

目 录

1 组播路由与转发配置	1-1
1.1 组播路由与转发简介	1-1
1.1.1 RPF检查机制	1-1
1.1.2 组播静态路由	1-3
1.1.3 GRE隧道在组播转发中的应用	1-5
1.1.4 组播路径跟踪	1-5
1.2 组播路由与转发配置任务简介	1-6
1.3 使能IP组播路由	1-6
1.4 配置组播路由与转发	1-7
1.4.1 配置准备	1-7
1.4.2 配置组播静态路由	1-7
1.4.3 配置组播路由策略	1-8
1.4.4 配置组播转发范围	1-8
1.4.5 配置组播转发表容量	1-9
1.4.6 跟踪组播数据的传输路径	1-9
1.5 组播路由与转发显示和维护	1-9
1.6 组播路由与转发典型配置举例	1-10
1.6.1 改变RPF路由配置举例	1-10
1.6.2 衔接RPF路由配置举例	1-12
1.6.3 利用GRE隧道实现组播转发配置举例	1-14
1.7 常见配置错误举例	1-17
1.7.1 组播静态路由失败	1-17
1.7.2 组播数据无法到达接收者	1-18

1 组播路由与转发配置



说明

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

1.1 组播路由与转发简介

在组播实现中，组播路由和转发分为三种表：

- 每个组播路由协议都有一个协议自身的路由表，如 PIM 路由表（PIM Routing-Table）；
- 各组播路由协议的组播路由信息经过综合形成一个总的组播路由表（Multicast Routing-Table）；
- 组播转发表（Multicast Forwarding-Table）直接用于控制组播数据包的转发。

组播路由表由一组（S，G）表项组成，其中（S，G）表示由源 S 向组播组 G 发送组播数据的路由信息。如果路由器支持多种组播路由协议，则其组播路由表中将包括由多种协议生成的组播路由。路由器根据组播路由和转发策略，从组播路由表中选出最优的组播路由，并下发到组播转发表中。

1.1.1 RPF 检查机制

组播路由协议依赖于现有的单播路由信息、MBGP 路由或组播静态路由来创建组播路由表项。组播路由协议在创建组播路由表项时，运用了 RPF（Reverse Path Forwarding，逆向路径转发）检查机制，以确保组播数据能够沿正确的路径传输，同时还能避免由于各种原因而造成的环路。

1. RPF 检查过程

执行 RPF 检查的依据是单播路由、MBGP 路由或组播静态路由：

- 单播路由表中汇集了到达各个目的网段的最短路径；
- MBGP 路由表直接提供组播路由信息；
- 组播静态路由表中列出了用户通过手工静态配置指定的 RPF 路由信息。

在执行 RPF 检查时，路由器同时查找单播路由表、MBGP 路由表和组播静态路由表，具体过程如下：

(1) 首先，分别从单播路由表、MBGP 路由表和组播静态路由表中各选出一条最优路由：

- 以“报文源”的 IP 地址为目的地址查找单播路由表，自动选取一条最优单播路由。对应表项中的出接口为 RPF 接口，下一跳为 RPF 邻居。路由器认为来自 RPF 邻居且由该 RPF 接口收到的组播报文所经历的路径是从源 S 到本地的最短路径。
- 以“报文源”的 IP 地址为目的地址查找 MBGP 路由表，自动选取一条最优 MBGP 路由。对应表项中的出接口为 RPF 接口，下一跳为 RPF 邻居。

- 以“报文源”的 IP 地址为指定源地址查找组播静态路由表，自动选取一条最优组播静态路由。对应表项明确指定了 RPF 接口和 RPF 邻居。
- (2) 然后，从这三条最优路由中选择一条作为 RPF 路由：
- 如果配置了按照最长匹配选择路由，则从这三条路由中选出最长匹配的那条路由；如果这三条路由的掩码一样，则选择其中优先级最高的那条路由；如果它们的优先级也相同，则按照组播静态路由、MBGP 路由、单播路由的顺序进行选择。
 - 如果没有配置按照最长匹配选择路由，则从这三条路由中选出优先级最高的那条路由；如果它们的优先级相同，则按照组播静态路由、MBGP 路由、单播路由的顺序进行选择。
-

说明

根据组播报文传输的具体情况不同，“报文源”所代表的具体含义也不同：

- 如果当前报文沿从组播源到接收者或 RP (Rendezvous Point, 汇集点) 的 SPT (Shortest Path Tree, 最短路径树) 进行传输，则以组播源为“报文源”进行 RPF 检查；
- 如果当前报文沿从 RP 到接收者的 RPT (Rendezvous Point Tree, 共享树) 进行传输，则以 RP 为“报文源”进行 RPF 检查；
- 如果当前报文为 BSR (Bootstrap Router, 自举路由器) 报文，沿从 BSR 到各路由器的路径进行传输，则以 BSR 为“报文源”进行 RPF 检查。

有关 SPT、RPT、RP 和 BSR 的详细介绍，请参见“IP 组播分册”中的“PIM 配置”。

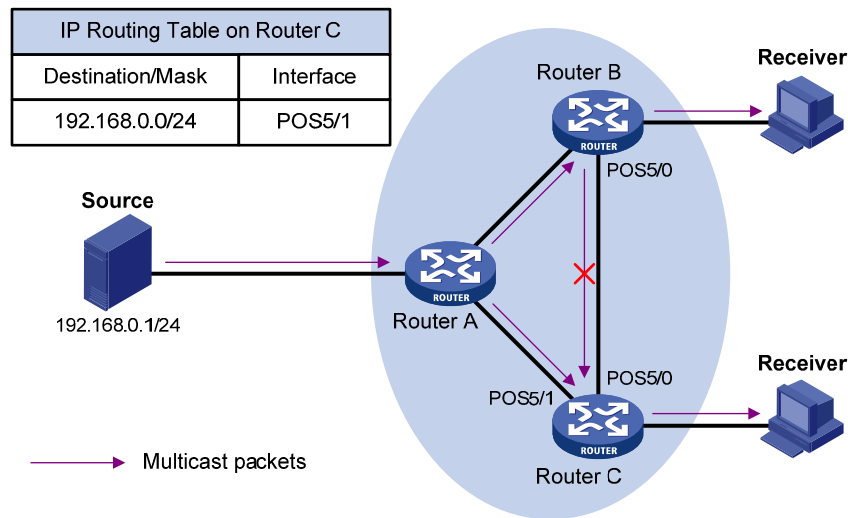
2. RPF 检查在组播转发中的应用

对每一个收到的组播数据报文都进行 RPF 检查会给路由器带来较大负担，而利用组播转发表可以解决这个问题。在建立组播路由和转发表时，会把组播数据报文 (S, G) 的 RPF 接口记录为 (S, G) 表项的入接口。当路由器收到组播数据报文 (S, G) 后，查找组播转发表：

- (1) 如果组播转发表中不存在 (S, G) 表项，则对该报文执行 RPF 检查，将其 RPF 接口作为入接口，结合相关路由信息创建相应的表项，并下发到组播转发表中：
 - 若该报文实际到达的接口正是其 RPF 接口，则 RPF 检查通过，向所有的出接口转发该报文；
 - 若该报文实际到达的接口不是其 RPF 接口，则 RPF 检查失败，丢弃该报文。
- (2) 如果组播转发表中已存在 (S, G) 表项，且该报文实际到达的接口与入接口相匹配，则向所有的出接口转发该报文。
- (3) 如果组播转发表中已存在 (S, G) 表项，但该报文实际到达的接口与入接口不匹配，则对此报文执行 RPF 检查：
 - 若其 RPF 接口与入接口一致，则说明 (S, G) 表项正确，丢弃这个来自错误路径的报文；
 - 若其 RPF 接口与入接口不符，则说明 (S, G) 表项已过时，于是把入接口更新为 RPF 接口。如果该报文实际到达的接口正是其 RPF 接口，则向所有的出接口转发该报文，否则将其丢弃。

如 [图 1-1](#) 所示，假设网络中单播路由畅通，未配置 MBGP，Router C 上也未配置组播静态路由。组播报文 (S, G) 沿从组播源 (Source) 到接收者 (Receiver) 的 SPT 进行传输。假定 Router C 上的组播转发表中已存在 (S, G) 表项，其记录的入接口为 POS5/1。

图1-1 RPF 检查过程



- 如果该组播报文从接口 POS5/1 到达 Router C，与 (S, G) 表项的入接口相匹配，则向所有的出接口转发该报文。
- 如果该组播报文从接口 POS5/0 到达 Router C，与 (S, G) 表项的入接口不匹配，则对其执行 RPF 检查：通过查找单播路由表发现到达 Source 的出接口（即 RPF 接口）是 POS5/1，与 (S, G) 表项的入接口一致。这说明 (S, G) 表项是正确的，该报文来自错误的路径，RPF 检查失败，于是丢弃该报文。

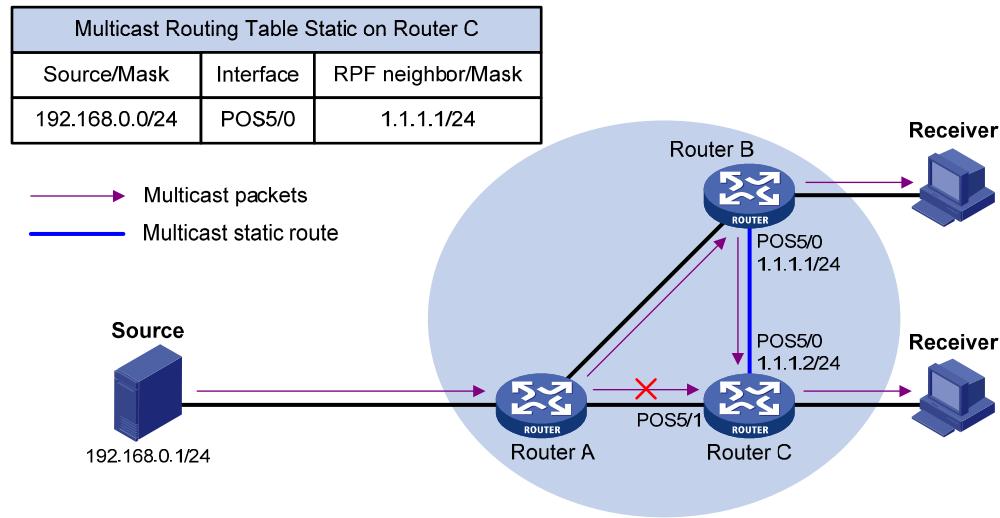
1.1.2 组播静态路由

组播静态路由是 RPF 检查的重要依据之一。根据具体应用环境的不同，组播静态路由有以下两种主要用途：

1. 改变 RPF 路由

通常，组播的网络拓扑结构与单播相同，组播数据的传输路径也与单播相同。可以通过配置组播静态路由以改变 RPF 路由，从而为组播数据创建一条与单播不同的传输路径。

图1-2 改变 RPF 路由示意图

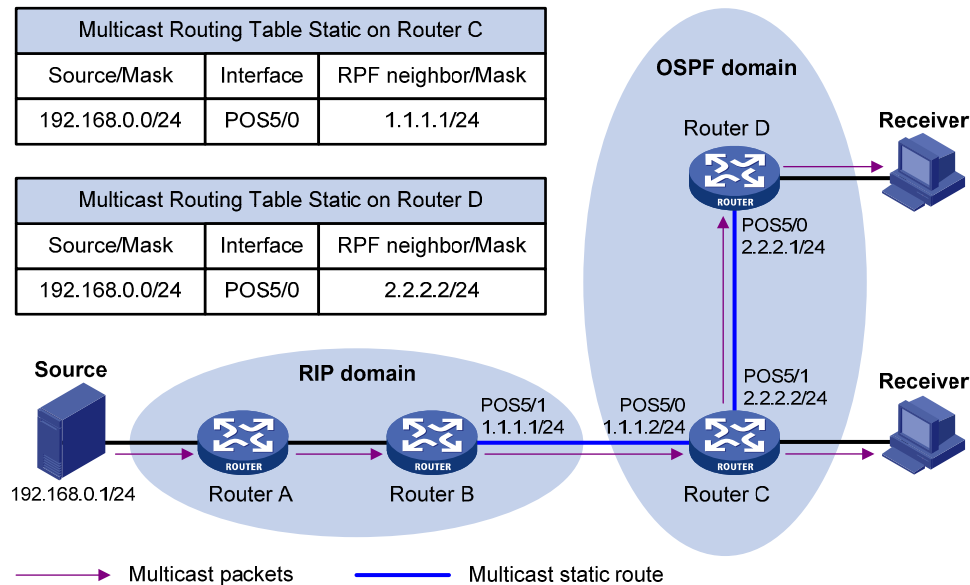


如 图 1-2 所示, 当网络中没有配置组播静态路由时, Router C 到组播源 (Source) 的 RPF 邻居为 Router A, 从 Source 发出的组播信息沿 Router A—Router C 的路径传输, 与单播路径一致; 当在 Router C 上配置了组播静态路由, 指定从 Router C 到 Source 的 RPF 邻居为 Router B 之后, 从 Source 发出的组播信息将改变传输路径, 沿 Router A—Router B—Router C 的新路径传输。

2. 衔接 RPF 路由

当网络中的单播路由被阻断时, 由于没有 RPF 路由而无法进行包括组播数据在内的数据转发。可以通过配置组播静态路由以生成 RPF 路由, 从而创建组播路由表项以指导组播数据的转发。

图1-3 衔接 RPF 路由示意图



如 图 1-3 所示, RIP 域与 OSPF 域之间实行单播路由隔离。当网络中没有配置组播静态路由时, OSPF 域内的接收者 (Receiver) 不能收到 RIP 域内的组播源 (Source) 所发出的组播信息; 当在 Router C 和 Router D 上均配置了组播静态路由, 分别指定从 Router C 到 Source 的 RPF 邻居为 Router B、从 Router D 到 Source 的 RPF 邻居为 Router C 之后, Receiver 便能收到 Source 发出的组播信息了。

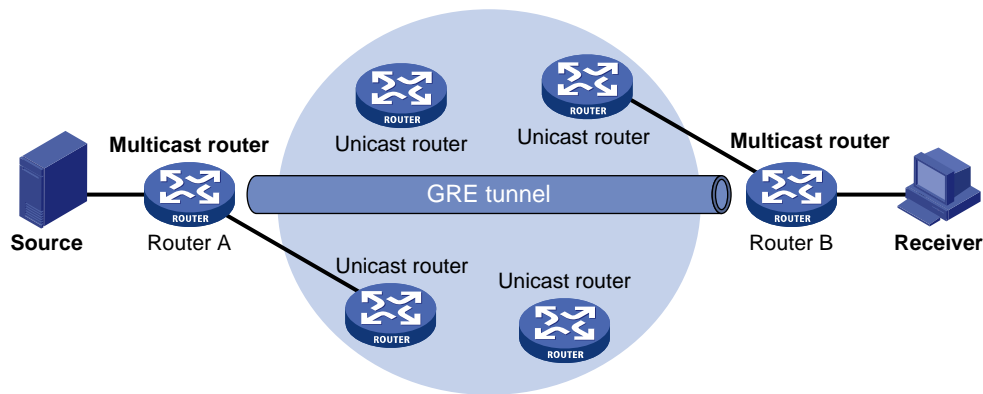
说明

- 组播静态路由的作用只在于影响 RPF 检查，而不能用于指导组播数据转发，故又称为 RPF 静态路由；
 - 组播静态路由仅在所配置的组播路由器上生效，不会以任何方式被广播或者引入给其它路由器。
-

1.1.3 GRE 隧道在组播转发中的应用

网络中可能存在不支持组播协议的路由器。从组播源（Source）发出的组播数据沿组播路由器逐跳转发，当下一跳路由器不支持组播协议时，组播转发路径将被阻断。此时，通过在处于单播网段两端的组播路由器之间建立 GRE（Generic Routing Encapsulation，通用路由封装）隧道，可以实现跨越单播网段的组播数据交换。有关 GRE 隧道的详细介绍，请参见“VPN 分册”中的“GRE 配置”。

图1-4 使用隧道方式传送组播数据



如 图 1-4 所示，在 Router A 和 Router B 之间建立起 GRE 隧道。Router A 将组播数据包封装在单播 IP 报文中，经由单播路由器转发，传送到隧道另一端的 Router B。然后，Router B 将单播 IP 报文头剥掉，继续进行组播传输。

如果在隧道的两端配置了单播静态路由，则任意单播数据包都可以通过该隧道传输。为了将该隧道专用于组播数据包的传输，可以在隧道两端只配置组播静态路由，从而使单播数据包的传输不能再使用此隧道。

1.1.4 组播路径跟踪

Multicast traceroute（组播路径跟踪）用来跟踪组播数据从第一跳到最后一跳路由器所经过的路径。

1. Multicast traceroute 基本概念

- (1) 最后一跳路由器（Last-hop Router）：如果某路由器有一个接口的 IP 地址与指定地址在同一个网段内，具备组播功能，且能够向该网段转发特定组播源发来的组播流，则称该路由器为最后一跳路由器。
- (2) 第一跳路由器（First-hop Router）：与组播源直连的路由器。
- (3) 查询器（Querier）：触发组播路径跟踪的路由器。

2. Multicast traceroute 报文简介

Multicast traceroute 报文是一种特殊的 IGMP 报文，与普通 IGMP 报文的区别在于其类型字段为 0x1F/0x1E，且其目的 IP 地址为单播地址。Multicast traceroute 报文分为以下三种类型：

- Query 报文：类型字段为 0x1F
- Request 报文：类型字段为 0x1F
- Response 报文：类型字段为 0x1E

3. Multicast traceroute 执行步骤

- (1) 查询器向最后一跳路由器发送 Query 报文；
- (2) 最后一跳路由器在收到的 Query 报文后加上本地响应数据块转换成 Request 报文，查找到上游邻居后向其单播发送该 Request 报文；
- (3) 最后一跳路由器到组播源之间的每一跳都在 Request 报文之后附加一个响应数据块，并向其上游邻居单播转发；
- (4) 第一跳路由器在收到 Request 报文后，将其报文类型改为 Response 报文，向查询器单播发送完整的报文。

1.2 组播路由与转发配置任务简介

表1-1 组播路由与转发配置任务简介

配置任务		说明	详细配置
使能 IP 组播路由		可选	1.3
配置组播路由与转发	配置组播静态路由	可选	1.4.2
	配置组播路由策略	可选	1.4.3
	配置组播转发范围	可选	1.4.4
	配置组播转发表容量	可选	1.4.5
	跟踪组播数据的传输路径	可选	1.4.6



注意

IP 组播不支持从 IP 地址网段应用。也就是说，当为接口配置了从 IP 地址后，组播数据并不能通过从 IP 地址所属的网段进行路由和转发，而只能通过主 IP 地址进行路由和转发。

1.3 使能 IP 组播路由

在配置各项三层组播功能之前，必须首先使能 IP 组播路由。

使能公网实例中的 IP 组播路由

表1-2 使能公网实例中的 IP 组播路由

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
使能 IP 组播路由	multicast routing-enable	必选 缺省情况下，IP 组播路由处于关闭状态

1.4 配置组播路由与转发

1.4.1 配置准备

在配置组播路由与转发之前，需完成以下任务：

- 配置任一单播路由协议，实现域内网络层互通
- 配置 PIM-DM（或 PIM-SM）

在配置组播路由与转发之前，需准备以下数据：

- 组播转发的最小 TTL 值
- 单条组播转发表项的最大下行节点数目
- 组播转发表的最大表项数

1.4.2 配置组播静态路由

通过配置组播静态路由，可以为来自特定组播源的组播报文指定 RPF 接口或 RPF 邻居。

表1-3 配置组播静态路由

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
配置组播静态路由	ip rpf-route-static <i>source-address</i> { <i>mask</i> <i>mask-length</i> } [<i>protocol</i> [<i>process-id</i>]] [route-policy <i>policy-name</i>] { <i>rpf-nbr-address</i> <i>interface-type interface-number</i> } [preference <i>preference</i>] [order <i>order-number</i>]	必选 缺省情况下，没有配置组播静态路由
删除所有组播静态路由	delete ip rpf-route-static	可选



注意

在配置组播静态路由时，若 RPF 邻居的接口类型是以太网接口、三层聚合接口、RPR 接口、Loopback 接口或 VLAN 接口时，不能使用指定与 RPF 邻居相连接口（*interface-type interface-number*）的方式指定 RPF 邻居，而只能使用指定地址（*rpf-nbr-address*）的方式指定 RPF 邻居。

1.4.3 配置组播路由策略

可以配置组播路由器按照最长匹配原则来选择RPF路由，有关RPF路由选择的详细介绍，请参见“[1.1.1 1. RPF检查过程](#)”一节。此外，通过配置根据组播源或组播源组进行组播流量的负载分担，还可以优化存在多条组播数据流时的网络流量。

配置公网实例中的组播路由策略

表1-4 配置公网实例中的组播路由策略

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
配置按照最长匹配选择 RPF 路由	multicast longest-match	可选 缺省情况下，选择优先级最高的路由作为 RPF 路由
配置对组播流量进行负载分担	multicast load-splitting { source source-group }	可选 缺省情况下，不对组播流量进行负载分担

1.4.4 配置组播转发范围

组播信息在网络中的转发并不是漫无边际的，每个组播组对应的组播信息都必须在确定的范围内传递。目前有两种方式定义组播转发范围：

- 确定充当组播转发边界的接口，以形成一个封闭的组播转发区域；
- 确定组播转发的最小 TTL（Time to Live，生存时间）值，以确定组播报文被转发的距离。

可以在所有支持组播转发的接口上配置针对某个组播组的转发边界。组播转发边界为指定范围的组播组划定了边界条件，如果组播报文的目的地址与边界条件匹配，就停止转发。当在一个接口上配置了组播转发边界后，将不能从该接口转发组播报文（包括本机发出的组播报文），也不能从该接口接收组播报文。

组播转发的最小 TTL 值可以配置在所有支持组播转发的接口上。当要将一个组播报文（包括本机发出的组播报文）从某接口转发出去时，对接口上所配置的最小 TTL 值进行检查：

- 若报文的 TTL 值（该值已在本路由器内被减 1）大于接口上所配置的最小 TTL 值，则转发该报文；
- 若报文的 TTL 值小于或等于接口上所配置的最小 TTL 值，则丢弃该报文。

表1-5 配置组播转发范围

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
进入接口视图	interface interface-type interface-number	-
配置组播转发边界	multicast boundary group-address { mask mask-length }	必选 缺省情况下，没有配置组播转发边界

1.4.5 配置组播转发表容量

路由器为每个收到的组播数据报文都维护相应的转发表项。但是，过量的组播转发表项可能会耗尽路由器内存，从而导致路由器性能下降。用户可以根据实际组网情况和业务性能要求对组播转发表中的表项数量进行限制。如果组播转发表最大表项数的配置值小于当前值，则超出数目的表项并不会立刻被删除，而必须由组播路由协议来删除，同时也无法添加新的组播转发表项。

路由器为每个下行节点复制一份组播数据报文并发送出去，每个下行节点就形成组播分发树的一条分支。用户可以根据实际组网情况和业务性能要求对组播转发表中单条表项的下行节点数目（即出接口数目）进行限制，以缓解路由器的复制压力。如果单条组播转发表项的最大下行节点数目的配置值小于当前值，则超出数目的下行节点并不会被立刻删除，而必须由组播路由协议来删除，同时新增的下行节点将无法添加到该表项中。

配置公网实例中的组播转发表容量

表1-6 配置公网实例中的组播转发表容量

操作	命令	说明
进入系统视图	system-view	-
配置组播转发表的最大表项数	mcast forwarding-table route-limit limit	可选 缺省情况下，组播转发表的最大表项数为系统所允许的最大值
配置单条组播转发表项的最大下行节点数目	mcast forwarding-table downstream-limit limit	可选 缺省情况下，单条组播转发表项的最大下行节点数目为系统所允许的最大值

1.4.6 跟踪组播数据的传输路径

可在任意视图下执行 **mtracert** 命令来跟踪组播数据从第一跳到最后一跳路由器所经过的路径。

表1-7 跟踪组播数据的传输路径

操作	命令	说明
跟踪组播数据的传输路径	mtracert source-address [[last-hop-router-address] group-address]	必选 可在任意视图下执行

1.5 组播路由与转发显示和维护

在完成上述配置后，在任意视图下执行 **display** 命令可以显示配置后组播路由与转发的信息，通过查看显示信息验证配置的效果。

在用户视图下执行 **reset** 命令可以清除组播路由与转发的统计信息。

表1-8 组播路由与转发显示和维护

操作	命令
查看组播边界信息	display multicast boundary [<i>group-address</i> [<i>mask</i> <i>mask-length</i>]] [interface <i>interface-type</i> <i>interface-number</i>]
查看组播转发表信息	display multicast forwarding-table [<i>source-address</i> [mask { <i>mask</i> <i>mask-length</i> }] <i>group-address</i> [mask { <i>mask</i> <i>mask-length</i> }] incoming-interface { <i>interface-type</i> <i>interface-number</i> register } outgoing-interface { { exclude include match } { <i>interface-type</i> <i>interface-number</i> register } } statistics] * [port-info]
查看组播路由表信息	display multicast routing-table [<i>source-address</i> [mask { <i>mask</i> <i>mask-length</i> }] <i>group-address</i> [mask { <i>mask</i> <i>mask-length</i> }] incoming-interface { <i>interface-type</i> <i>interface-number</i> register } outgoing-interface { { exclude include match } { <i>interface-type</i> <i>interface-number</i> register } }] *
查看组播静态路由信息	display multicast routing-table static [config] [<i>source-address</i> { <i>mask-length</i> <i>mask</i> }]
查看组播源的 RPF 信息	display multicast rpf-info <i>source-address</i> [<i>group-address</i>]
清除组播转发表中的转发项	reset multicast forwarding-table { { <i>source-address</i> [mask { <i>mask</i> <i>mask-length</i> }] <i>group-address</i> [mask { <i>mask</i> <i>mask-length</i> }] incoming-interface { <i>interface-type</i> <i>interface-number</i> register } } } * all }
清除组播路由表中的路由项	reset multicast routing-table { { <i>source-address</i> [mask { <i>mask</i> <i>mask-length</i> }] <i>group-address</i> [mask { <i>mask</i> <i>mask-length</i> }] incoming-interface { <i>interface-type</i> <i>interface-number</i> register } } } * all }



注意

- 执行 **reset** 命令将清除组播路由表或组播转发表中的信息，可能导致组播信息无法正常传输；
- 清除组播路由表中的路由项后，组播转发表中的相应表项也将随之删除；
- 清除组播转发表中的转发项后，组播路由表中的相应表项也将随之删除。

1.6 组播路由与转发典型配置举例

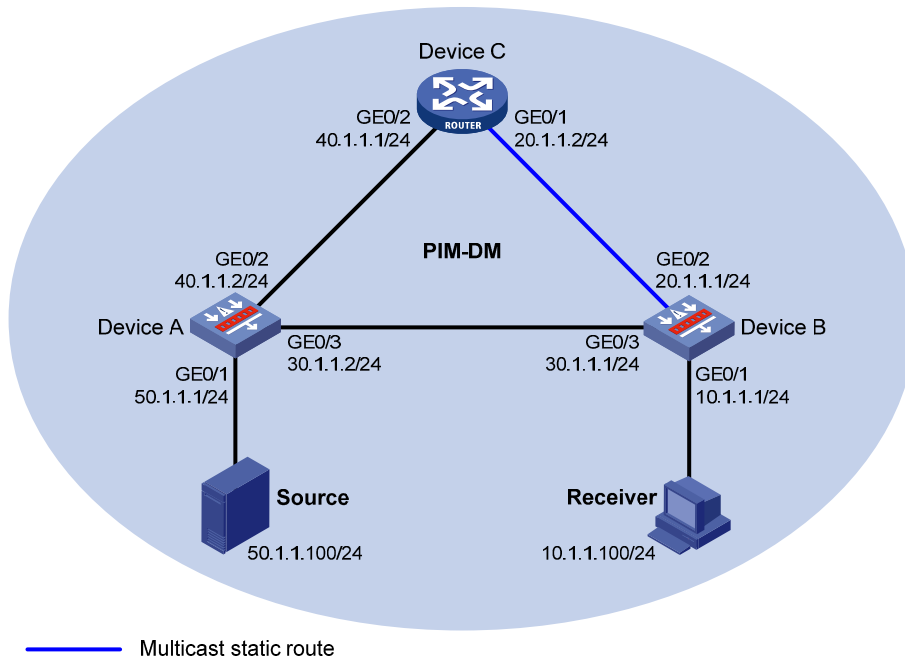
1.6.1 改变 RPF 路由配置举例

1. 组网需求

- 网络中运行 PIM-DM，所有路由器都支持组播功能；
- Device A、Device B 和 Device C 之间运行 OSPF 协议；
- 通常情况下，Receiver 能通过 Device A—Device B 这条与单播路径相同的路径接收来自 Source 的组播信息；
- 要求通过配置，使 Receiver 能通过 Device A—Device C—Device B 这条与单播路径不同的路径接收来自 Source 的组播信息。

2. 组网图

图1-5 改变 RPF 路由配置举例



3. 配置步骤

(1) 配置 IP 地址和单播路由协议

请按照 [图 1-5](#) 配置各接口的 IP 地址和掩码，具体配置过程略。

配置 PIM-DM 域内的各路由器之间采用 OSPF 协议进行互连，确保 PIM-DM 域内部在网络层互通，并且各路由器之间能够借助单播路由协议实现动态路由更新，具体配置过程略。

(2) 使能 IP 组播路由，并使能 PIM-DM 和 IGMP

在 Device B 上使能 IP 组播路由，在各接口上使能 PIM-DM，并在主机侧接口 GigabitEthernet0/1 上使能 IGMP。

```
<DeviceB> system-view
[DeviceB] multicast routing-enable
[DeviceB] interface gigabitethernet 0/1
[DeviceB-GigabitEthernet0/1] igmp enable
[DeviceB-GigabitEthernet0/1] pim dm
[DeviceB-GigabitEthernet0/1] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 0/2
[DeviceB-GigabitEthernet0/2] pim dm
[DeviceB-GigabitEthernet0/2] quit
[DeviceB] interface gigabitethernet 0/3
[DeviceB-GigabitEthernet0/3] pim dm
[DeviceB-GigabitEthernet0/3] quit
```

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

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

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

Device C 上的配置与 Device A 相似，配置过程略。

在 Device B 上使用 **display multicast rpf-info** 命令查看到 Source 的 RPF 信息。

```
[DeviceB] display multicast rpf-info 50.1.1.100
RPF information about source 50.1.1.100:
  RPF interface: GigabitEthernet0/3, RPF neighbor: 30.1.1.2
  Referenced route/mask: 50.1.1.0/24
  Referenced route type: igp
  Route selection rule: preference-preferred
  Load splitting rule: disable
```

Device B 上当前的 RPF 路由来源于单播路由，RPF 邻居是 Device A。

(3) 配置组播静态路由

在 Device B 上配置组播静态路由，指定到 Source 的 RPF 邻居为 Device C。

```
[DeviceB] ip rpf-route-static 50.1.1.100 24 20.1.1.2
```

(4) 检验配置效果

在 Device B 上使用 **display multicast rpf-info** 命令查看到 Source 的 RPF 信息。

```
[DeviceB] display multicast rpf-info 50.1.1.100
RPF information about source 50.1.1.100:
  RPF interface: GigabitEthernet0/2, RPF neighbor: 20.1.1.2
  Referenced route/mask: 50.1.1.0/24
  Referenced route type: multicast static
  Route selection rule: preference-preferred
  Load splitting rule: disable
```

与配置组播静态路由前相比，Device B 上的 RPF 路由已经产生了变化，其来源变为组播静态路由，RPF 邻居变为 Device C。

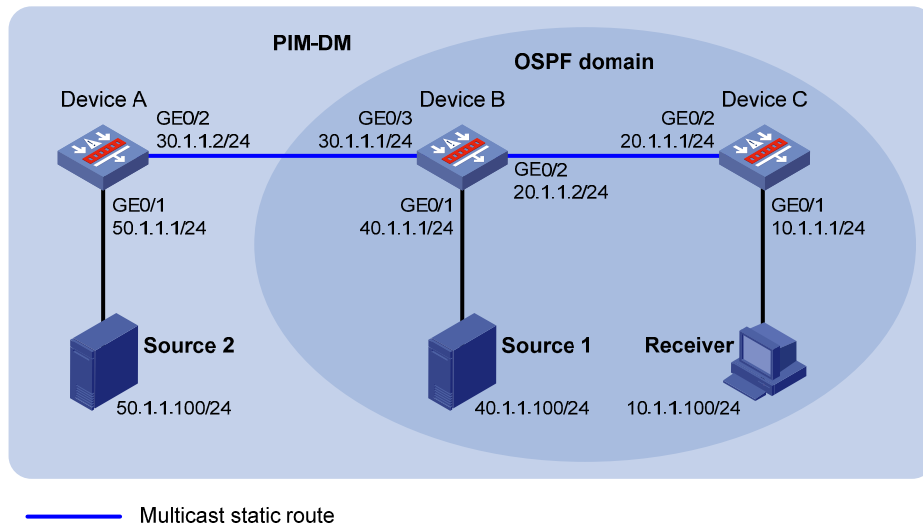
1.6.2 衔接 RPF 路由配置举例

1. 组网需求

- 网络中运行 PIM-DM，所有路由器都支持组播功能；
- Device B 和 Device C 之间运行 OSPF 协议，并与 Device A 单播路由隔离；
- 通常情况下，Receiver 能接收来自 OSPF 域内 Source 1 的组播信息；
- 要求通过配置，使 Receiver 也可以接收来自 OSPF 域外 Source 2 的组播信息。

2. 组网图

图1-6 衔接 RPF 路由配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 IP 地址和单播路由协议

请按照 [图 1-6](#)配置各接口的IP地址和掩码，具体配置过程略。

配置 Device B 和 Device C 之间采用 OSPF 协议进行互连，确保 Device B 和 Device C 之间在网络层互通，并且能够借助单播路由协议实现动态路由更新，具体配置过程略。

(2) 使能 IP 组播路由，并使能 PIM-DM 和 IGMP

在 Device C 上使能 IP 组播路由，在各接口上使能 PIM-DM，并在主机侧接口 GigabitEthernet0/1 上使能 IGMP。

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

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

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

Device B 上的配置与 Device A 相似，配置过程略。

在 Device B 和 Device C 上分别使用 **display multicast rpf-info** 命令查看到 Source 2 的 RPF 信息。

```
[DeviceB] display multicast rpf-info 50.1.1.100
```

```
[DeviceC] display multicast rpf-info 50.1.1.100
```

没有显示信息输出，说明在 Device B 和 Device C 上都没有到 Source 2 的 RPF 路由。

(3) 配置组播静态路由

在 Device B 上配置组播静态路由，指定到 Source 2 的 RPF 邻居为 Device A。

```
[DeviceB] ip rpf-route-static 50.1.1.100 24 30.1.1.2
```

在 Device C 上配置组播静态路由，指定到 Source 2 的 RPF 邻居为 Device B。

```
[DeviceC] ip rpf-route-static 50.1.1.100 24 20.1.1.2
```

(4) 检验配置效果

在 Device B 和 Device C 上分别使用 **display multicast rpf-info** 命令查看到 Source 2 的 RPF 信息。

```
[DeviceB] display multicast rpf-info 50.1.1.100
```

```
RPF information about source 50.1.1.100:
  RPF interface: GigabitEthernet0/3, RPF neighbor: 30.1.1.2
  Referenced route/mask: 50.1.1.0/24
  Referenced route type: multicast static
  Route selection rule: preference-preferred
  Load splitting rule: disable
```

```
[DeviceC] display multicast rpf-info 50.1.1.100
```

```
RPF information about source 50.1.1.100:
  RPF interface: GigabitEthernet0/2, RPF neighbor: 20.1.1.2
  Referenced route/mask: 50.1.1.0/24
  Referenced route type: multicast static
  Route selection rule: preference-preferred
  Load splitting rule: disable
```

与配置组播静态路由前相比，Device B 和 Device C 上都有了到 Source 2 的 RPF 路由，且其均来源于组播静态路由。

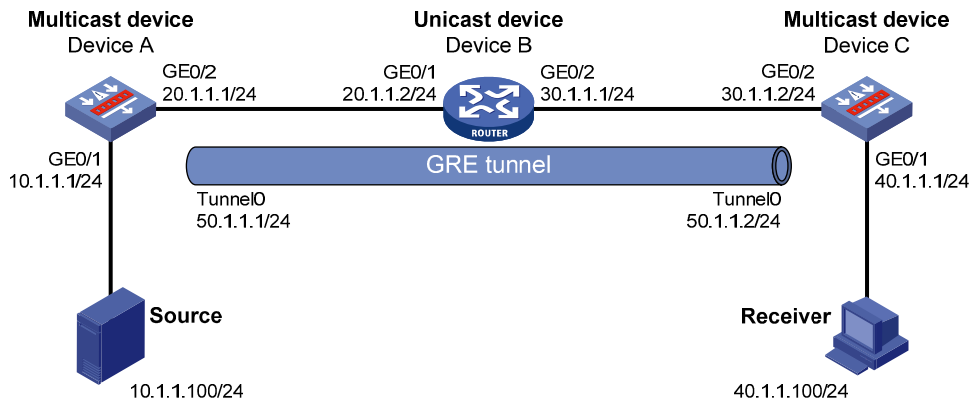
1.6.3 利用 GRE 隧道实现组播转发配置举例

1. 组网需求

- Device A 和 Device C 支持组播功能并运行 PIM-DM，但 Device B 不支持组播功能；
- Device A、Device B 和 Device C 之间运行 OSPF 协议；
- 要求通过配置，使 Receiver 能够接收来自 Source 的组播信息。

2. 组网图

图1-7 利用 GRE 隧道实现组播转发配置组网图



3. 配置步骤

(1) 配置 IP 地址

请按照 [图 1-7](#)配置各接口的IP地址和掩码，具体配置过程略。

(2) 配置 GRE 隧道

在 Device A 上创建接口 Tunnel0，并为其配置 IP 地址和掩码。

```
<DeviceA> system-view
[DeviceA] interface tunnel 0
[DeviceA-Tunnel0] ip address 50.1.1.1 24
```

配置 Tunnel0 接口采用 GRE 隧道模式，并为该接口指定源地址和目的地址。

```
[DeviceA-Tunnel0] tunnel-protocol gre
[DeviceA-Tunnel0] source 20.1.1.1
[DeviceA-Tunnel0] destination 30.1.1.2
[DeviceA-Tunnel0] quit
```

在 Device C 上创建接口 Tunnel0，并为其配置 IP 地址和掩码。

```
<DeviceC> system-view
[DeviceC] interface tunnel 0
[DeviceC-Tunnel0] ip address 50.1.1.2 24
```

配置 Tunnel0 接口采用 GRE 隧道模式，并为该接口指定源地址和目的地址。

```
[DeviceC-Tunnel0] tunnel-protocol gre
[DeviceC-Tunnel0] source 30.1.1.2
[DeviceC-Tunnel0] destination 20.1.1.1
[DeviceC-Tunnel0] quit
```

(3) 配置 OSPF 协议

在 Device A 上配置 OSPF 协议。

```
[DeviceA] ospf 1
[DeviceA-ospf-1] area 0
[DeviceA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 10.1.1.0 0.0.0.255
[DeviceA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 20.1.1.0 0.0.0.255
```



```
[DeviceA-ospf-1-area-0.0.0.0] network 50.1.1.0 0.0.0.255
[DeviceA-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[DeviceA-ospf-1] quit
```

在 Device B 上配置 OSPF 协议。

```
<DeviceB> system-view
[DeviceB] ospf 1
[DeviceB-ospf-1] area 0
[DeviceB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 20.1.1.0 0.0.0.255
[DeviceB-ospf-1-area-0.0.0.0] network 30.1.1.0 0.0.0.255
[DeviceB-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[DeviceB-ospf-1] quit
```

在 Device C 上配置 OSPF 协议。

```
[DeviceC] ospf 1
[DeviceC-ospf-1] area 0
[DeviceC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 30.1.1.0 0.0.0.255
[DeviceC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 40.1.1.0 0.0.0.255
[DeviceC-ospf-1-area-0.0.0.0] network 50.1.1.0 0.0.0.255
[DeviceC-ospf-1-area-0.0.0.0] quit
[DeviceC-ospf-1] quit
```

(4) 使能 IP 组播路由，并使能 PIM-DM 和 IGMP

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

```
[DeviceA] multicast routing-enable
[DeviceA] interface gigabitethernet 0/1
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] pim dm
[DeviceA-GigabitEthernet0/1] quit
[DeviceA] interface gigabitethernet 0/2
[DeviceA-GigabitEthernet0/2] pim dm
[DeviceA-GigabitEthernet0/2] quit
[DeviceA] interface tunnel 0
[DeviceA-Tunnel0] pim dm
[DeviceA-Tunnel0] quit
```

在 Device C 上使能 IP 组播路由，在各接口上使能 PIM-DM，并在主机侧接口 GigabitEthernet0/1 上使能 IGMP。

```
[DeviceC] multicast routing-enable
[DeviceC] interface gigabitethernet 0/1
[DeviceC-GigabitEthernet0/1] igmp enable
[DeviceC-GigabitEthernet0/1] pim dm
[DeviceC-GigabitEthernet0/1] quit
[DeviceC] interface gigabitethernet 0/2
[DeviceC-GigabitEthernet0/2] pim dm
[DeviceC-GigabitEthernet0/2] quit
[DeviceC] interface tunnel 0
[DeviceC-Tunnel0] pim dm
```

```
[DeviceC-Tunnel0] quit
```

(5) 配置组播静态路由

在 Device C 上配置组播静态路由，指定到 Source 的 RPF 邻居为 Device A 的 Tunnel0 接口。

```
[DeviceC] ip rpf-route-static 10.1.1.0 24 50.1.1.1
```

(6) 检验配置效果

组播源向组播组 225.1.1.1 发送组播数据，接收者加入该组播组后能够收到组播源发来的组播数据。通过使用 **display pim routing-table** 命令可以查看路由器的 PIM 路由表信息。例如：

查看 Device C 上的 PIM 路由表信息。

```
[DeviceC] display pim routing-table
```

```
VPN-Instance: public net
```

```
Total 1 (*, G) entry; 1 (S, G) entry
```

```
(*, 225.1.1.1)
```

```
Protocol: pim-dm, Flag: WC
```

```
UpTime: 00:04:25
```

```
Upstream interface: NULL
```

```
Upstream neighbor: NULL
```

```
RPF prime neighbor: NULL
```

```
Downstream interface(s) information:
```

```
Total number of downstreams: 1
```

```
1: GigabitEthernet0/1
```

```
Protocol: igmp, UpTime: 00:04:25, Expires: never
```

```
(10.1.1.100, 225.1.1.1)
```

```
Protocol: pim-dm, Flag: ACT
```

```
UpTime: 00:06:14
```

```
Upstream interface: Tunnel0
```

```
Upstream neighbor: 50.1.1.1
```

```
RPF prime neighbor: 50.1.1.1
```

```
Downstream interface(s) information:
```

```
Total number of downstreams: 1
```

```
1: GigabitEthernet0/1
```

```
Protocol: pim-dm, UpTime: 00:04:25, Expires: never
```

Device C 的 RPF 邻居为 Device A，组播数据通过 GRE 隧道由直接 Device A 发往 Device C。

1.7 常见配置错误举例

1.7.1 组播静态路由失败

1. 故障现象

路由器没有配置动态路由协议，接口的物理状态与链路层协议状态都显示为 **up**；但是组播静态路由失败。

2. 分析

- 如果没有正确配置或更新与当前网络情况相匹配的组播静态路由，则组播路由表中不存在此路由项以及组播静态路由的配置信息；
- 如果查询到有比组播静态路由更优的路由，也可能导致组播静态路由失败。

3. 处理过程

- (1) 使用 **display multicast routing-table static config** 命令在组播路由表中查看组播静态路由的配置信息，以确定是否正确配置了对应的路由并存在于组播路由表中；
- (2) 使用 **display multicast routing-table static** 命令在组播路由表中查看组播静态路由的信息，以确定是否正确配置了对应的路由并存在于组播路由表中；
- (3) 检查组播静态路由下一跳接口的接口类型。若为非点到点接口，则配置组播静态路由时，出接口必须使用下一跳地址的形式配置；
- (4) 检查组播静态路由是否匹配指定的路由协议。如果配置组播静态路由时指定了协议，使用 **display ip routing-table** 命令检查该协议是否添加了相同的路由；
- (5) 检查组播静态路由是否匹配指定的路由策略。如果配置组播静态路由时指定了路由策略，使用 **display route-policy** 命令检查配置的路由策略。

1.7.2 组播数据无法到达接收者

1. 故障现象

组播数据可以到达一些路由器，但无法到达最后一跳路由器。

2. 分析

通过在接口上使用 **multicast boundary** 命令可以设置组播转发边界，组播数据是无法跨越该边界的。

3. 处理过程

- (1) 使用 **display pim routing-table** 命令查看各路由器上是否有（S，G）表项：如果有则表示收到了组播数据；否则表示没有收到组播数据。
- (2) 使用 **display multicast boundary** 命令来查看接口的组播边界信息。使用 **multicast boundary** 命令来更改组播转发边界。
- (3) 若采用了 PIM-SM，使用 **display current-configuration** 命令检查是否配置了 BSR 和 RP。