

实验：PIM 双栈

HCIE 综合实验 - PIM 双栈

臧家林制作



PIM 双栈 1：PIM-SM 基础

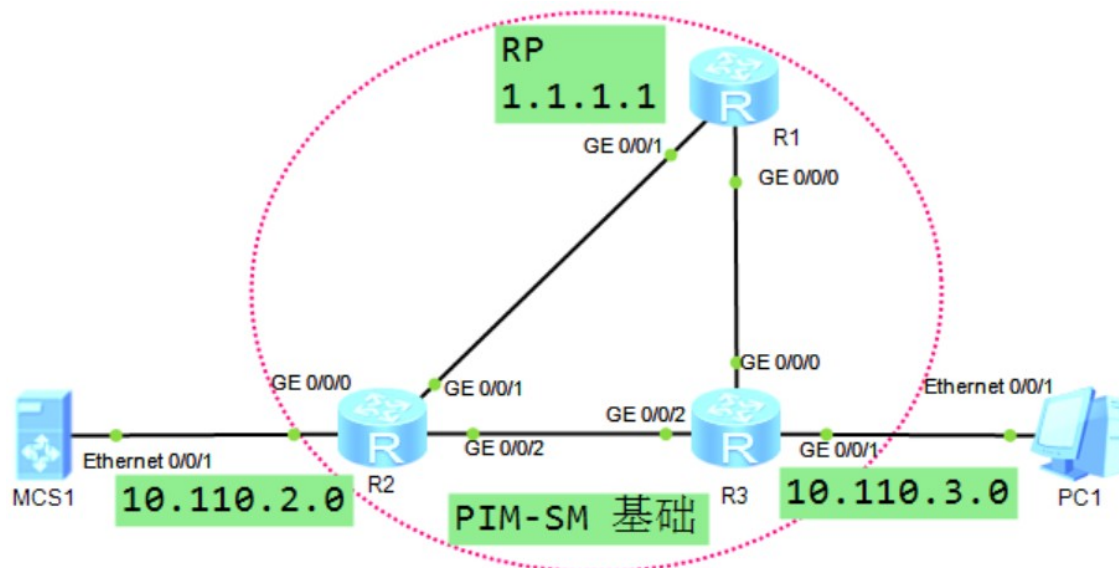
PIM 双栈 2：PIM-SM SSM

PIM 双栈 3：PIM-SSM (IPv6)

= = = = =

PIM 双栈 1：PIM-SM 基础

通过配置 PIM 协议，可以实现 AS 域内组播路由与数据转发。PIM-SM 是稀疏模式的域内组播路由协议，适用于组成员分布相对分散、范围较广的大规模网络。PIM-SM 的关键机制包括：邻居发现、DR (Designated Router) 竞选、Assert、RP (Rendezvous Point) 发现、加入、注册、SPT (Shortest Path Tree) 切换和剪枝。



接收者通过组播方式接收视频点播信息，整个 PIM 网络采用 SM 单 BSR 管理域方式。在缺省情况下，RP 和接收者侧 DR 在收到第一个组播数据包后立即进行 SPT 切换，寻找最佳路径接收组播源的组播信息。如果接收者希望流量达到阈值以后再进行 SPT 切换，就需要进行 SPT 切换的配置。

要求通过在路由器进行适当配置，实现网络中的 PC-1 从 RP (R1 的 g0/0/0)上接收组播数据，当组播数据报文速率达到 200 kbit/s 以后进行 SPT 切换(SPT 切换后 PC-1 接收路径是 Source-R2-R3-PC1)。

配置思路

- 1.配置各路由器接口 IP 地址和单播路由协议。
- 2.使能组播功能，在各接口上使能 PIM-SM 功能，静态 RP,主机侧接口上使能 IGMP 功能。
- 3.在 RouterC 上进行 SPT 切换相关配置。

基本 IP 地址配置

源地址为 10.110.2.1 ，组为 224.1.1.1

文件路径: C:\Users\Administrator\Desktop\临时存放\music.flv

配置

组播组IP地址: 224 . 1 . 1 . 1

组播组MAC地址: 01-00-5E-01-01-01

源IP地址: 10 . 110 . 2 . 1

源MAC地址: 54-89-98-4A-2D-B8

运行

PC 地址为 10.110.3.1 , 组为 224.1.1.1 , IGMPv2

PC1

基础配置 命令行 组播 UDP发包工具 串口

数据包配置

IGMP 版本: ☐ Version 1 ☒ Version 2 ☐ Version 3

源 IP: 10 . 110 . 3 . 1 源 MAC: 54-89-98-16-6E-B8

目的 IP: 224 . 1 . 1 . 1 目的 MAC: 01-00-5E-01-01-01

```
R1:
undo ter mo
sys
sysname R1
user-interface console 0
idle-timeout 0 0
int loo0
ip add 1.1.1.1 24
int g0/0/0
ip add 192.168.13.1 24
int g0/0/1
```

```
ip add 192.168.12.1 24
q
```

```
R2:
undo ter mo
sys
sysname R2
user-interface console 0
idle-timeout 0 0
int g0/0/0
ip add 10.110.2.2 24
int g0/0/1
ip add 192.168.12.2 24
int g0/0/2
ip add 192.168.23.2 24
q
```

```
R3:
undo ter mo
sys
sysname R3
user-interface console 0
idle-timeout 0 0
int g0/0/0
ip add 192.168.13.3 24
int g0/0/1
ip add 10.110.3.3 24
int g0/0/2
ip add 192.168.23.3 24
q
```

配置 OSPF 协议

```
R1:
ospf router-id 1.1.1.1
```

```
area 0
net 1.1.1.1 0.0.0.0
net 192.168.13.1 0.0.0.0
net 192.168.12.1 0.0.0.0
q
```

```
R2:
ospf router-id 2.2.2.2
area 0
net 192.168.23.2 0.0.0.0
net 192.168.12.2 0.0.0.0
net 10.110.2.2 0.0.0.0
q
```

```
R3:
ospf router-id 3.3.3.3
area 0
net 192.168.23.3 0.0.0.0
net 192.168.13.3 0.0.0.0
net 10.110.3.3 0.0.0.0
q
```

开启组播功能

路由器使能组播功能，在各接口上使能 PIM-SM 功能，并在 R3 连接 PC 的接口上使能 IGMP 功能。

```
R1 :
multicast routing-enable
pim
static-rp 1.1.1.1
int g0/0/0
pim sm
int g0/0/1
pim sm
q
```

```
R2:
multicast routing-enable
pim
static-rp 1.1.1.1
int g0/0/0
pim sm
int g0/0/1
pim sm
int g0/0/2
pim sm
q
```

```
R3:
multicast routing-enable
pim
static-rp 1.1.1.1
int g0/0/0
pim sm
int g0/0/1
pim sm
igmp enable
int g0/0/2
pim sm
q
```

[查看 PIM 邻居建立](#)

```
[R1]dis pim neighbor
VPN-Instance: public net
Total Number of Neighbors = 2
```

Neighbor	Interface
Uptime	Expires
	Dr-Priority
	BFD-

```

Session
  192.168.13.3          GE0/0/0
00:00:20 00:01:28 1      N
  192.168.12.2          GE0/0/1
00:00:28 00:01:21 1      N

```

配置 SPT 切换阈值

```
R3:
pim
spt-switch-threshold 200
```

当速率小于 200 kbit/s 的时候（视频开启时间控制短一些，5S 左右即可），在 R3 上使用 `display pim routing-table` 命令可以查看 PIM 协议组播路由表，看到上游邻居是 R1，显示信息如下：

```
(10.110.2.1, 224.1.1.1)
    RP: 1.1.1.1
    Protocol: pim-sm, Flag: ACT
    UpTime: 00:04:29
    Upstream interface:
GigabitEthernet0/0/0
    Upstream neighbor:
192.168.13.1
    RPF prime neighbor:
192.168.13.1
```

PC 退出后，再加入组

当速率大于 200 kbit/s 以后，在 R3 上使用 display pim routing-table 命令可以查看 PIM 协议组播路由表，看到上游邻居变成了 R2，SPT 切换成功。显示信息如下：

flag 值的意义

spt 最短路径树上的路由表项

act 已经有实际数据到达的组播路由表项。

```
[R3]dis pim routing-table
```

```
(10.110.2.1, 224.1.1.1)
```

```
RP: 1.1.1.1
```

```
Protocol: pim-sm, Flag: SPT ACT
```

```
UpTime: 00:04:33
```

```
Upstream interface:
```

```
GigabitEthernet0/0/2
```

```
Upstream neighbor:
```

```
192.168.23.2
```

```
RPF prime neighbor:
```

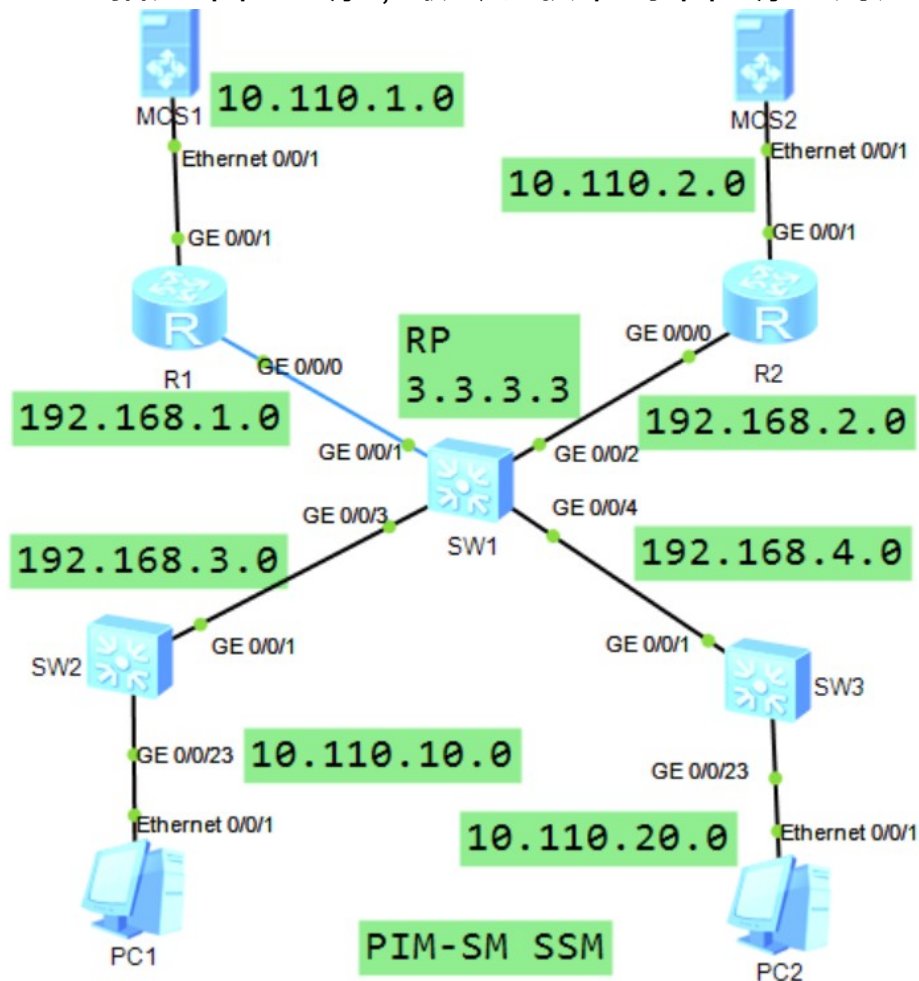
```
192.168.23.2
```

```
= = = = =
```

PIM 双栈 2：PIM-SM SSM

掌握华为指定源组播路由协议的配置方法。通过在路由器配置 PIM-SM 协议，为网络中的用户主机 PC1 和 PC2 提供 SSM，使得用户主机在加入组播组的同时，能够接收到自己所指定的组播源的视频点播信息。在 R1、R2、SW1、SW2 以及 SW3

上启用 OSPF 路由协议，实现全网互通。源 1 和源 2 上的组播组 IP 地址相同，SW2 和 SW3 上运行 IGMPv3 协议，PC1 和 PC2 指定不同的源，最终能获取到不同源的对应流量。



- 1.配置路由器接口 IP 地址和单播路由协议。组播域内路由协议 PIM 依赖单播路由协议，单播路由正常是组播协议正常工作的基础。
- 2.在所有提供组播服务的路由器上使能组播功能。使能组播功能是配置 PIM-SM 的前提。
- 3.在路由器所有接口上使能 PIM-SM 功能。使能 PIM-SM 功能之后才能配置 PIM-SM 的其他功能。
- 4.在与主机侧相连的路由器接口上使能 IGMP，并配置 IGMP 协议的版本号为 v3。接收者能通过发送 IGMP 消息自由加入

或者离开指定源的组播组。叶结点路由器通过 IGMP 协议来维护组成员关系列表。

5.在各路由器上设置 SSM 组地址范围。使 PIM-SM 域内的路由器为特定组地址范围内的 SSM 服务，实现可控组播。

基本 IP 地址配置

```
R1:
undo ter mo
sys
sysname R1
user-interface console 0
idle-timeout 0 0
int g0/0/0
ip add 192.168.1.1 24
int g0/0/1
ip add 10.110.1.1 24
q
```

```
R2:
undo ter mo
sys
sysname R2
user-interface console 0
idle-timeout 0 0
int g0/0/0
ip add 192.168.2.2 24
int g0/0/1
ip add 10.110.2.2 24
q
```

```
SW1:
undo ter mo
```

```
sys
sysname SW1
vlan batch 10 20 30 40
user-interface console 0
idle-timeout 0 0
int loo0
ip add 3.3.3.3 24
int g0/0/1
port link-type access
port default vlan 10
int g0/0/2
port link-type access
port default vlan 20
int g0/0/3
port link-type access
port default vlan 30
int g0/0/4
port link-type access
port default vlan 40
int vlan 10
ip add 192.168.1.3 24
int vlan 20
ip add 192.168.2.3 24
int vlan 30
ip add 192.168.3.3 24
int vlan 40
ip add 192.168.4.3 24
q
```

```
SW2:
undo ter mo
sys
```

```
sysname SW2
vlan batch 30 100
user-interface console 0
idle-timeout 0 0
int g0/0/1
port link-type access
port default vlan 30
int g0/0/23
port link-type access
port default vlan 100
int vlan 30
ip add 192.168.3.4 24
int vlan 100
ip add 10.110.10.4 24
q
```

```
SW3:
undo ter mo
sys
sysname SW3
vlan batch 40 200
user-interface console 0
idle-timeout 0 0
int g0/0/1
port link-type access
port default vlan 40
int g0/0/23
port link-type access
port default vlan 200
int vlan 40
```

```
ip add 192.168.4.5 24
int vlan 200
ip add 10.110.20.5 24
q
```

配置 OSPF 协议

R1:

```
ospf router-id 1.1.1.1
area 0
net 192.168.1.1 0.0.0.0
net 10.110.1.1 0.0.0.0
q
```

R2:

```
ospf router-id 2.2.2.2
area 0
net 192.168.2.2 0.0.0.0
net 10.110.2.2 0.0.0.0
q
```

SW1:

```
ospf router-id 3.3.3.3
area 0
net 3.3.3.3 0.0.0.0
net 192.168.1.3 0.0.0.0
net 192.168.2.3 0.0.0.0
net 192.168.3.3 0.0.0.0
net 192.168.4.3 0.0.0.0
q
```

SW2:

```
ospf router-id 4.4.4.4
area 0
net 192.168.3.4 0.0.0.0
net 10.110.10.4 0.0.0.0
q
```

SW3:

```
ospf router-id 5.5.5.5
area 0
net 192.168.4.5 0.0.0.0
net 10.110.20.5 0.0.0.0
q
```

在 SW1 上查看 OSPF 邻居建立 [SW1]dis ospf peer bri

```
-----
-----
Area Id      Interface
Neighbor id  State
0.0.0.0      Vlanif10
1.1.1.1      Full
0.0.0.0      Vlanif20
2.2.2.2      Full
0.0.0.0      Vlanif30
4.4.4.4      Full
0.0.0.0      Vlanif40
5.5.5.5      Full
```

配置组播功能

使能 PIM-SM 及 IGMPv3 协议

R1 :
multicast routing-enable
pim
static-rp 3.3.3.3
int g0/0/0
pim sm
int g0/0/1
pim sm
q

R2 :
multicast routing-enable
pim
static-rp 3.3.3.3
int g0/0/0
pim sm
int g0/0/1
pim sm
q

SW1 :
multicast routing-enable
pim
static-rp 3.3.3.3
int vlan 10
pim sm
int vlan 20
pim sm
int vlan 30
pim sm

```
int vlan 40
```

```
pim sm
```

```
q
```

SW2 :

```
multicast routing-enable
```

```
pim
```

```
static-rp 3.3.3.3
```

```
int vlan 30
```

```
pim sm
```

```
int vlan 100
```

```
pim sm
```

```
igmp enable
```

```
igmp version 3
```

```
q
```

SW3 :

```
multicast routing-enable
```

```
pim
```

```
static-rp 3.3.3.3
```

```
int vlan 40
```

```
pim sm
```

```
int vlan 200
```

```
pim sm
```

```
igmp enable
```

```
igmp version 3
```

```
q
```

配置 SSM 组播组地址范围

在所有路由器交换机配置 SSM 组播组地址范围为 224.1.1.0/

24

R1:

acl 2000

rule permit source 224.1.1.0 0.0.0.255

pim

ssm-policy 2000

q

R2:

acl 2000

rule permit source 224.1.1.0 0.0.0.255

pim

ssm-policy 2000

q

SW1:

acl 2000

rule permit source 224.1.1.0 0.0.0.255

pim

ssm-policy 2000

q

SW2:

acl 2000

rule permit source 224.1.1.0 0.0.0.255

pim

ssm-policy 2000

q

SW3:

```
acl 2000
rule permit source 224.1.1.0 0.0.0.255
pim
ssm-policy 2000
q
```

验证实验效果

配置 PC1 和 PC2 的组播组地址，并发送加组信息



PC1 configuration interface showing IGMP settings. The '数据包配置' (Data Packet Configuration) tab is active. The 'IGMP 版本' (IGMP Version) is set to Version 3. The '源 IP' (Source IP) is 10.110.10.254. The '源 MAC' (Source MAC) is 54-89-98-19-5F-8B. The '组播组 IP 起始' (Multicast Group IP Start) is 224.1.1.1. The '组数' (Group Count) is 1. The '增量' (Increment) is 1. The '类型' (Type) is MODE_IS_INCLUDE. The '组播源 IP 起始' (Multicast Source IP Start) is 10.110.1.254. The '地址数' (Address Count) is 1. The '增量' (Increment) is 1.



PC2 configuration interface showing IGMP settings. The '数据包配置' (Data Packet Configuration) tab is active. The 'IGMP 版本' (IGMP Version) is set to Version 3. The '源 IP' (Source IP) is 10.110.20.254. The '源 MAC' (Source MAC) is 54-89-98-CC-63-DD. The '组播组 IP 起始' (Multicast Group IP Start) is 224.1.1.1. The '组数' (Group Count) is 1. The '增量' (Increment) is 1. The '类型' (Type) is MODE_IS_INCLUDE. The '组播源 IP 起始' (Multicast Source IP Start) is 10.110.2.254. The '地址数' (Address Count) is 1. The '增量' (Increment) is 1.

在 SW2 和 SW3 上查看 IGMP 组信息

```
[SW2]display igmp group
Interface group report information
Vlanif100(10.110.10.4):
    Total 1 IGMP Group reported
      Group Address      Last Reporter
```

Uptime	Expires
224.1.1.1	10.110.10.254
00:00:13	off

```
[SW3]dis igmp group
Interface group report information
Vlanif200(10.110.20.5):
    Total 1 IGMP Group reported
        Group Address      Last Reporter
Uptime      Expires
    224.1.1.1      10.110.20.254
00:00:16      off
```

配置组播源 1 的参数，点击运行，播放视频，开始向组播组发送 UDP 视频数据流。

打开 PC1，启动 VLC 软件，接受视频数据，正常播放组播源 1 播放的视频。



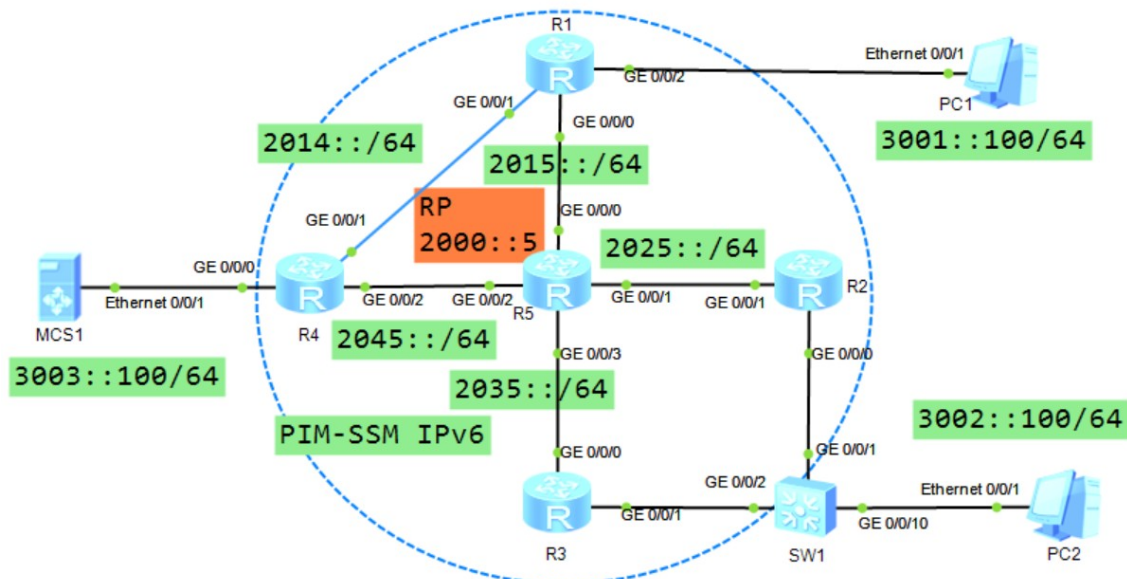
打开 PC2，启动 VLC 软件，尝试获取视频流数据，但毫无结果。



=====

PIM 双栈 3：PIM-SSM IPv6

要求通过在路由器配置 IPv6 PIM-SSM 协议，为网络中的 IPv6 主机 PC1 和 PC2 提供组播服务，使得用户主机在加入组播组的同时，能够接收到组播源的视频点播信息。



配置思路

- 1.配置全部设备的 IPv6 地址，使直连设备可以进行相互通信；
- 2.在 R1、R2、R3、R4 和 R5 上配置 ISISv6，使全局网络可

以正常通信；

3.在所有提供组播服务的路由器上使能 IPv6 组播功能。

4.在路由器所有接口上使能 PIM-SM (IPv6) 功能。

5.在与主机侧相连的路由器接口上使能 MLD，并配置静态加入指定源的组播组。

基本 IP 地址配置

R1:

```
undo ter mo
```

```
sys
```

```
sysname R1
```

```
user-interface console 0
```

```
idle-timeout 0 0
```

```
ipv6
```

```
int g0/0/0
```

```
ipv6 enable
```

```
ipv6 add 2015::1 64
```

```
int g0/0/1
```

```
ipv6 enable
```

```
ipv6 add 2014::1 64
```

```
int g0/0/2
```

```
ipv6 enable
```

```
ipv6 add 3001::1 64
```

```
q
```

R2:

```
undo ter mo
```

```
sys
```

```
sysname R2
```

```
user-interface console 0
```

```
idle-timeout 0 0
```

```
ipv6
```

```
int g0/0/0
```

```
ipv6 enable
ipv6 add 3002::2 64
int g0/0/1
ipv6 enable
ipv6 add 2025::2 64
q
```

```
R3:
undo ter mo
sys
sysname R3
user-interface console 0
idle-timeout 0 0
ipv6
int g0/0/0
ipv6 enable
ipv6 add 2035::3 64
int g0/0/1
ipv6 enable
ipv6 add 3002::3 64
q
```

```
R4:
undo ter mo
sys
sysname R4
user-interface console 0
idle-timeout 0 0
ipv6
int g0/0/0
ipv6 enable
ipv6 add 3003::4 64
int g0/0/1
ipv6 enable
```

```
ipv6 add 2014::4 64  
int g0/0/2  
ipv6 enable  
ipv6 add 2045::4 64  
q
```

```
R5:  
undo ter mo  
sys  
sysname R5  
user-interface console 0  
idle-timeout 0 0  
ipv6  
int loo0  
ipv6 enable  
ipv6 add 2000::5 64  
int g0/0/0  
ipv6 enable  
ipv6 add 2015::5 64  
int g0/0/1  
ipv6 enable  
ipv6 add 2025::5 64  
int g0/0/2  
ipv6 enable  
ipv6 add 2045::5 64  
int g0/0/3  
ipv6 enable  
ipv6 add 2035::5 64  
q
```

配置 ISISv6

```
R1:
```

```
isis
network-entity 10.0000.0000.0001.00
is-name R1
ipv6 enable
is-level level-2
int g0/0/0
isis ipv6 enable
int g0/0/1
isis ipv6 enable
int g0/0/2
isis ipv6 enable
q
```

```
R2:
isis
network-entity 10.0000.0000.0002.00
is-name R2
ipv6 enable
is-level level-2
int g0/0/0
isis ipv6 enable
int g0/0/1
isis ipv6 enable
q
```

```
R3:
isis
network-entity 10.0000.0000.0003.00
is-name R3
ipv6 enable
```



```
is-level level-2
int g0/0/0
isis ipv6 enable
int g0/0/1
isis ipv6 enable
q
```

```
R4:
isis
network-entity 10.0000.0000.0004.00
is-name R4
ipv6 enable
is-level level-2
int g0/0/0
isis ipv6 enable
int g0/0/1
isis ipv6 enable
int g0/0/2
isis ipv6 enable
q
```

```
R5:
isis
network-entity 10.0000.0000.0005.00
is-name R5
ipv6 enable
is-level level-2
int loo0
isis ipv6 enable
int g0/0/0
```

```
isis ipv6 enable
int g0/0/1
isis ipv6 enable
int g0/0/2
isis ipv6 enable
int g0/0/3
isis ipv6 enable
q
```

查看 ISIS 邻居建立 [R5]dis isis peer

Peer information for ISIS(1)

System Id	Interface	Circuit
Id	State HoldTime Type	PRI

R1		GE0/0/0
R5.01	Up 24s	L2
64		
R2		GE0/0/1
R5.02	Up 26s	L2
64		
R4		GE0/0/2
R5.03	Up 24s	L2
64		
R3		GE0/0/3
R3.01	Up 9s	L2
64		

IPv6 组播功能

在所有路由器使能 IPv6 组播功能，在各接口上使能 PIM-SM (IPv6) 功能。

R1 :

```
multicast ipv6 routing-enable
pim-ipv6
static-rp 2000::5
int g0/0/0
pim ipv6 sm
int g0/0/1
pim ipv6 sm
int g0/0/2
pim ipv6 sm
q
```

R2 :

```
multicast ipv6 routing-enable
pim-ipv6
static-rp 2000::5
int g0/0/0
pim ipv6 sm
int g0/0/1
pim ipv6 sm
q
```

R3 :

```
multicast ipv6 routing-enable
pim-ipv6
static-rp 2000::5
```

```
int g0/0/0
pim ipv6 sm
int g0/0/1
pim ipv6 sm
q
```

```
R4 :
multicast ipv6 routing-enable
pim-ipv6
static-rp 2000::5
int g0/0/0
pim ipv6 sm
int g0/0/1
pim ipv6 sm
int g0/0/2
pim ipv6 sm
q
```

```
R5 :
multicast ipv6 routing-enable
pim-ipv6
static-rp 2000::5
int g0/0/0
pim ipv6 sm
int g0/0/1
pim ipv6 sm
int g0/0/2
pim ipv6 sm
int g0/0/3
pim ipv6 sm
```

q

开启 MLD 功能

在连接用户主机的接口上使能 MLD 功能，设置接口 GE0/0/2 转发组播源 3003::100 到组播组 FF1E::1 的报文。网络中存在稳定的组播组成员，为了实现组播数据的快速、稳定转发，可以在用户侧接口配置静态组播组。

R1:

```
int g0/0/2
```

```
mld enable
```

```
mld static-group FF1E::1 source 3003::100
```

q

R2:

```
int g0/0/0
```

```
mld enable
```

```
mld static-group FF1E::1 source 3003::100
```

q

R3:

```
int g0/0/1
```

```
mld enable
```

```
mld static-group FF1E::1 source 3003::100
```

q

结果验证

通过使用 display pim ipv6 interface 命令可以查看接口上 PIM (IPv6) 的配置和运行情况。例如 R5 上 PIM (IPv6) 的显示信息如下：

```

[R5]dis pim ipv6 interface
VPN-Instance: public net
Interface      State NbrCnt HelloInt
DR-Pri         DR-Address
GE0/0/0        up      1          30
1              FE80::5689:98FF:FE8C:7519
GE0/0/1        up      1          30
1              FE80::5689:98FF:FE73:1282
GE0/0/2        up      1          30
1              FE80::5689:98FF:FEBC:7451
GE0/0/3        up      1          30
1              FE80::5689:98FF:FE9B:680D

```

通过使用 display pim ipv6 routing-table 命令可以查看 PIM (I Pv6) 协议组播路由表。

组播源 S (3003::100/64) 向组播组 FF1E::1/64 发送组播报文。

```

[R1]dis pim ipv6 routing-table
VPN-Instance: public net
Total 0 (*, G) entry; 1 (S, G) entry

(3003::100, FF1E::1)
RP: 2000::5
Protocol: pim-sm, Flag: SPT
SG_RCVR
UpTime: 00:20:08
Upstream interface:
GigabitEthernet0/0/1
Upstream neighbor:

```

```
FE80::5689:98FF:FEBC:7450
      RPF prime neighbor:
FE80::5689:98FF:FEBC:7450
      Downstream interface(s)
information:
      Total number of downstreams: 1
          1: GigabitEthernet0/0/2
              Protocol: static,
UpTime: 00:20:08, Expires: -
```

静态组播组

在某些应用场景中，可以在路由器的用户侧接口上配置静态组播组。比如：

- 1 网络中存在稳定的组播组成员，为了实现组播数据的快速、稳定转发，可以在用户侧接口配置静态组播组。
- 2 某网段内没有组播组成员或主机无法发送报告报文，但是又需要将组播数据转发到该网段，可以在接口上配置静态组播组，将组播数据引流到接口。

在接口上配置静态组播组后，路由器就认为此接口网段上一直存在该组播组的成员，从而转发该组的组播数据。

```
multicast ipv6 routing-enable
```

```
int g0/0/0
pim ipv6 sm
mld static-group FF1E::AA
```

RP

指定该候选 RP 所服务的组播组的范围，服务范围限定为某 ACL 允许的组播组。basic-acl-number 表示基本访问控制列表号，用于标识被通告 RP 的服务范围。

```
acl ipv6 number 2000  
rule 5 permit source FF1E::/113
```

```
pim-ipv6  
c-bsr 2000:EAD8:99EF:C03E:B2AD:9EFF:32DD:DA05  
c-rp priority 100  
c-rp 2000:EAD8:99EF:C03E:B2AD:9EFF:32DD:DA05 group-policy 2000
```