之间通过比较 Hello 报文中所携带的优先级和 IP 地址，可以为多 路由器网段选举 DR。

DR 的作用体现在:

1. 对主机 IGMP(v1)消息的响应上，如果主机通过以太网链路直接连接了两个或者更多的 PIM-SM 路由器，则只有 DR 对这些消息进行通告，发送(*,g) join 报文。如果接收段的 DR 和 assert winner 发生冲突，则以后者为准。
2. 组播源侧的 DR 负责产生原始注册报文，向 RP 注册。

如果发现有新邻居，由 DR 负责转发本地存储的 BSM 报文。

如果本地要试图成为 DR，则可以通过提高本地 DR 优先级，以及在 DR 优先级相同的情况下， 提高 IP 地址值的方式来实现。

配置了 **DR** 优先级的步骤：

1. 端口上配置了主 ip 地址
2. 端口协议 up
3. 端口上配置了 pim-sm
4. 端口上配置 ip pim-sm dr-pri **

5.2.5 配置候选 RP

当需要把路由器配置为候选 RP 的时候，使用本命令，有如下四个步骤：

1. 需要成为候选 rp 的路由端口首先需要配置 ip 地址
2. 端口使能 pim-sm
3. 进入 pim-sm 全局配置态: router pim-sm
4. 在 pim-sm 全局配置态下:c-rp ***

配置实例： router_config#interface loopback1

router_config_l1#ip addr 1.1.1.1 255.255.255.0

router_config_l1#ip pim-sm

```
router_config#router pim-sm
router_config_ps#c-rp lo1 list rp-range
router_config_ps#exit
router_config#ip access-list stand rp-rang
router_config_std_nacl#permit 225.1.1.0 255.255.255.0
router_config_std_nacl#permit 226.1.1.0 255.255.255.0
```

上述配置，表示候选 CRP 地址为 1.1.1.1，支持的组范围为 225.1.1.0/24 和 226.1.1.0/24。

通过 show 命令，可以开到本地配置的 crp 情况以及运行态

```
router_config#show ip pim-sm bsr
PIMv2 BSR information:
Candidate-RP: 1.1.1.1(Loopback1)
  Interval of Advertisements: 60 seconds
  Next Advertisement will be sent in 00:00:55
router_config#
```

如果要取消路由器的候选 RP 功能，则在 pim-sm 配置态下面，no 掉相应的候选 RP 配置即可。

```
router_config#router pim-sm
router_config_ps#no c-rp loopback1
```

no 掉对应的配置后，通过 show 命令，可以显示本机当前的 CRP 状态。

```
router_config_ps#exit
router_config#show ip pim-sm bsr
PIMv2 BSR information:
router_config#
```

此外，上述的配置均可以通过 show running-confiure 命令查看 pim-sm 配置态下的相应信息。具 体使用，可以参见《pim-sm 用户手册》。

5.2.6 配置候选 BSR

当需要把路由器配置为候选 BSR 的时候，使用本命令，有如下四个步骤：

1. 需要成为候选 rp 的路由端口首先需要配置 ip 地址
2. 端口使能 pim-sm
3. 进入 pim-sm 全局配置态: router pim-sm
4. 在 pim-sm 全局配置态下:c-bsr ***

配置实例： router_config#interface loopback1

router_config_l1#ip addr 1.1.1.1 255.255.255.0

router_config_l1#ip pim-sm

router_config#router pim-sm

router_config_ps#c-bsr loopback1 30 200

上述配置，表示候选 BSR 被选择为 EBSR 后，应用与 rp 计算是的 hash 长度为 30；此候选 BSR 参与竞选的优选权是 200。

通过 show 命令，可以显示本地配置的候选 BSR 情况以及运行态

```
router_config_ps#show ip pim-s bsr

PIMv2 BSR information:

I am a Candidate-BSR:Loopback1 in sz 224.0.0.0/4.

  CBSR-STM state (0-c,1-p,2-e):1.

router_config_ps#
```

观察 CBSR 的状态切换，下面表示已经选举为 EBSR

```
router_config_ps#show ip pim-s bsr

PIMv2 BSR information:

I am BSR in sz 224.0.0.0/4

  CBSR-STM state (0-c,1-p,2-e):2.

  Address of BSR:          1.1.1.1

  BSR Priority:            200
```

Hash Mask Length: 30

Uptime: 02:54:12

BSR will expires in 00:00:51

router_config_ps#

如果要取消路由器的候选 BSR 功能，则在 pim-sm 配置态下面，no 掉相应的 c-bsr 配置即可。

router_config#router pim-sm

router_config_ps#no c-bsr loopback1

no 掉对应的配置后，通过 show 命令，可以看出本机当前的候选 BSR 状态

router_config_ps#show ip pim-s bsr

PIMv2 BSR information:

I am NCBSR in sz 224.0.0.0/4

NCBSR-STM state(0-NI,1-AA,2-AP):1

router_config_ps#

此外，上述的配置均可以通过 show running-confiure 命令查看 pim-sm 配置态下的相应信息。具 体使用，可以参见《pim-sm 用户手册》。

5.2.7 配置 SPT 切换阀值

路由器在数据转发时需要判断是否从 RPT(共享树)切换到 SPT(源树)，这个判断的依据就是 SPT 切换阀值(spt-threshold)，默认情况下接收端侧收到第一个数据报文后，就发生 SPT 切换。我们可以设置 RPT 到 SPT 切换的阀值，单位是 KB/s。一般情况下的处理是从 RPT 切换到 SPT 以后，不再进行回 退操作。

router_config#router pim-sm

router_config_ps#spt-threshold 1000

5.2.8 配置 SSM(需要给出具体网络拓扑，举例)

SSM 模型需要 IGMPv3 的支持，因此应确保连接有接收者的 PIM-SM 设备上使能了 IGMPv3 功能。 SSM 模型是通过 pim-sm 的部分子集功能实现的，因此系统在使能了 PIM-SM 功能的同时也具备了 SSM 能力。在部署 pim-sm 域时，建议在其所有非边界接口上均使能 pim-sm。

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

在配置 pim-ssm 基本功能之前，需选进行单播路由的配置，以确保域内网络层互通，路由可达。

然后分为下面三个步骤进行 pim-ssm 的配置：

1. 在端口上使能 pim-sm。
2. 进入 pim-sm 配置态，配置 SSM 组地址范围
3. 配置 pim-sm 其它功能(可选)

配置实例：

router_config#interface f0/0

router_config_f0/0#ip addr 1.1.1.1 255.255.255.0

router_config_f0/0#ip pim-sm

router_config_f0/0#exit

router_config#router pim-sm

router_config_ps#ssm rang grp_range

router_config_ps#exit

router_config#ip access-list standard grp-range

router_config_std_nacl#permit 233.1.0.0 255.255.0.0

router_config_std_nacl#

上述配置并不是采用缺省的 232.0.0.0/8 作为 SSM 的组范围，而是采用配置的 233.1.0.0/8 作为 SSM 组范围。如果要取消 SSM，则在 pim-sm 配置态下面，直接 no 掉 ssm 相关配置即可。

5.2.9 配置管理域 sz

在非管理域机制中，一个 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 pim-sm 域划分为多个管理域:每个管理域中各自维护一个 BSR， 服务于特定范围的组播组；而 global 域中也维护一个 BSR，为所有剩余的组播组提供服务。

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

在应用了管理域机制的网络中，从众多 C-BSR 中选举出针对不同组播组的 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 上，并向其所服务管理域内的所有设备进行宣 告。所有设备都使用统一的哈希算法，得到特定组播组所对应 RP 的地址。

针对一个组 group，如果要查找它 rp，首先按照前缀和掩码的最长匹配原则，查找这个组所对应的 sz；然后在 sz 中，再次按照 group 的前缀和掩码，采用最长匹配找到对应的 RP-SET，然后计算出 rp。

分为下面三个步骤进行管理域配置：

1. 在管理域边界设备 ZBR 上，配置本管理域组范围。
2. 在管理域内，进入 pim-sm 配置态：
   i. 配置候选 BSR 的组范围，和管理域边界的组范围保持一致。
   ii. 配置候选 BSR，指定候选 BSR 端口

配置实例：

1.管理域边界设备 ZBR 上管理域范围配置

```
Ra_config_e1/1#ip pim-sm admin-scope 225.1.1.0 255.255.255.0
```

2.域内 pim-sm 设备上候选 BSR 的组范围配置以及端口配置

```
Rb_config#interface loopback1
Rb_config_l1#ip addr 1.1.1.1 255.255.255.0
Rb_config_l1#ip pim-sm
Rb_config#router pim-sm
Rb_config_ps#c-bsr admin-scope 225.1.1.0 255.255.255.0 30 200
Rb_config_ps#c-bsr loopback1 32 250
```

其中，30、32 表示 hash 掩码长度，200、250 表示候选 BSR 优先级。当出现不一致的时候，具体配置候选 BSR 时指定的值优先于配置管理域时指定的值。

5.2.10 配置注册报文源地址

缺省情况下，数据源侧的 DR 发送 register 注册报文的时候，携带的是 DR 的地址作为注册报文的源地址。我们可以通过指定 DR 设备上任意活动的 pim-sm 端口作为注册报文的源地址。

配置实例：

```
Rb_config#interface loopback1
Rb_config_l1#ip addr 1.1.1.1 255.255.255.0
Rb_config_l1#ip pim-sm
Rb_config#router pim-sm
Rb_config_ps# reg-src loopback 1
```

指定了 loopback1 的主地址作为注册报文的源地址。

5.2.11 配置 anycast-rp 功能

单一 RP，在 pim-sm 域内的负载往往很重。为了减轻这种负担，我们可以在 pim-sm 域内指定多个相同的 rp，由组播源以及接收者，根据最近的 rp 来发送注册报文以及 join 请求。

如果没有引入 MSDP 模块，在配置 anycast-rp 的时候，需要明确指定担当 anycast-rp 的邻居，并且邻居地址和充当 rp 的端口地址不能相同。

具体配置实例可以参考《pim-sm 命令手册》。

5.2.12 显示 pim-sm 本地路由条目

如果希望显示 PIM-SM 组播路由信息，可使用 show ip mroute pim-sm 命令。

show ip mroute pim-sm [*group-address*] [*source-address*]

参数

参数	参数说明
group-address	组地址 。
source-address:	源地址。

缺省

无

命令模式

管理态

使用说明

使用此命令可以显示 PIM-SM 路由交换机的组播路由条目。

示例

```
Switch#show ip mroute pim-sm
IP PIM-SM Multicast Routing Table:
(source, group)   RP      Uptimer/Expires   Flags
(*, 225.1.1.10), 9.1.1.1, 00:15:14/00:02:37,JOIN|IGMP
Upstream interface: VLAN5, RPF nbr 192.168.100.143
Downstream interface list:
```

```
  VLAN2, 00:13:23/00:02:37
(192.166.1.253, 225.1.1.10), 00:15:14/00:02:46 JOIN|IGMP
Upstream interface: VLAN5, RPF nbr 192.168.100.143
Downstream interface list:
  VLAN2, 00:15:14/00:02:46
```

相关命令

无

5.2.13 清除 pim-sm 路由条目

如果希望清除 pim-sm 的组播路由交换机中保存的组播路由的信息，可使用 clear ip mroute pim-sm 命令。

clear ip mroute pim-sm [* | *group-address*] [*source-address*]

参数

参数	参数说明
*	删除所有 PIM-SM 创建的多播路由 。
group-address	删除相关组的多播路由。
source-address	删除相关源的多播路由。

缺省

无

命令模式

管理态

使用说明

使用此命令可以在保存的组播路由信息发生错误时用来清除路由交换机中保存的组播路由的信息。

示例

例一：将清除本地 MRT 中上游端口是由 PIM-SM 创建的所有路由。

```
Switch#clear ip mroute pim-sm *
```

例二：将清除本地 MRT 中上游端口是由 PIM-SM 创建的组地址为 239.1.1.1 的所有路由。

Switch#clear ip mroute pim-sm 239.1.1.1

例三：将清除本地 MRT 中上游端口是由 PIM-SM 创建(192.168.20.138, 239.1.1.1)。

Switch#clear ip mroute pim-sm 239.1.1.1 192.168.20.131

相关命令

无

5.2.14 跟踪 pim-sm 调试信息

如果希望跟踪 PIM-SM 的报文和状态机信息，可使用 debug ip pim-sm 命令。

debug ip pim-sm [**hello**|**jp**|**register**|**assert**|**bsr**|**timer**] [**packet**|**state-machine**]

参数

参数	参数说明
hello	追踪 hello 模块发送接收报文信息 。
jp	追踪 Join/Prune 报文信息。
register	追踪 register 报文信息 。
assert	追踪 register 报文信息 。
bsr	追踪 BSR 报文信息 。
time	追踪计时器信息 。
packet	追踪状态机活动信息 。
state-machine	追踪发送接收报文信息 。

缺省

无

命令模式

管理态

使用说明

使用此命令可以跟踪 PIM-SM 路由交换机的状态变化和报文收发。

示例

示例一 跟踪 hello 报文交互。

```
switch#debug ip pim-sm hello
2003-4-21 16:44:00 PIM-SM: VLAN5, Rcv Hello Msg, Source = 192.168.100.143, Destination = 224.0.0.13, len = 34
2003-4-21 16:44:07 PIM-SM: VLAN5, Send Hello Msg, Destination = 224.0.0.13, len = 34
2003-4-21 16:44:08 PIM-SM: VLAN2, Send Hello Msg, Destination = 224.0.0.13, len = 34
2003-4-21 16:44:10 PIM-SM: VLAN2, Rcv Hello Msg, Source = 192.168.21.144, Destination = 224.0.0.13, len = 34
```

示例二 跟踪 JP 报文交互及状态变化 。

```
switch#debug ip pim-sm jp
switch#PIM-SM: downstream VLAN5, RP = 192.166.100.142, GP = 224.2.127.254
SM state = PS_ST_JP_NI, ev = PS_EV_JP_JOIN.
PIM-SM: downstream VLAN5, RP = 192.166.100.142, GP = 224.2.127.254
SM state = PS_ST_JP_J, ev = PS_EV_JP_PRUNE.
PIM-SM: downstream VLAN5, RP = 192.166.100.142, GP = 239.255.255.250
SM state = PS_ST_JP_NI, ev = PS_EV_JP_JOIN.
PIM-SM: downstream VLAN5, RP = 192.166.100.142, GP = 239.255.255.250
SM state = PS_ST_JP_J, ev = PS_EV_JP_PRUNE.
2003-4-21 16:48:52 PIM-SM: VLAN5, Rcv J/P Msg, Source = 192.168.100.143, Destination = 224.0.0.13, len = 42
PIM-SM: downstream VLAN5, RP = 192.166.100.142, GP = 225.1.1.10
SM state = PS_ST_JP_NI, ev = PS_EV_JP_JOIN.
```

示例三 跟踪 register 报文交互及状态变化。

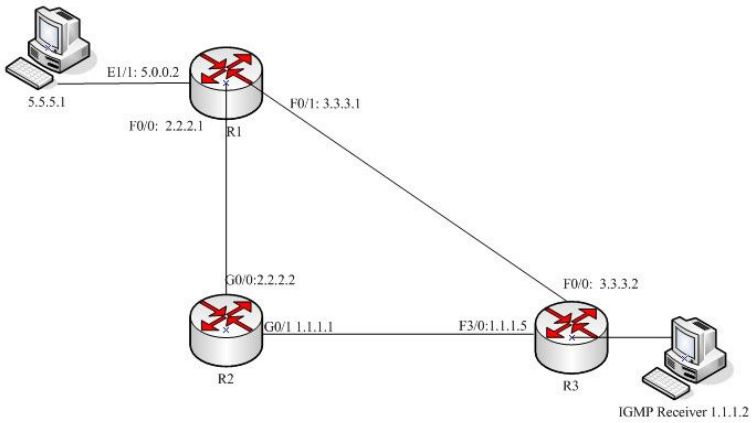
```
R142#debug ip pim-sm register
R142#2003-4-21 16:52:19 Line protocol on Interface VLAN5, changed state to up
2003-4-21 16:52:29 PIM-SM: VLAN5, Rcv Register Msg, Source = 192.168.100.143, Destination = 192.166.100.142, len = 57
2003-4-21 16:52:29 PIM-SM: VLAN5 Rcv Register Msg, Source = 192.168.100.143, Destination = 192.166.100.142, len = 57
```

相关命令

无

5.3 PIM-SM 配置实例

5.3.1 pim-sm 常见拓扑配置举例



如上图所示拓扑：

1.所有路由器上，必须使能 组播转发功能：

Router_config#ip multicast-routing

2.在所有要进行组播转发的端口上必须配置 pim-sm 协议：

以 R1 为例：要配置

R1_config_e1/1#ip pim-sm

R1_config_f0/1#ip pim-sm

R1_config_f0/0#ip pim-sm

3.RP 配置

3.1 若是使用动态 rp, 仅需在要担当 c-bsr 和 c-rp 的路由上进行配置即可，c-bsr 和 c-rp 不要求配置在同一台机器上

如图中：选择 R2 担当 c-bsr 和 c-rp

需要成为候选 bsr 或候选 rp 的路由端口首先需要配置 ip 地址

R2_config_l0#ip add 6.6.6.6 255.255.255.0

R2_config_l0# ip pim-s

R2_config#router pim-sm

R2_config_ps#c-bsr loopback0

R2_config_ps#c-rp loopback0

3.2 若是使用静态 rp, 需要在每台 pim 路由上，指定 rp 的地址，该地址必须可达

被配置为 rp 地址的端口，必须配置 pim-sm:

R2 上配置如下：

R2_config_l0#ip add 6.6.6.6 255.255.255.0

R2_config_l0# ip pim-s

R2_config_ps#static-rp 6.6.6.6

R1 和 R3 上仅需配置：

R1_config_ps#static-rp 6.6.6.6

R3_config_ps#static-rp 6.6.6.6

4.若要启用 ssm 功能，则必须整个 pim 域保持一致：（参见 2.8）

SSM 模型需要 IGMPv3 的支持，因此应确保连接有接收者的 PIM-SM 设备上使能了 IGMPv3 功能。SSM 模型是通过 pim-sm 的部分子集功能实现的，因此系统在使能了 PIM-SM 功能的 同时也具备了 SSM 能力。在部署 pim-sm 域时，建议在其所有非边界接口上均使能 pim-sm。

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

在配置 pim-ssm 基本功能之前，需选进行单播路由的配置，以确保域内网络层互通， 路由可达。

然后分为下面三个步骤进行 pim-ssm 的配置：

1. 在端口上使能 pim-sm。
2. 进入 pim-sm 配置态，配置 SSM 组地址范围
3. 配置 pim-sm 其它功能(可选)

配置实例： router_config#interface f0/0

router_config_f0/0#ip addr 1.1.1.1 255.255.255.0

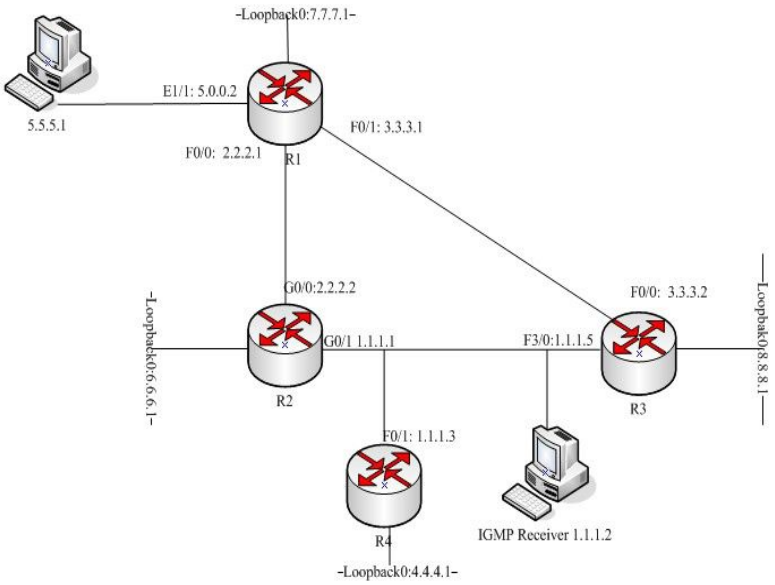
router_config_f0/0#ip pim-sm

```
router_config_f0/0#exit

router_config#router pim-sm

router_config_ps#ssm rang grp_range

router_config_ps#exit

router_config#ip access-list standard grp-range

router_config_std_nacl#permit 233.1.0.0 255.255.0.0

router_config_std_nacl#
```

上述配置并不是采用缺省的232.0.0.0/8作为SSM的组范围，而是采用配置的233.1.0.0/16作为SSM组范围。如果要取消SSM，则在pim-sm配置态下面，直接no掉ssm相关配置即可。

用以下拓扑为例进行说明：

下图，R2为rp，R3为1.1.1.0网段的dr



若要使用ssm功能转发233.1.0.0/16范围的组播流量，必须在整个pimsm域的每台路由上，配置（在上图拓扑中，即r1，r2，r3，r4都需进行配置）

```
router_config#router pim-sm

router_config_ps#ssm rang grp_range

router_config_ps#exit

router_config#ip access-list standard grp-range

router_config_std_nacl#permit 233.1.0.0 255.255.0.0
```

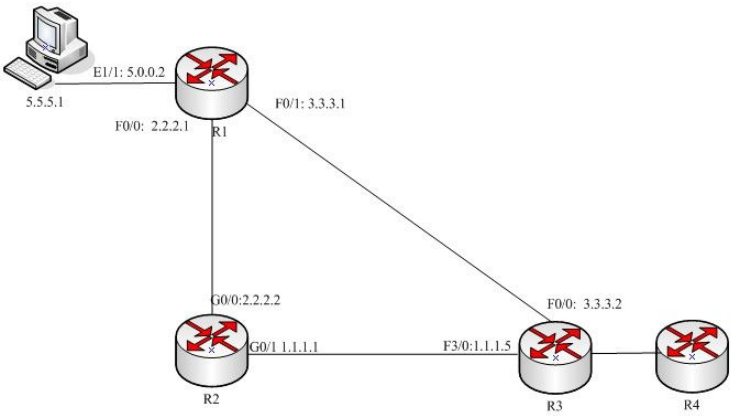
当图中 igmp receiver 1.1.1.2 发出 igmp v3 的 report：include（5.5.5.1，233.1.0.1）时，该 lan 的 dr（R3）,会直接向源（5.5.5.1）进行 join,而不是向 rp 进行 join。

直连源的 R1 路由器，若收到（5.5.5。1，233.1.0.1）的报文，就会直接沿着已经建立的 spt 数转发报文，而不会向 rp 进行 register 过程。

这样由于省去了 register 的开销，并且完全使用 spt 树进行转发，效率得到了提高。

注：若是 igmp receiver 1.1.1.2 发送（*， 233.1.0.1）的 report, 会因为此组地址被 ssm 范围覆盖，而不予处理。（对于落在 ssm 范围内的组，只处理指定源的 report）。

5.3.2 多协议组播的混配



如上图所示，

R3 上 f3/0 和 f0/0 上，配置 ip pim-sm

E1/1 上， 配置 Ip pim-dm

R3 作为 pimsm 域和 pimdm 域的边界, 即 pmbr

此时针对每个 rp, r3 会生成一个(**RP)的表项， 所有 pimsm 域使用该 rp 地址的组的流量，都会沿着该(**RP)表项，流到 R3, 并向 R4 进行转发。

因此,在使用混配功能时,不能再混合使用 ssm 功能,开启 ssm 功能的路由,不会对(**RP）表项进行处理

目前仅支持 pim-sm 和 pim-dm 的混配

第 6 章 配置 DVMRP

6.1 DVMRP 简介

距离矢量组播路由协议(Distance Vector Multicast Routing Protocol，DVMRP)为支持多目标广播路径选择而开发的第一个协议。它已广泛用在 MBone 网络上，该协议在 RFC 1075 中有详细的描述。路由器的 DVMRP 采用针对 DVMRPv3 草案（draft-ietf-idmr-dvmrp-v3-101.txt），兼容 DVMRPv1（RFC 1075）的方式进行开发。

DVMRP 为每一个组播路由构造不同的组播分发树(distribution tree)。每棵分发树是最小跨越树(spanning tree)，这种树是指从树根上的分发源算起到作为树叶的所有接收分发的主机构成的树。根据信息包在路径上的转发(hop)数，这种分发树提供在分发源到每个接收主机之间的最短路径。当组播源开始给组播组传送信息时，使用“嫁接和剪除(graft and prune)”技术来构造分发树。

为简化对 DVMRP 的说明，假设网络上的所有路由器都支持 DVMRP。DVMRP 使用的方法是假设网络上的每台主机都是组播组的一部分，在组播源子网上的路由器，也就是指定用来为子网上所有主机处理路径选择的路由器，首先向所有相邻的路由器传送组播信息，然后每台路由器有选择地把组播信息发送到下游路由器，一直发送到所有组播组的成员。 在生成分发树期间有选择的转发工作过程如下。当路由器接收到一个组播信息时，它就

检查它的单播路由表，以便确定返回到组播源的最短路径的接口。如果这个接口就是组播信息到达的最短路径接口，路由器就在它内部的表中登录某些状态信息用来识别组播组，并且把组播消息转发到所有相邻的路由器。这种机制叫做反向路径转发(Reverse Path Forwarding)，它可确保在组播树上没有环路，而且组播树包含的路径(从组播源到所有接收主机之间的路径)是最短路径。这是 DVMRP 协议的基本部分。 协议中的剪除部分是用来剪除广播树的树枝，就是删除不参加组播组的成员。IGMP 协议 运行在主机和与它们直接邻接的路由器之间，它用来维护路由器中的组员数据。当路由 器确信没有主机属于组播组时就向上游路由器发送一个剪除信息。毫无疑问，路由器也 要修改路由表中的状态信息以反映那个分支已从这棵上剪除掉。这个过程一直到所有多 余的分支被剪除掉为止。最后得到的是一棵最小分发树。

DVMRP 一旦构造了分发树，就可以使用它把组播信息从组播源传送到组播组的成员，而沿途上的路由器在通往组播组成员的接口上转发组播信息。由于新的成员可在任何时候加入到组播组，而且由于新成员可能是在某一个被剪除的分支上加入，因此 DVMRP 就周期性地重新启动组播树的构造进程。

在子网上密布有组播组的情况下，DVMRP 工作得很好。但组播组稀疏分布在广域网上的情况下，周期性地组播行为会使网络的性能严重下降。使用 DVMRP 的另一个问题是，组播路由状态信息的数量问题，因为所有路由器都必需为每个组播组(组播源和接收组)存放状态信息，这些信息是用来转发组播消息的指定接口信息，或者是剪除状态信息，而且这些信息必需要存放在组播路由器中。

路由器的 DVMRP v3 支持叶节点、组播源掩码、单播过滤列表、单播路由过滤、自 动汇总、手工汇总等。

6.2 DVMRP 配置

6.2.1 启动 DVMRP

端口运行 DVMRP 以激活密集模式组播功能，按以下步骤进行：

命令	目的
ip dvmrp **mo ip dvmrp**	进入需要运行 DVMRP 的端口，在端口配置态 下激活 DVMRP 组播路由进程。

6.2.2 配置路由汇总

DVMRP 的自动汇总和手工汇总功能都只能在端口上配置，端口配置不影响 DVMRP 的单播路由表和其它端口路由的发送。当配置路由汇总后，仅 DVMRP 路由表存在可汇总的子网路由时，汇总路由才从配置端口发送。汇总路由的路由代价取所有子网路由的最大代价值，用以加速由于路由环形成的路由的计数到无穷。

在路由器的两个或多个端口可能与其它路由器形成路由环时，建议在这些端口上配置相同的汇总机制，即同时汇总或取消汇总某些路由等。

端口配置态使用如下命令：

命令	目的
[**no**]**ip dvmrp auto-summary**	配置本路由器上使用的端口自动汇总。
[**no**]**ip summary-address** *network-address network-mask*	配置本路由器使用端口手工汇总。

6.2.3 配置端口强制叶节点

在某些情况下，需要仅仅隔断两台路由器之间的 DVMRP 联系，而无需停止其端口上的 DVMRP，这是可以采用强制叶节点的方式。强制叶节点是通过忽略端口上的其它路由器来形成叶节点的环境。

全局配置态使用如下命令：

命令	目的
[**no**] **ip dvmrp force-leaf**	配置端口为叶节点。

6.2.4 配置路由过滤器

配置端口路由过滤器，可以从端口过滤接收和发送的路由。

全局配置态使用如下命令：

命令	目的

[**no**] **ip dvmrp route-filter** {**in**|**out**} *acl-name*	配置端口过滤器，过滤不需 要的路由。

6.2.5 显示 DVMRP 单播路由

需要查看 DVMRP 学习的单播路由信息可以使用如下命令：

命令	目的
show ip dvmrp route [*network-address* [*network-mask*]]	显示 DVMRP 单播路由信息。

6.2.6 显示 DVMRP 组播路由

需要查看 DVMRP 学习的组播路由信息可以使用如下命令：

命令	目的
show ip mroute dvmrp [*source-address* [*group-address*]]	显示 DVMRP 组播路由信息。

6.2.7 清除 DVMRP 学习的组播路由

清除 DVMRP 学习的组播路由信息可以使用如下命令：

命令	目的
clear ip mroute dvmrp { * | *source-address* [*group-address*] }	清除 DVMRP 组播路由信息。

6.3 DVMRP 配置举例

这一节列举一台 R2611 与 Cisco2620 的互通配置，因为 Cisco 路由器的 DVMRP 属于被动作用，所以 Cisco 路由器启动 PIM-DM(PIM-SM 也可)即可。

R2611 路由器配置：

```
!
ip multicast-routing
!
interface Ethernet1/1
ip address 200.1.1.142 255.255.255.0
ip dvmrp
!
interface Ethernet2/1
ip address 192.168.20.142 255.255.255.0
ip dvmrp
!
```

Cisco2620 路由器配置：

```
!
ip multicast-routing
!
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.20.204 255.255.255.0
ip pim dense-mode
!
interface FastEthernet0/1
ip address 100.1.20.204 255.255.255.0
ip pim dense-mode
!
```