

实验1 静态 ECMP 和浮动静态路由配置实验

1.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握如何在路由器上配置静态 ECMP
- 掌握浮动静态路由配置

1.2 实验组网图

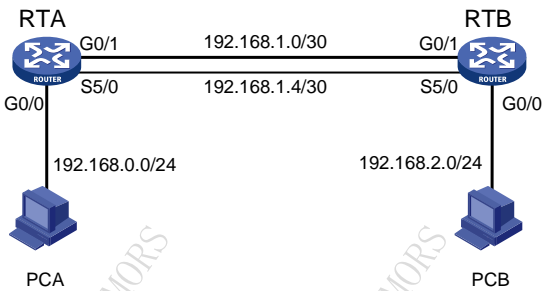


图1-1 静态 ECMP 和浮动静态路由配置实验组网

1.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 1-1 所示。

表1-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	CMW 7.1.049-R0106	2	
PC	Windows 7	2	
V.35 DTE串口线	--	1	
V.35 DCE串口线	--	1	
第5类UTP以太网连接线	--	3	

1.4 实验过程

实验任务一：静态 ECMP 配置

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置静态 ECMP，再验证等值路由的负载分担和备份功能。通过本实验任务，学员应该能够掌握静态等值路由的配置和应用场合。

步骤一：建立物理连接

按照图 1-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表1-2 任务一 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址	网关
PCA	--	192.168.0.2/24	192.168.0.1
PCB	--	192.168.2.2/24	192.168.2.1
RTA	G0/0	192.168.0.1/24	--
	G0/1	192.168.1.1/30	--
	S5/0	192.168.1.5/30	--
RTB	G0/0	192.168.2.1/24	--
	G0/1	192.168.1.2/30	--
	S5/0	192.168.1.6/30	--

按表 1-2 所示在 PC 及路由器上配置 IP 地址。

步骤三：静态等值路由配置

在 RTA 上配置目的地址为 192.168.2.0/24 的二条静态路由，下一跳分别指向 RTB 的 S5/0 接口和 G0/1 接口；在 RTB 上配置目的地址为 192.168.0.0/24 的二条静态路由，下一跳分别指向 RTA 的 S5/0 接口和 G0/1 接口。

配置 RTA：

```
[RTA] ip route-static 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.1.2
[RTA] ip route-static 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.1.6
```

配置 RTB：

```
[RTB] ip route-static 192.168.0.0 255.255.255.0 192.168.1.1
[RTB] ip route-static 192.168.0.0 255.255.255.0 192.168.1.5
```

配置完成后，查看路由表，如下所示：

```
[RTA]display ip routing-table
```

```
Destinations : 22
```

```
Routes : 23
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.0.0/24	Direct	0	0	192.168.0.1	GE0/0
192.168.0.0/32	Direct	0	0	192.168.0.1	GE0/0
192.168.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.0.255/32	Direct	0	0	192.168.0.1	GE0/0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.1	GE0/1
192.168.1.0/32	Direct	0	0	192.168.1.1	GE0/1
192.168.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.3/32	Direct	0	0	192.168.1.1	GE0/1
192.168.1.4/30	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/0
192.168.1.4/32	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/0
192.168.1.5/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.6/32	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/0
192.168.1.7/32	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/0
192.168.2.0/24	Static	60	0	192.168.1.2	GE0/1
				192.168.1.6	S5/0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

```
[RTB]display ip routing-table
```

```
Destinations : 22
```

```
Routes : 23
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.0.0/24	Static	60	0	192.168.1.1	GE0/1
				192.168.1.5	S1/0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.2	GE0/1
192.168.1.0/32	Direct	0	0	192.168.1.2	GE0/1
192.168.1.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.3/32	Direct	0	0	192.168.1.2	GE0/1
192.168.1.4/30	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/0
192.168.1.4/32	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/0
192.168.1.5/32	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/0
192.168.1.6/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.7/32	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/0
192.168.2.0/24	Direct	0	0	192.168.2.1	GE0/0
192.168.2.0/32	Direct	0	0	192.168.2.1	GE0/0
192.168.2.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.255/32	Direct	0	0	192.168.2.1	GE0/0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以看到，RTA 路由表中有到达目的地址 192.168.2.0/24 的等值路由；RTB 路由表中有到达目的地址 192.168.0.0/24 的等值路由。

步骤四：等值路由的备份功能验证

在 PCA 上用 Ping -t 命令来测试到 PCB 的可达性，如下所示：

```
C:\>ping 192.168.2.2 -t

Pinging 192.168.2.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=1ms TTL=253
.....
```

现在从 RTA 到 RTB 有两条路径。但在缺省情况下，路由器接口工作于基于流的负载分担模式，所以所有报文会通过一个接口转发。

在 RTA 上查看快速转发表，如下所示：

```
[RTA]display ip fast-forwarding cache
Total number of fast-forwarding entries: 2
SIP          SPort DIP          DPort Pro Input_If    Output_If  Flg
192.168.2.2  40960 192.168.0.2      0      1   GE0/1      GE0/0      1
192.168.0.2  40960 192.168.2.2      2048  1   GE0/0      GE0/1      1
```

以上输出表明，从 192.168.0.2 到 192.168.2.2 的数据流从路由器 RTA 的 GE0/0 进入，从接口 GE0/1 流出。

在 RTA 上使用 shutdown 命令来断开负责转发报文的接口 GE0/1，并观察是否有报文丢失及路由变化。如下所示：

```
[RTA-GigabitEthernet0/1]shutdown
```

在 PCA 上观察，可以发现并没有 Ping 报文丢失。

再查看路由表：

```
[RTA]dis ip routing-table

Destinations : 18          Routes : 18

Destination/Mask    Proto    Pre  Cost           NextHop          Interface
0.0.0.0/32          Direct   0    0              127.0.0.1         InLoop0
127.0.0.0/8         Direct   0    0              127.0.0.1         InLoop0
127.0.0.0/32        Direct   0    0              127.0.0.1         InLoop0
127.0.0.1/32        Direct   0    0              127.0.0.1         InLoop0
127.255.255.255/32  Direct   0    0              127.0.0.1         InLoop0
192.168.0.0/24       Direct   0    0              192.168.0.1       GE0/0
192.168.0.0/32       Direct   0    0              192.168.0.1       GE0/0
192.168.0.1/32       Direct   0    0              127.0.0.1         InLoop0
192.168.0.255/32     Direct   0    0              192.168.0.1       GE0/0
192.168.1.4/30       Direct   0    0              192.168.1.5       S5/0
192.168.1.4/32       Direct   0    0              192.168.1.5       S5/0
192.168.1.5/32       Direct   0    0              127.0.0.1         InLoop0
192.168.1.6/32       Direct   0    0              192.168.1.6       S5/0
192.168.1.7/32       Direct   0    0              192.168.1.5       S5/0
192.168.2.0/24       Static   60    0              192.168.1.6       S5/0
224.0.0.0/4          Direct   0    0              0.0.0.0           NULL0
224.0.0.0/24         Direct   0    0              0.0.0.0           NULL0
255.255.255.255/32  Direct   0    0              127.0.0.1         InLoop0
```

可以看到，因为接口 GE0/1 被关闭，所以下一跳指向 GE0/1 的静态路由在路由表中消失了。

再查看快速转发表，如下所示：

```
[RTA]display ip fast-forwarding cache
Total number of fast-forwarding entries: 2
SIP          SPort DIP          DPort Pro Input_If    Output_If  Flg
192.168.2.2  40960 192.168.0.2    0      1   S5/0        GE0/0      1
192.168.0.2  40960 192.168.2.2    2048  1   GE0/0        S5a/0      1
```

可见，现在从 192.168.0.2 到 192.168.2.2 的数据流被从接口 GE0/1 转发出去。

由以上实验结果可见，静态 ECMP 能够起到备份的作用。在缺省状态下，路由器的快速转发功能是起作用的。

实验任务二：浮动静态路由配置

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置浮动静态路由，再验证浮动静态路由的备份功能。通过本实验任务，学员应该能够掌握浮动静态路由的配置和应用场合。

步骤一：建立物理连接

按照图 1-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址及 RIP 路由配置

表1-3 任务二 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址	网关
PCA	--	192.168.0.2/24	192.168.0.1
PCB	--	192.168.2.2/24	192.168.2.1
RTA	G0/0	192.168.0.1/24	--
	G0/1	192.168.1.1/30	--
	S5/0	192.168.1.5/30	--
RTB	G0/0	192.168.2.1/24	--
	G0/1	192.168.1.2/30	--
	S5/0	192.168.1.6/30	--

本实验任务中的 IP 地址配置与实验任务一相同。按表 1-3 所示在 PC 及路由器上配置 IP 地址。

本实验中使用 RIP 协议作为 RTA 和 RTB 之间运行的动态路由协议。在 RTA 和 RTB 上启用 RIP 协议，并设定仅在接口 G0/0 和 G0/1 上收发 RIP 路由更新。

配置 RTA：

```
[RTA]rip
[RTA-rip-1]network 192.168.0.0
[RTA-rip-1]network 192.168.1.0
[RTA-rip-1]version 2
[RTA-rip-1]undo summary
[RTA-rip-1]silent-interface Serial 5/0
```

配置 RTB:

```
[RTB]rip
[RTB-rip-1]network 192.168.1.0
[RTB-rip-1]network 192.168.2.0
[RTB-rip-1]version 2
[RTB-rip-1]undo summary
[RTB-rip-1]silent-interface Serial 5/0
```

在路由器上查看路由表，如下所示：

```
<RTA>display ip routing-table
```

```
Destinations : 22      Routes : 22
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.0.0/24	Direct	0	0	192.168.0.1	GE0/0
192.168.0.0/32	Direct	0	0	192.168.0.1	GE0/0
192.168.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.0.255/32	Direct	0	0	192.168.0.1	GE0/0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.1	GE0/1
192.168.1.0/32	Direct	0	0	192.168.1.1	GE0/1
192.168.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.3/32	Direct	0	0	192.168.1.1	GE0/1
192.168.1.4/30	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/0
192.168.1.4/32	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/0
192.168.1.5/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.6/32	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/0
192.168.1.7/32	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/0
192.168.2.0/24	RIP	100	1	192.168.1.2	GE0/1
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

```
[RTB]display ip routing-table
```

```
Destinations : 22      Routes : 22
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.0.0/24	RIP	100	1	192.168.1.1	GE0/1
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.2	GE0/1
192.168.1.0/32	Direct	0	0	192.168.1.2	GE0/1
192.168.1.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.3/32	Direct	0	0	192.168.1.2	GE0/1
192.168.1.4/30	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/0
192.168.1.4/32	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/0
192.168.1.5/32	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/0
192.168.1.6/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.7/32	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/0

192.168.2.0/24	Direct	0	0	192.168.2.1	GE0/0
192.168.2.0/32	Direct	0	0	192.168.2.1	GE0/0
192.168.2.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.255/32	Direct	0	0	192.168.2.1	GE0/0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以看到，RTA 和 RTB 上都有到目的网络的 RIP 路由，出接口是 GE0/1。

步骤三：浮动静态路由配置

在 RTA 上配置目的地址为 192.168.2.0/24 的静态路由，下一跳指向 S5/0 接口，并设定优先级为 120；在 RTB 上配置目的地址为 192.168.0.0/24 的静态路由，下一跳指向 S5/0 接口，并设定优先级为 120。

配置 RTA:

```
[RTA] ip route-static 192.168.2.0 255.255.255.0 S5/0 preference 120
```

配置 RTB:

```
[RTB] ip route-static 192.168.0.0 255.255.255.0 S5/0 preference 120
```

配置完成后，查看路由表，发现没有什么变化。因为所配置的静态路由优先级为 120，大于 RIP 协议的优先级 100，所以它并没有生效。

但是通过查看路由表的详细信息能够查看到这条未生效的路由，如下所示：

```
[RTA]display ip routing-table 192.168.2.0 verbose
```

Summary Count : 2

Destination: 192.168.2.0/24

Protocol: RIP	Process ID: 1
SubProtID: 0x0	Age: 02h41m26s
Cost: 1	Preference: 100
IpPre: N/A	QosLocalID: N/A
Tag: 0	State: Active Adv
OrigTblID: 0x0	OrigVrf: default-vrf
TableID: 0x2	OrigAs: 0
NibID: 0x12000003	LastAs: 0
AttrID: 0xffffffff	Neighbor: 192.168.1.2
Flags: 0x10041	OrigNextHop: 192.168.1.2
Label: NULL	RealNextHop: 192.168.1.2
BkLabel: NULL	BkNextHop: N/A
Tunnel ID: Invalid	Interface: GigabitEthernet0/1
BkTunnel ID: Invalid	BkInterface: N/A
FtnIndex: 0x0	TrafficIndex: N/A
Connector: N/A	

Destination: 192.168.2.0/24

Protocol: Static	Process ID: 0
SubProtID: 0x1	Age: 00h01m25s
Cost: 0	Preference: 120
IpPre: N/A	QosLocalID: N/A
Tag: 0	State: Inactive Adv
OrigTblID: 0x0	OrigVrf: default-vrf
TableID: 0x2	OrigAs: 0
NibID: 0x11000000	LastAs: 0
AttrID: 0xffffffff	Neighbor: 0.0.0.0
Flags: 0x0	OrigNextHop: 0.0.0.0
Label: NULL	RealNextHop: 0.0.0.0
BkLabel: NULL	BkNextHop: N/A
Tunnel ID: Invalid	Interface: Serial1/0

```

BkTunnel ID: Invalid      BkInterface: N/A
FtnIndex: 0x0             TrafficIndex: N/A
Connector: N/A

[RTB]display ip routing-table 192.168.0.0 verbose

Summary Count : 2

Destination: 192.168.0.0/24
  Protocol: RIP           Process ID: 1
  SubProtID: 0x0          Age: 02h43m32s
  Cost: 1                 Preference: 100
  IpPre: N/A              QosLocalID: N/A
  Tag: 0                  State: Active Adv
  OrigTblID: 0x0          OrigVrf: default-vrf
  TableID: 0x2            OrigAs: 0
  NibID: 0x12000003       LastAs: 0
  AttrID: 0xffffffff      Neighbor: 192.168.1.1
  Flags: 0x10041          OrigNextHop: 192.168.1.1
  Label: NULL             RealNextHop: 192.168.1.1
  BkLabel: NULL           BkNextHop: N/A
  Tunnel ID: Invalid      Interface: GigabitEthernet0/1
  BkTunnel ID: Invalid    BkInterface: N/A
  FtnIndex: 0x0           TrafficIndex: N/A
  Connector: N/A

Destination: 192.168.0.0/24
  Protocol: Static        Process ID: 0
  SubProtID: 0x1          Age: 00h03m16s
  Cost: 0                 Preference: 120
  IpPre: N/A              QosLocalID: N/A
  Tag: 0                  State: Inactive Adv
  OrigTblID: 0x0          OrigVrf: default-vrf
  TableID: 0x2            OrigAs: 0
  NibID: 0x11000000       LastAs: 0
  AttrID: 0xffffffff      Neighbor: 0.0.0.0
  Flags: 0x0              OrigNextHop: 0.0.0.0
  Label: NULL             RealNextHop: 0.0.0.0
  BkLabel: NULL           BkNextHop: N/A
  Tunnel ID: Invalid      Interface: Serial1/0
  BkTunnel ID: Invalid    BkInterface: N/A
  FtnIndex: 0x0           TrafficIndex: N/A
  Connector: N/A

```

路由的状态是 **Inactive Adv**，表明未生效。

步骤四：浮动静态路由验证

在 PCA 上用 **Ping -t** 命令来测试到 PCB 的可达性，如下所示：

```

C:\>ping 192.168.2.2 -t

Pinging 192.168.2.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=1ms TTL=253
Reply from 192.168.2.2: bytes=32 time=1ms TTL=253
.....

```

在 RTA 上使用 **shutdown** 命令来断开负责转发报文的接口 **GE0/1**，并观察是否有报文丢失及路由变化。如下所示：

```
[RTA-GigabitEthernet0/1]shutdown
```


在 PCA 上观察，可以发现并没有 Ping 报文丢失。

再查看路由表：

```
[RTA]dis ip routing-table

Destinations : 18      Routes : 18

Destination/Mask    Proto  Pre  Cost           NextHop           Interface
0.0.0.0/32          Direct 0    0              127.0.0.1         InLoop0
127.0.0.0/8          Direct 0    0              127.0.0.1         InLoop0
127.0.0.0/32          Direct 0    0              127.0.0.1         InLoop0
127.0.0.1/32          Direct 0    0              127.0.0.1         InLoop0
127.255.255.255/32   Direct 0    0              127.0.0.1         InLoop0
192.168.0.0/24        Direct 0    0              192.168.0.1       GE0/0
192.168.0.0/32        Direct 0    0              192.168.0.1       GE0/0
192.168.0.1/32        Direct 0    0              127.0.0.1         InLoop0
192.168.0.255/32     Direct 0    0              192.168.0.1       GE0/0
192.168.1.4/30        Direct 0    0              192.168.1.5       S5/0
192.168.1.4/32        Direct 0    0              192.168.1.5       S5/0
192.168.1.5/32        Direct 0    0              127.0.0.1         InLoop0
192.168.1.6/32        Direct 0    0              192.168.1.6       S5/0
192.168.1.7/32        Direct 0    0              192.168.1.5       S5/0
192.168.2.0/24      Static 120 0              0.0.0.0           S5/0
224.0.0.0/4           Direct 0    0              0.0.0.0           NULL0
224.0.0.0/24          Direct 0    0              0.0.0.0           NULL0
255.255.255.255/32   Direct 0    0              127.0.0.1         InLoop0
```

```
[RTA]display ip routing-table 192.168.2.0 verbose
```

```
Summary Count : 1
```

```
Destination: 192.168.2.0/24
  Protocol: Static          Process ID: 0
  SubProtID: 0x1           Age: 00h07m07s
  Cost: 0                  Preference: 120
  IpPre: N/A               QosLocalID: N/A
  Tag: 0                   State: Active Adv
  OrigTblID: 0x0           OrigVrf: default-vrf
  TableID: 0x2             OrigAs: 0
  NibID: 0x11000000        LastAs: 0
  AttrID: 0xffffffff       Neighbor: 0.0.0.0
  Flags: 0x10000           OrigNextHop: 0.0.0.0
  Label: NULL              RealNextHop: 0.0.0.0
  BkLabel: NULL            BkNextHop: N/A
  Tunnel ID: Invalid       Interface: Serial1/0
  BkTunnel ID: Invalid     BkInterface: N/A
  FtnIndex: 0x0           TrafficIndex: N/A
  Connector: N/A
```

可以看到，静态路由出现在路由表中，并且处于生效状态。

1.5 实验中的命令列表

表1-4 实验命令列表

命令	描述
display ip fast-forwarding cache [ip-address]	显示快速转发表信息
display ip routing-table ip-address	查看指定目的地址的路由信息

命令	描述
ip route-static <i>dest-address</i> { mask mask-length } { <i>next-hop-address</i> [preference <i>preference-value</i>]	配置单播静态路由

1.6 思考题

1. 实验任务中，设备会建议快转表项，如何清空设备上建立的快转表项？

答：通过 **reset ip fast-forwarding cache** 清空快转表项，配置命令为：

<H3C>reset ip fast-forwarding cache

实验2 OSPF 基本配置

2.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 配置单区域的 OSPF 协议
- 配置多区域的 OSPF 协议
- 掌握 OSPF 协议 Router ID 的选取原理

2.2 实验组网图

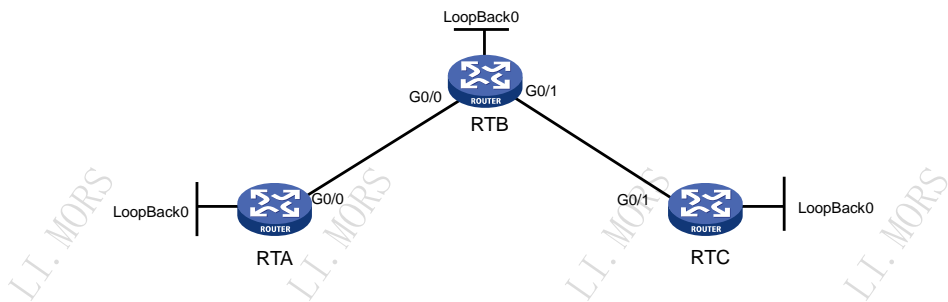


图2-1 OSPF 基本配置实验组网

实验组网如图 2-1 所示。RTA、RTB 和 RTC 三台路由器依次连接。

2.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 2-1 所示。

表2-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	CMW 7.1.049-R0106	3	
第5类UTP以太网连接线	--	2	

2.4 实验过程

实验任务一：OSPF 单区域配置

本实验任务的主要内容是通过 OSPF 单区域的配置，实现 RTA 与 RTB、RTB 与 RTC 之间建立 OSPF 邻居，并且互相可以学习到 Loopback 接口对应的路由信息。通过本实验内容，学员应该能够掌握 OSPF 单区域的配置和应用场合。

步骤一：建立物理连接

按照图 2-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表2-2 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址
RTA	G0/0	10.0.0.1/24
	Loopback0	1.1.1.1/32
RTB	G0/0	10.0.0.2/24
	G0/1	20.0.0.1/24
	Loopback0	2.2.2.2/32
RTC	G0/1	20.0.0.2/32
	Loopback0	3.3.3.3/32

按表 2-2 所示在路由器上配置 IP 地址。

步骤三：OSPF 单区域配置

在 RTA 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将它们加入 OSPF 的 Area0。在 RTB 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0、G0/1 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将它们加入 OSPF 的 Area0。在 RTC 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将它们加入 OSPF 的 Area0。

配置 RTA：

```
[RTA]ospf 1
[RTA-ospf-1]area 0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]network 1.1.1.1 0.0.0.0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]network 10.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTB：

```
[RTB]ospf 1
[RTB-ospf-1]area 0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 2.2.2.2 0.0.0.0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 10.0.0.0 0.0.0.255
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTC:

```
[RTC]ospf 1
[RTC-ospf-1]area 0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 3.3.3.3 0.0.0.0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

步骤四：观察 OSPF 邻居表和路由表

配置结束后，在 RTB 上查看 OSPF 邻居表。

```
[RTB]display ospf peer

      OSPF Process 1 with Router ID 2.2.2.2
      Neighbor Brief Information

Area: 0.0.0.0

```

Router ID	Address	Pri	Dead-Time	State	Interface
1.1.1.1	10.0.0.1	1	30	Full/BDR	GE0/0
3.3.3.3	20.0.0.2	1	31	Full/BDR	GE0/1

此时发现 RTB 已经分别与 RTA、RTC 建立了邻居。

在 RTA 上查看路由表：

```
[RTA]display ip routing-table

Destinations : 16      Routes : 16


```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
2.2.2.2/32	O_INTRA	10	1	10.0.0.2	GE0/0
3.3.3.3/32	O_INTRA	10	2	10.0.0.2	GE0/0
10.0.0.0/24	Direct	0	0	10.0.0.1	GE0/0
10.0.0.0/32	Direct	0	0	10.0.0.1	GE0/0
10.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.0.255/32	Direct	0	0	10.0.0.1	GE0/0
20.0.0.0/24	O_INTRA	10	2	10.0.0.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以观察到 RTA 已经学习到 RTC 的 Loopback 接口地址对应的路由 3.3.3.3/32。

在 RTC 上查看路由表：

```
[RTC]display ip routing-table

Destinations : 16      Routes : 16


```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	O_INTRA	10	2	20.0.0.1	GE0/0
2.2.2.2/32	O_INTRA	10	1	20.0.0.1	GE0/0
3.3.3.3/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.0.0/24	O_INTRA	10	2	20.0.0.1	GE0/0

20.0.0.0/24	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
20.0.0.0/32	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
20.0.0.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
20.0.0.255/32	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以观察到 RTC 已经学习到了 RTA 的 Loopback 接口地址对应的路由 1.1.1.1/32。

实验任务二：OSPF 多区域配置

本实验任务的主要内容是通过 OSPF 多区域的配置,实现 RTA 与 RTB 在 Area0 建立邻居、RTB 与 RTC 在 Area1 建立 OSPF 邻居,并且互相可以学习到 Loopback 接口对应的路由信息。通过本实验内容,学员应该能够掌握 OSPF 多区域的配置和应用场合。

步骤一：建立物理连接

按照图 2-1 进行连接,并检查设备的软件版本及配置信息,确保各设备软件版本符合要求,所有配置为初始状态。如果配置不符合要求,请在用户模式下擦除设备中的配置文件,然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令:

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表2-3 任务二 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址
RTA	G0/0	10.0.0.1/24
	Loopback0	1.1.1.1/32
RTB	G0/0	10.0.0.2/24
	G0/1	20.0.0.1/24
RTC	Loopback0	2.2.2.2/32
	G0/1	20.0.0.2/32
	Loopback0	3.3.3.3/32

按表 2-3 所示在路由器上配置 IP 地址。

步骤三：OSPF 多区域配置

在 RTA 上启用 OSPF 协议,并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF,将它们加入 OSPF 的 Area0。在 RTB 上启用 OSPF 协议,并在 G0/0、G0/1 和 Loopback0 接口上使能 OSPF,

将 G0/0 加入 OSPF 的 Area0，将 G0/1、Loopback0 加入 OSPF 的 Area1。在 RTC 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将它们加入 OSPF 的 Area1。

配置 RTA:

```
[RTA]ospf 1
[RTA-ospf-1]area 0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]network 1.1.1.1 0.0.0.0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]network 10.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTB:

```
[RTB]ospf 1
[RTB-ospf-1]area 0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 10.0.0.0 0.0.0.255
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]area 1
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]network 2.2.2.2 0.0.0.0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTC:

```
[RTC]ospf 1
[RTC-ospf-1]area 1
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.1]network 3.3.3.3 0.0.0.0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.1]network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

步骤四：观察 OSPF 邻居表和路由表

配置结束后，在 RTB 上查看 OSPF 邻居表。

```
[RTB]display ospf peer

      OSPF Process 1 with Router ID 2.2.2.2
      Neighbor Brief Information

Area: 0.0.0.0
Router ID      Address          Pri Dead-Time  State          Interface
1.1.1.1        10.0.0.1         1   37             Full/DR        GE0/0

Area: 0.0.0.1
Router ID      Address          Pri Dead-Time  State          Interface
3.3.3.3        20.0.0.2         1   39             Full/BDR        GE0/1
```

此时发现在 Area0 内，RTA 和 RTB 已经建立邻居；在 Area1 内，RTB 和 RTC 已经建立邻居。

在 RTA 上查看路由表：

```
[RTA]display ip routing-table

Destinations : 16      Routes : 16

Destination/Mask  Proto  Pre Cost      NextHop          Interface
0.0.0.0/32        Direct  0   0             127.0.0.1        InLoop0
1.1.1.1/32        Direct  0   0             127.0.0.1        InLoop0
2.2.2.2/32        O_INTER 10  1             10.0.0.2         GE0/0
3.3.3.3/32        O_INTER 10  2             10.0.0.2         GE0/0
10.0.0.0/24       Direct  0   0             10.0.0.1         GE0/0
10.0.0.0/32       Direct  0   0             10.0.0.1         GE0/0
10.0.0.1/32       Direct  0   0             127.0.0.1        InLoop0
10.0.0.255/32     Direct  0   0             10.0.0.1         GE0/0
20.0.0.0/24       O_INTER 10  2             10.0.0.2         GE0/0
127.0.0.0/8       Direct  0   0             127.0.0.1        InLoop0
127.0.0.0/32     Direct  0   0             127.0.0.1        InLoop0
127.0.0.1/32     Direct  0   0             127.0.0.1        InLoop0
127.255.255.255/32 Direct  0   0             127.0.0.1        InLoop0
```

```

224.0.0.0/4      Direct 0 0      0.0.0.0      NULL0
224.0.0.0/24     Direct 0 0      0.0.0.0      NULL0
255.255.255.255/32 Direct 0 0      127.0.0.1     InLoop0

```

可以观察到 RTA 已经学习到 RTC 的 Loopback 接口地址对应的路由 3.3.3.3/32。

在 RTC 上查看路由表：

```
[RTC]display ip routing-table
```

```

Destinations : 16      Routes : 16

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost      NextHop          Interface
0.0.0.0/32          Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
1.1.1.1/32           O_INTER 10    2          20.0.0.1         GE0/0
2.2.2.2/32           O_INTRA 10    1          20.0.0.1         GE0/0
3.3.3.3/32           Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
10.0.0.0/24          O_INTER 10    2          20.0.0.1         GE0/0
20.0.0.0/24          Direct  0    0          20.0.0.2         GE0/0
20.0.0.0/32          Direct  0    0          20.0.0.2         GE0/0
20.0.0.2/32          Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
20.0.0.255/32        Direct  0    0          20.0.0.2         GE0/0
127.0.0.0/8          Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
127.0.0.0/32         Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
127.0.0.1/32         Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
127.255.255.255/32   Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
224.0.0.0/4          Direct  0    0          0.0.0.0          NULL0
224.0.0.0/24         Direct  0    0          0.0.0.0          NULL0
255.255.255.255/32   Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0

```

可以观察到 RTC 已经学习到了 RTA 的 Loopback0 接口地址对应的路由 1.1.1.1/32。

实验任务三：Router ID 的选取

本实验任务的主要内容是通过观察 Router ID 的变化，使学员掌握 Router ID 的选择方法。

步骤一：观察 Loopback0 接口作为 Router ID。

使用上一任务的配置，观察 RTB 的 Router ID：

```
[RTB]display ospf peer
```

```

OSPF Process 1 with Router ID 2.2.2.2
Neighbor Brief Information

```

```

Area: 0.0.0.0
Router ID      Address      Pri Dead-Time  State      Interface
1.1.1.1        10.0.0.1    1   33          Full/DR    GE0/0

Area: 0.0.0.1
Router ID      Address      Pri Dead-Time  State      Interface
3.3.3.3        20.0.0.2    1   36          Full/BDR    GE0/1

```

此时删除 RTB 的 loopback0。

```
[RTB]undo interface LoopBack 0
```

再次观察 RTB 的 Router ID：

```
[RTB]display ospf peer
```

```

OSPF Process 1 with Router ID 2.2.2.2
Neighbor Brief Information

```



```
Area: 0.0.0.0
Router ID      Address      Pri Dead-Time State      Interface
1.1.1.1        10.0.0.1     1   33      Full/DR    GE0/0
```

```
Area: 0.0.0.1
Router ID      Address      Pri Dead-Time State      Interface
3.3.3.3        20.0.0.2     1   36      Full/BDR    GE0/1
```

这次发现 RTB 的 Router ID 没有发生变化。

步骤二：重启 OSPF 进程。

通过命令重启 OSPF 进程：

```
<RTB>reset ospf process
```

步骤三：观察 Router ID 的变化

重启 OSPF 进程后，再次观察 RTB 的 Router ID：

```
<RTB>display ospf peer

      OSPF Process 1 with Router ID 20.0.0.1
      Neighbor Brief Information

Area: 0.0.0.0
Router ID      Address      Pri Dead-Time State      Interface
1.1.1.1        10.0.0.1     1   38      Full/DR    GE0/0

Area: 0.0.0.1
Router ID      Address      Pri Dead-Time State      Interface
3.3.3.3        20.0.0.2     1   38      Full/DR    GE0/1
<RTB>
```

通过观察发现，在重启了 OSPF 进程之后，RTB 的 Router ID 才发生变化，此时选择的是物理接口中最大的 IP 地址作为 Router ID。

2.5 实验中的命令列表

表2-4 命令列表

命令	描述
ospf [<i>process-id</i> router-id <i>router-id</i> vpn-instance <i>instance-name</i>] *	启动OSPF，进入OSPF视图
area <i>area-id</i>	配置OSPF区域，进入OSPF区域视图
network <i>ip-address wildcard-mask</i>	配置区域所包含的网段并在指定网段的接口上使能OSPF
display ospf [<i>process-id</i>] peer [verbose [<i>interface-type</i> <i>interface-number</i>] [<i>neighbor-id</i>]]	显示OSPF邻居的信息
reset ospf [<i>process-id</i>] process [graceful-restart]	重启OSPF进程

2.6 思考题

1. 在单区域和多区域的配置下，RTB 的 LSDB 有无区别？

答：在单区域配置下，RTB 只有 Area0 的 LSDB，而在多区域的配置下，RTB 既有 Area0 的 LSDB，也有 Area1 的 LSDB。这就是 ABR 的特性和作用。

实验3 OSPF 路由聚合

3.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握 OSPF 协议 ABR 上路由聚合的配置方法
- 掌握 OSPF 协议 ASBR 上路由聚合的配置方法

3.2 实验组网图

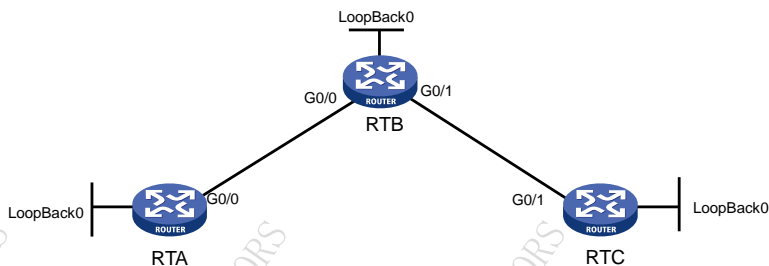


图3-1 OSPF 路由聚合实验组网

实验组网如图 3-1 所示。

3.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 3-1 所示。

表3-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	CMW 7.1.049-R0106	3	
第5类UTP以太网连接线	--	2	

3.4 实验过程

实验任务一：ABR 上的路由聚合

在本实验任务中，学员需要在 ABR 上配置路由聚合，并且观察 not-advertise 参数是否配置的效果。通过本次实验任务，学员应该能够掌握 ABR 上路由聚合配置的方法和应用场合。

步骤一：建立物理连接

按照图 3-1 进行连接,并检查设备的软件版本及配置信息,确保各设备软件版本符合要求,所有配置为初始状态。如果配置不符合要求,请在用户模式下擦除设备中的配置文件,然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令:

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表3-2 任务一 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址
RTA	G0/0	10.0.0.1/24
	Loopback0	1.1.1.1/32
	Loopback1	192.168.0.1/24
	Loopback2	192.168.1.1/24
	Loopback3	192.168.2.1/24
	Loopback4	192.168.3.1/24
RTB	G0/0	10.0.0.2/24
	G0/1	20.0.0.1/24
	Loopback0	2.2.2.2/32
RTC	G0/1	20.0.0.2/32
	Loopback0	3.3.3.3/32

按表 3-2 所示在路由器上配置 IP 地址。

步骤三：配置 OSPF 协议

在 RTA 上启用 OSPF 协议,并在 G0/0、Loopback1 Loopback2、Loopback3、Loopback4 和 Loopback0 接口上使能 OSPF,将它们加入 OSPF 的 Area1。在 RTB 上启用 OSPF 协议,并在 G0/0、G0/1 和 Loopback0 接口上使能 OSPF,将 G0/0 加入 OSPF 的 Area1,将 G0/1、Loopback0 加入 OSPF 的 Area0。在 RTC 上启用 OSPF 协议,并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF,将它们加入 OSPF 的 Area0。

配置 RTA:

```
[RTA]ospf 1
[RTA-ospf-1]area 1
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.1]network 1.1.1.1 0.0.0.0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.1]network 10.0.0.0 0.0.0.255
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.1]network 192.168.0.0 0.0.0.255
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.1]network 192.168.1.0 0.0.0.255
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.1]network 192.168.2.0 0.0.0.255
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.1]network 192.168.3.0 0.0.0.255
```

配置 RTB:

```
[RTB]ospf 1
[RTB-ospf-1]area 1
```

```
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]network 10.0.0.0 0.0.0.255
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]area 0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 2.2.2.2 0.0.0.0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTC:

```
[RTC]ospf 1
[RTC-ospf-1]area 0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 3.3.3.3 0.0.0.0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

在 RTC 上观察路由表:

```
[RTC]display ip routing-table
```

```
Destinations : 20      Routes : 20
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	O_INTER	10	2	20.0.0.1	GE0/0
2.2.2.2/32	O_INTRA	10	1	20.0.0.1	GE0/0
3.3.3.3/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.0.0/24	O_INTER	10	2	20.0.0.1	GE0/0
20.0.0.0/24	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
20.0.0.0/32	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
20.0.0.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
20.0.0.255/32	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.0.1/32	O_INTER	10	2	20.0.0.1	GE0/0
192.168.1.1/32	O_INTER	10	2	20.0.0.1	GE0/0
192.168.2.1/32	O_INTER	10	2	20.0.0.1	GE0/0
192.168.3.1/32	O_INTER	10	2	20.0.0.1	GE0/0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

<RTC>

可以观察到 RTC 学习到了 192.168.0.0/24 等 4 条路由。

步骤四：在 ABR 上配置路由聚合

在 RTB 上配置路由聚合，将 4 条明细路由聚合成为一条路由。

配置 RTB:

```
[RTB]ospf 1
[RTB-ospf-1]area 1
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]abr-summary 192.168.0.0 255.255.252.0
```

在 RTC 上观察路由表:

```
[RTC]display ip routing-table
```

```
Destinations : 17      Routes : 17
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	O_INTER	10	2	20.0.0.1	GE0/0
2.2.2.2/32	O_INTRA	10	1	20.0.0.1	GE0/0
3.3.3.3/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.0.0/24	O_INTER	10	2	20.0.0.1	GE0/0
20.0.0.0/24	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
20.0.0.0/32	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0

20.0.0.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
20.0.0.255/32	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.0.0/22	O_INTER	10	2	20.0.0.1	GE0/0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以观察到 RTC 只学习到了一条聚合后的路由。

步骤五：在 ABR 上配置路由聚合，加上 not-advertise 参数。

在 RTB 上配置路由聚合，将 4 条明细路由聚合成为 1 条路由，并且不发布聚合后的路由。

配置 RTB：

```
[RTB]ospf 1
[RTB-ospf-1]area 1
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]abr-summary 192.168.0.0 255.255.252.0 not-advertise
```

在 RTC 上观察路由表：

```
[RTC]display ip routing-table
```

```
Destinations : 16          Routes : 16
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	O_INTER	10	2	20.0.0.1	GE0/0
2.2.2.2/32	O_INTRA	10	1	20.0.0.1	GE0/0
3.3.3.3/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.0.0/24	O_INTER	10	2	20.0.0.1	GE0/0
20.0.0.0/24	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
20.0.0.0/32	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
20.0.0.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
20.0.0.255/32	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以观察到 RTC 上没有学习到任何明细路由或者聚合路由。

实验任务二：ASBR 上的路由聚合

在本实验任务中，学员需要在 ASBR 上配置路由聚合，并且观察 not-advertise 参数是否配置的效果。通过本次实验任务，学员应该能够掌握 ASBR 上路由聚合配置的方法和应用场合。

步骤一：建立物理连接

按照图 3-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
```

```
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表3-3 任务二 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址
RTA	G0/0	10.0.0.1/24
	Loopback0	1.1.1.1/32
	Loopback1	192.168.0.1/24
	Loopback2	192.168.1.1/24
	Loopback3	192.168.2.1/24
	Loopback4	192.168.3.1/24
RTB	G0/0	10.0.0.2/24
	G0/1	20.0.0.1/24
	Loopback0	2.2.2.2/32
RTC	G0/1	20.0.0.2/32
	Loopback0	3.3.3.3/32

按表 3-3 所示在路由器上配置 IP 地址。

步骤三：配置 OSPF 协议

在 RTA 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将它们加入 OSPF 的 Area1。另外，还需要在 RTA 上将 192.168.0.0/24、192.168.1.0/24、192.168.3.0/24 和 192.168.4.0/24 作为直连路由引入到 OSPF 中。在 RTB 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0、G0/1 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将 G0/0 加入 OSPF 的 Area1，将 G0/1、Loopback0 加入 OSPF 的 Area0。在 RTC 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将它们加入 OSPF 的 Area0。

配置 RTA:

```
[RTA]ospf 1
[RTA-ospf-1]area 1
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.1]network 1.1.1.1 0.0.0.0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.1]network 10.0.0.0 0.0.0.255
[RTA-ospf-1]import-route direct
```

配置 RTB:

```
[RTB]ospf 1
[RTB-ospf-1]area 1
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]network 10.0.0.0 0.0.0.255
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]area 0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 2.2.2.2 0.0.0.0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTC:

```
[RTC]ospf 1
[RTC-ospf-1]area 0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 3.3.3.3 0.0.0.0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

在 RTC 上观察路由表：

```
[RTC]display ip routing-table
```

```
Destinations : 20      Routes : 20

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost      NextHop          Interface
0.0.0.0/32          Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
1.1.1.1/32          O_INTER 10    2          20.0.0.1         GE0/0
2.2.2.2/32          O_INTRA 10    1          20.0.0.1         GE0/0
3.3.3.3/32          Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
10.0.0.0/24         O_INTER 10    2          20.0.0.1         GE0/0
20.0.0.0/24         Direct  0    0          20.0.0.2         GE0/0
20.0.0.0/32         Direct  0    0          20.0.0.2         GE0/0
20.0.0.2/32         Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
20.0.0.255/32       Direct  0    0          20.0.0.2         GE0/0
127.0.0.0/8         Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
127.0.0.0/32        Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
127.0.0.1/32        Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
127.255.255.255/32 Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
192.168.0.0/24       O_ASE2  150   1          20.0.0.1         GE0/0
192.168.1.0/24       O_ASE2  150   1          20.0.0.1         GE0/0
192.168.2.0/24       O_ASE2  150   1          20.0.0.1         GE0/0
192.168.3.0/24       O_ASE2  150   1          20.0.0.1         GE0/0
224.0.0.0/4         Direct  0    0          0.0.0.0          NULL0
224.0.0.0/24        Direct  0    0          0.0.0.0          NULL0
255.255.255.255/32 Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
```

可以观察到 RTC 学习到了 192.168.0.0/24 等四条路由。

步骤四：在 ASBR 上配置路由聚合

在 RTA 上配置路由聚合，将 4 条明细路由聚合成为一条路由。

配置 RTA:

```
[RTA]ospf 1
[RTA-ospf-1]asbr-summary 192.168.0.0 255.255.252.0
```

在 RTC 上观察路由表:

```
[RTC]display ip routing-table

Destinations : 17      Routes : 17

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost      NextHop          Interface
0.0.0.0/32          Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
1.1.1.1/32          O_INTER 10    2          20.0.0.1         GE0/0
2.2.2.2/32          O_INTRA 10    1          20.0.0.1         GE0/0
3.3.3.3/32          Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
10.0.0.0/24         O_INTER 10    2          20.0.0.1         GE0/0
20.0.0.0/24         Direct  0    0          20.0.0.2         GE0/0
20.0.0.0/32         Direct  0    0          20.0.0.2         GE0/0
20.0.0.2/32         Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
20.0.0.255/32       Direct  0    0          20.0.0.2         GE0/0
127.0.0.0/8         Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
127.0.0.0/32        Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
127.0.0.1/32        Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
127.255.255.255/32 Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
192.168.0.0/22       O_ASE2  150   1          20.0.0.1         GE0/0
224.0.0.0/4         Direct  0    0          0.0.0.0          NULL0
224.0.0.0/24        Direct  0    0          0.0.0.0          NULL0
255.255.255.255/32 Direct  0    0          127.0.0.1        InLoop0
```

可以观察到 RTC 只学习到了 1 条聚合后的路由。

步骤五：在 ASBR 上配置路由聚合，加上 not-advertise 参数。

在 RTA 上配置路由聚合的命令 **asbr-summary ip-address { mask | mask-length } not-advertise**，将四条明细路由聚合成为 1 条路由，并且不发布聚合后的路由。

配置 RTA:

```
[RTA]ospf 1
[RTA-ospf-1]asbr-summary 192.168.0.0 255.255.252.0 not-advertise
```

在 RTC 上观察路由表:

```
[RTC]display ip routing-table
```

```
Destinations : 16      Routes : 16
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	O_INTER	10	2	20.0.0.1	GE0/0
2.2.2.2/32	O_INTRA	10	1	20.0.0.1	GE0/0
3.3.3.3/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.0.0/24	O_INTER	10	2	20.0.0.1	GE0/0
20.0.0.0/24	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
20.0.0.0/32	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
20.0.0.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
20.0.0.255/32	Direct	0	0	20.0.0.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以观察到 RTC 上没有学习到任何明细路由或者聚合路由。

3.5 实验中的命令列表

表3-4 命令列表

命令	描述
ospf [process-id router-id router-id vpn-instance instance-name] *	启动OSPF，进入OSPF视图
area area-id	配置OSPF区域，进入OSPF区域视图
network ip-address wildcard-mask	配置区域所包含的网段并在指定网段的接口上使用OSPF
abr-summary ip-address { mask-length mask } [advertise not-advertise] [cost cost]	配置OSPF的ABR路由聚合

命令	描述
asbr-summary <i>ip-address</i> { <i>mask-length</i> <i>mask</i> } [cost <i>cost</i> not-advertise nssa-only tag <i>tag</i>] *	配置OSPF的ASBR路由聚合

3.6 思考题

1. 什么情况下在配置路由聚合的时候需要加上 **not-advertise** 参数呢？

答：由于 OSPF 是链路状态协议，不能直接在 OSPF 路由器之间过滤路由信息，如果需要对于多条连续的路由信息进行过滤，可以使用在 ABR 或者 ASBR 上配置路由聚合，同时使用 **not-advertise** 参数不发布聚合的路由，从而使所有路由信息都被抑制。

实验4 OSPF Stub 区域和 NSSA 区域配置

4.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握 OSPF 协议的 Stub 区域配置方法
- 掌握 OSPF 协议的 NSSA 区域配置方法

4.2 实验组网图

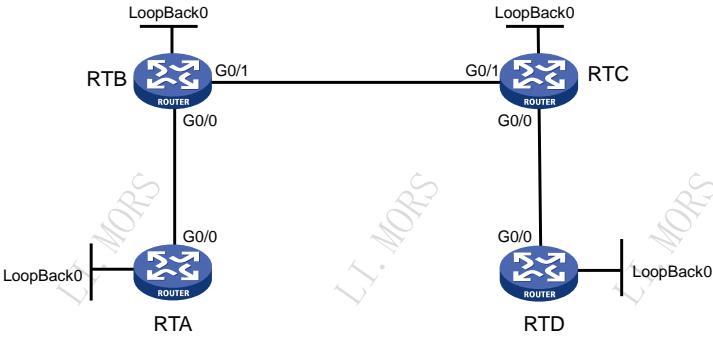


图4-1 OSPF Stub 区域和 NSSA 区域配置实验组网

实验组网如图 4-1 所示。

4.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 4-1 所示。

表4-1 实验设备与器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	CMW 7.1.049-R0106	4	
第5类UTP以太网连接线	--	3	

4.4 实验过程

实验任务一：Stub 区域配置

在本实验任务中，学员需要配置 Stub 区域，并且观察 Stub 区域配置前后，区域中路由器的路由表变化。通过本次实验任务，学员应该能够掌握 Stub 区域的配置方法和应用场合。

步骤一：建立物理连接

按照图 4-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表4-2 任务一 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址
RTA	G0/0	10.0.0.1/24
	Loopback0	1.1.1.1/32
	Loopback1	192.168.0.1/24
	Loopback2	192.168.1.1/24
	Loopback3	192.168.2.1/24
RTB	Loopback4	192.168.3.1/24
	G0/0	10.0.0.2/24
	G0/1	20.0.0.1/24
	Loopback0	2.2.2.2/32
RTC	G0/1	20.0.0.2/24
	G0/0	30.0.0.1/24
	Loopback0	3.3.3.3/32
RTD	G0/0	30.0.0.2/24
	Loopback0	4.4.4.4/32

按表 4-12 所示在路由器上配置 IP 地址。

步骤三：配置 OSPF 协议

在 RTA 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将它们加入 OSPF 的 Area1。另外，还需要在 RTA 上将 192.168.0.0/24、192.168.1.0/24、192.168.3.0/24 和 192.168.4.0/24 作为直连路由引入到 OSPF 中。在 RTB 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0、G0/1 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将 G0/0 加入 OSPF 的 Area1，将 G0/1、Loopback0 加入 OSPF 的 Area0。在 RTC 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0、G0/1 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，

将 G0/1、Loopback0 加入 OSPF 的 Area0，将 G0/0 加入 OSPF 的 Area2。在 RTD 上启动 OSPF 协议，并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将它们加入 OSPF 的 Area2。

配置 RTA:

```
[RTA]ospf 1
[RTA-ospf-1]area 1
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.1]network 1.1.1.1 0.0.0.0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.1]network 10.0.0.0 0.0.0.255
[RTA-ospf-1]import-route direct
```

配置 RTB:

```
[RTB]ospf 1
[RTB-ospf-1]area 1
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]network 10.0.0.0 0.0.0.255
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]area 0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 2.2.2.2 0.0.0.0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTC:

```
[RTC]ospf 1
[RTC-ospf-1]area 0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 3.3.3.3 0.0.0.0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 20.0.0.0 0.0.0.255
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]area 2
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.2]network 30.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTD:

```
[RTD]ospf 1
[RTD-ospf-1]area 2
[RTD-ospf-1-area-0.0.0.2]network 4.4.4.4 0.0.0.0
[RTD-ospf-1-area-0.0.0.2]network 30.0.0.0 0.0.0.255
```

在 RTD 上观察路由表:

```
[RTD]display ip routing-table
```

```
Destinations : 22      Routes : 22
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	O_INTER	10	3	30.0.0.1	GE0/0
2.2.2.2/32	O_INTER	10	2	30.0.0.1	GE0/0
3.3.3.3/32	O_INTER	10	1	30.0.0.1	GE0/0
4.4.4.4/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.0.0/24	O_INTER	10	3	30.0.0.1	GE0/0
20.0.0.0/24	O_INTER	10	2	30.0.0.1	GE0/0
30.0.0.0/24	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
30.0.0.0/32	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
30.0.0.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
30.0.0.255/32	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.0.0/24	O_ASE2	150	1	30.0.0.1	GE0/0
192.168.1.0/24	O_ASE2	150	1	30.0.0.1	GE0/0
192.168.2.0/24	O_ASE2	150	1	30.0.0.1	GE0/0
192.168.3.0/24	O_ASE2	150	1	30.0.0.1	GE0/0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以观察到 RTD 学习到了 192.168.0.0/24 等四条外部路由。

步骤四：配置 Stub 区域

在 RTC 和 RTD 上配置 **stub** 命令，将 Area2 配置成为 Stub 区域。

配置 RTC：

```
[RTC]ospf 1
[RTC-ospf-1]area 2
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.2]stub
```

配置 RTD：

```
[RTD]ospf 1
[RTD-ospf-1]area 2
[RTD-ospf-1-area-0.0.0.2]stub
```

在 RTD 上观察路由表：

```
[RTD]display ip routing-table
```

```
Destinations : 19          Routes : 19
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/0	O_INTER	10	2	30.0.0.1	GE0/0
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	O_INTER	10	3	30.0.0.1	GE0/0
2.2.2.2/32	O_INTER	10	2	30.0.0.1	GE0/0
3.3.3.3/32	O_INTER	10	1	30.0.0.1	GE0/0
4.4.4.4/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.0.0/24	O_INTER	10	3	30.0.0.1	GE0/0
20.0.0.0/24	O_INTER	10	2	30.0.0.1	GE0/0
30.0.0.0/24	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
30.0.0.0/32	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
30.0.0.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
30.0.0.255/32	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以观察到 RTD 的路由表中已经没有外部路由

步骤五：配置 Totally Stub 区域

在 RTC 上配置 **stub no-summary** 命令，将 Area2 配置成为 Totally Stub 区域。

配置 RTC：

```
[RTC]ospf 1
[RTC-ospf-1]area 2
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.2]stub no-summary
```

在 RTD 上观察路由表：

```
[RTD]display ip routing-table
```

```
Destinations : 14          Routes : 14
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/0	O_INTER	10	2	30.0.0.1	GE0/0
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
4.4.4.4/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
30.0.0.0/24	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
30.0.0.0/32	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0

30.0.0.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
30.0.0.255/32	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以观察到 RTD 的路由表中不但没有外部路由，连 OSPF 区域间路由都已经消失了。

实验任务二：NSSA 区域配置

在本实验任务中，学员需要配置 NSSA 区域，并且观察 NSSA 区域配置前后，区域中路由器的路由表变化。通过本次实验任务，学员应该能够掌握 NSSA 区域的配置方法和应用场合。

步骤一：建立物理连接

按照图 4-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表4-3 任务二 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址
RTA	G0/0	10.0.0.1/24
	Loopback0	1.1.1.1/32
	Loopback1	192.168.0.1/24
	Loopback2	192.168.1.1/24
	Loopback3	192.168.2.1/24
	Loopback4	192.168.3.1/24
RTB	G0/0	10.0.0.2/24
	G0/1	20.0.0.1/24
	Loopback0	2.2.2.2/32
RTC	G0/1	20.0.0.2/24
	G0/0	30.0.0.1/24
	Loopback0	3.3.3.3/32
RTD	G0/0	30.0.0.2/24
	Loopback0	4.4.4.4/32

按表 4-3 所示在路由器上配置 IP 地址。

步骤三：配置 OSPF 协议

在 RTA 上启用 OSPF 协议,并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF,将它们加入 OSPF 的 Area1。另外,还需要在 RTA 上将 192.168.0.0/24、192.168.1.0/24、192.168.3.0/24 和 192.168.4.0/24 作为直连路由引入到 OSPF 中。在 RTB 上启用 OSPF 协议,并在 G0/0、G0/1 和 Loopback0 接口上使能 OSPF,将 G0/0 加入 OSPF 的 Area1,将 G0/1、Loopback0 加入 OSPF 的 Area0。在 RTC 上启用 OSPF 协议,并在 G0/0、G0/1 和 Loopback0 接口上使能 OSPF,将 G0/0、Loopback0 加入 OSPF 的 Area0,将 G0/1 加入 OSPF 的 Area2。在 RTD 上启动 OSPF 协议,并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF,将它们加入 OSPF 的 Area2。另外,还需要在 RTA 上将 192.168.0.0/24、192.168.1.0/24、192.168.3.0/24 和 192.168.4.0/24 作为直连路由引入到 OSPF 中。

配置 RTA:

```
[RTA]ospf 1
[RTA-ospf-1]area 1
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.1]network 1.1.1.1 0.0.0.0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.1]network 10.0.0.0 0.0.0.255
[RTA-ospf-1]import-route direct
```

配置 RTB:

```
[RTB]ospf 1
[RTB-ospf-1]area 1
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]network 10.0.0.0 0.0.0.255
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]area 0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 2.2.2.2 0.0.0.0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTC:

```
[RTC]ospf 1
[RTC-ospf-1]area 0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 3.3.3.3 0.0.0.0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 20.0.0.0 0.0.0.255
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]area 2
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.2]network 30.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTD:

```
[RTD]ospf 1
[RTD-ospf-1]area 2
[RTD-ospf-1-area-0.0.0.2]network 4.4.4.4 0.0.0.0
[RTD-ospf-1-area-0.0.0.2]network 30.0.0.0 0.0.0.255
[RTD-ospf-1]import-route direct
```

在 RTD 上观察路由表:

```
[RTD]display ip routing-table
```

```
Destinations : 22      Routes : 22
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	O_INTER	10	3	30.0.0.1	GE0/0
2.2.2.2/32	O_INTER	10	2	30.0.0.1	GE0/0
3.3.3.3/32	O_INTER	10	1	30.0.0.1	GE0/0
4.4.4.4/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.0.0/24	O_INTER	10	3	30.0.0.1	GE0/0
20.0.0.0/24	O_INTER	10	2	30.0.0.1	GE0/0
30.0.0.0/24	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
30.0.0.0/32	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0

30.0.0.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
30.0.0.255/32	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.0.0/24	O_ASE2	150	1	30.0.0.1	GE0/0
192.168.1.0/24	O_ASE2	150	1	30.0.0.1	GE0/0
192.168.2.0/24	O_ASE2	150	1	30.0.0.1	GE0/0
192.168.3.0/24	O_ASE2	150	1	30.0.0.1	GE0/0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以观察到 RTD 学习到了 192.168.0.0/24 等四条外部路由。

步骤四：配置 NSSA 区域

在 RTC 和 RTD 上配置 **NSSA** 命令，将 Area2 配置成为 NSSA 区域。

配置 RTC:

```
[RTC]ospf 1
[RTC-ospf-1]area 2
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.2]nssa
```

配置 RTD:

```
[RTD]ospf 1
[RTD-ospf-1]area 2
[RTD-ospf-1-area-0.0.0.2]nssa
```

在 RTD 上观察路由表:

```
[RTD]display ip routing-table
```

Destinations : 18 Routes : 18

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	O_INTER	10	3	30.0.0.1	GE0/0
2.2.2.2/32	O_INTER	10	2	30.0.0.1	GE0/0
3.3.3.3/32	O_INTER	10	1	30.0.0.1	GE0/0
4.4.4.4/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.0.0/24	O_INTER	10	3	30.0.0.1	GE0/0
20.0.0.0/24	O_INTER	10	2	30.0.0.1	GE0/0
30.0.0.0/24	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
30.0.0.0/32	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
30.0.0.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
30.0.0.255/32	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以观察到 RTD 的路由表中已经没有外部路由。

4.5 实验中的命令列表

表4-4 命令列表

命令	描述
ospf [<i>process-id</i> router-id <i>router-id</i> vpn-instance <i>instance-name</i>] *	启动OSPF，进入OSPF视图
area <i>area-id</i>	配置OSPF区域，进入OSPF区域视图
network <i>ip-address wildcard-mask</i>	配置区域所包含的网段并在指定网段的接口上使能OSPF
stub [no-summary]	配置当前区域为Stub区域
nssa [default-route-advertise [cost <i>cost</i> nssa-only route-policy <i>route-policy-name</i> type <i>type</i>] * no-import-route no-summary suppress-fa [translate-always translate-never] translator-stability-interval <i>value</i>] *	配置一个区域为NSSA区域

4.6 思考题

1. 在实验任务二中，在配置 NSSA 区域的时候，如果在 RTC 上配置 **nssa no-summary** 命令，可以在 RTD 上观察到路由表有何变化？

答：这个实验结果类似于实验任务一中 Totally Stub 区域配置后的结果。如果在配置 NSSA 区域的时候，使用了 no-summary 参数，不仅过滤了外部路由，也会过滤 OSPF 区域间路由。

实验5 OSPF 虚连接和验证配置

5.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握 OSPF 协议的虚连接配置
- 掌握 OSPF 协议的验证配置

5.2 实验组网图

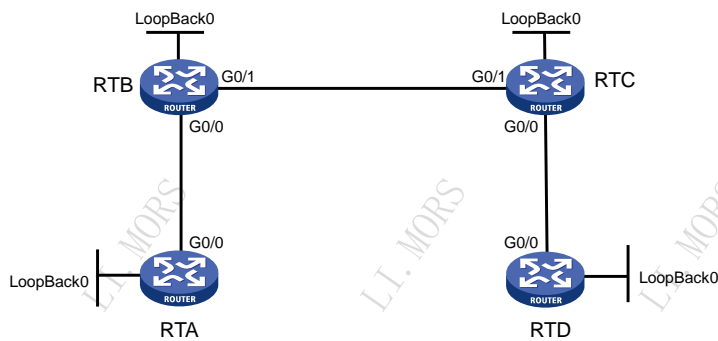


图5-1 OSPF 虚连接和验证配置实验组网图

实验组网如图 5-1 所示。

5.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 5-1 所示。

表5-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	CMW 7.1.049-R0106	4	
第5类UTP以太网连接线	--	3	

5.4 实验过程

实验任务一：虚连接的配置

OSPF 协议要求非骨干区域必须和骨干区域相连，但是在某些特殊情况下，非骨干区域无法和骨干区域物理上直接相连，这就要求使用虚连接，实现逻辑上的连接。在本实验任务中，学员需要在路由器上配置虚连接，并且观察配置虚连接前后，非骨干区域中路由器的路由表变化。通过本次实验任务，学员应该能够掌握虚连接的配置方法和应用场合。

步骤一：建立物理连接

按照图 5-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表5-2 任务一 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址
RTA	G0/0	10.0.0.1/24
	Loopback0	1.1.1.1/32
RTB	G0/0	10.0.0.2/24
	G0/1	20.0.0.1/24
RTC	Loopback0	2.2.2.2/32
	G0/0	30.0.0.1/24
RTD	G0/1	20.0.0.2/24
	Loopback0	3.3.3.3/32
	G0/0	30.0.0.2/24
	Loopback0	4.4.4.4/32

按表 5-2 所示在路由器上配置 IP 地址。

步骤三：配置 OSPF 协议

在 RTA 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将它们加入 OSPF 的 Area0。在 RTB 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0、G0/1 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将 G0/0 加入 OSPF 的 Area0，将 G0/1、Loopback0 加入 OSPF 的 Area1。在 RTC 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0、G0/1 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将 G0/1、Loopback0 加入 OSPF 的 Area1，将 G0/0 加入 OSPF 的 Area2。在 RTD 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将它们加入 OSPF 的 Area2。

配置 RTA：

```
[RTA]ospf 1
[RTA-ospf-1]area 0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]network 1.1.1.1 0.0.0.0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]network 10.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTB:

```
[RTB] ospf 1 router-id 2.2.2.2
[RTB-ospf-1]area 0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 10.0.0.0 0.0.0.255
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]area 1
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]network 2.2.2.2 0.0.0.0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTC:

```
[RTC]ospf 1 router-id 3.3.3.3
[RTC-ospf-1]area 1
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.1]network 3.3.3.3 0.0.0.0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.1]network 20.0.0.0 0.0.0.255
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.1]area 2
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.2]network 30.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTD:

```
[RTD]ospf 1
[RTD-ospf-1]area 2
[RTD-ospf-1-area-0.0.0.2]network 4.4.4.4 0.0.0.0
[RTD-ospf-1-area-0.0.0.2]network 30.0.0.0 0.0.0.255
```

在 RTD 上观察路由表:

```
[RTD]display ip routing-table
```

```
Destinations : 13      Routes : 13
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
4.4.4.4/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
30.0.0.0/24	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
30.0.0.0/32	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
30.0.0.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
30.0.0.255/32	Direct	0	0	30.0.0.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以观察到 RTD 没有学习到 RTA 与 RTB 路由。

步骤四: 配置虚连接

在 RTB 和 RTC 上配置 **vlink-peer router-id** 命令, 建立 RTB 和 RTC 之间的虚连接。

配置 RTB:

```
[RTB]ospf 1
[RTB-ospf-1]area 1
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.1]vlink-peer 3.3.3.3
```

配置 RTC

```
[RTC]ospf 1
[RTC-ospf-1]area 1
```

```
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.1]vlink-peer 2.2.2.2
```

在 RTD 上观察路由表：

```
[RTD]display ip routing-table
```

```
Destinations : 18      Routes : 18

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost           NextHop         Interface
0.0.0.0/32          Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
1.1.1.1/32          O_INTER 10    3             30.0.0.1       GE0/0
2.2.2.2/32          O_INTER 10    2             30.0.0.1       GE0/0
3.3.3.3/32          O_INTER 10    1             30.0.0.1       GE0/0
4.4.4.4/32          Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
10.0.0.0/24          O_INTER 10    3             30.0.0.1       GE0/0
20.0.0.0/24          O_INTER 10    2             30.0.0.1       GE0/0
30.0.0.0/24          Direct  0    0             30.0.0.2       GE0/0
30.0.0.0/32          Direct  0    0             30.0.0.2       GE0/0
30.0.0.2/32          Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
30.0.0.255/32        Direct  0    0             30.0.0.2       GE0/0
127.0.0.0/8          Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
127.0.0.0/32          Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
127.0.0.1/32          Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
127.255.255.255/32   Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
224.0.0.0/4          Direct  0    0             0.0.0.0         NULL0
224.0.0.0/24          Direct  0    0             0.0.0.0         NULL0
255.255.255.255/32   Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
```

可以观察到 RTD 已经学习到 RTA 和 RTB 的路由。

实验任务二：验证的配置

处于安全性的考虑，有时要求 OSPF 协议必须使用验证。本实验任务的主要内容是通过验证的配置，实现 RTA 与 RTB 使用密码 123 建立邻居，RTB 和 RTC 使用密码 456 建立邻居。通过本实验内容，学员应该能够掌握 OSPF 验证的配置方法和应用场合。

步骤一：建立物理连接

按照图 5-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表5-3 任务二 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址
RTA	G0/0	10.0.0.1/24
	Loopback0	1.1.1.1/32
RTB	G0/0	10.0.0.2/24
	G0/1	20.0.0.1/24
	Loopback0	2.2.2.2/32

设备名称	接口	IP 地址
RTC	G0/1	20.0.0.2/32
	Loopback0	3.3.3.3/32

按表 5-3 所示在路由器上配置 IP 地址。

步骤三：OSPF 多区域配置

在 RTA 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将它们加入 OSPF 的 Area0。在 RTB 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0、G0/1 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将它们加入 OSPF 的 Area0。在 RTC 上启用 OSPF 协议，并在 G0/0 和 Loopback0 接口上使能 OSPF，将它们加入 OSPF 的 Area0。

配置 RTA:

```
[RTA]ospf 1
[RTA-ospf-1]area 0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]network 1.1.1.1 0.0.0.0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]network 10.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTB:

```
[RTB]ospf 1
[RTB-ospf-1]area 0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 10.0.0.0 0.0.0.255
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 2.2.2.2 0.0.0.0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTC:

```
[RTC]ospf 1
[RTC-ospf-1]area 0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 3.3.3.3 0.0.0.0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 20.0.0.0 0.0.0.255
```

步骤四：配置验证

RTA、RTB 和 RTC 启动 OSPF 的区域验证，并且在相关接口下配置验证密码。RTA 的 G0/0 使用密码 123，RTB 的 G0/0 使用密码 123，G0/1 使用密码 456，RTC 的 G0/1 使用密码 456。

配置 RTA:

```
[RTA]ospf 1
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]interface gigabitEthernet 0/0
[RTA-GigabitEthernet0/0]ospf authentication-mode simple plain 123
```

配置 RTB:

```
[RTB]ospf 1
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]interface gigabitEthernet 0/0
[RTB-GigabitEthernet0/0]ospf authentication-mode simple plain 123
[RTB-GigabitEthernet0/0]interface gigabitEthernet 0/1
[RTB-GigabitEthernet0/1]ospf authentication-mode simple plain 456
```

配置 RTC:

```
[RTC]ospf 1
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]interface gigabitEthernet 0/0
[RTC-GigabitEthernet0/0]ospf authentication-mode simple plain 456
```

在配置了区域验证之后，可以立即观察到 OSPF 的邻居状态变迁为 Down，直到接口验证配置完成之后，才重新建立 OSPF 邻居。

在 RTB 上观察邻居信息：

```
[RTB]display ospf peer
```

```
OSPF Process 1 with Router ID 2.2.2.2
Neighbor Brief Information
```

```
Area: 0.0.0.0
```

Router ID	Address	Pri	Dead-Time	State	Interface
1.1.1.1	10.0.0.1	1	32	Full/DR	GE0/0
3.3.3.3	20.0.0.2	1	40	Full/DR	GE0/1

可以观察到 RTB 与 RTA、RTC 重新建立了邻居关系。

5.5 实验中的命令列表

表5-4 命令列表

命令	描述
ospf [<i>process-id</i> <i>router-id router-id</i> <i>vpn-instance instance-name</i>] *	启动OSPF，进入OSPF视图
area <i>area-id</i>	配置OSPF区域，进入OSPF区域视图
network <i>ip-address wildcard-mask</i>	配置区域所包含的网段并在指定网段的接口上使能OSPF
vlink-peer <i>router-id</i> [dead <i>seconds</i> hello <i>seconds</i> { { hmac-md5 md5 } <i>key-id</i> { cipher cipher-string plain plain-string } simple { cipher cipher-string plain plain-string } } retransmit <i>seconds</i> trans-delay <i>seconds</i>] *	创建并配置虚连接
ospf authentication-mode simple { cipher cipher-string plain plain-string }	配置OSPF接口的验证模式（简单验证）
ospf authentication-mode { hmac-md5 md5 } <i>key-id</i> { cipher cipher-string plain plain-string }	配置OSPF接口的验证模式（MD5验证）

5.6 思考题

1. 在实验任务一中，虚连接为什么需要在 RTB 和 RTC 之间建立，而不是在 RTC 和 RTD 之间建立呢？

答：虚连接是指在两台 ABR 之间通过一个非骨干区域而建立的一条逻辑上的连接通道。它的两端必须是 ABR，而且必须在两端同时配置方可生效。在这个实验中，RTB 和 RTC 是 ABR，而 Area1 就是所需要穿越的非骨干区域。

实验6 IS-IS 基本配置

6.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握如何在路由器进行单区域 IS-IS 的基本配置
- 掌握如何在路由器上查看 ISIS 路由表、邻居信息
- 掌握如何在路由器上查看 ISIS 的 LSDB 信息

6.2 实验组网图

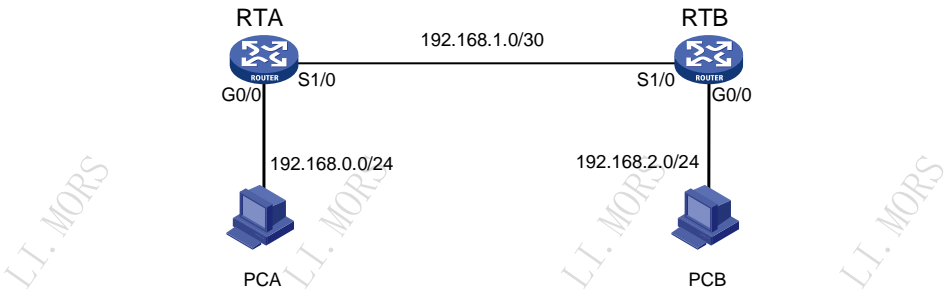


图6-1 IS-IS 基本配置实验组网

6.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 6-1 所示。

表6-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	Version 7.1	2	
PC	Windows XP SP2 或Windows 7	2	
V.35 DTE串口线	--	1	
V.35 DCE串口线	--	1	
第5类UTP以太网连接线	--	2	

6.4 实验过程

实验任务一：单区域配置

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置单区域 IS-IS 路由，然后查看路由表、邻居和 LSDB 数据库。通过本实验任务，学员应该能够掌握 IS-IS 协议单区域的配置方法，IS-IS 邻居和 LSDB 的查看方法。

步骤一：建立物理连接

按照图 6-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表6-2 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址	网关
PCA	--	192.168.0.1/24	192.168.0.254
PCB	--	192.168.2.1/24	192.168.2.254
RTA	G0/0	192.168.0.254/24	--
	S1/0	192.168.1.1/30	--
RTB	G0/0	192.168.2.254/24	--
	S1/0	192.168.1.2/30	--

按表 6-2 所示在 PC 及路由器上配置 IP 地址。

步骤三：ISIS 单区域配置

规划 RTA 和 RTB 为 Level-1 路由器，ISIS 的区域号为 10（保证 RTA 和 RTB 在同一区域），RTA 的 NET 实体为 10.0000.0000.0001.00，RTB 的 NET 实体为 10.0000.0000.0002.00。

在配置 System ID 时，可以由 Router ID 转换而来，也可以随意指定。将 Router ID 转换为 System ID 的方法如下：

Router ID 为 1.1.1.1，先将每一部分扩展为 3 位：001.001.001.001，再均分为 3 个部分：0010.0100.1001 即可。这样的好处是可以将运行不同协议的同一台设备进行唯一标识。在我们的实验中，没有给设备指定 Router ID。System ID 可以随意指定。

配置 RTA：

```
[RTA]isis
[RTA-isis-1]network-entity 10.0000.0000.0001.00
[RTA-isis-1]is-level level-1
```

```
[RTA-isis-1]quit
[RTA]interface Serial 1/0
[RTA-Serial1/0]isis enable 1
[RTA-Serial1/0]quit
[RTA]interface GigabitEthernet 0/0
[RTA-GigabitEthernet0/0]isis enable 1
```

配置 RTB:

```
[RTB]isis
[RTB-isis-1]network-entity 10.0000.0000.0002.00
[RTB-isis-1]is-level level-1
[RTB-isis-1]quit
[RTB]interface Serial 1/0
[RTB-Serial1/0]isis enable 1
[RTB-Serial1/0]quit
[RTB]interface GigabitEthernet 0/0
[RTB-GigabitEthernet0/0]isis enable 1
```

步骤四：IS-IS 摘要信息及路由表查看

配置完成后，查看 IS-IS 摘要信息，如下所示：

```
<RTA>display isis
```

IS-IS(1) Protocol Information

```
Network entity           : 10.0000.0000.0001.00
IS-level                  : level-1
Cost-style                : Narrow
Fast reroute              : Disabled
Preference                : 15
LSP-length receive       : 1497
LSP-length originate     :
  level-1                 : 1497
Maximum imported routes   : 500000
Timers
  LSP-max-age             : 1200
  LSP-refresh             : 900
  SPF intervals           : 5 50 200
```

```
<RTB>display isis
```

IS-IS(1) Protocol Information

```
Network entity           : 10.0000.0000.0002.00
IS-level                  : level-1
Cost-style                : Narrow
Fast reroute              : Disabled
Preference                : 15
LSP-length receive       : 1497
LSP-length originate     :
  level-1                 : 1497
Maximum imported routes   : 500000
Timers
  LSP-max-age             : 1200
  LSP-refresh             : 900
  SPF intervals           : 5 50 200
```

由上可知，两台路由器的网络实体名称分别是 10.0000.0000.0001.00 和 10.0000.0000.0002.00，路由器类型均为 Level-1，开销类型是 narrow。

查看路由表，如下所示：

```
<RTA>display isis route
```

```
Route information for IS-IS(1)
```

```
Level-1 IPv4 Forwarding Table
```

IPv4 Destination	IntCost	ExtCost	ExitInterface	NextHop	Flags
192.168.0.0/24	10	NULL	GE0/0	Direct	D/L/-
192.168.1.0/24	10	NULL	S1/0	Direct	D/L/-
192.168.2.0/24	20	NULL	S1/0	192.168.1.2	R/-/-

Flags: D-Direct, R-Added to Rib, L-Advertised in LSPs, U-Up/Down Bit Set

```
<RTB>display isis route
```

```
Route information for IS-IS(1)
```

```
Level-1 IPv4 Forwarding Table
```

IPv4 Destination	IntCost	ExtCost	ExitInterface	NextHop	Flags
192.168.0.0/24	20	NULL	S1/0	192.168.1.1	R/-/-
192.168.1.0/24	10	NULL	S1/0	Direct	D/L/-
192.168.2.0/24	10	NULL	GE0/0	Direct	D/L/-

Flags: D-Direct, R-Added to Rib, L-Advertised in LSPs, U-Up/Down Bit Set

RTA 和 RTB 之间都互相学习到了路由，并放置在 IP 路由表中。

在 PCA 上用 Ping 命令来测试到 PCB 的可达性，如下所示：

```
C:\Documents and Settings\Administrator>ping 192.168.2.1
```

```
Pinging 192.168.2.1 with 32 bytes of data:
```

```
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=126
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=126
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=126
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=126
```

```
Ping statistics for 192.168.2.1:
```

```
Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

步骤五：ISIS 邻居及 LSDB 查看

查看 ISIS 邻居表，如下所示：

```
<RTA>display isis peer
```

```
Peer information for IS-IS(1)
```

```
System ID: 0000.0000.0002
Interface: S1/0          Circuit Id: 001
State: Up      HoldTime: 26s    Type: L1      PRI: --
```

由以上信息可知，邻居关系是 Level-1，邻居的 System ID 值为 0000.0000.0002。

查看 LSDB 数据库，如下所示：

```
<RTA>display isis lsdb
```

```
Database information for IS-IS(1)
```

```
Level-1 Link State Database
```

LSPID	Seq Num	Checksum	Holdtime	Length	ATT/P/OL
--					
0000.0000.0001.00-00*	0x00000006	0x3cd8	542	84	0/0/0
0000.0000.0002.00-00	0x00000006	0x9778	533	84	0/0/0

```
*-Self LSP, +-Self LSP(Extended), ATT-Attached, P-Partition, OL-Overload
```

```
<RTA>display isis lsdb verbose
```

```
Database information for IS-IS(1)
```

```
Level-1 Link State Database
```

LSPID	Seq Num	Checksum	Holdtime	Length	ATT/P/OL
--					
0000.0000.0001.00-00*	0x00000007	0x3ad9	1171	84	0/0/0
Source	0000.0000.0001.00				
NLPID	IPv4				
Area address	10				
IPv4 address	192.168.0.254				
IPv4 address	192.168.1.1				
NBR ID					
0000.0000.0002.00		Cost: 10			
IP-Internal					
192.168.0.0	255.255.255.0	Cost: 10			
IP-Internal					
192.168.1.0	255.255.255.0	Cost: 10			
0000.0000.0002.00-00	0x00000007	0x9579	1179	84	0/0/0
Source	0000.0000.0002.00				
NLPID	IPv4				
Area address	10				
IPv4 address	192.168.1.2				
IPv4 address	192.168.2.254				
NBR ID					
0000.0000.0001.00		Cost: 10			
IP-Internal					
192.168.1.0	255.255.255.0	Cost: 10			
IP-Internal					
192.168.2.0	255.255.255.0	Cost: 10			

```
*-Self LSP, +-Self LSP(Extended), ATT-Attached, P-Partition, OL-Overload
```

LSPID 表示链路状态报文 ID,形式为 System ID.XX.YY.XX 为 0 表示是真实设备产生的, XX 不为 0 表示是 DIS 产生的。YY 表示 LSP 分片号, 00 分片预留给拓扑、邻居等重要信息, 路由信息从 01 分片开始填充。

6.5 实验中的命令列表

表6-3 实验命令列表

命令	描述
isis [<i>process-id</i>]	创建一个IS-IS路由进程
network-entity <i>net</i>	配置IS-IS进程的网络实体名称（Network Entity Title，简称NET）
is-level { <i>level-1</i> <i>level-1-2</i> <i>level-2</i> }	配置路由器类型。
isis enable [<i>process-id</i>]	在指定接口上使能IS-IS功能，并配置与该接口关联的IS-IS路由进程。
display isis [<i>process-id</i>]	显示IS-IS相关进程的摘要信息。
display isis peer [<i>statistics</i> <i>verbose</i>] [<i>process-id</i>]	显示IS-IS的邻居信息。
display isis route [<i>ipv4</i>] [[<i>level-1</i> <i>level-2</i>] <i>verbose</i>] [<i>process-id</i>]	显示IS-IS的IPv4路由信息。
display isis lsdb [[<i>level-1</i> <i>level-2</i>] <i>local</i> [<i>lsp-id</i> <i>lspid</i> <i>lsp-name</i> <i>lspname</i>] <i>verbose</i>] [<i>process-id</i>]	显示IS-IS的链路状态数据库。

6.6 思考题

1. 如果只有一个区域，路由器是配置成 Level-1,Level-2 好还是配置成 level-1-2 好呢？

答：如果只有一个区域，建议用户将所有路由器的 Level 配置为 Level-1 或者 Level-2，因为没有必要让所有路由器同时维护两个完全相同的数据库。在 IP 网络中使用时，建议将所有的路由器都配置为 Level-2，这样有利于以后的扩展。

实验7 IS-IS 多区域配置

7.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握如何在路由器上配置 IS-IS 的路由聚合
- 掌握如何在路由器上配置 IS-IS 的验证

7.2 实验组网图

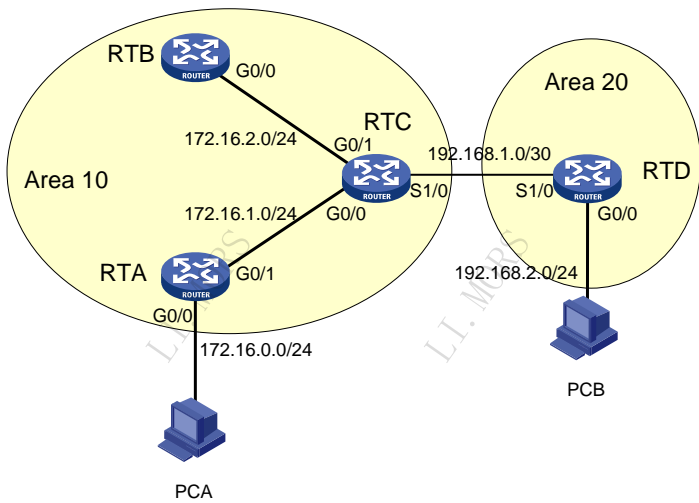


图7-1 IS-IS 多区域配置实验组网

7.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 7-1 所示。

表7-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	Version 7.1	4	
PC	Windows 系统均可	2	
V.35 DTE串口线	--	1	
V.35 DCE串口线	--	1	
第5类UTP以太网连接线	--	4	

7.4 实验过程

实验任务一：IS-IS 路由聚合和验证配置

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置 IS-IS 的多区域，再配置聚合和验证。通过本实验任务，学员应该能够掌握 IS-IS 中聚合和验证的配置方法。

步骤一：建立物理连接

按照图 7-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表7-2 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址	网关
PCA	--	172.16.0.1/24	172.16.0.254
PCB	--	192.168.2.1/24	192.168.2.254
RTA	G0/0	172.16.0.254/24	--
	G0/1	172.16.1.1/24	--
RTB	G0/0	172.16.2.1/24	--
RTC	G0/0	172.16.1.2/24	--
	G0/1	172.16.2.2/24	
	S1/0	192.168.1.1/30	--
RTD	G0/0	192.168.2.254/24	
	S1/0	192.168.1.2/30	

按表 7-2 所示在 PC 及路由器上配置 IP 地址。

步骤三：IS-IS 多区域配置

规划 RTA 和 RTB 为 Level-1 路由器，RTD 为 Level-2 路由器，RTC 作为 Level-1-2 路由器将两个区域相连。RTA、RTB 和 RTC 的区域号为 10，RTD 的区域号为 20。

RTA 的 NET 实体为 10.0000.0000.0001.00，RTB 的 NET 实体为 10.0000.0000.0002.00，RTC 的 NET 实体为 10.0000.0000.0003.00，RTB 的 NET 实体为 20.0000.0000.0004.00。

配置 RTA：

```
[RTA]isis
[RTA-isis-1]network-entity 10.0000.0000.0001.00
```

```
[RTA-isis-1]is-level level-1
[RTA]interface GigabitEthernet 0/0
[RTA-GigabitEthernet0/0]isis enable 1
[RTA]interface GigabitEthernet 0/1
[RTA-GigabitEthernet0/1]isis enable 1
```

配置 RTB:

```
[RTB]isis
[RTB-isis-1]network-entity 10.0000.0000.0002.00
[RTB-isis-1]is-level level-1
[RTB]interface GigabitEthernet 0/0
[RTB-GigabitEthernet0/0]isis enable 1
```

配置 RTC:

```
[RTC]isis
[RTC-isis-1]network-entity 10.0000.0000.0003.00
[RTC-isis-1]is-level level-1-2
[RTC]interface GigabitEthernet 0/0
[RTC-GigabitEthernet0/0]isis enable 1
[RTC]interface GigabitEthernet 0/1
[RTC-GigabitEthernet0/1]isis enable 1
[RTC]interface Serial1/0
[RTC-Serial1/0]isis enable 1
```

配置 RTD:

```
[RTD]isis
[RTD-isis-1]network-entity 20.0000.0000.0004.00
[RTD-isis-1]is-level level-2
[RTD]interface GigabitEthernet 0/0
[RTD-GigabitEthernet0/0]isis enable 1
[RTD]interface Serial1/0
[RTD-Serial1/0]isis enable 1
```

如果一台路由器属于一个区域，那么在 IS-IS 进程视图下配置路由器类型为 level-1 或 level-2 即可；如果一台路由器需要与多个不同区域路由器建立邻居，则可以在接口上指定链路类型为 level-1 或 level-2。

步骤四：IS-IS 路由表及 LSDB 查看

配置完成后，查看 IS-IS 路由表，如下所示：

```
<RTA>display isis route
```

```
Route information for IS-IS(1)
-----
Level-1 IPv4 Forwarding Table
-----
```

IPv4 Destination	IntCost	ExtCost	ExitInterface	NextHop	Flags
0.0.0.0/0	10	NULL	GE0/1	172.16.1.2	R/-/-
172.16.1.0/24	10	NULL	GE0/1	Direct	D/L/-
172.16.2.0/24	20	NULL	GE0/1	172.16.1.2	R/-/-
192.168.1.0/30	20	NULL	GE0/1	172.16.1.2	R/-/-
172.16.0.0/24	10	NULL	GE0/0	Direct	D/L/-

Flags: D-Direct, R-Added to Rib, L-Advertised in LSPs, U-Up/Down Bit Set

从 IS-IS 路由表可以看到，共有 3 条路由被添加到路由表中（路由的 Flags 为“R”），其中有 1 条是缺省路由，下一跳指向 Level-1-2 路由器 RTC。

其它 3 台路由器上的 IS-IS 路由表如下所示：

```
<RTB>display isis route
```

```

Route information for IS-IS(1)
-----
Level-1 IPv4 Forwarding Table
-----
IPv4 Destination    IntCost    ExtCost    ExitInterface    NextHop    Flags
-----
0.0.0.0/0           10         NULL       GE0/0            172.16.2.2  R/-/-
172.16.1.0/24       20         NULL       GE0/0            172.16.2.2  R/-/-
172.16.2.0/24       10         NULL       GE0/0            Direct      D/L/-
192.168.1.0/30      20         NULL       GE0/0            172.16.2.2  R/-/-
172.16.0.0/24       30         NULL       GE0/0            172.16.2.2  R/-/-

```

Flags: D-Direct, R-Added to Rib, L-Advertised in LSPs, U-Up/Down Bit Set

```
<RTC>display isis route
```

```

Route information for IS-IS(1)
-----
Level-1 IPv4 Forwarding Table
-----
IPv4 Destination    IntCost    ExtCost    ExitInterface    NextHop    Flags
-----
172.16.1.0/24       10         NULL       GE0/0            Direct      D/L/-
172.16.2.0/24       10         NULL       GE0/1            Direct      D/L/-
192.168.1.0/30      10         NULL       S1/0             Direct      D/L/-
172.16.0.0/24       20         NULL       GE0/0            172.16.1.1  R/L/-

```

Flags: D-Direct, R-Added to Rib, L-Advertised in LSPs, U-Up/Down Bit Set

```

Level-2 IPv4 Forwarding Table
-----
IPv4 Destination    IntCost    ExtCost    ExitInterface    NextHop    Flags
-----
172.16.1.0/24       10         NULL                          D/L/-
172.16.2.0/24       10         NULL                          D/L/-
192.168.1.0/30      10         NULL                          D/L/-
192.168.2.0/24       20         NULL       S1/0             192.168.1.2  R/-/-

```

Flags: D-Direct, R-Added to Rib, L-Advertised in LSPs, U-Up/Down Bit Set

```
<RTD>display isis route
```

```

Route information for IS-IS(1)
-----
Level-2 IPv4 Forwarding Table
-----

```

实验 7 IS-IS 多区域配置

IPv4 Destination	IntCost	ExtCost	ExitInterface	NextHop	Flags

172.16.1.0/24	20	NULL	S1/0	192.168.1.1	R/-/-
172.16.2.0/24	20	NULL	S1/0	192.168.1.1	R/-/-
192.168.1.0/30	10	NULL	S1/0	Direct	D/L/-
192.168.2.0/24	10	NULL	GE0/0	Direct	D/L/-
172.16.0.0/24	30	NULL	S1/0	192.168.1.1	R/-/-

Flags: D-Direct, R-Added to Rib, L-Advertised in LSPs, U-Up/Down Bit Set

因为 RTC 是 Level-1-2 路由器,所以它的 IS-IS 路由表中包括了 Level-1 和 Level-2 路由转发表。

在 PCA 上用 Ping 命令来测试到 PCB 的可达性,如下所示:

```
C:\Documents and Settings\Administrator>ping 192.168.2.1
```

```
Pinging 192.168.2.1 with 32 bytes of data:
```

```
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=125
```

```
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=125
```

```
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=125
```

```
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time<1ms TTL=125
```

```
Ping statistics for 192.168.2.1:
```

```
Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
```

```
Approximate round trip times in milli-seconds:
```

```
Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

步骤五: 配置 IS-IS 的开销值类型

首先在 RTA 上查看路由表,如下所示:

```
<RTA>display ip routing-table
```

```
Destinations : 19
```

```
Routes : 19
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/0	IS_L1	15	10	172.16.1.2	GE0/1
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
172.16.0.0/24	Direct	0	0	172.16.0.254	GE0/0
172.16.0.0/32	Direct	0	0	172.16.0.254	GE0/0
172.16.0.254/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
172.16.0.255/32	Direct	0	0	172.16.0.254	GE0/0
172.16.1.0/24	Direct	0	0	172.16.1.1	GE0/1
172.16.1.0/32	Direct	0	0	172.16.1.1	GE0/1
172.16.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
172.16.1.255/32	Direct	0	0	172.16.1.1	GE0/1
172.16.2.0/24	IS_L1	15	20	172.16.1.2	GE0/1
192.168.1.0/30	IS_L1	15	20	172.16.1.2	GE0/1
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以看到到达目的网络 172.16.2.0/24 和 192.168.1.0/30 的开销值都是 20。这是因为 IS-IS 缺省的路由开销类型为 narrow, 所有的接口无论带宽大小, 都设定开销值为 10。这明显是不合理的, 因为 RTC 到 RTB 的链路是 1000M 以太网链路, 而 RTC 到 RTD 的链路是 64kbps 的串口链路。所以现在修改路由器上的开销值类型为 wide, 并使能自动计算接口链路度量值功能。

配置 RTA、RTB、RTC、RTD 的 ISIS 开销值类型为 **wide**，参考带宽 1000M，使能自动计算接口链路度量值，以 RTA 配置为例：

```
[RTA-isis-1]cost-style wide
[RTA-isis-1]bandwidth-reference 1000
[RTA-isis-1]auto-cost enable
```

配置完成后，再次查看路由表，如下所示：

```
<RTA>display ip routing-table

Destinations : 19          Routes : 19

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost           NextHop          Interface
0.0.0.0/0           IS_L1   15   10           172.16.1.2       GE0/1
0.0.0.0/32          Direct  0    0           127.0.0.1        InLoop0
127.0.0.0/8         Direct  0    0           127.0.0.1        InLoop0
127.0.0.0/32        Direct  0    0           127.0.0.1        InLoop0
127.0.0.1/32        Direct  0    0           127.0.0.1        InLoop0
127.255.255.255/32  Direct  0    0           127.0.0.1        InLoop0
172.16.0.0/24        Direct  0    0           172.16.0.254     GE0/0
172.16.0.0/32        Direct  0    0           172.16.0.254     GE0/0
172.16.0.254/32      Direct  0    0           127.0.0.1        InLoop0
172.16.0.255/32      Direct  0    0           172.16.0.254     GE0/0
172.16.1.0/24        Direct  0    0           172.16.1.1       GE0/1
172.16.1.0/32        Direct  0    0           172.16.1.1       GE0/1
172.16.1.1/32        Direct  0    0           127.0.0.1        InLoop0
172.16.1.255/32      Direct  0    0           172.16.1.1       GE0/1
172.16.2.0/24       IS_L1   15   20           172.16.1.2       GE0/1
192.168.1.0/30      IS_L1   15   156260       172.16.1.2       GE0/1
224.0.0.0/4          Direct  0    0           0.0.0.0          NULL0
224.0.0.0/24         Direct  0    0           0.0.0.0          NULL0
255.255.255.255/32  Direct  0    0           127.0.0.1        InLoop0
```

可以看到，表中的度量值与以前有所不同。当开销值的类型为 **wide** 或 **wide-compatible** 时，协议会根据公式“开销=（参考值÷带宽）×10”来计算接口的链路度量值。

步骤六：配置 IS-IS 的聚合与验证

首先查看 RTD 上的 IS-IS 路由表：

```
[RTD]display isis route

Route information for IS-IS(1)
-----

Level-2 IPv4 Forwarding Table
-----

IPv4 Destination    IntCost    ExtCost  ExitInterface  NextHop          Flags
-----
172.16.1.0/24       156260     NULL     S1/0           192.168.1.1      R/-/-
172.16.2.0/24       156260     NULL     S1/0           192.168.1.1      R/-/-
192.168.1.0/30       156250     NULL     S1/0           Direct           D/L/-
192.168.2.0/24       10         NULL     GE0/0          Direct           D/L/-
172.16.0.0/24       156360     NULL     S1/0           192.168.1.1      R/-/-
```

Flags: D-Direct, R-Added to Rib, L-Advertised in LSPs, U-Up/Down Bit Set

可看到 RTD 学习到了 3 条路由分别为 172.16.0.0/24、172.16.1.0/24、172.16.2.0/24。可以在 RTC 上配置路由聚合，将 172.16.0.0/24、172.16.1.0/24、172.16.2.0/24 聚合成 172.16.0.0/22 并发布给 RTD。

在 RTC 与 RTD 间配置 IS-IS 路由域验证和 IS-IS 邻居关系验证。在配置完成后，需要重置邻居关系，以使 IS-IS 进程重新建立邻居关系并同步 LSDB。

配置 RTC:

```
[RTC-isis-1] address-family ipv4
[RTC-isis-1-ipv4]summary 172.16.0.0 22 level-2
[RTC-isis-1]domain-authentication-mode simple plain test ip
[RTC]interface Serial1/0
[RTC-Serial1/0]isis authentication-mode simple plain test ip
[RTC]quit
<RTC>reset isis peer 0000.0000.0004
```

配置 RTD:

```
[RTD-isis-1]domain-authentication-mode simple plain test ip
[RTD-isis-1]quit
[RTD]interface Serial1/0
[RTD-Serial1/0]isis authentication-mode simple plain test ip
[RTD-Serial1/0]quit
[RTD]quit
<RTD>reset isis peer 0000.0000.0003
```

配置完成后，再次查看 IS-IS 路由表，如下所示：

```
<RTD>display isis route
```

Route information for IS-IS(1)					

Level-2 IPv4 Forwarding Table					

IPv4 Destination	IntCost	ExtCost	ExitInterface	NextHop	Flags

--					
192.168.1.0/30	156250	NULL	S1/0	Direct	D/L/-
192.168.2.0/24	10	NULL	GE0/0	Direct	D/L/-
172.16.0.0/22	156260	NULL	S1/0	192.168.1.1	R/-/-

Flags: D-Direct, R-Added to Rib, L-Advertised in LSPs, U-Up/Down Bit Set

可见路由表中只有聚合后的路由 172.16.0.0/22，没有参与聚合的 3 条 24 位掩码路由。

7.5 实验中的命令列表

表7-3 实验命令列表

命令	描述
isis [<i>process-id</i>]	创建一个IS-IS路由进程
network-entity <i>net</i>	配置IS-IS进程的网络实体名称
is-level { level-1 level-1-2 level-2 }	配置路由器类型。
isis enable [<i>process-id</i>]	在指定接口上使能IS-IS功能

命令	描述
cost-style { narrow wide wide-compatible { compatible narrow-compatible } [relax-spf-limit] }	配置IS-IS开销值的类型
bandwidth-reference <i>value</i>	配置IS-IS自动计算链路开销值时依据的带宽参考值。
auto-cost enable	使能自动计算接口链路开销值功能。
summary <i>ip-address</i> { <i>mask</i> <i>mask-length</i> } [avoid-feedback generate_null0_route [level-1 level-1-2 level-2] [tag <i>tag</i>]	配置一条聚合路由。
domain-authentication-mode { md5 simple gca <i>key-id</i> { hmac-sha-1 hmac-sha-224 hmac-sha-256 hmac-sha-384 hmac-sha-512 } } { cipher <i>cipher-string</i> plain <i>plain-string</i> } [ip osi]	配置路由域验证方式和验证密码。
isis authentication-mode { md5 simple gca <i>key-id</i> { hmac-sha-1 hmac-sha-224 hmac-sha-256 hmac-sha-384 hmac-sha-512 } } { cipher <i>cipher-string</i> plain <i>plain-string</i> } [level-1 level-2] [ip osi]	配置邻居关系验证方式和验证密码。

7.6 思考题

1. 如果路由器间配置了路由域认证，且认证失败，可以建立邻居吗？

答：可以。因为域认证方式下，验证密码只在 Level-2 的 LSP、CSNP、PSNP 报文中携带，IIH 报文不携带。因此，认证失败可以正常建立 ISIS 邻居，但不能学习到路由信息。

实验8 使用 filter-policy 过滤路由

8.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握如何在路由器上配置 RIP 手工聚合
- 掌握如何使用 filter-policy 对 RIP 路由进行过滤

8.2 实验组网图

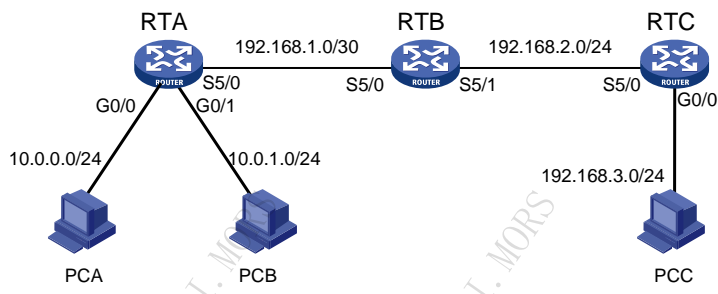


图8-1 使用 filter-policy 过滤路由实验组网

8.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 8-1 所示。

表8-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	CMW7.1.049-R0106P15	3	
PC	Windows 7	3	
V.35 DTE串口线	--	2	
V.35 DCE串口线	--	2	
第5类UTP以太网连接线	--	3	

8.4 实验过程

实验任务一：在 RIP 中过滤路由

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置 RIPv2 的手工聚合，再配置 filter-policy 对路由进行过滤。通过本实验任务，学员应该能够掌握如何在 RIP 协议中过滤路由。

步骤一：建立物理连接

按照图 8-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表8-2 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址	网关
PCA	--	10.0.0.2/24	10.0.0.1
PCB	--	10.0.1.2/24	10.0.1.1
PCC		192.168.3.2/24	192.168.3.1
RTA	G0/0	10.0.0.1/24	--
	S5/0	192.168.1.1/30	--
RTB	G0/1	10.0.1.1/24	
	S5/0	192.168.1.2/30	
	S5/1	192.168.2.1/30	--
RTC	G0/0	192.168.3.1/24	--
	S5/0	192.168.2.2/30	

按表 8-2 所示在 PC 及路由器上配置 IP 地址。

步骤三：RIPv2 路由配置

在路由器上配置 RIPv2，并在 RTA 上配置手工聚合，使 RTA 将路由 10.0.0.0/24 和 10.0.1.0/24 聚合后再发送给 RTB。

配置 RTA：

```
[RTA]rip
[RTA-rip-1]network 10.0.0.0
[RTA-rip-1]network 192.168.1.0
[RTA-rip-1]version 2
[RTA-rip-1]undo summary
```

```
[RTA-Serial5/0]rip summary-address 10.0.0.0 23
```

配置 RTB:

```
[RTB]rip
[RTB-rip-1]network 192.168.1.0
[RTB-rip-1]network 192.168.2.0
[RTB-rip-1]version 2
[RTB-rip-1]undo summary
```

配置 RTC:

```
[RTC]rip
[RTC-rip-1]network 192.168.2.0
[RTC-rip-1]network 192.168.3.0
[RTC-rip-1]version 2
[RTC-rip-1]undo summary
```

配置完成后, 查看路由表, 如下所示:

```
[RTA]display ip routing-table
Routing Tables: Public
Destinations : 11      Routes : 11
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.0.0/24	Direct	0	0	10.0.0.1	GE0/0
10.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.1.0/24	Direct	0	0	10.0.1.1	GE0/1
10.0.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.1	S5/0
192.168.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.2/32	Direct	0	0	192.168.1.2	S5/0
192.168.2.0/30	RIP	100	1	192.168.1.2	S5/0
192.168.3.0/24	RIP	100	2	192.168.1.2	S5/0

```
[RTB]display ip routing-table
Routing Tables: Public
Destinations : 10      Routes : 10
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.0.0/23	RIP	100	1	192.168.1.1	S5/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.2	S5/0
192.168.1.1/32	Direct	0	0	192.168.1.1	S5/0
192.168.1.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.0/30	Direct	0	0	192.168.2.1	S5/1
192.168.2.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.2/32	Direct	0	0	192.168.2.2	S5/1
192.168.3.0/24	RIP	100	1	192.168.2.2	S5/1

```
[RTC]display ip routing-table
Routing Tables: Public
Destinations : 9      Routes : 9
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.0.0/23	RIP	100	2	192.168.2.1	S5/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	RIP	100	1	192.168.2.1	S5/0
192.168.2.0/30	Direct	0	0	192.168.2.2	S5/0

192.168.2.1/32	Direct	0	0	192.168.2.1	S5/0
192.168.2.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.3.0/24	Direct	0	0	192.168.3.1	GE0/0
192.168.3.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以看到，RTA 将 RIP 路由聚合后发布给 RTB，RTB 再发布到 RTC。

步骤四：路由过滤配置

路由过滤的目的是减少链路上的路由更新，并增加网络安全性。在 RTB 上配置路由过滤，以使 RTB 不接收从 RTA 发来的聚合路由 10.0.0.0/23。

配置 RTB:

```
[RTB]ip prefix-list abc index 10 deny 10.0.0.0 23
[RTB]ip prefix-list abc index 20 permit 0.0.0.0 0 less-equal 32
[RTB-rip-1]filter-policy prefix-list abc import
```

配置完成后，查看 RTB 及 RTC 的路由表，如下所示：

```
[RTB]display ip routing-table
Routing Tables: Public
Destinations : 9      Routes : 9
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.2	S5/0
192.168.1.1/32	Direct	0	0	192.168.1.1	S5/0
192.168.1.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.0/30	Direct	0	0	192.168.2.1	S5/1
192.168.2.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.2/32	Direct	0	0	192.168.2.2	S5/1
192.168.3.0/24	RIP	100	1	192.168.2.2	S5/1

```
[RTC]display ip routing-table
Routing Tables: Public
Destinations : 8      Routes : 8
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	RIP	100	1	192.168.2.1	S5/0
192.168.2.0/30	Direct	0	0	192.168.2.2	S5/0
192.168.2.1/32	Direct	0	0	192.168.2.1	S5/0
192.168.2.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.3.0/24	Direct	0	0	192.168.3.1	GE0/0
192.168.3.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

可以看到，RTB 和 RTC 路由表中没有了 RTA 上的聚合后路由，因为 RTB 把它们过滤掉了。在 RTB 上查看前缀列表 abc 的匹配情况，如下所示：

```
[RTB]display ip prefix-list abc
Prefix-list abc
Permitted 15
Denied 75
    index: 10          deny    10.0.0.0/23
    index: 20          permit   0.0.0.0/0          le 32
```

可以看到，前缀列表匹配了路由 10.0.0.0/23，并拒绝其通过。

8.5 实验中的命令列表

表8-3 实验命令列表

命令	描述
rip summary-address <i>ip-address</i> { <i>mask</i> <i>mask-length</i> }	配置发布一条聚合路由。
ip prefix-list <i>prefix-list-name</i> [index <i>index-number</i>] { permit deny } <i>ip-address mask-length</i> [greater-equal <i>min-mask-length</i>] [less-equal <i>max-mask-length</i>]	配置一个IPv4地址前缀列表表项。
filter-policy { <i>acl-number</i> gateway <i>prefix-list-name</i> prefix-list <i>prefix-list-name</i> [gateway <i>prefix-list-name</i>] } import [<i>interface-type interface-number</i>]	配置RIP对接收的路由信息进行过滤。
display ip prefix-list [<i>prefix-list-name</i>]	显示IPv4地址前缀列表的统计信息。

8.6 思考题

1. 实验任务中，在 RTB 上配置对接收的路由进行了过滤。能否在 RTA 上配置对发送路由进行过滤而达到相同目的？这两种方式各自的特点是什么？

答：可以。在 RIP 中，**filter-policy import** 命令对从邻居收到的 RIP 路由进行过滤，没有通过过滤的路由将不被加入路由表，也不向邻居发布该路由；**filter-policy export** 命令对本机所有路由的发布进行过滤，包括使用 **import-route** 引入的路由和从邻居学到的 RIP 路由。

2. 实验任务中，能否配置前缀列表为 **ip prefix-list abc index 20 permit 0.0.0.0 0**，以允许所有其它路由通过过滤？

答：不行。**permit 0.0.0.0 0** 的含义是仅允许缺省路由通过过滤。只有 **permit 0.0.0.0 0 less-equal 32** 才表示允许所有路由通过。

实验9 使用 Route-policy 控制路由

9.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握如何在路由器上配置 RIP 协议引入静态和 OSPF 路由
- 掌握如何在路由器上配置 OSPF 协议引入静态和 RIP 路由
- 掌握如何使用 route-policy 对引入的路由进行控制

9.2 实验组网图

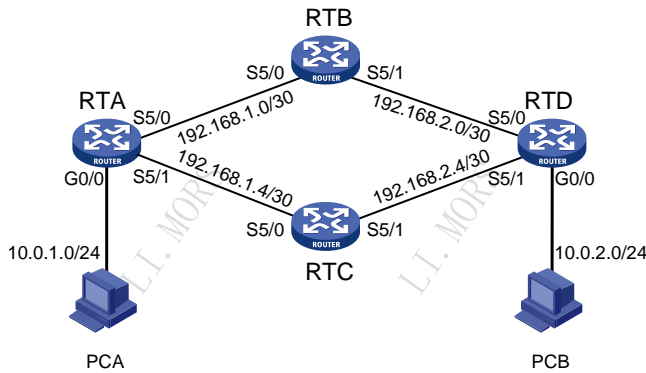


图9-1 使用 Route-policy 控制路由实验组网

9.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 9-1 所示。

表9-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	CMW7.1.049-R0106P15	4	
PC	Windows 7	2	
V.35 DTE串口线	--	4	
V.35 DCE串口线	--	4	
第5类UTP以太网连接线	--	2	

9.4 实验过程

实验任务一：用 route-policy 控制引入路由

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置 Route-policy 来对引入到 RIP 协议中的静态路由进行控制；然后配置 RIP 和 OSPF 互相引入路由，再在双边界的情况下，配置利用 TAG 对防止环路产生。通过本实验任务，学员应该能够掌握如何在 RIP 协议中使用 Route-policy 对引入的路由进行控制；并掌握如何在双边界引入情况下使用 Route-policy 对引入的路由进行控制，并理解引入时 TAG 值的作用。

步骤一：建立物理连接

按照图 9-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表9-2 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址	网关
PCA	--	10.0.1.2/24	10.0.1.1
PCB	--	10.0.2.2/24	10.0.2.1
RTA	G0/0	10.0.1.1/24	--
	S5/0	192.168.1.1/30	--
	S5/1	192.168.1.5/30	--
RTB	S5/0	192.168.1.2/30	--
	S5/1	192.168.2.1/30	--
RTC	S5/0	192.168.1.6/30	--
	S5/1	192.168.2.5/30	--
RTD	G0/0	10.0.2.1/24	--
	S5/0	192.168.2.2/30	--
	S5/1	192.168.2.6/30	--

按表 9-2 所示在 PC 及路由器上配置 IP 地址。

步骤三：引入静态路由到 RIP 协议中

在路由器 RTA、RTB、RTC 上启用 RIPv2 进行路由学习，并仅将 RTB 和 RTC 的接口 S5/0 的路由发布。在 RTA 上配置静态路由 10.1.0.0/24 和 10.1.1.0/24，并配置将静态路由引入到 RIP 协议中，且将所引入的路由缺省度量值设置为 2。

配置 RTA:

```
[RTA]ip route-static 10.1.0.0 24 10.0.1.2
[RTA]ip route-static 10.1.1.0 24 10.0.1.2
[RTA-rip-1]network 10.0.0.0
[RTA-rip-1]network 192.168.1.0
[RTA-rip-1]version 2
[RTA-rip-1]undo summary
[RTA-rip-1]import-route static
[RTA-rip-1]default cost 2
```

配置 RTB:

```
[RTB]rip
[RTB-rip-1]network 192.168.1.0
[RTB-rip-1]version 2
[RTB-rip-1]undo summary
```

配置 RTC:

```
[RTC]rip
[RTC-rip-1]network 192.168.1.0
[RTC-rip-1]version 2
[RTC-rip-1]undo summary
```

配置完成后，在 RTB 和 RTC 上查看路由表，如下所示：

```
[RTB]display ip routing-table
Routing Tables: Public
Destinations : 12      Routes : 12
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.1.0/24	RIP	100	1	192.168.1.1	S5/0
10.1.0.0/24	RIP	100	3	192.168.1.1	S5/0
10.1.1.0/24	RIP	100	3	192.168.1.1	S5/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.2	S5/0
192.168.1.1/32	Direct	0	0	192.168.1.1	S5/0
192.168.1.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.4/30	RIP	100	1	192.168.1.1	S5/0
192.168.2.0/30	Direct	0	0	192.168.2.1	S5/1
192.168.2.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.2/32	Direct	0	0	192.168.2.2	S5/1

```
[RTC]display ip routing-table
Routing Tables: Public
Destinations : 12      Routes : 12
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.1.0/24	RIP	100	1	192.168.1.5	S5/0
10.1.0.0/24	RIP	100	3	192.168.1.5	S5/0
10.1.1.0/24	RIP	100	3	192.168.1.5	S5/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	RIP	100	1	192.168.1.5	S5/0
192.168.1.4/30	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/0

192.168.1.5/32	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/0
192.168.1.6/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.4/30	Direct	0	0	192.168.2.5	S5/1
192.168.2.5/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.6/32	Direct	0	0	192.168.2.6	S5/1

可见, RTA 将引入的路由 10.1.0.0/24 和 10.1.1.0/24 发布给 RTB 和 RTC, 度量值为 3 (缺省度量值再加 1)。

步骤四: 使用 Route-policy 对引入的路由过滤

配置了路由引入后, 所有的静态路由都被引入到 RIP 路由表中。为了有选择性的引入所需的路由, 可以在 RTA 上配置 Route-policy, 仅引入路由 10.1.0.0/24。

配置 RTA:

```
[RTA]ip prefix-list abc index 10 permit 10.1.0.0 24
[RTA]route-policy abc permit node 10
[RTA-route-policy]if-match ip address prefix-list abc
[RTA-rip-1]import-route static route-policy abc
```

配置完成后, 查看 RTB 和 RTC 的路由表, 如下所示:

```
[RTB]display ip routing-table
Routing Tables: Public
Destinations : 11      Routes : 11
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.1.0/24	RIP	100	1	192.168.1.1	S5/0
10.1.0.0/24	RIP	100	3	192.168.1.1	S5/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.2	S5/0
192.168.1.1/32	Direct	0	0	192.168.1.1	S5/0
192.168.1.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.4/30	RIP	100	1	192.168.1.1	S5/0
192.168.2.0/30	Direct	0	0	192.168.2.1	S5/1
192.168.2.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.2/32	Direct	0	0	192.168.2.2	S5/1

```
[RTC]display ip routing-table
Routing Tables: Public
Destinations : 11      Routes : 11
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.1.0/24	RIP	100	1	192.168.1.5	S5/0
10.1.0.0/24	RIP	100	3	192.168.1.5	S5/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	RIP	100	1	192.168.1.5	S5/0
192.168.1.4/30	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/0
192.168.1.5/32	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/0
192.168.1.6/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.4/30	Direct	0	0	192.168.2.5	S5/1
192.168.2.5/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.6/32	Direct	0	0	192.168.2.6	S5/1

可以看到, RTB、RTC 路由表中没有了 RTA 上的 10.1.1.0/24 路由, 因为 RTA 在引入时把它过滤掉了。

步骤五：OSPF 路由配置

在 RTB、RTC 和 RTD 上配置 OSPF 单区域，规划为区域 0，并仅将 RTB 和 RTC 的接口 S5/1 的路由发布。

配置 RTB:

```
[RTB]ospf
[RTB-ospf-1]area 0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.2.0 0.0.0.3
```

配置 RTC:

```
[RTC]ospf
[RTC-ospf-1]area 0
[RTC-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.2.4 0.0.0.3
```

配置 RTD:

```
[RTD]ospf
[RTD-ospf-1]area 0
[RTD-ospf-1-area-0.0.0.0]network 10.0.2.0 0.0.0.255
[RTD-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.2.0 0.0.0.3
[RTD-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.2.4 0.0.0.3
```

配置完成后，查看 RTA 和 RTD 的路由表，如下所示：

```
[RTA]display ip routing-table
```

```
Routing Tables: Public
```

```
Destinations : 12 Routes : 12
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.1.0/24	Direct	0	0	10.0.1.1	GE0/0
10.0.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.1.0.0/24	Static	60	0	10.0.1.2	GE0/0
10.1.1.0/24	Static	60	0	10.0.1.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.1	S5/0
192.168.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.2/32	Direct	0	0	192.168.1.2	S5/0
192.168.1.4/30	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/1
192.168.1.5/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.6/32	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/1

```
[RTD]display ip routing-table
```

```
Routing Tables: Public
```

```
Destinations : 10 Routes : 10
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.2.0/24	Direct	0	0	10.0.2.1	GE0/0
10.0.2.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.0/30	Direct	0	0	192.168.2.2	S5/0
192.168.2.1/32	Direct	0	0	192.168.2.1	S5/0
192.168.2.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.4/30	Direct	0	0	192.168.2.6	S5/1
192.168.2.5/32	Direct	0	0	192.168.2.5	S5/1
192.168.2.6/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

RTA 上没有路由 10.0.2.0/24，RTD 上也没有路由 10.0.1.0/24 和 10.1.0.0/24。

步骤六：配置双边界引入

在 RTB 和 RTC 上配置双边界引入，分别将 OSPF 和 RIP 的路由引入对方。其中，配置 RTB 将 OSPF 路由引入到 RIP 中，配置 RTC 将 RIP 引入到 OSPF 中。

配置 RTB:

```
[RTB-rip-1]import-route ospf
```

配置 RTC:

```
[RTC-ospf-1]import-route rip
```

配置完成后，再查看 RTA 和 RTD 的路由表，如下所示：

```
[RTA]display ip routing-table
```

```
Routing Tables: Public
```

```
Destinations : 15      Routes : 16
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.1.0/24	Direct	0	0	10.0.1.1	GE0/0
10.0.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.2.0/24	RIP	100	1	192.168.1.2	S5/0
10.1.0.0/24	Static	60	0	10.0.1.2	GE0/0
10.1.1.0/24	Static	60	0	10.0.1.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.1	S5/0
192.168.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.2/32	Direct	0	0	192.168.1.2	S5/0
192.168.1.4/30	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/1
192.168.1.5/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.6/32	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/1
192.168.2.0/30	RIP	100	1	192.168.1.6	S5/1
192.168.2.4/30	RIP	100	1	192.168.1.2	S5/0

```
[RTD]display ip routing-table
```

```
Routing Tables: Public
```

```
Destinations : 14      Routes : 16
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.1.0/24	O_ASE	150	1	192.168.2.5	S5/1
10.0.2.0/24	Direct	0	0	10.0.2.1	GE0/0
10.0.2.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.1.0.0/24	O_ASE	150	1	192.168.2.5	S5/1
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	O_ASE	150	1	192.168.2.5	S5/1
192.168.1.4/30	O_ASE	150	1	192.168.2.1	S5/0
192.168.2.0/30	Direct	0	0	192.168.2.2	S5/0
192.168.2.1/32	Direct	0	0	192.168.2.1	S5/0
192.168.2.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.4/30	Direct	0	0	192.168.2.6	S5/1
192.168.2.5/32	Direct	0	0	192.168.2.5	S5/1
192.168.2.6/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

RTA 上学到了路由 10.0.2.0/24，RTD 上也学到了路由 10.0.1.0/24 和 10.1.0.0/24。

步骤七：路由环路产生

配置了路由边界引入后，在某些情况下可能会导致路由环路或错误。下面我们人为地制造这个环路。在 RTA 上将静态路由 10.1.0.0/24 的优先级修改为 120，如下所示：

```
[RTA]ip route-static 10.1.0.0 24 10.0.1.2 preference 120
```

然后在 RTB 上将 RIP 协议的优先级修改为 200，以使 RTB 能够将从 RTD 学到的 10.1.0.0/24 路由向 RIP 域内发布。如下所示：

```
[RTB-rip-1]preference 200
```

分别在 RTA 和 RTB 上查看路由表：

```
[RTA]display ip routing-table
Routing Tables: Public
```

```
Destinations : 14      Routes : 14
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.1.0/24	Direct	0	0	10.0.1.1	GE0/0
10.0.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.2.0/24	RIP	100	1	192.168.1.2	S5/0
10.1.0.0/24	RIP	100	1	192.168.1.2	S5/0
10.1.1.0/24	Static	60	0	10.0.1.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.1	S5/0
192.168.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.2/32	Direct	0	0	192.168.1.2	S5/0
192.168.1.4/30	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/1
192.168.1.5/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.6/32	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/1
192.168.2.4/30	RIP	100	1	192.168.1.2	S5/0

```
[RTB]display ip routing-table
Routing Tables: Public
```

```
Destinations : 13      Routes : 13
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.1.0/24	O_ASE	150	1	192.168.2.2	S5/1
10.0.2.0/24	OSPF	10	1563	192.168.2.2	S5/1
10.1.0.0/24	O_ASE	150	1	192.168.2.2	S5/1
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.2	S5/0
192.168.1.1/32	Direct	0	0	192.168.1.1	S5/0
192.168.1.2/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.4/30	RIP	200	1	192.168.1.1	S5/0
192.168.2.0/30	Direct	0	0	192.168.2.1	S5/1
192.168.2.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.2.2/32	Direct	0	0	192.168.2.2	S5/1
192.168.2.4/30	OSPF	10	3124	192.168.2.2	S5/1

可见，错误出现了。RTA 以为通过 RTB 能到 10.1.0.0/24，而 RTB 以为通过 RTD 能到 10.1.0.0/24，RTD 以为通过 RTC 能到 10.1.0.0/24，RTC 又以为通过 RTA 能到 10.1.0.0/24。路由环路发生了。在 RTA 上查看到达 10.1.0.0/24 的路径，如下所示：

```
<RTA>tracert 10.1.0.1
```

```
tracert to 10.1.0.1(10.1.0.1) 30 hops max, 40 bytes packet, press CTRL_C to break
```

```
1 192.168.1.2 17 ms 16 ms 16 ms
```

```
2 192.168.2.2 33 ms 33 ms 33 ms
```

```

3 192.168.2.5 31 ms 31 ms 31 ms
4 192.168.1.5 29 ms 29 ms 29 ms
5 192.168.1.2 46 ms 47 ms 46 ms
6 192.168.2.2 61 ms 61 ms 62 ms
7 192.168.2.5 59 ms 60 ms 60 ms
8 192.168.1.5 57 ms 58 ms 57 ms
9 192.168.1.2 73 ms 74 ms 74 ms
10 192.168.2.2 90 ms 90 ms 89 ms
11 192.168.2.5 88 ms 88 ms 88 ms
12 192.168.1.5 85 ms 85 ms 86 ms
.....

```

步骤八：使用 TAG 选择性引入路由

在以上环路产生过程中，RTB 把 OSPF 路由不加选择的全部引入到 RIP 协议中，我们可以在引入路由时选择性地引入，以避免这种环路可能。

在 RTC 上配置将 RIP 路由引入到 OSPF 时附加标记值 10。

配置 RTC:

```
[RTC-rip-1]import-route ospf tag 10
```

然后在 RTB 上，配置 RIP 协议中引入 OSPF 路由时，将 TAG 值是 10 的路由过滤掉。

配置 RTB:

```

[RTB]route-policy abc deny node 10
[RTB-route-policy]if-match tag 10
[RTB]route-policy abc permit node 20
[RTB-rip-1]import-route ospf route-policy abc

```

配置完成后，在 RTA 上查看路由表，如下：

```

<RTA>display ip routing-table
Routing Tables: Public
Destinations : 14      Routes : 14

```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
10.0.1.0/24	Direct	0	0	10.0.1.1	GE0/0
10.0.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.0.2.0/24	RIP	100	1	192.168.1.2	S5/0
10.1.0.0/24	Static	120	0	10.0.1.2	GE0/0
10.1.1.0/24	Static	60	0	10.0.1.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.1	S5/0
192.168.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.2/32	Direct	0	0	192.168.1.2	S5/0
192.168.1.4/30	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/1
192.168.1.5/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.6/32	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/1
192.168.2.4/30	RIP	100	1	192.168.1.2	S5/0

可以看到，路由 10.1.0.0/24 被过滤，所以 RTA 上仅有静态路由了。

9.5 实验中的命令列表

表9-3 实验命令列表

命令	描述
import-route <i>protocol</i> [<i>process-id</i> all-processes] [cost <i>cost</i> route-policy <i>route-policy-name</i> tag <i>tag</i>]	从其它路由协议引入路由
default cost <i>value</i>	配置引入路由的缺省度量值。
ip prefix-list <i>prefix-list-name</i> [index <i>index-number</i>] { permit deny } <i>ip-address</i> <i>mask-length</i> [greater-equal <i>min-mask-length</i>] [less-equal <i>max-mask-length</i>]	配置一个IPv4地址前缀列表表项。
route-policy <i>route-policy-name</i> { permit deny } node <i>node-number</i>	创建路由策略。
if-match tag <i>value</i>	配置路由信息的标记域的匹配条件。
if-match ip address prefix-list <i>prefix-list-name</i>	配置路由信息的目的IP地址范围的匹配条件。
preference <i>value</i>	配置RIP路由的优先级。

9.6 思考题

1. 实验任务中，在 RTB 上配置引入路由，为什么要在 RTA 上查看相关路由表？

答：使用 **import-route** 引入外部路由时，只会把路由表中的有效路由引入到协议中，且引入后的路由不在本地路由表中出现，只传递给其它路由器。所以要在 RTA 上查看引入后的路由。

实验10 使用 PBR 实现策略路由

10.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握如何配置使用 PBR 实现基于源地址的策略路由
- 掌握如何配置使用 PBR 实现基于业务类型的策略路由

10.2 实验组网图

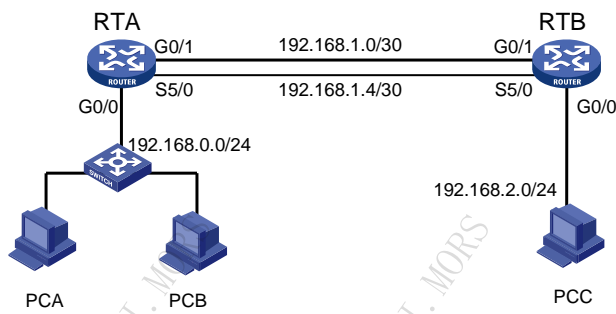


图10-1 使用 PBR 实现策略路由实验组网

10.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 10-1 所示。

表10-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR30-20	CMW7.1.049-R0106P15	2	
S5820V2	CMW7.1.045-R2311P04	1	接入用，二层交换机或集线器均可
PC	Windows 7	3	
V.35 DTE串口线	--	1	
V.35 DCE串口线	--	1	
第5类UTP以太网连接线	--	5	

10.4 实验过程

实验任务一：PBR 基本配置

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置双出口，并配置基于源地址的 PBR，对 PCA 和 PCB 发出的报文通过不同的接口转发；再配置基于报文大小的 PBR，对于 PC 发出的不同大小的报文经不同的出口进行转发。通过本实验任务，学员应该能够掌握如何使用 PBR 对报文进行选路控制。

步骤一：建立物理连接

按照图 10-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表10-2 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址	网关
PCA	--	192.168.0.2/24	192.168.0.1
PCB	--	192.168.0.3/24	192.168.0.1
PCC	--	192.168.2.2/24	192.168.2.1
RTA	G0/0	192.168.0.1/24	--
	G0/1	192.168.1.1/30	--
	S5/0	192.168.1.5/30	--
RTB	G0/0	192.168.2.1/24	--
	G0/1	192.168.1.2/30	--
	S5/0	192.168.1.6/30	--

按表 10-2 所示在 PC 及路由器上配置 IP 地址。

步骤三：路由配置

在 RTA 、 RTB 上配置 OSPF 单区域。

配置 RTA:

```
[RTA]ospf
[RTA-ospf-1]area 0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.0.0 0.0.0.255
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.1.0 0.0.0.3
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.1.4 0.0.0.3
```

配置 RTB:

```
[RTB]ospf
[RTB-ospf-1]area 0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.2.0 0.0.0.255
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.1.0 0.0.0.3
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.1.4 0.0.0.3
```

配置完成后, 查看路由表, 如下所示:

```
[RTA]display ip routing-table
Routing Tables: Public
Destinations : 10      Routes : 10
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.0.0/24	Direct	0	0	192.168.0.1	GE0/0
192.168.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.0/30	Direct	0	0	192.168.1.1	GE0/1
192.168.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.4/30	Direct	0	0	192.168.1.5	S5/0
192.168.1.5/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
192.168.1.6/32	Direct	0	0	192.168.1.6	S5/0
192.168.2.0/24	OSPF	10	2	192.168.1.2	GE0/1

因为 GE0/1 接口带宽大于 S5/0 接口带宽, 所以在路由表中, 到路由 192.168.2.0/24 的出口是 GE0/1。

步骤四: 配置基于源地址的 PBR

配置 OSPF 后, 去往网络 192.168.2.0/24 的所有报文都从接口 GE0/1 发送。通过配置基于源地址的 PBR, 可以使路由器对来自特定源的报文从指定接口发送。我们可以配置来自 PCA (192.168.0.2) 的报文从接口 S5/0 发送, 其它报文经普通路由转发。

配置 RTA:

```
[RTA]acl advanced 3000
[RTA-acl-ipv4-adv-3000]rule permit ip source 192.168.0.2 0
[RTA]policy-based-route abc permit node 5
[RTA-pbr-abc-5]if-match acl 3000
[RTA-pbr-abc-5]apply output-interface Serial 5/0
[RTA-GigabitEthernet0/0]ip policy-based-route abc
```

配置完成后, 在 PCA 上用 Ping 命令来发送到网络 192.168.2.0/24 的报文, 如下所示:

```
C:\>ping 192.168.2.1 -t
Pinging 192.168.2.1 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time=10ms TTL=254
Reply from 192.168.2.1: bytes=32 time=10ms TTL=254
.....
```

为了观察 PBR 的效果, 在 RTA 上用命令 display ip policy-based-route interface GigabitEthernet 0/0 查看是否有报文被 PBR 所转发。

```
[RTA]display ip policy-based-route interface GigabitEthernet 0/0
Interface GigabitEthernet0/0 policy based routing statistics information:
policy-based-route: abc
    node 5 permit
        if-match acl 3000
        apply output-interface Serial5/0
    Matched: 6
```


Total matched: 6

可以看到，PBR 起了作用。如果反复多次执行命令 `display ip policy-based-route interface GigabitEthernet 0/0` 还可以看到被转发的报文数量在不断增长。

步骤五：配置基于报文大小的 PBR

配置了基于源地址的 PBR 后，来自 PCA 的所有数据流都经由 RTA 的接口 S5/0 发送。如果要想实现较大报文经由接口 G0/1 发送，则可以配置基于报文大小的 PBR。

配置 RTA:

```
[RTA]policy-based-route abc permit node 3
[RTA-pbr-abc-3]if-match packet-length 100 1500
[RTA-pbr-abc-3] apply next-hop 192.168.1.2
```

配置完成后，在 PCA 上用 Ping 命令来发送大小为 300 字节的报文到网络 192.168.2.0/24，如下所示：

```
C:\>ping 192.168.2.1 -l 300 -t

Pinging 192.168.2.1 with 300 bytes of data:

Reply from 192.168.2.1: bytes=300 time<1ms TTL=254
Reply from 192.168.2.1: bytes=300 time<1ms TTL=254
Reply from 192.168.2.1: bytes=300 time<1ms TTL=254
.....
```

同时，在 RTA 上用命令 `display ip policy-based-route statistics` 查看报文匹配 PBR 的统计信息。如下所示：

```
<RTA>display ip policy-based-route interface GigabitEthernet 0/0
Interface GigabitEthernet0/0 policy based routing statistics information:
policy-based-route: abc
  node 3 permit
    if-match packet-length 100 1500
    apply ip-address next-hop 192.168.1.2
    Matched: 103

  node 5 permit
    if-match acl 3000
    apply output-interface Serial5/0
    Matched: 6
Total matched:109
```

可以看到，较大的报文匹配到了节点 3，被转发到了下一跳 192.168.1.2，也就是从接口 G0/1 转发出去。如果反复多次执行命令 `display ip policy-based-route interface GigabitEthernet 0/0`，还可以看到匹配节点 3 而被转发的报文数量在不断增长。

说明：

可以在用户视图下用命令 `reset ip policy-based-route statistics` 来清除 PBR 的统计信息。

10.5 实验中的命令列表

表10-3 实验命令列表

命令	描述
policy-based-route <i>policy-name</i> [deny permit] node <i>node-number</i>	来创建策略或一个策略节点。
if-match acl <i>acl-number</i>	设置ACL匹配条件。
if-match packet-length <i>min-len</i> <i>max-len</i>	设置IP报文长度匹配条件。
apply output-interface <i>interface-type interface-number</i>	设置报文的发送接口。
apply next-hop <i>ip-address</i>	设置报文转发的下一跳。
ip policy-based-route <i>policy-name</i>	在接口上使能策略路由。
display ip policy-based-route { interface <i>interface-type</i> <i>interface-number</i> local }	显示已经使能的策略路由的统计信息

10.6 思考题

1. 实验任务二中，RTA 根据所配置的 PBR 进行转发，FTP 业务的报文从接口 G0/1 发送。那么 PCC 返回的 FTP 报文是否也从接口 G0/1 返回？

答：不一定。PBR 只对本路由器发出的报文起作用，并无法影响返回的报文。返回的报文转发路径取决于 RTB 的相关配置。

实验11 BGP 基本配置

11.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握路由器上 BGP 的基本配置方法
- 掌握路由器上 BGP 的常用配置命令

11.2 实验组网图

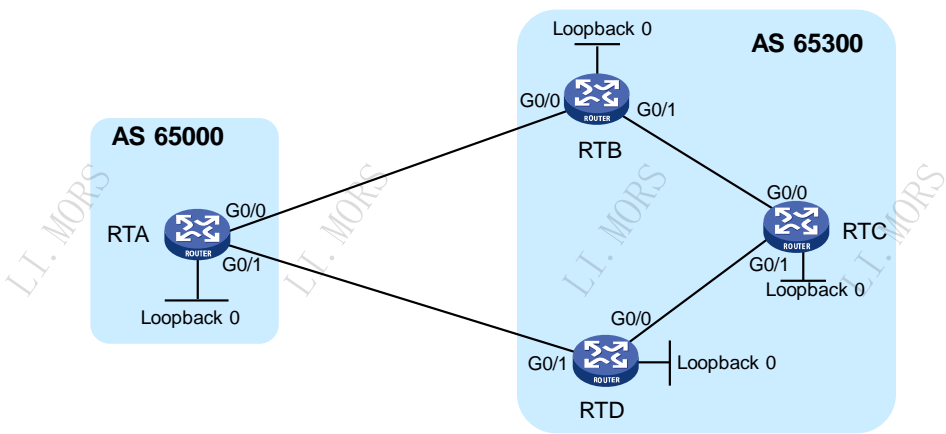


图11-1 BGP 基本配置实验组网

11.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 11-1 所示。

表11-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	Version 7.1.059	4	HCL实验平台
第5类UTP以太网连接线	--	4	

11.4 实验过程

实验任务一：EBGP 对等体基本配置

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置 EBGP 对等体，再验证通过 Network 命令发布路由。通过本实验任务，学员应该能够掌握 EBGP 对等体基本配置以及 Network 命令的使用。

步骤一：建立物理连接

按照图 11-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置

表11-2 IP 地址规划表

路由器	接口	IP 地址
RTA	GE0/0	10.10.10.1/30
	GE0/1	10.10.20.1/30
	Loopback 0	1.1.1.1/32
RTB	GE0/0	10.10.10.2/30
	GE0/1	10.10.10.6/30
	Loopback 0	2.2.2.2/32
RTC	GE0/0	10.10.10.5/30
	GE0/1	10.10.10.9/30
	Loopback 0	3.3.3.3/32
RTD	GE0/0	10.10.10.10/30
	GE0/1	10.10.20.2/30
	Loopback 0	4.4.4.4/32

依据 IP 地址规划在 4 台路由器配置 IP 地址。配置完成后，要使用 ping 命令检测直连网段的互通性，如在 RTA 上检测与 RTB 的互通性：

```
[RTA]ping 10.10.10.2
Ping 10.10.10.2 (10.10.10.2): 56 data bytes, press CTRL_C to break
56 bytes from 10.10.10.2: icmp_seq=0 ttl=255 time=3.889 ms
56 bytes from 10.10.10.2: icmp_seq=1 ttl=255 time=2.322 ms
56 bytes from 10.10.10.2: icmp_seq=2 ttl=255 time=3.215 ms
56 bytes from 10.10.10.2: icmp_seq=3 ttl=255 time=2.468 ms
56 bytes from 10.10.10.2: icmp_seq=4 ttl=255 time=2.233 ms
```

```

--- Ping statistics for 10.10.10.2 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 2.233/2.825/3.889/0.635 ms

```

步骤三：EBGP 对等体基本配置

在 RTA、RTB、RTD 上分别完成 EBGP 对等体基本配置。

配置 RTA：

```

[RTA] bgp 65000
[RTA-bgp-default]peer 10.10.10.2 as-number 65300
[RTA-bgp-default]peer 10.10.20.2 as-number 65300
[RTA-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTA-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.1 enable
[RTA-bgp-default-ipv4]peer 10.10.20.2 enable

```

配置 RTB:

```

[RTB] bgp 65300
[RTB-bgp-default]peer 10.10.10.1 as-number 65000
[RTB-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTB-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.1 enable

```

配置 RTD:

```

[RTD] bgp 65300
[RTD-bgp-default]peer 10.10.20.1 as-number 65000
[RTD-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTD-bgp-default-ipv4]peer 10.10.20.1 enable

```

步骤四：EBGP 邻居状态查看

分别在 RTA、RTB、RTC 上执行 `display bgp peer` 查看 BGP 邻居状态。

查看 RTA 的 BGP 邻居状态:

```

[RTA]dis bgp peer ipv4

BGP local router ID: 1.1.1.1
Local AS number: 65000
Total number of peers: 2                Peers in established state: 2

* - Dynamically created peer
Peer                AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  PrefRcv  Up/Down  State
10.10.10.2          65300    6        6    0      0 00:03:01 Established
10.10.20.2          65300    5        5    0      0 00:02:37 Established

```

从上述命令输出信息中可以看到 BGP 邻居的状态 `state` 为 `Established`，表示 BGP 邻居关系已经成功建立。

接下来在 RTA 上查看路由表信息:

```

[RTA]display bgp routing-table ipv4
Total Number of Routes: 0

```

如上输出信息表明，RTA 的 BGP 路由表中没有 BGP 路由。为什么路由器之间的 BGP 邻居关系建立成功，但是路由器上没有任何 BGP 路由呢？因为 BGP 主要工作是在 AS 之间传递路由信息，而发现和计算路由信息的任务是由 IGP 完成的。那么要生成 BGP 路由，需要通过如下两种途径完成：配置 BGP 发布本地路由、引入其它路由。

步骤五：通过 network 命令发布路由

在 RTA、RTB、RTC 上将各自的 LoopBack 接口所在网段在 BGP 中发布。

在 RTA 上配置如下：

```
[RTA-bgp-default-ipv4]network 1.1.1.1 255.255.255.255
```

配置 RTB：

```
[RTB-bgp-default-ipv4]network 2.2.2.2 255.255.255.255
```

配置 RTD：

```
[RTD-bgp-default-ipv4]network 4.4.4.4 255.255.255.255
```

步骤六：路由信息查看

完成步骤五的配置后，再次查看各路由器的路由表。

查看 RTA 路由器的 BGP 路由表：

```
[RTA]dis bgp routing-table ipv4
```

```
Total number of routes: 3
```

```
BGP local router ID is 1.1.1.1
```

```
Status codes: * - valid, > - best, d - dampened, h - history,
               s - suppressed, S - stale, i - internal, e - external
Origin: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
```

	Network	NextHop	MED	LocPrf	PrefVal	Path/Ogn
* >	1.1.1.1/32	127.0.0.1	0		32768	i
* >e	2.2.2.2/32	10.10.10.2	0		0	65300i
* >e	4.4.4.4/32	10.10.20.2	0		0	65300i

在 RTA 的路由表中看到有 3 条 BGP 路由，而且每条路由表的状态标识为>，也即这三条路由已经被 BGP 选为最优路由。

在 RTA 上验证网络可达性：

```
[RTA]ping 4.4.4.4
```

```
Ping 4.4.4.4 (4.4.4.4): 56 data bytes, press CTRL_C to break
```

```
56 bytes from 4.4.4.4: icmp_seq=0 ttl=255 time=9.236 ms
```

```
56 bytes from 4.4.4.4: icmp_seq=1 ttl=255 time=2.956 ms
```

```
56 bytes from 4.4.4.4: icmp_seq=2 ttl=255 time=3.760 ms
```

```
56 bytes from 4.4.4.4: icmp_seq=3 ttl=255 time=3.005 ms
```

```
56 bytes from 4.4.4.4: icmp_seq=4 ttl=255 time=2.565 ms
```

```
--- Ping statistics for 4.4.4.4 ---
```

```
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
```

```
round-trip min/avg/max/std-dev = 2.565/4.304/9.236/2.496 ms
```

实验任务二：IBGP 对等体基本配置

本实验在实验任务一的基础上完成。在本实验任务中，学员需要在路由器上配置 IBGP 对等体。通过本实验任务，学员应该能够掌握 IBGP 对等体基本配置。

步骤一：配置静态路由以确保 LoopBack 地址可达

在 RTB、RTC、RTD 上分别配置静态路由，以确保各路由器间的 LoopBack 地址可达。

配置完成后在 RTB、RTD 上通过 ping 来检测到对方 LoopBack 地址的可达性。如果不可达，请检查相关配置；否则不能进入下一个实验步骤。

步骤二：IBGP 对等体基本配置

在 RTB 和 RTD 上分别完成 IBGP 对等体的基本配置。

配置 RTB:

```
[RTB]bgp 65300
[RTB-bgp-default]peer 4.4.4.4 as-number 65300
[RTB-bgp-default]peer 4.4.4.4 connect-interface LoopBack 0
[RTB-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTB-bgp-default-ipv4]peer 4.4.4.4 enable
```

命令 connect-interface LoopBack 0 配置命令的含义是以接口 LoopBack0 的 IP 地址作为发起 IBGP 连接的源地址。

在 RTD 上完成同样的配置。如下:

```
[RTD]bgp 65300
[RTD-bgp-default]peer 2.2.2.2 as-number 65300
[RTD-bgp-default]peer 2.2.2.2 connect-interface LoopBack 0
[RTD-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTD-bgp-default-ipv4]peer 2.2.2.2 enable
```

步骤三：IBGP 邻居状态查看

在 RTD 上查看 BGP 邻居状态:

```
[RTD]dis bgp peer ipv4

BGP local router ID: 4.4.4.4
Local AS number: 65300
Total number of peers: 2                      Peers in established state: 2

* - Dynamically created peer
Peer                AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  PrefRcv  Up/Down  State
2.2.2.2             65300    7        5    0      2 00:00:34 Established
10.10.20.1          65000   18       17    0      1 00:11:30 Established
```

可以看到 RTD 有两个 BGP 对等体，其中一个对等体的 AS 号是 65000，与 RTD 属于不同的 AS，其为 EBGP 对等体；而另外一个对等体的 AS 号是 65300，与 RTD 属于同一个 AS，其为 IBGP 对等体。两个对等体的 BGP 邻居状态都是 Established，表明 BGP 邻居关系已经成功建立。

步骤四：路由信息查看

在 RTD 上查看 BGP 路由表，可以看到路由 1.1.1.1/32 有两个下一跳地址，分别指向 RTA、RTC:

```
[RTD]dis bgp routing-table ipv4

Total number of routes: 4

BGP local router ID is 4.4.4.4
Status codes: * - valid, > - best, d - dampened, h - history,
              s - suppressed, S - stale, i - internal, e - external
Origin: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
```

Network	NextHop	MED	LocPrf	PrefVal	Path/Ogn
* >e 1.1.1.1/32	10.10.20.1	0		0	65000i
i	10.10.10.1	0	100	0	65000i
* >i 2.2.2.2/32	2.2.2.2	0	100	0	i
* > 4.4.4.4/32	127.0.0.1	0		32768	i

但是在 RTD 的 IP 路由表中，到路由 1.1.1.1/32 的下一跳是唯一的，为 10.10.20.1，也即下一跳直接指向 RTA：

```
[RTD]dis ip routing-table

Destinations : 20      Routes : 20

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost           NextHop         Interface
0.0.0.0/32          Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
1.1.1.1/32          BGP     255  0             10.10.20.1       GE0/1
2.2.2.2/32          Static  60    0             10.10.10.9       GE0/0
3.3.3.3/32          Static  60    0             10.10.10.9       GE0/0
4.4.4.4/32          Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
10.10.10.8/30        Direct  0    0             10.10.10.10      GE0/0
10.10.10.8/32        Direct  0    0             10.10.10.10      GE0/0
10.10.10.10/32       Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
10.10.10.11/32       Direct  0    0             10.10.10.10      GE0/0
10.10.20.0/30        Direct  0    0             10.10.20.2       GE0/1
10.10.20.0/32        Direct  0    0             10.10.20.2       GE0/1
10.10.20.2/32        Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
10.10.20.3/32        Direct  0    0             10.10.20.2       GE0/1
127.0.0.0/8          Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
127.0.0.0/32         Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
127.0.0.1/32         Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
127.255.255.255/32   Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
224.0.0.0/4          Direct  0    0             0.0.0.0          NULL0
224.0.0.0/24         Direct  0    0             0.0.0.0          NULL0
255.255.255.255/32   Direct  0    0             127.0.0.1       InLoop0
```

可以看到，BGP 仅把最优的路由放置到 IP 路由表中，作为报文转发的依据。

11.5 实验中的命令列表

表11-3 实验命令列表

命令	描述
bgp as-number	启动BGP，进入BGP视图
peer { group-name ip-address } as-number <i>as-number</i>	指定对等体/对等体组及其AS号
peer { group-name ip-address } connect-interface interface-type <i>interface-number</i>	配置与对等体/对等体组创建BGP会话时建立TCP 连接使用的源接口
network ip-address [mask mask-length]	将网段路由发布到BGP路由表中

11.6 思考题

1. 实验任务一中，为什么 RTA 的路由表中路由 1.1.1.1/32 的下一跳为 127.0.0.1？

答：BGP 路由表中，下一跳地址为 127.0.0.1 表示该路由信息是本地产生的。

2. 为什么在实验任务二中需要确保对等体间 LoopBack 地址的可达性？

答：BGP 邻居建立的前提必须是 TCP 可达，而 IBGP 对等体一般通过 Loopback 接口地址建立邻居关系，因此需要在 RTB、RTC、RTD 上配置 LoopBack 网段静态路由，确保 RTB 与 RTD 之间 TCP 可达。

实验12 BGP 路由属性

12.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握 BGP 的 local-preference 属性的基本配置方法
- 掌握 BGP 的 MED 属性的基本配置方法

12.2 实验组网图

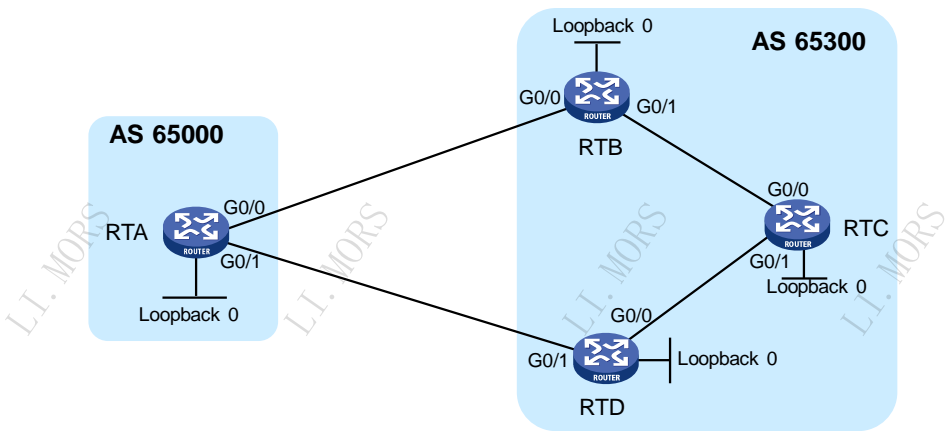


图12-1 BGP 路由属性实验组网

12.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 12-1 所示。

表12-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	Version 7.1.059	4	HCL实验平台
PC	Windows XP SP2	2	
第5类UTP以太网连接线	--	4	

12.4 实验过程

实验任务一：LOCAL_PREF 属性配置

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置 BGP 的 LOCAL_PREF 属性，并验证对 BGP 选路的影响。通过本实验任务，学员应该能够掌握 BGP 的 LOCAL_PREF 属性的配置和应用场合。

步骤一：建立物理连接

按照图 12-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址和静态路由配置

表12-2 IP 地址规划表

路由器	接口	IP 地址
RTA	GE0/0	10.10.10.1/30
	GE0/1	10.10.20.1/30
	Loopback 0	1.1.1.1/32
RTB	GE0/0	10.10.10.2/30
	GE0/1	10.10.10.6/30
	Loopback 0	2.2.2.2/32
RTC	GE0/0	10.10.10.5/30
	GE0/1	10.10.10.9/30
	Loopback 0	3.3.3.3/32
RTD	GE0/0	10.10.10.10/30
	GE0/1	10.10.20.2/30
	Loopback 0	4.4.4.4/32

依据 IP 地址规划，在 4 台路由器上完成 IP 地址配置。完成四台路由器的 IP 地址配置后，再在 RTB、RTC、RTD 上配置如下静态路由：

配置 RTB：

```
[RTB]ip route-static 3.3.3.3 255.255.255.255 10.10.10.5
[RTB]ip route-static 4.4.4.4 255.255.255.255 10.10.10.5
```

配置 RTC:

```
[RTC]ip route-static 2.2.2.2 255.255.255.255 10.10.10.6
[RTC]ip route-static 4.4.4.4 255.255.255.255 10.10.10.10
```

配置 RTD:

```
[RTD]ip route-static 2.2.2.2 255.255.255.255 10.10.10.9
[RTD]ip route-static 3.3.3.3 255.255.255.255 10.10.10.9
```

步骤三：基本 BGP 配置

在 RTA、RTB、RTC、RTD 上完成基本的 BGP 配置命令，并通过 network 命令将 Loopback 网段在 BGP 中发布，通过 import 命令将各自路由器的直连路由在 BGP 中发布。

配置 RTA:

```
[RTA]bgp 65000
[RTA-bgp-default]peer 10.10.20.2 as-number 65300
[RTA-bgp-default]peer 10.10.10.2 as-number 65300
[RTA-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTA-bgp-default-ipv4]import-route direct
[RTA-bgp-default-ipv4]network 1.1.1.1 255.255.255.255
[RTA-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.2 enable
[RTA-bgp-default-ipv4]peer 10.10.20.2 enable
```

配置 RTB:

```
[RTB]bgp 65300
[RTB-bgp-default]peer 3.3.3.3 as-number 65300
[RTB-bgp-default]peer 3.3.3.3 connect-interface LoopBack 0
[RTB-bgp-default]peer 10.10.10.1 as-number 65000
[RTB-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTB-bgp-default-ipv4]import-route direct
[RTB-bgp-default-ipv4]network 2.2.2.2 255.255.255.255
[RTB-bgp-default-ipv4]peer 3.3.3.3 enable
[RTB-bgp-default-ipv4]peer 3.3.3.3 next-hop-local
[RTB-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.1 enable
```

配置 RTC:

```
[RTC]bgp 65300
[RTC-bgp-default]peer 4.4.4.4 as-number 65300
[RTC-bgp-default]peer 2.2.2.2 as-number 65300
[RTC-bgp-default]peer 4.4.4.4 connect-interface LoopBack0
[RTC-bgp-default]peer 2.2.2.2 connect-interface LoopBack0
[RTC-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTC-bgp-default-ipv4]import-route direct
[RTC-bgp-default-ipv4]network 3.3.3.3 255.255.255.255
[RTC-bgp-default-ipv4]peer 2.2.2.2 enable
[RTC-bgp-default-ipv4]peer 4.4.4.4 enable
```

配置 RTD:

```
[RTD]bgp 65300
[RTD-bgp-default]peer 10.10.20.1 as-number 65000
[RTD-bgp-default]peer 3.3.3.3 as-number 65300
[RTD-bgp-default]peer 3.3.3.3 connect-interface LoopBack0
[RTD-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTD-bgp-default-ipv4]import-route direct
[RTD-bgp-default-ipv4]network 4.4.4.4 255.255.255.255
[RTD-bgp-default-ipv4]peer 3.3.3.3 enable
[RTD-bgp-default-ipv4]peer 3.3.3.3 next-hop-local
[RTD-bgp-default-ipv4]peer 10.10.20.1 enable
```

步骤四：查看路由表信息

完成上述步骤后，首先要在各个路由器上查看路由器上的 BGP 邻居状态，确保所有的 BGP 状态都是 **Established**。接下来再在个路由器上通过路由表查看 BGP 路由信息。

查看 RTA 路由表：

```
<RTA>dis ip routing-table
```

```
Destinations : 22      Routes : 22
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
2.2.2.2/32	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
3.3.3.3/32	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
4.4.4.4/32	BGP	255	0	10.10.20.2	GE0/1
10.10.10.0/30	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.0/32	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.3/32	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.4/30	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
10.10.10.8/30	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
10.10.20.0/30	Direct	0	0	10.10.20.1	GE0/1
10.10.20.0/32	Direct	0	0	10.10.20.1	GE0/1
10.10.20.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.20.3/32	Direct	0	0	10.10.20.1	GE0/1
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

查看 RTC 路由表：

```
[RTC]dis ip routing-table
```

```
Destinations : 22      Routes : 22
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	BGP	255	0	2.2.2.2	GE0/0
2.2.2.2/32	Static	60	0	10.10.10.6	GE0/0
3.3.3.3/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
4.4.4.4/32	Static	60	0	10.10.10.10	GE0/1
10.10.10.0/30	BGP	255	0	2.2.2.2	GE0/0
10.10.10.4/30	Direct	0	0	10.10.10.5	GE0/0
10.10.10.4/32	Direct	0	0	10.10.10.5	GE0/0
10.10.10.5/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.7/32	Direct	0	0	10.10.10.5	GE0/0
10.10.10.8/30	Direct	0	0	10.10.10.9	GE0/1
10.10.10.8/32	Direct	0	0	10.10.10.9	GE0/1
10.10.10.9/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.11/32	Direct	0	0	10.10.10.9	GE0/1
10.10.20.0/30	BGP	255	0	4.4.4.4	GE0/1
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

查看 RTC 的 BGP 路由表：

```
[RTC]dis bgp routing-table ipv4

Total number of routes: 15

BGP local router ID is 3.3.3.3
Status codes: * - valid, > - best, d - dampened, h - history,
              s - suppressed, S - stale, i - internal, e - external
Origin: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
```

Network	NextHop	MED	LocPrf	PrefVal	Path/Ogn
* >i 1.1.1.1/32	2.2.2.2	0	100	0	65000i
* i	4.4.4.4	0	100	0	65000i
* >i 2.2.2.2/32	2.2.2.2	0	100	0	i
* > 3.3.3.3/32	127.0.0.1	0		32768	i
* >i 4.4.4.4/32	4.4.4.4	0	100	0	i
* >i 10.10.10.0/30	2.2.2.2	0	100	0	?
* i	4.4.4.4	0	100	0	65000?
* > 10.10.10.4/30	10.10.10.5	0		32768	?
* i	2.2.2.2	0	100	0	?
* > 10.10.10.5/32	127.0.0.1	0		32768	?
* > 10.10.10.8/30	10.10.10.9	0		32768	?
* i	4.4.4.4	0	100	0	?
* > 10.10.10.9/32	127.0.0.1	0		32768	?
* >i 10.10.20.0/30	4.4.4.4	0	100	0	?
* i	2.2.2.2	0	100	0	65000?

从如上输出信息中可以看到，RTA 和 RTC 上都学习到 BGP 路由。在 RTC 的 BGP 路由表中，路由 1.1.1.1/32（RTA 的 loopback 地址）有两个下一跳，分别指向 RTB 和 RTD；也即 RTC 路由器分别从两个 IBGP 对等体 RTB、RTD 上接收到了到达同一目的网段的路由。经过 BGP 的路由优选策略后，其中一条最优路由会写入到自己的 IP 路由表。

在 RTC 上进行 Tracert 操作来验证到 RTA 的路径：

```
[RTC]tracert -a 3.3.3.3 1.1.1.1
traceroute to 1.1.1.1 (1.1.1.1) from 3.3.3.3, 30 hops at most, 40 bytes each packet,
press CTRL_C to break
 1 10.10.10.6 (10.10.10.6) 3.962 ms 2.852 ms 1.260 ms
 2 1.1.1.1 (1.1.1.1) 6.457 ms 5.743 ms 4.947 ms
```

注意：

需要在 MSR 上事先打开 Tracert 信息显示开关，具体命令为：

```
[MSR]ip unreachable enable
```

```
[MSR]ip ttl-expires enable
```

步骤五：配置 LOCAL_PREF 属性

可以看到 RTC 到达 RTA 的 loopback 接口地址的路径为 RTC→RTB→RTA，也即流量离开 AS 65300 的时候优先选择了 RTB。现在要使 RTC 到达 RTA 的路径为 RTC→RTD→RTA，也即流量离开 AS 65300 时优先选择 RTD 而不是 RTB，则需要配置 BGP 中的 LOCAL_PREF 属性来影响离开 AS 的流量的选路。

在 RTC 的 BGP 路由表中, 可以看到路由 1.1.1.1/32 的 LOCAL_PREF 值为 100, 那么要使 RTC 优选 RTD 为下一跳, 只需要设置 RTD 发送给 RTC 的 BGP 路由的 LOCAL_PREF 大于 100 即可。

在 RTD 上 BGP 的 IPv4 单播地址族视图下配置 LOCAL_PREF 值:

```
[RTD-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTD-bgp-default-ipv4]default local-preference 300
```

RTB 上发送路由的 LOCAL_PREF 值依然采用默认值 100。

步骤六: 验证 LOCAL_PREF 属性

在 RTC 上查看 IP 路由表:

```
[RTC]dis ip routing-table
```

Destinations : 22 Routes : 22

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	BGP	255	0	4.4.4.4	GE0/1
2.2.2.2/32	Static	60	0	10.10.10.6	GE0/0
3.3.3.3/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
4.4.4.4/32	Static	60	0	10.10.10.10	GE0/1
10.10.10.0/30	BGP	255	0	4.4.4.4	GE0/1
10.10.10.4/30	Direct	0	0	10.10.10.5	GE0/0
10.10.10.4/32	Direct	0	0	10.10.10.5	GE0/0
10.10.10.5/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.7/32	Direct	0	0	10.10.10.5	GE0/0
10.10.10.8/30	Direct	0	0	10.10.10.9	GE0/1
10.10.10.8/32	Direct	0	0	10.10.10.9	GE0/1
10.10.10.9/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.11/32	Direct	0	0	10.10.10.9	GE0/1
10.10.20.0/30	BGP	255	0	4.4.4.4	GE0/1
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

从 IP 路由表输出信息可以看到, 路由 1.1.1.1/32 的下一跳已经变成 4.4.4.4 也即 RTD。

在 RTC 上查看 BGP 路由表:

```
[RTC]dis bgp routing-table ipv4
```

Total number of routes: 15

BGP local router ID is 3.3.3.3

Status codes: * - valid, > - best, d - dampened, h - history,
s - suppressed, S - stale, i - internal, e - external
Origin: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

Network	NextHop	MED	LocPrf	PrefVal	Path/Ogn
* >i 1.1.1.1/32	4.4.4.4	0	300	0	65000i
* i	2.2.2.2	0	100	0	65000i
* >i 2.2.2.2/32	2.2.2.2	0	100	0	i
* > 3.3.3.3/32	127.0.0.1	0		32768	i
* >i 4.4.4.4/32	4.4.4.4	0	300	0	i
* >i 10.10.10.0/30	4.4.4.4	0	300	0	65000?

```

* i      2.2.2.2      0      100      0      ?
* > 10.10.10.4/30    10.10.10.5    0      32768  ?
* i      2.2.2.2      0      100      0      ?
* > 10.10.10.5/32    127.0.0.1      0      32768  ?
* > 10.10.10.8/30    10.10.10.9      0      32768  ?
* i      4.4.4.4      0      300      0      ?
* > 10.10.10.9/32    127.0.0.1      0      32768  ?
* >i 10.10.20.0/30    4.4.4.4        0      300      0      ?
* i      2.2.2.2      0      100      0      65000?

```

从以上输出信息可以看到，RTC 从自己的 IBGP 对等体 RTD 接收的路由 1.1.1.1/32 的 LOCAL_PREF 值为 300，而从对等体 RTB 接收的路由 1.1.1.1/32 的 LOCAL_PREF 值为默认值 100。

在 RTC 上查看路由 1.1.1.1/32 的详细信息：

```

[RTC]dis bgp routing-table ipv4 1.1.1.1

BGP local router ID: 3.3.3.3
Local AS number: 65300

Paths: 2 available, 1 best

BGP routing table information of 1.1.1.1/32:
From      : 4.4.4.4 (4.4.4.4)
Rely nexthop : 10.10.10.10
Original nexthop: 4.4.4.4
OutLabel    : NULL
AS-path     : 65000
Origin      : igp
Attribute value : MED 0, localpref 300, pref-val 0
State       : valid, internal, best
IP precedence : N/A
QoS local ID : N/A
Traffic index : N/A

From      : 2.2.2.2 (2.2.2.2)
Rely nexthop : 10.10.10.6
Original nexthop: 2.2.2.2
OutLabel    : NULL
AS-path     : 65000
Origin      : igp
Attribute value : MED 0, localpref 100, pref-val 0
State       : valid, internal
IP precedence : N/A
QoS local ID : N/A
Traffic index : N/A

```

从以上输出信息可以看到，Original nexthop 为 4.4.4.4 的路由条目的 Attribute value 中携带的 localpref 为 300，而 Original nexthop 为 2.2.2.2 的路由条目的 Attribute value 中携带的 localpref 为 100。

最后在 RTC 上通过 Tracert 验证路径的正确性：

```

[RTC]tracert -a 3.3.3.3 1.1.1.1
traceroute to 1.1.1.1 (1.1.1.1) from 3.3.3.3, 30 hops at most, 40 bytes each packet,
press CTRL_C to break
 1 10.10.10.10 (10.10.10.10) 6.355 ms 3.824 ms 3.046 ms
 2 1.1.1.1 (1.1.1.1) 14.871 ms 8.202 ms 11.915 ms

```

从以上输出信息可以看到，RTC 到 RTA 的 loopback 地址的路径选择为 RTC→RTD→RTA。

实验任务二：MED 属性配置

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置 BGP 的 MED 属性，并验证 MED 属性对 BGP 选路的影响。通过本实验任务，学员应该能够掌握 BGP 协议中 MED 属性的配置和应用场合。

实验任务二在实验任务一的基础上完成，保持实验任务一的配置不变。

步骤一：路由表查看

查看 RTA 的 IP 路由表：

```
<RTA>display ip routing-table
outing Tables: Public
Destinations : 13      Routes : 13
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
1.1.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
2.2.2.2/32	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
3.3.3.3/32	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
4.4.4.4/32	BGP	255	0	10.10.20.2	S6/1
10.10.10.0/30	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.4/30	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
10.10.10.8/30	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
10.10.20.0/30	Direct	0	0	10.10.20.1	S6/1
10.10.20.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.20.2/32	Direct	0	0	10.10.20.2	S6/1
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

从以上输出信息可以看到，路由 10.10.10.4/30 的下一跳为 10.10.10.2，即 RTA 会将到达 10.10.10.4/30 的流量经由 RTB 进行转发。查看 RTA 的 BGP 路由表：

```
[RTA]dis bgp routing-table ipv4
```

```
Total number of routes: 15
```

```
BGP local router ID is 1.1.1.1
```

```
Status codes: * - valid, > - best, d - dampened, h - history,
               s - suppressed, S - stale, i - internal, e - external
Origin: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
```

Network	NextHop	MED	LocPrf	PrefVal	Path/Ogn
* > 1.1.1.1/32	127.0.0.1	0		32768	i
* >e 2.2.2.2/32	10.10.10.2	0		0	65300i
* >e 3.3.3.3/32	10.10.10.2			0	65300i
* e	10.10.20.2			0	65300i
* >e 4.4.4.4/32	10.10.20.2	0		0	65300i
* > 10.10.10.0/30	10.10.10.1	0		32768	?
* e	10.10.10.2	0		0	65300?
* > 10.10.10.1/32	127.0.0.1	0		32768	?
* >e 10.10.10.4/30	10.10.10.2	0		0	65300?
* e	10.10.20.2			0	65300?
* >e 10.10.10.8/30	10.10.10.2			0	65300?
* e	10.10.20.2	0		0	65300?
* > 10.10.20.0/30	10.10.20.1	0		32768	?
* e	10.10.20.2	0		0	65300?
* > 10.10.20.1/32	127.0.0.1	0		32768	?

从以上输出信息可以看到，路由 10.10.10.4/30 有两个下一跳地址，分别指向 RTB 和 RTD。

通过 Tracert 确认 RTA 到达目的网段 10.10.10.4/30 的转发路径：

```
[RTA]tracert -a 1.1.1.1 10.10.10.5
traceroute to 10.10.10.5 (10.10.10.5) from 1.1.1.1, 30 hops at most, 40 bytes each
packet, press CTRL_C to break
 1 10.10.10.2 (10.10.10.2) 5.873 ms 3.342 ms 2.909 ms
 2 10.10.10.5 (10.10.10.5) 13.589 ms 5.040 ms 6.309 ms
```

从以上输出信息可以证实,RTA 优先选择 RTB 进行转发,即转发路径为 RTA→RTB→RTC。

步骤二：配置 MED 属性

MED 用来判断流量进入 AS 时的最佳路由。当一个运行 BGP 的路由器通过不同的 EBGP 对等体得到目的地址相同但下一跳不同的多条路由时，在其它条件相同的情况下，将优先选择 MED 值较小者作为最佳路由。

要改变 RTA 进入 AS 65300 的流量的选路路径，需要修改 RTA 接受到的路由 MED 属性值。。现在要改变 RTA 进入 AS 65300 的路径，使 RTA 到达目的网段 10.10.10.4/30 的路径是 RTA→RTD→RTC，则需要使 RTD 发送给 RTA 的路由 3.3.3.3/32 的 MED 值小于 RTB 发送给 RTA 的路由 10.10.10.4/30 的 MED 值。因为 MED 属性值是越小越优先。

在 RTB 上配置 MED 值，使其大于 0。

```
[RTB-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTB-bgp-default-ipv4]default med 100
```

而 RTD 上 BGP 路由的 MED 值不做修改，依然为默认值 0。这样，RTA 从 RTD 上接受到的路由的 MED 值(0)小于从 RTB 接受到的路由的 MED 值（100）。依据 BGP 选路原则，那么 RTA 到达目的网段 10.10.10.4/30 的路径是 RTA→RTD→RTC。

步骤三：MED 属性配置结果验证

查看 RTA 的 BGP 路由表：

```
[RTA]dis bgp routing-table ipv4

Total number of routes: 15

BGP local router ID is 1.1.1.1
Status codes: * - valid, > - best, d - dampened, h - history,
               s - suppressed, S - stale, i - internal, e - external
Origin: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
```

	Network	NextHop	MED	LocPrf	PrefVal	Path/Ogn
* >	1.1.1.1/32	127.0.0.1	0		32768	i
* >e	2.2.2.2/32	10.10.10.2	100		0	65300i
* >e	3.3.3.3/32	10.10.10.2			0	65300i
* e		10.10.20.2			0	65300i
* >e	4.4.4.4/32	10.10.20.2	0		0	65300i
* >	10.10.10.0/30	10.10.10.1	0		32768	?
* e		10.10.10.2	100		0	65300?
* >	10.10.10.1/32	127.0.0.1	0		32768	?
* >e	10.10.10.4/30	10.10.20.2			0	65300?
* e		10.10.10.2	100		0	65300?
* >e	10.10.10.8/30	10.10.10.2			0	65300?
* e		10.10.20.2	0		0	65300?
* >	10.10.20.0/30	10.10.20.1	0		32768	?
* e		10.10.20.2	0		0	65300?
* >	10.10.20.1/32	127.0.0.1	0		32768	?

从以上输出信息，可以看到 RTA 路由表中，RTB 发送的路由的 MED 值都是 100。

查看 RTA 的 IP 路由表：

```
[RTA]dis ip routing-table

Destinations : 22      Routes : 22

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost           NextHop           Interface
0.0.0.0/32          Direct  0    0                127.0.0.1         InLoop0
1.1.1.1/32          Direct  0    0                127.0.0.1         InLoop0
2.2.2.2/32          BGP     255  100             10.10.10.2        GE0/0
3.3.3.3/32          BGP     255  0                10.10.10.2        GE0/0
4.4.4.4/32          BGP     255  0                10.10.20.2        GE0/1
10.10.10.0/30        Direct  0    0                10.10.10.1        GE0/0
10.10.10.0/32        Direct  0    0                10.10.10.1        GE0/0
10.10.10.1/32        Direct  0    0                127.0.0.1         InLoop0
10.10.10.3/32        Direct  0    0                10.10.10.1        GE0/0
10.10.10.4/30        BGP     255  0                10.10.20.2        GE0/1
10.10.10.8/30        BGP     255  0                10.10.10.2        GE0/0
10.10.20.0/30        Direct  0    0                10.10.20.1        GE0/1
10.10.20.0/32        Direct  0    0                10.10.20.1        GE0/1
10.10.20.1/32        Direct  0    0                127.0.0.1         InLoop0
10.10.20.3/32        Direct  0    0                10.10.20.1        GE0/1
127.0.0.0/8          Direct  0    0                127.0.0.1         InLoop0
127.0.0.0/32         Direct  0    0                127.0.0.1         InLoop0
127.0.0.1/32         Direct  0    0                127.0.0.1         InLoop0
127.255.255.255/32   Direct  0    0                127.0.0.1         InLoop0
224.0.0.0/4          Direct  0    0                0.0.0.0           NULL0
224.0.0.0/24         Direct  0    0                0.0.0.0           NULL0
255.255.255.255/32   Direct  0    0                127.0.0.1         InLoop0
```

从 RTA 的 IP 路由表中，可以看到路由 10.10.10.4/30 的下一跳地址为 10.10.20.2。(RTD)。

在 RTA 上查看路由 3.3.3.3 的详细信息：

```
[RTA]dis bgp routing-table ipv4 10.10.10.4

BGP local router ID: 1.1.1.1
Local AS number: 65000

Paths: 2 available, 1 best

BGP routing table information of 10.10.10.4/30:
From          : 10.10.20.2 (4.4.4.4)
Rely nexthop   : 10.10.20.2
Original nexthop: 10.10.20.2
OutLabel       : NULL
AS-path        : 65300
Origin         : incomplete
Attribute value : pref-val 0
State          : valid, external, best
IP precedence  : N/A
QoS local ID   : N/A
Traffic index  : N/A

From          : 10.10.10.2 (2.2.2.2)
Rely nexthop   : 10.10.10.2
Original nexthop: 10.10.10.2
OutLabel       : NULL
AS-path        : 65300
Origin         : incomplete
Attribute value : MED 100, pref-val 0
State          : valid, external
IP precedence  : N/A
```

QoS local ID : N/A
Traffic index : N/A

从以上输出信息可以看到，Original nexthop 为 10.10.20.2 的路由的 Attribute value 中不携带的 MED 值，而 Original nexthop 为 10.10.10.2 的路由的 Attribute value 中携带的 MED 值为 100。

通过 Tracert 确认 RTA 上到 10.10.10.4/30 的转发路径：

```
[RTA]tracert -a 1.1.1.1 10.10.10.5
traceroute to 10.10.10.5 (10.10.10.5) from 1.1.1.1, 30 hops at most, 40 bytes each
packet, press CTRL_C to break
 1 10.10.20.2 (10.10.20.2) 4.670 ms 1.811 ms 2.469 ms
 2 10.10.10.5 (10.10.10.5) 4.900 ms 4.720 ms 4.870 ms
```

从以上输出信息可以证实，RTA 选择了 RTD 而进入 AS 65300。

12.5 实验中的命令列表

表12-3 实验命令列表

命令	描述
import-route <i>protocol</i> [<i>process-id</i> all-processes]	引入其它协议路由信息并通告
default med <i>med-value</i>	配置系统MED的缺省值
default local-preference <i>value</i>	配置本地优先级的缺省值

实验13 BGP 路由过滤

13.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握如何使用 as-path-acl 来过滤 BGP 路由
- 掌握如何使用 IP 前缀列表来过滤 BGP 路由

13.2 实验组网图

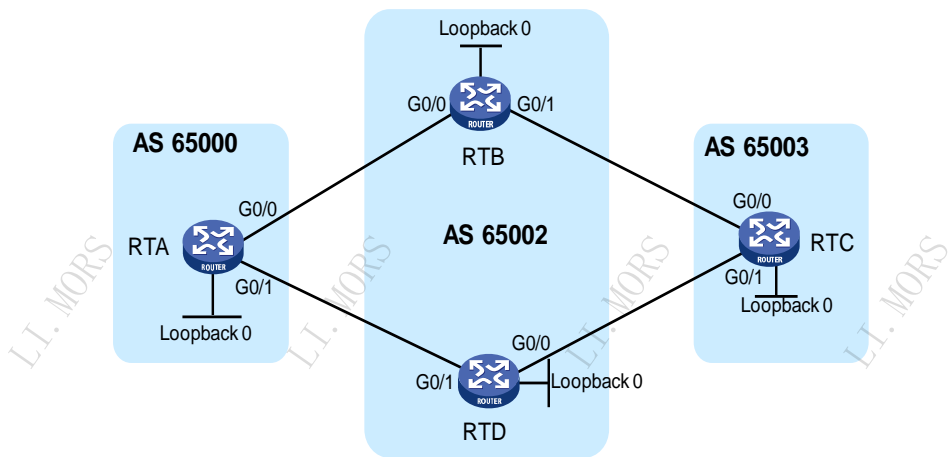


图13-1 BGP 路由过滤实验组网图

实验组网如图 13-1 所示。

13.3 实验设备与版本

表13-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	Version 7.1.059	4	HCL实验平台
第5类UTP以太网连接线	--	4	

13.4 实验过程

实验任务一：过滤 BGP 路由

在本实验中，通过配置使用 `ip-prefix` 和 `as-path-acl` 来过滤 BGP 路由，从而使学员能够掌握 `ip-prefix` 和 `as-path-acl` 的配置命令，并能够运用这两种过滤工具在 BGP 协议中正确过滤路由。具体要求如下：

- 一：通过配置 `as-path-acl`，使 RTB 不把源自 AS 65003 的路由发布给其 BGP 邻居；
- 二：通过配置 `ip-prefix`，使 RTD 在向自己的 EBGP 对等体 RTA 发送路由时候，过滤掉 RTD 的 Loopback 0 接口直连路由。

步骤一：建立物理连接

按照图 13-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址配置以及基本 BGP 配置

表13-2 IP 地址规划表

路由器	接口	IP 地址
RTA	GE0/0	10.10.10.1/30
	GE0/1	10.10.20.1/30
	Loopback 0	1.1.1.1/32
RTB	GE0/0	10.10.10.2/30
	GE0/1	10.10.10.6/30
	Loopback 0	2.2.2.2/32
RTC	GE0/0	10.10.10.5/30
	GE0/1	10.10.10.9/30
	Loopback 0	3.3.3.3/32
RTD	GE0/0	10.10.10.10/30
	GE0/1	10.10.20.2/30
	Loopback 0	4.4.4.4/32

依据规划配置路由器 IP 地址，并在 4 台路由器上启动 BGP，完成基本的 BGP 配置并将直连网段路由在 BGP 中发布：

配置 RTA:

```
[RTA]bgp 65000
[RTA-bgp-default]peer 10.10.20.2 as-number 65002
[RTA-bgp-default]peer 10.10.10.2 as-number 65002
[RTA-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTA-bgp-default-ipv4]import-route direct
[RTA-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.2 enable
[RTA-bgp-default-ipv4]peer 10.10.20.2 enable
```

配置 RTB:

```
[RTB]bgp 65002
[RTB-bgp-default]peer 10.10.10.1 as-number 65000
[RTB-bgp-default]peer 10.10.10.5 as-number 65003
[RTB-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTB-bgp-default-ipv4]import-route direct
[RTB-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.1 enable
[RTB-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.5 enable
```

配置 RTC:

```
[RTC]bgp 65003
[RTC-bgp-default]peer 10.10.10.6 as-number 65002
[RTC-bgp-default]peer 10.10.10.10 as-number 65002
[RTC-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTC-bgp-default-ipv4]import-route direct
[RTC-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.6 enable
[RTC-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.10 enable
```

配置 RTD:

```
[RTD]bgp 65002
[RTD-bgp-default]peer 10.10.20.1 as-number 65000
[RTD-bgp-default]peer 10.10.10.9 as-number 65003
[RTD-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTD-bgp-default-ipv4]import-route direct
[RTD-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.9 enable
[RTD-bgp-default-ipv4]peer 10.10.20.1 enable
```

配置完成后，在各路由器上使用 `display bgp peer` 查看 BGP 邻居状态。

在 RTA 上查看 BGP 对等体状态:

```
[RTA]dis bgp peer ipv4

BGP local router ID: 1.1.1.1
Local AS number: 65000
Total number of peers: 2                Peers in established state: 2

* - Dynamically created peer
Peer                AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  PrefRcv  Up/Down  State
10.10.10.2          65002      7        8      0      5 00:00:45 Established
10.10.20.2          65002      7        8      0      5 00:00:29 Established
```

在 RTB 上查看 BGP 对等体状态:

```
[RTB]dis bgp peer ipv4

BGP local router ID: 2.2.2.2
Local AS number: 65002
Total number of peers: 2                Peers in established state: 2
```

```
* - Dynamically created peer
Peer                AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  PrefRcv  Up/Down  State
10.10.10.1          65000      10       9      0       3 00:02:02 Established
10.10.10.5          65003      13      14      0       3 00:05:51 Established
```

在 RTC 上查看 BGP 对等体状态：

```
[RTC]dis bgp peer ipv4

BGP local router ID: 3.3.3.3
Local AS number: 65003
Total number of peers: 2                Peers in established state: 2

* - Dynamically created peer
Peer                AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  PrefRcv  Up/Down  State
10.10.10.6          65002      17      14      0       5 00:06:48 Established
10.10.10.10         65002      12      12      0       5 00:04:21 Established
```

在 RTD 上查看 BGP 对等体状态：

```
[RTD]dis bgp peer ipv4

BGP local router ID: 4.4.4.4
Local AS number: 65002
Total number of peers: 2                Peers in established state: 2

* - Dynamically created peer
Peer                AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  PrefRcv  Up/Down  State
10.10.10.9          65003      13      11      0       3 00:04:46 Established
10.10.20.1          65000      11      10      0       3 00:03:03 Established
```

从以上所有的输出信息中看到，所有的 BGP 对等体的状态都是 **Established**，表明 BGP 邻居关系成功建立。

步骤三：查看路由信息

完成如上配置后，在 RTA 上查看 IP 路由表：

```
[RTA]dis ip routing-table

Destinations : 22      Routes : 22

Destination/Mask    Proto  Pre  Cost           NextHop           Interface
0.0.0.0/32          Direct  0    0             127.0.0.1          InLoop0
1.1.1.1/32          Direct  0    0             127.0.0.1          InLoop0
2.2.2.2/32          BGP     255  0             10.10.10.2         GE0/0
3.3.3.3/32          BGP     255  0             10.10.10.2         GE0/0
4.4.4.4/32          BGP     255  0             10.10.20.2         GE0/1
10.10.10.0/30        Direct  0    0             10.10.10.1         GE0/0
10.10.10.0/32        Direct  0    0             10.10.10.1         GE0/0
10.10.10.1/32        Direct  0    0             127.0.0.1          InLoop0
10.10.10.3/32        Direct  0    0             10.10.10.1         GE0/0
10.10.10.4/30        BGP     255  0             10.10.10.2         GE0/0
10.10.10.8/30        BGP     255  0             10.10.20.2         GE0/1
10.10.20.0/30        Direct  0    0             10.10.20.1         GE0/1
10.10.20.0/32        Direct  0    0             10.10.20.1         GE0/1
10.10.20.1/32        Direct  0    0             127.0.0.1          InLoop0
10.10.20.3/32        Direct  0    0             10.10.20.1         GE0/1
127.0.0.0/8          Direct  0    0             127.0.0.1          InLoop0
127.0.0.0/32        Direct  0    0             127.0.0.1          InLoop0
127.0.0.1/32        Direct  0    0             127.0.0.1          InLoop0
```



```

127.255.255.255/32 Direct 0 0      127.0.0.1      InLoop0
224.0.0.0/4      Direct 0 0      0.0.0.0      NULL0
224.0.0.0/24     Direct 0 0      0.0.0.0      NULL0
255.255.255.255/32 Direct 0 0      127.0.0.1      InLoop0

```

在 RTA 上查看 BGP 路由表:

```

[RTA]dis bgp routing-table ipv4

Total number of routes: 15

BGP local router ID is 1.1.1.1
Status codes: * - valid, > - best, d - dampened, h - history,
               s - suppressed, S - stale, i - internal, e - external
Origin: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          NextHop      MED      LocPrf    PrefVal Path/Ogn
* > 1.1.1.1/32      127.0.0.1      0
* >e 2.2.2.2/32     10.10.10.2      0
* >e 3.3.3.3/32     10.10.10.2
                                65003?
* e                10.10.20.2      0          65002
                                65003?
* >e 4.4.4.4/32     10.10.20.2      0          65002?
* > 10.10.10.0/30   10.10.10.1      0          32768 ?
* e                10.10.10.2      0          65002?
* > 10.10.10.1/32   127.0.0.1      0          32768 ?
* >e 10.10.10.4/30  10.10.10.2      0          65002?
* e                10.10.20.2      0          65003?
* >e 10.10.10.8/30  10.10.20.2      0          65002?
* e                10.10.10.2      0          65002
                                65003?
* > 10.10.20.0/30   10.10.20.1      0          32768 ?
* e                10.10.20.2      0          65002?
* > 10.10.20.1/32   127.0.0.1      0          32768 ?

```

从 RTA 的 IP 路由表中可以看到, RTA 上路由 3.3.3.3/32 的下一跳为 10.10.10.2 (RTB); 而从 BGP 路由表中的 AS-PATH 属性可知, 这条 BGP 路由是由 AS 65003 始发的。

步骤四: 配置 as-path-acl 过滤路由并验证

在 RTB 上通过正则表达式配置 as-path-acl, 使 RTB 不向任何邻居发布源自 AS 65003 的路由。

在 RTB 上配置并应用 as-path-acl, 并在对等体的 export 方向应用:

```

[RTB]ip as-path 200 deny 65003$
[RTB]ip as-path 200 permit .*
[RTB-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTB-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.1 as-path-acl 200 export

```

配置完成后, 在 RTA 上查看 BGP 路由表:

```

[RTA]dis bgp routing-table ipv4

Total number of routes: 13

BGP local router ID is 1.1.1.1
Status codes: * - valid, > - best, d - dampened, h - history,
               s - suppressed, S - stale, i - internal, e - external
Origin: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

```

Network	NextHop	MED	LocPrf	PrefVal	Path/Ogn
* > 1.1.1.1/32	127.0.0.1	0		32768	?
* >e 2.2.2.2/32	10.10.10.2	0		0	65002?
* >e 3.3.3.3/32	10.10.20.2			0	65002
					65003?
* >e 4.4.4.4/32	10.10.20.2	0		0	65002?
* > 10.10.10.0/30	10.10.10.1	0		32768	?
* e	10.10.10.2	0		0	65002?
* > 10.10.10.1/32	127.0.0.1	0		32768	?
* >e 10.10.10.4/30	10.10.10.2	0		0	65002?
* e	10.10.20.2			0	65002
					65003?
* >e 10.10.10.8/30	10.10.20.2	0		0	65002?
* > 10.10.20.0/30	10.10.20.1	0		32768	?
* e	10.10.20.2	0		0	65002?
* > 10.10.20.1/32	127.0.0.1	0		32768	?

并查看 RTA 的 IP 路由表:

```
[RTA]dis ip routing-table
```

```
Destinations : 22      Routes : 22
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
2.2.2.2/32	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
3.3.3.3/32	BGP	255	0	10.10.20.2	GE0/1
4.4.4.4/32	BGP	255	0	10.10.20.2	GE0/1
10.10.10.0/30	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.0/32	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.3/32	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.4/30	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
10.10.10.8/30	BGP	255	0	10.10.20.2	GE0/1
10.10.20.0/30	Direct	0	0	10.10.20.1	GE0/1
10.10.20.0/32	Direct	0	0	10.10.20.1	GE0/1
10.10.20.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.20.3/32	Direct	0	0	10.10.20.1	GE0/1
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

在以上输出信息中可以看到, 路由 3.3.3.3/32 的下一跳变为 10.10.20.2; 同时在 RTA 的路由表中, 依然可以看到 AS 65002 始发的路由 2.2.2.2/32。这说明, 所配置的 as-path-acl 过滤了 AS 65003 始发的路由, 而其他 AS 始发的路由依然是允许被通过的。

步骤五: 配置 ip-prefix 过滤路由并验证

在 RTD 上配置 ip-prefix, 并在 BGP 对等体的 export 方向上应用, 如下所示:

```
[RTD] ip prefix-list 1 index 10 deny 4.4.4.4 32
[RTD] ip prefix-list 1 index 20 permit 0.0.0.0 0 less-equal 32
[RTD-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTD-bgp-default-ipv4]peer 10.10.20.1 prefix-list 1 export
```

配置完成后，再次查看 RTA 的 IP 路由表和 BGP 路由表，可以看到路由 4.4.4.4/32 被过滤了。

```
[RTA]dis ip routing-table
```

```
Destinations : 21
```

```
Routes : 21
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
2.2.2.2/32	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
3.3.3.3/32	BGP	255	0	10.10.20.2	GE0/1
10.10.10.0/30	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.0/32	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.3/32	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.4/30	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
10.10.10.8/30	BGP	255	0	10.10.20.2	GE0/1
10.10.20.0/30	Direct	0	0	10.10.20.1	GE0/1
10.10.20.0/32	Direct	0	0	10.10.20.1	GE0/1
10.10.20.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.20.3/32	Direct	0	0	10.10.20.1	GE0/1
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

```
[RTA]dis bgp routing-table ipv4
```

```
Total number of routes: 12
```

```
BGP local router ID is 1.1.1.1
```

```
Status codes: * - valid, > - best, d - dampened, h - history,
               s - suppressed, S - stale, i - internal, e - external
Origin: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
```

Network	NextHop	MED	LocPrf	PrefVal	Path/Ogn
* > 1.1.1.1/32	127.0.0.1	0		32768	?
* >e 2.2.2.2/32	10.10.10.2	0		0	65002?
* >e 3.3.3.3/32	10.10.20.2			0	65002
					65003?
* > 10.10.10.0/30	10.10.10.1	0		32768	?
* e 10.10.10.0/30	10.10.10.2	0		0	65002?
* > 10.10.10.1/32	127.0.0.1	0		32768	?
* >e 10.10.10.4/30	10.10.10.2	0		0	65002?
* e 10.10.10.4/30	10.10.20.2			0	65002
					65003?
* >e 10.10.10.8/30	10.10.20.2	0		0	65002?
* > 10.10.20.0/30	10.10.20.1	0		32768	?
* e 10.10.20.0/30	10.10.20.2	0		0	65002?
* > 10.10.20.1/32	127.0.0.1	0		32768	?

13.5 实验中的命令列表

表13-3 实验命令列表

命令	描述
ip as-path <i>as-path-number</i> { deny permit } <i>regular-expression</i>	配置AS路径过滤列表
peer { <i>group-name</i> <i>ip-address</i> } as-path-acl <i>as-path-acl-number</i> export	为对等体/对等体组设置基于AS路径过滤列表的 BGP路由过滤策略
ip prefix-list <i>prefix-list-name</i> [<i>index</i> <i>index-number</i>] { deny permit } <i>ip-address</i> <i>mask-length</i> [<i>greater-equal</i> <i>min-mask-length</i>] [<i>less-equal</i> <i>max-mask-length</i>]	配置IPv4地址前缀列表
peer { <i>group-name</i> <i>ip-address</i> } prefix-list <i>prefix-list-name</i> export	为对等体/对等体组设置基于IP前缀列表的路由过 滤策略

13.6 思考题

1. 在 RTD 的路由表中，是否存在 2.2.2.2/32 的路由？为什么？

答：RTD 的路由表中不会存在 2.2.2.2/32 的路由。因为 2.2.2.2/32 是 AS 65002 始发的路由；当 RTD 接受到该路由后，发现其 AS 号与自己的 AS 号一致，就会将该路由丢弃。

2. 要满足实验任务“RTB 不把源自 AS 65003 的所有路由发布给其 BGP 邻居”，有其他实现方法吗？

答：可以通过 BGP 团体属性实现。在 RTC 上，将源自 AS 65003 的路由标志为某团体属性，然后在 RTB 上通过路由策略配置向其他 BGP 对等体发布路由时，带有该团体标识的路由不发布。

实验14 BGP 路由聚合与反射

14.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握 BGP 聚合和反射基本工作原理
- 掌握 BGP 聚合的基本配置方法
- 掌握 BGP 反射的基本配置方法

14.2 实验组网图

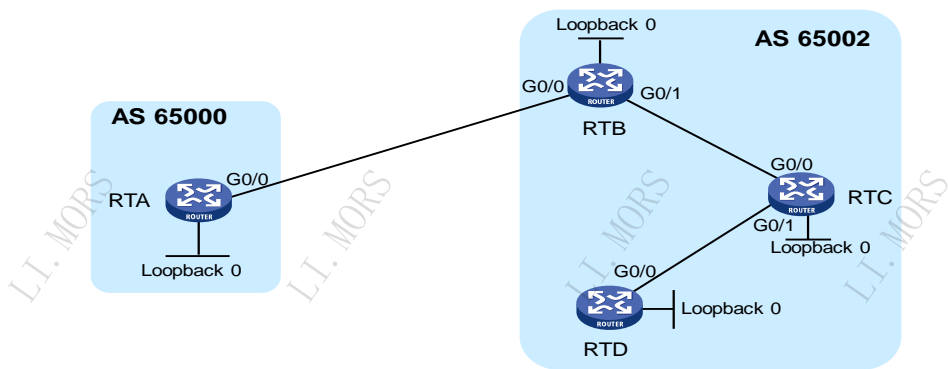


图14-1 BGP 路由聚合与反射实验组网

14.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 14-1 所示。

表14-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	Version 7.1.059	4	HCL实验平台
第5类UTP以太网连接线	--	3	

14.4 实验过程

实验任务一：配置 BGP 路由反射器

在本实验任务中，学员需要配置 BGP 路由反射器，并验证和查看反射功能。通过本实验任务，学员应该能够掌握 BGP 反射的基本配置和原理，同时学习反射器的选路原则

步骤一：建立物理连接

按照图 14-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：配置 IP 地址以及静态路由

表14-2 IP 地址规划表

路由器	接口	IP 地址
RTA	GE0/0	10.10.10.1/30
	Loopback 0	1.1.1.1/32
RTB	GE0/0	10.10.10.2/30
	GE0/1	10.10.10.6/30
	Loopback 0	2.2.2.2/32
RTC	GE0/0	10.10.10.5/30
	GE0/1	10.10.10.9/30
	Loopback 0	3.3.3.3/32
RTD	GE0/0	10.10.10.10/30
	Loopback 0	4.4.4.4/32

根据表 14-2 配置 IP 地址后，要通过 PING 命令检测直连网段的互通性。

然后需要在三台路由器上配置静态路由，确保路由器之间的 loopback 地址互相可达。

RTB 上配置静态路由：

```
[RTB]ip route-static 3.3.3.3 255.255.255.255 10.10.10.5
[RTB]ip route-static 4.4.4.4 255.255.255.252 10.10.10.5
```

RTC 上配置静态路由：

```
[RTC]ip route-static 2.2.2.2 255.255.255.255 10.10.10.6
[RTC]ip route-static 4.4.4.4 255.255.255.255 10.10.10.10
```

RTD 上配置静态路由：

```
[RTD]ip route-static 3.3.3.3 255.255.255.255 10.10.10.9
[RTD]ip route-static 2.2.2.2 255.255.255.252 10.10.10.9
```

步骤三：启动 BGP 并配置 EBGP 对等体

首先在 RTA、RTB 上完成基本 BGP 配置并完成 EBGP 对等体关系建立，同时在 BGP 中引入直连路由。

在 RTA 上配置 BGP:

```
[RTA]bgp 65000
[RTA-bgp-default]peer 10.10.10.2 as-number 65002
[RTA-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTA-bgp-default-ipv4]import-route direct
[RTA-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.2 enable
```

在 RTB 上配置 BGP:

```
[RTB]bgp 65002
[RTB-bgp-default]peer 10.10.10.1 as-number 65000
[RTB-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTB-bgp-default-ipv4]import-route direct
[RTB-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.1 enable
```

配置完成后要通过命令 `display bgp peer` 查看 BGP 状态,

在 RTA 上查看 BGP 邻居状态:

```
[RTA]dis bgp peer ipv4

BGP local router ID: 1.1.1.1
Local AS number: 65000
Total number of peers: 1                Peers in established state: 1

* - Dynamically created peer
Peer                AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  PrefRcv  Up/Down  State
10.10.10.2          65002    14       8       0       3 00:03:32 Established
```

在 RTA 上查看 BGP 路由表:

```
[RTA]dis bgp routing-table ipv4

Total number of routes: 6

BGP local router ID is 1.1.1.1
Status codes: * - valid, > - best, d - dampened, h - history,
               s - suppressed, S - stale, i - internal, e - external
Origin: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network                NextHop          MED          LocPrf        PrefVal Path/Ogn
* > 1.1.1.1/32            127.0.0.1         0
* >e 2.2.2.2/32           10.10.10.2         0
* > 10.10.10.0/30         10.10.10.1         0
* e 10.10.10.2             10.10.10.2         0
* > 10.10.10.1/32         127.0.0.1         0
* >e 10.10.10.4/30        10.10.10.2         0
```

在 RTA 上查看全局路由表:

```
[RTA]dis ip routing-table

Destinations : 15          Routes : 15

Destination/Mask  Proto  Pre Cost           NextHop           Interface
```

实验 14 BGP 路由聚合与反射

0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
2.2.2.2/32	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
10.10.10.0/30	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.0/32	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.3/32	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.4/30	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

在 RTB 上查看 BGP 邻居状态:

```
[RTB]dis bgp peer ipv4

BGP local router ID: 2.2.2.2
Local AS number: 65002
Total number of peers: 1                Peers in established state: 1

* - Dynamically created peer
Peer                AS  MsgRcvd  MsgSent  OutQ  PrefRcv  Up/Down  State
10.10.10.1          65000    10       15      0      2 00:05:19 Established
```

在 RTB 上查看 RTB 全局路由表:

```
[RTB]dis ip routing-table

Destinations : 20    Routes : 20

Destination/Mask    Proto  Pre Cost       NextHop           Interface
0.0.0.0/32          Direct 0  0       127.0.0.1         InLoop0
1.1.1.1/32          BGP    255 0       10.10.10.1        GE0/0
2.2.2.2/32          Direct 0  0       127.0.0.1         InLoop0
3.3.3.3/32          Static 60  0       10.10.10.5        GE0/1
4.4.4.4/32          Static 60  0       10.10.10.5        GE0/1
10.10.10.0/30        Direct 0  0       10.10.10.2        GE0/0
10.10.10.0/32        Direct 0  0       10.10.10.2        GE0/0
10.10.10.2/32        Direct 0  0       127.0.0.1         InLoop0
10.10.10.3/32        Direct 0  0       10.10.10.2        GE0/0
10.10.10.4/30        Direct 0  0       10.10.10.6        GE0/1
10.10.10.4/32        Direct 0  0       10.10.10.6        GE0/1
10.10.10.6/32        Direct 0  0       127.0.0.1         InLoop0
10.10.10.7/32        Direct 0  0       10.10.10.6        GE0/1
127.0.0.0/8          Direct 0  0       127.0.0.1         InLoop0
127.0.0.0/32        Direct 0  0       127.0.0.1         InLoop0
127.0.0.1/32        Direct 0  0       127.0.0.1         InLoop0
127.255.255.255/32   Direct 0  0       127.0.0.1         InLoop0
224.0.0.0/4          Direct 0  0       0.0.0.0           NULL0
224.0.0.0/24        Direct 0  0       0.0.0.0           NULL0
255.255.255.255/32   Direct 0  0       127.0.0.1         InLoop0
```

在 RTB 上查看 BGP 路由表:

```
[RTB]dis bgp routing-table ipv4

Total number of routes: 7

BGP local router ID is 2.2.2.2
Status codes: * - valid, > - best, d - dampened, h - history,
```


实验 14 BGP 路由聚合与反射

s - suppressed, S - stale, i - internal, e - external
Origin: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

Network	NextHop	MED	LocPrf	PrefVal	Path/Ogn
* >e 1.1.1.1/32	10.10.10.1	0		0	65000?
* > 2.2.2.2/32	127.0.0.1	0		32768	?
* > 10.10.10.0/30	10.10.10.2	0		32768	?
* e	10.10.10.1	0		0	65000?
* > 10.10.10.2/32	127.0.0.1	0		32768	?
* > 10.10.10.4/30	10.10.10.6	0		32768	?
* > 10.10.10.6/32	127.0.0.1	0		32768	?

通过如上输出信息可以看到，RTA 与 RTB 之间成功建立 EBGP 对等体关系，并且相互学习到了 BGP 路由。

步骤四：配置 IBGP 对等体

首先配置 RTB、RTC、RTD 为普通的 IBGP 邻居。在三台路由器上分别配置如下：

配置 RTB:

```
[RTB]bgp 65002
[RTB-bgp-default]peer 3.3.3.3 as-number 65002
[RTB-bgp-default]peer 3.3.3.3 connect-interface LoopBack 0
[RTB-bgp-default]peer 10.10.10.1 as-number 65000
[RTB-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTB-bgp-default-ipv4]import-route direct
[RTB-bgp-default-ipv4]peer 3.3.3.3 enable
[RTB-bgp-default-ipv4]peer 3.3.3.3 next-hop-local
[RTB-bgp-default-ipv4]peer 10.10.10.1 enable
```

配置 RTC:

```
[RTC]bgp 65002
[RTC-bgp-default]peer 4.4.4.4 as-number 65002
[RTC-bgp-default]peer 2.2.2.2 as-number 65002
[RTC-bgp-default]peer 4.4.4.4 connect-interface LoopBack0
[RTC-bgp-default]peer 2.2.2.2 connect-interface LoopBack0
[RTC-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTC-bgp-default-ipv4]import-route direct
[RTC-bgp-default-ipv4]peer 2.2.2.2 enable
[RTC-bgp-default-ipv4]peer 4.4.4.4 enable
```

配置 RTD:

```
[RTD]bgp 65002
[RTD-bgp-default]peer 3.3.3.3 as-number 65002
[RTD-bgp-default]peer 3.3.3.3 connect-interface LoopBack0
[RTD-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTD-bgp-default-ipv4]import-route direct
[RTD-bgp-default-ipv4]peer 3.3.3.3 enable
```

步骤五：查看 BGP 路由信息

完成以上配置后，在三台路由器上通过 `display bgp peer` 查看 BGP 邻居状态，如果邻居状态为 **Established**，那么查看 RTC 的路由表：

```
[RTC]dis ip routing-table
```

```
Destinations : 21          Routes : 21
```

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	BGP	255	0	2.2.2.2	GE0/0
2.2.2.2/32	Static	60	0	10.10.10.6	GE0/0

实验 14 BGP 路由聚合与反射

3.3.3.3/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
4.4.4.4/32	Static	60	0	10.10.10.10	GE0/1
10.10.10.0/30	BGP	255	0	2.2.2.2	GE0/0
10.10.10.4/30	Direct	0	0	10.10.10.5	GE0/0
10.10.10.4/32	Direct	0	0	10.10.10.5	GE0/0
10.10.10.5/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.7/32	Direct	0	0	10.10.10.5	GE0/0
10.10.10.8/30	Direct	0	0	10.10.10.9	GE0/1
10.10.10.8/32	Direct	0	0	10.10.10.9	GE0/1
10.10.10.9/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.11/32	Direct	0	0	10.10.10.9	GE0/1
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

从如上输出信息中可以看到 RTC 从 RTB 处获得了 10.10.10.0/30 的 BGP 路由，然后查看 RTD 的路由表：

```
[RTD]dis ip routing-table
```

Destinations : 16 Routes : 16

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
2.2.2.2/32	Static	60	0	10.10.10.9	GE0/0
3.3.3.3/32	Static	60	0	10.10.10.9	GE0/0
4.4.4.4/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.4/30	BGP	255	0	3.3.3.3	GE0/0
10.10.10.8/30	Direct	0	0	10.10.10.10	GE0/0
10.10.10.8/32	Direct	0	0	10.10.10.10	GE0/0
10.10.10.10/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.11/32	Direct	0	0	10.10.10.10	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

而在 RTD 的路由表中看不到 BGP 路由。但这并不能确定 RTD 没有接收到 BGP 路由，因为路由器只把最优的路由写入自己的路由表。此时需要在 RTD 上查看 BGP 路由表来确定有没有 BGP 路由。如下所示：

```
[RTD]dis bgp routing-table ipv4
```

Total number of routes: 6

BGP local router ID is 4.4.4.4

Status codes: * - valid, > - best, d - dampened, h - history,
s - suppressed, S - stale, i - internal, e - external
Origin: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

Network	NextHop	MED	LocPrf	PrefVal	Path/Ogn
* >i 3.3.3.3/32	3.3.3.3	0	100	0	?
* > 4.4.4.4/32	127.0.0.1	0		32768	?
* >i 10.10.10.4/30	3.3.3.3	0	100	0	?
* > 10.10.10.8/30	10.10.10.10	0		32768	?
* i	3.3.3.3	0	100	0	?

```
* > 10.10.10.10/32      127.0.0.1      0      32768      ?
```

RTD 的 BGP 路由表中并没有 10.10.10.0/30 的 BGP 路由，说明 RTC 没有将其从 IBGP 对等体 RTB 学习到的 BGP 路由 10.10.10.0/30 通告给自己的 IBGP 对等体。要解决该问题，可以通过如下两种途径：

- 一是建立 IBGP 全连接，即 RTB 和 RTD 之间建立 IBGP 对等体；
- 二是配置 BGP 反射，使 RTC 能够将 RTB 的路由反射给 RTD。

步骤六：配置 RTC 为 BGP 反射器

在本实验中我们选择将 RTC 配置为 BGP 反射器。在 RTC 上增加如下 BGP 配置命令：

```
[RTC]bgp 65002
[RTC-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTC-bgp-default-ipv4]peer 4.4.4.4 reflect-client
[RTC-bgp-default-ipv4]peer 2.2.2.2 reflect-client
```

将 RTC 配置为 RR 后，再次查看 RTD 的路由表：

```
[RTD]dis ip routing-table

Destinations : 18      Routes : 18

Destination/Mask    Proto    Pre  Cost           NextHop         Interface
0.0.0.0/32          Direct   0    0             127.0.0.1       InLoop0
1.1.1.1/32          BGP      255  0             2.2.2.2         GE0/0
2.2.2.2/32          Static   60    0             10.10.10.9      GE0/0
3.3.3.3/32          Static   60    0             10.10.10.9      GE0/0
4.4.4.4/32          Direct   0    0             127.0.0.1       InLoop0
10.10.10.0/30        BGP      255  0             2.2.2.2         GE0/0
10.10.10.4/30        BGP      255  0             3.3.3.3         GE0/0
10.10.10.8/30        Direct   0    0             10.10.10.10     GE0/0
10.10.10.8/32        Direct   0    0             10.10.10.10     GE0/0
10.10.10.10/32       Direct   0    0             127.0.0.1       InLoop0
10.10.10.11/32       Direct   0    0             10.10.10.10     GE0/0
127.0.0.0/8          Direct   0    0             127.0.0.1       InLoop0
127.0.0.0/32         Direct   0    0             127.0.0.1       InLoop0
127.0.0.1/32         Direct   0    0             127.0.0.1       InLoop0
127.255.255.255/32   Direct   0    0             127.0.0.1       InLoop0
224.0.0.0/4          Direct   0    0             0.0.0.0         NULL0
224.0.0.0/24         Direct   0    0             0.0.0.0         NULL0
255.255.255.255/32   Direct   0    0             127.0.0.1       InLoop0
```

从 RTD 的路由表中可以看到，RTC 将从 IBGP 对等体 RTB 学习到的路由反射给了自己的客户端路由器 RTD。

步骤七：测试网络可达性

配置完成后，在 RTD 上通过 ping RTA 的 loopback 地址来测试互通：

```
[RTD] ping 1.1.1.1
Ping 1.1.1.1 (1.1.1.1): 56 data bytes, press CTRL_C to break
56 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=0 ttl=253 time=6.440 ms
56 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=1 ttl=253 time=5.353 ms
56 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=2 ttl=253 time=4.249 ms
56 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=3 ttl=253 time=4.709 ms
56 bytes from 1.1.1.1: icmp_seq=4 ttl=253 time=4.832 ms

--- Ping statistics for 1.1.1.1 ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
```

round-trip min/avg/max/std-dev = 4.249/5.117/6.440/0.749 ms

实验任务二：BGP 路由聚合

在本实验任务中，学员需要在 BGP 中配置自动聚合、手动聚合的配置。通过本实验任务，学员应该掌握 BGP 自动聚合和手动聚合的配置及应用。

在实验任务一的配置基础上，继续 BGP 路由聚合的实验。

步骤一：查看路由信息

查看 RTA 的路由表：

```
[RTA]dis ip routing-table
```

Destinations : 18

Routes : 18

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
2.2.2.2/32	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
3.3.3.3/32	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
4.4.4.4/32	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
10.10.10.0/30	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.0/32	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.3/32	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.4/30	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
10.10.10.8/30	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
127.0.0.0/8	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.0.0.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
127.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
224.0.0.0/4	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
224.0.0.0/24	Direct	0	0	0.0.0.0	NULL0
255.255.255.255/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0

从 RTA 的路由表可以看到，路由表中有 2 条前缀是 10.10.10.0 的路由，而且这两条 BGP 路由都来自 RTB，那么可以将其进行聚合。

步骤二：配置自动聚合

```
[RTB-bgp-default]address-family ipv4 unicast
```

```
[RTB-bgp-default-ipv4]summary automatic
```

完成自动聚合配置后，在 RTA 路由表上查看路由表：

```
[RTA]dis ip routing-table
```

Destinations : 19

Routes : 19

Destination/Mask	Proto	Pre	Cost	NextHop	Interface
0.0.0.0/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
1.1.1.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
2.0.0.0/8	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
3.3.3.3/32	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
4.4.4.4/32	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
10.0.0.0/8	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
10.10.10.0/30	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.0/32	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.1/32	Direct	0	0	127.0.0.1	InLoop0
10.10.10.3/32	Direct	0	0	10.10.10.1	GE0/0
10.10.10.4/30	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0
10.10.10.8/30	BGP	255	0	10.10.10.2	GE0/0

实验 14 BGP 路由聚合与反射

```

127.0.0.0/8      Direct 0 0      127.0.0.1      InLoop0
127.0.0.0/32     Direct 0 0      127.0.0.1      InLoop0
127.0.0.1/32     Direct 0 0      127.0.0.1      InLoop0
127.255.255.255/32 Direct 0 0      127.0.0.1      InLoop0
224.0.0.0/4      Direct 0 0      0.0.0.0        NULL0
224.0.0.0/24     Direct 0 0      0.0.0.0        NULL0
255.255.255.255/32 Direct 0 0      127.0.0.1      InLoop0

```

从以上输出信息可以看到,配置自动聚合后,RTB 会生成自然掩码 A 类网段地址 10.0.0.0/8 并发布给 RTA。

步骤三：配置手动聚合并验证

取消 BGP 自动聚合,然后在 RTB 上配置手动聚合,并指定只发布聚合后的路由,不发布具体路由:

```

[RTB-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTB-bgp-default-ipv4]aggregate 10.10.10.4 255.255.255.240 detail-suppressed

```

配置完成后,查看 RTA 路由表:

```
[RTA]dis ip routing-table
```

```

Destinations : 17      Routes : 17

Destination/Mask    Proto    Pre  Cost      NextHop          Interface
0.0.0.0/32          Direct   0    0          127.0.0.1        InLoop0
1.1.1.1/32          Direct   0    0          127.0.0.1        InLoop0
2.2.2.2/32          BGP      255  0          10.10.10.2        GE0/0
3.3.3.3/32          BGP      255  0          10.10.10.2        GE0/0
4.4.4.4/32          BGP      255  0          10.10.10.2        GE0/0
10.10.10.0/28        BGP      255  0          10.10.10.2        GE0/0
10.10.10.0/30        Direct   0    0          10.10.10.1        GE0/0
10.10.10.0/32        Direct   0    0          10.10.10.1        GE0/0
10.10.10.1/32        Direct   0    0          127.0.0.1        InLoop0
10.10.10.3/32        Direct   0    0          10.10.10.1        GE0/0
127.0.0.0/8          Direct   0    0          127.0.0.1        InLoop0
127.0.0.0/32         Direct   0    0          127.0.0.1        InLoop0
127.0.0.1/32         Direct   0    0          127.0.0.1        InLoop0
127.255.255.255/32   Direct   0    0          127.0.0.1        InLoop0
224.0.0.0/4          Direct   0    0          0.0.0.0          NULL0
224.0.0.0/24         Direct   0    0          0.0.0.0          NULL0
255.255.255.255/32   Direct   0    0          127.0.0.1        InLoop0

```

从以上输出信息可以看到,RTA 的路由表没有聚合前的明细路由,只有聚合后的路由 10.10.10.0/28。

修改手动聚合的配置,使其聚合后不仅发布聚合路由也发布聚合前的明细路由。在 RTB 上配置如下:

```

[RTB-bgp-default]address-family ipv4 unicast
[RTB-bgp-default-ipv4]aggregate 10.10.10.4 255.255.255.240

```

在 RTA 上查看路由表:

```
[RTA]dis ip routing-table
```

```

Destinations : 19      Routes : 19

Destination/Mask    Proto    Pre  Cost      NextHop          Interface
0.0.0.0/32          Direct   0    0          127.0.0.1        InLoop0
1.1.1.1/32          Direct   0    0          127.0.0.1        InLoop0
2.2.2.2/32          BGP      255  0          10.10.10.2        GE0/0

```

```

3.3.3.3/32      BGP      255 0      10.10.10.2      GE0/0
4.4.4.4/32      BGP      255 0      10.10.10.2      GE0/0
10.10.10.0/28    BGP      255 0      10.10.10.2      GE0/0
10.10.10.0/30    Direct  0 0      10.10.10.1      GE0/0
10.10.10.0/32    Direct  0 0      10.10.10.1      GE0/0
10.10.10.1/32    Direct  0 0      127.0.0.1       InLoop0
10.10.10.3/32    Direct  0 0      10.10.10.1      GE0/0
10.10.10.4/30    BGP      255 0      10.10.10.2      GE0/0
10.10.10.8/30    BGP      255 0      10.10.10.2      GE0/0
127.0.0.0/8      Direct  0 0      127.0.0.1       InLoop0
127.0.0.0/32     Direct  0 0      127.0.0.1       InLoop0
127.0.0.1/32     Direct  0 0      127.0.0.1       InLoop0
127.255.255.255/32 Direct  0 0      127.0.0.1       InLoop0
224.0.0.0/4      Direct  0 0      0.0.0.0         NULL0
224.0.0.0/24     Direct  0 0      0.0.0.0         NULL0
255.255.255.255/32 Direct  0 0      127.0.0.1       InLoop0

```

从以上输出信息可以看到，RTA 的路由表中不仅有聚合后的路由 10.10.10.0/28，配置聚合前的具体路由也存在。

14.5 实验中的命令列表

表14-3 实验命令列表

命令	描述
peer { group-name ip-address } reflect-client	配置将本机作为路由反射器，并将对等体/对等体组作为路由反射器的客户
summary automatic	配置对引入的IGP子网路由进行自动聚合
aggregate ip-address { mask mask-length } [as-set attribute-policy route-policy-name detail-suppressed origin-policy route-policy-name suppress-policy route-policy-name]	配置路由手动聚合

14.6 思考题

- 实验任务二中，配置了自动聚合以后，为什么 RTA 的路由表中仍然存在 10.10.10.8/30 这条具体路由？

答：BGP 自动聚合仅对引入的 IGP 子网路由进行聚合，并不对从对等体学来的路由进行聚合。

实验15 ND 基本配置

15.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握如何在路由器上配置 ND 协议
- 掌握如何查看邻居表项

15.2 实验组网图

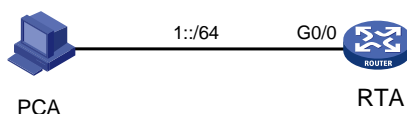


图15-1 ND 基本配置实验组网

15.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 15-1 所示。

表15-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	Version 7.1.059	1	HCL实验平台
PC	Windows 7	1	
第5类UTP以太网连接线	--	1	

15.4 实验过程

实验任务一：配置 ND

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置 ND，使终端主机能够自动获得 IPv6 地址。通过本实验任务，学员应该能够掌握如何在路由器上配置 ND 协议，查看邻居表项。

步骤一：建立物理连接

按照图 15-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IPv6 地址配置

表15-2 IPv6 地址列表

设备名称	接口	IPv6 地址	网关
PCA	--	1::2/64	1::1
RTA	G0/0	1::1/64	--

按表 15-2 所示在 PC 及路由器上配置 IPv6 地址。

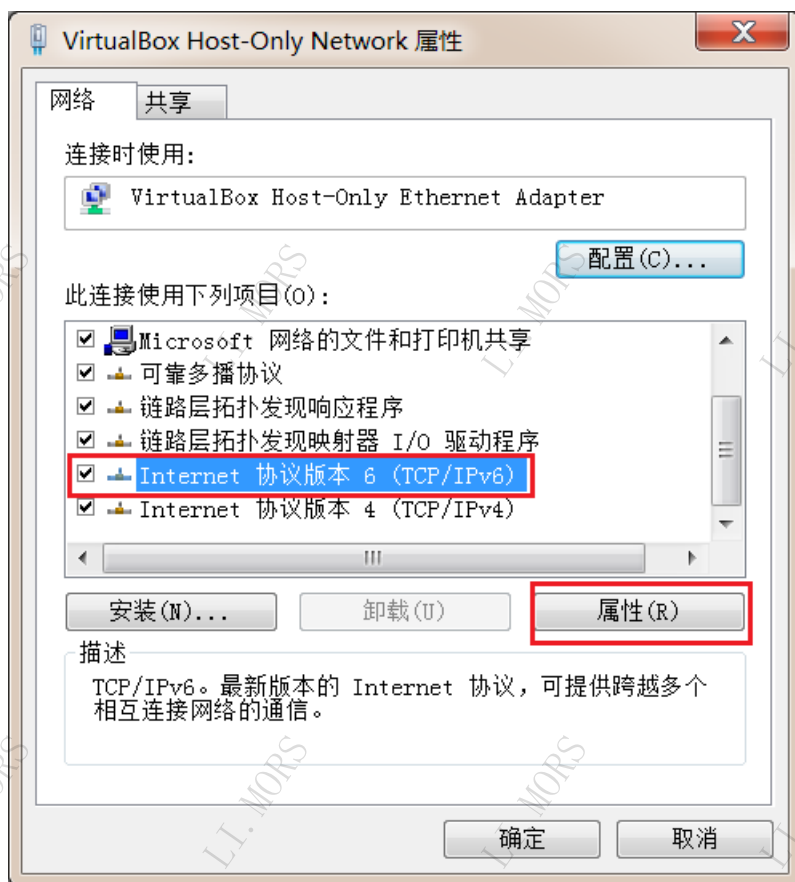
配置 RTA：

```
[RTA]interface GigabitEthernet0/0
[RTA-GigabitEthernet0/0]ipv6 address 1::1/64
```

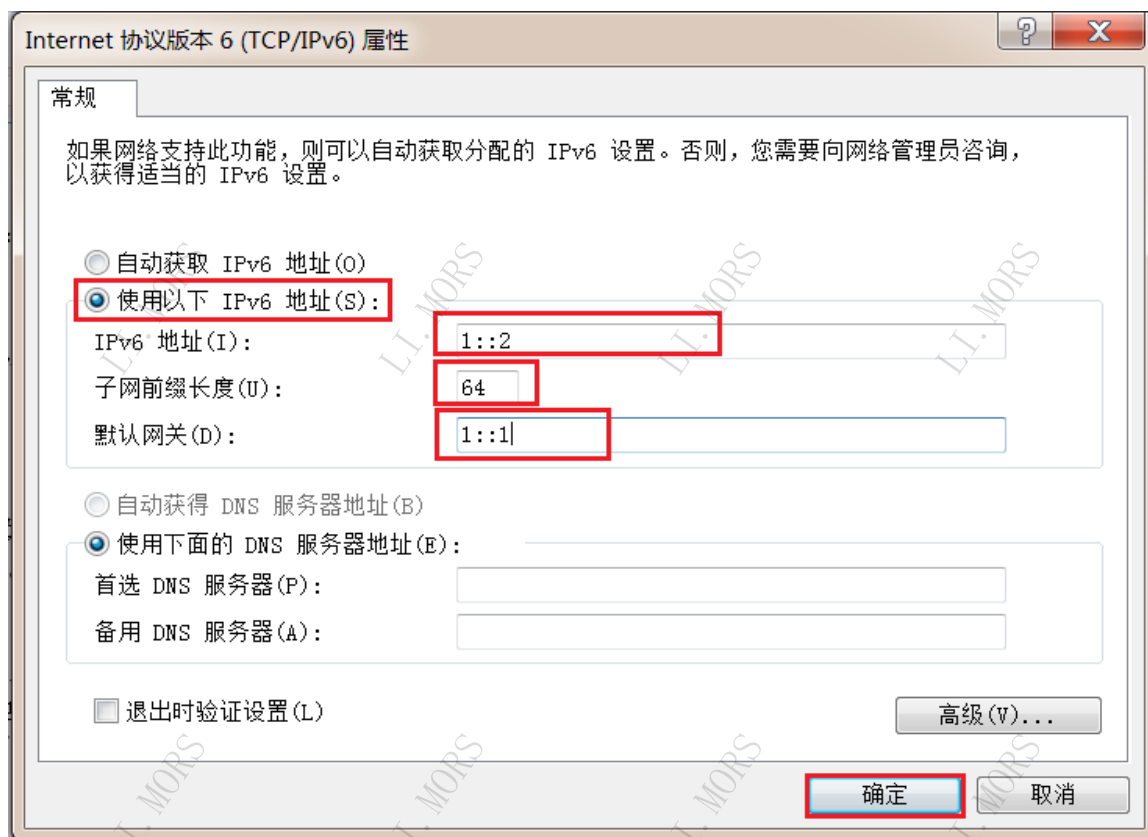
在 PCA 上配置 IPv6 地址，首先在网络和共享中心打开连接到 RTA 的网络连接，如下所示：



点击其中的“属性”按钮，进入如下页面：



在对话框“此连接使用下列项目”中点击“Internet 协议版本 6 (TCP/IPv6)”选项，等待该选项字体出现深色背景色后，点击对话框下方“属性”选项，弹出如下页面：



在弹出对话框中点选“使用以下 Ipv6 地址”，并在 Ipv6 地址栏中输入 1::2，子网前缀长度栏中输入 64，默认网关栏中输入 1::1，最后点击对话框下方确定按钮完成配置。

注：实际使用中还需填写 DNS 服务器地址才可正常使用。

配置完成后，在 PCA 及路由器上使用 Ping 命令来测试，如下所示：

```
C:\>ping 1::1

Pinging 1::1 with 32 bytes of data:

Reply from 1::1: time<1ms
Reply from 1::1: time<1ms
Reply from 1::1: time<1ms
Reply from 1::1: time<1ms

Ping statistics for 1::1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

[RTA]ping ipv6 1::2
Ping6(56 data bytes) 1::1 --> 1::2, press CTRL_C to break
56 bytes from 1::2, icmp_seq=0 hlim=128 time=5.159 ms
56 bytes from 1::2, icmp_seq=1 hlim=128 time=1.807 ms
56 bytes from 1::2, icmp_seq=2 hlim=128 time=2.314 ms
56 bytes from 1::2, icmp_seq=3 hlim=128 time=1.796 ms
56 bytes from 1::2, icmp_seq=4 hlim=128 time=1.810 ms

--- Ping6 statistics for 1::2 ---
```

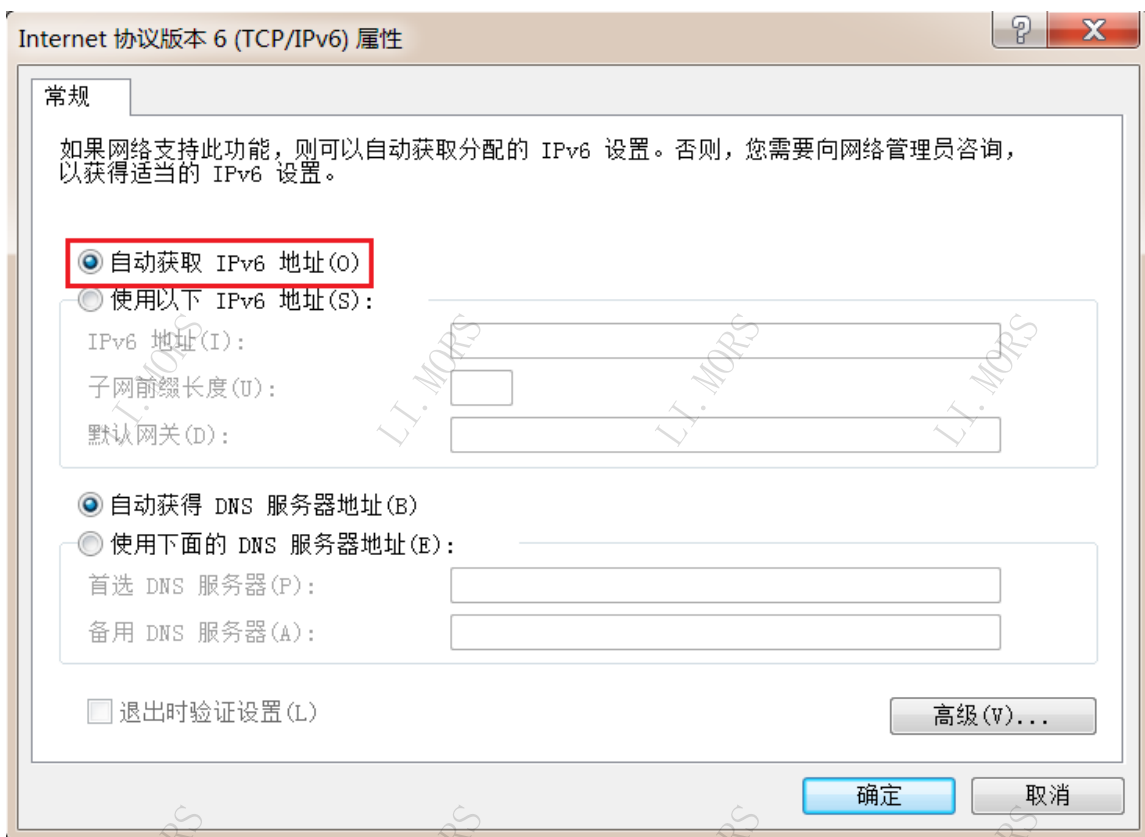
```
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 1.796/2.577/5.159/1.306 ms
%Dec 26 15:33:32:061 2014 RTA PING/6/PING_STATISTICS: Ping6 statistics for 1::2:
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss, round-trip
min/avg/max/std-dev = 1.796/2.577/5.159/1.306 ms.
```

步骤三：ND 协议配置

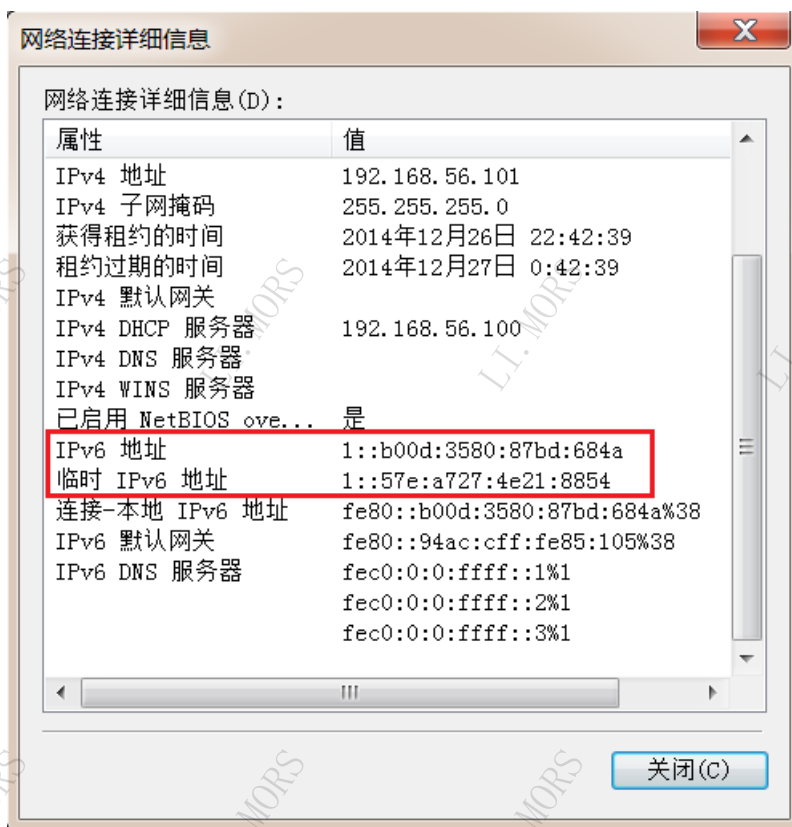
缺省情况下，路由器接口禁止向外发送 RA 报文，即 PC 无法自动获得 IPv6 地址。在路由器上取消 RA 抑制，如下所示：

```
[RTA-GigabitEthernet0/0]undo ipv6 nd ra halt
```

同时在 PCA 上连接 RTA 的网络连接的 Internet 协议版本 6（TCP/IPv6）属性对话框中选择自动获取 IPv6 地址，如下所示：



然后在 PCA 上查看 IPv6 地址，如下所示：



可以看到，PCA 自动获得了 2 个全局 IPv6 地址，同时获得了默认网关 FE80::94AC:CFF:FE85:105%38（路由器接口的链路本地地址）。

在 PCA 上执行 Ping 操作，如下所示：

```
C:\>ping 1::1

Pinging 1::1 with 32 bytes of data:

Reply from 1::1: time<1ms
Reply from 1::1: time<1ms
Reply from 1::1: time<1ms
Reply from 1::1: time<1ms

Ping statistics for 1::1:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

然后在 RTA 上查看邻居表，如下所示：

```
<RTA>dis ipv6 neighbors all
Type: S-Static    D-Dynamic    O-Openflow    R-Rule    I-Invalid
IPv6 address      Link layer      VID Interface  State T Age
1::57E:A727:4E21:8854  0800-2700-cc79 N/A GE0/0      REACH D 4
FE80::B00D:3580:87BD:684A  0800-2700-cc79 N/A GE0/0      REACH D 22

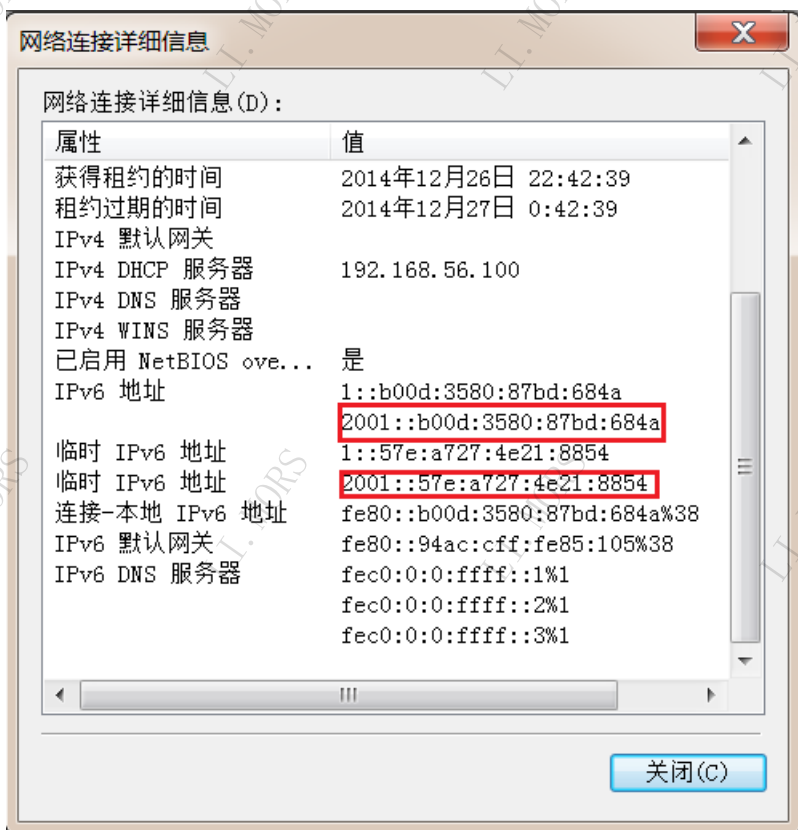
<RTA>dis ipv6 neighbors all
Type: S-Static    D-Dynamic    O-Openflow    R-Rule    I-Invalid
IPv6 address      Link layer      VID Interface  State T Age
1::57E:A727:4E21:8854  0800-2700-cc79 N/A GE0/0      STALE D 2
FE80::B00D:3580:87BD:684A  0800-2700-cc79 N/A GE0/0      REACH D 13
```

可以看到，RTA 邻居表中有了 PCA 的地址，并且其状态从“REACH”经过一段时间变成“STALE”。

在 RTA 的接口 G0/0 上再添加一个 IPv6 地址，同时将 RA 报文的发布时间间隔调整为最大值 4 秒，最小值 3 秒，以使 PCA 能够尽快获得前缀，如下所示：

```
[RTA-GigabitEthernet0/0]ipv6 address 2001::1 64
[RTA-GigabitEthernet0/0]ipv6 nd ra interval 4 3
```

然后在 PCA 上查看详细信息，如下所示：



可以看到，PCA 又获得了 2001::/64 的前缀。此时如果在 PCA 上 Ping 路由器地址 2001::1，则在路由器的邻居表中可看到 PCA 的以 2001::开头的地址。

15.5 实验中的命令列表

表15-3 实验命令列表

命令	描述
ipv6 address { ipv6-address prefix-length ipv6-address/prefix-length }	手工配置接口的IPv6全球单播地址
undo ipv6 nd ra halt	取消对RA消息发布的抑制。

命令	描述
ipv6 nd ra interval <i>max-interval-value</i> <i>min-interval-value</i>	配置RA消息发布的最大时间间隔和最小时间间隔。
display ipv6 neighbors all	显示所有邻居的信息

15.6 思考题

1. 实验任务中，PCA 自动得到的网关地址是链路本地地址 **fe80::20f:e2ff:fed1:bdf8**，而不是 **1::1**，这样有什么好处？

答案：**fe80::20f:e2ff:fed1:bdf8** 是由 MAC 地址通过 EUI-64 算法而生成的，不会随便变化，相对稳定。

实验16 IPv6 路由协议

16.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握如何在路由器上配置 RIPng
- 掌握如何查看 IPv6 路由表
- 掌握如何在路由器上配置 OSPFv3

16.2 实验组网图

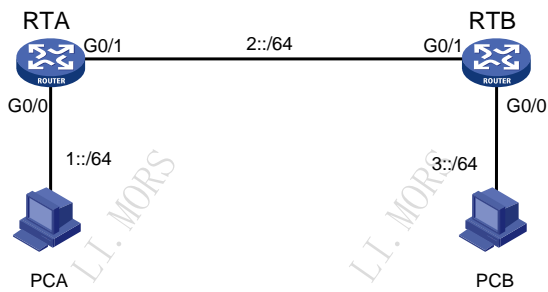


图16-1 IPv6 路由协议实验环境图

16.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 16-1 所示。

表16-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	Version 7.1.059	2	HCL实验平台
PC	Windows XP SP2	2	
第5类UTP以太网连接线	--	3	

16.4 实验过程

实验任务一：配置 RIPng

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置 RIPng 进行路由学习。通过本实验任务，学员应该能够掌握如何配置 RIPng，及查看 IPv6 路由表。

步骤一：建立物理连接

按照图 16-1 进行连接,并检查设备的软件版本及配置信息,确保各设备软件版本符合要求,所有配置为初始状态。如果配置不符合要求,请在用户模式下擦除设备中的配置文件,然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令:

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IPv6 地址配置

表16-2 IPv6 地址列表

设备名称	接口	IPv6 地址	网关
PCA	--	1::2/64	1::1
PCB	--	3::2/64	3::1
RTA	G0/0	1::1/64	--
	G0/1	2::1/64	--
RTB	G0/0	3::1/64	--
	G0/1	2::2/64	--

按表 16-2 所示在 PC 及路由器上配置 IPv6 地址。

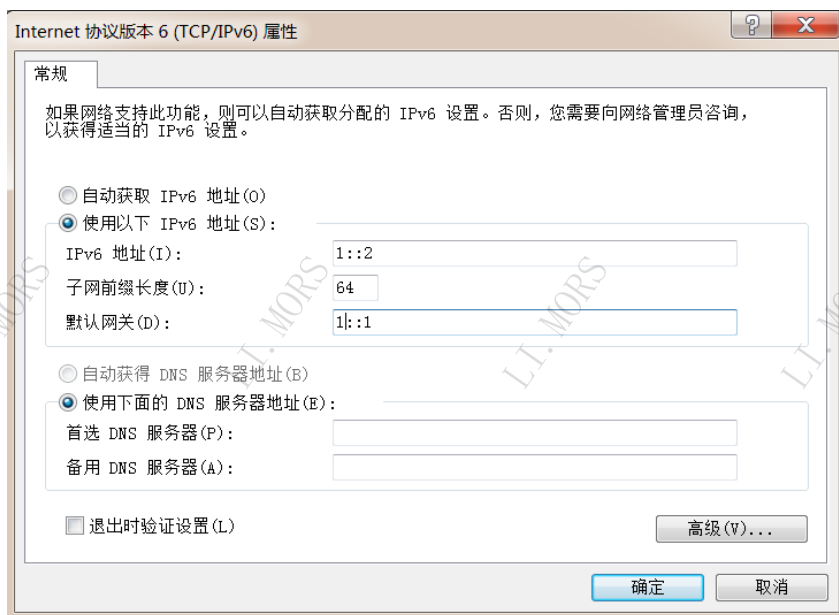
配置 RTA:

```
[RTA-GigabitEthernet0/0]ipv6 address 1::1/64
[RTA-GigabitEthernet0/1]ipv6 address 2::1/64
```

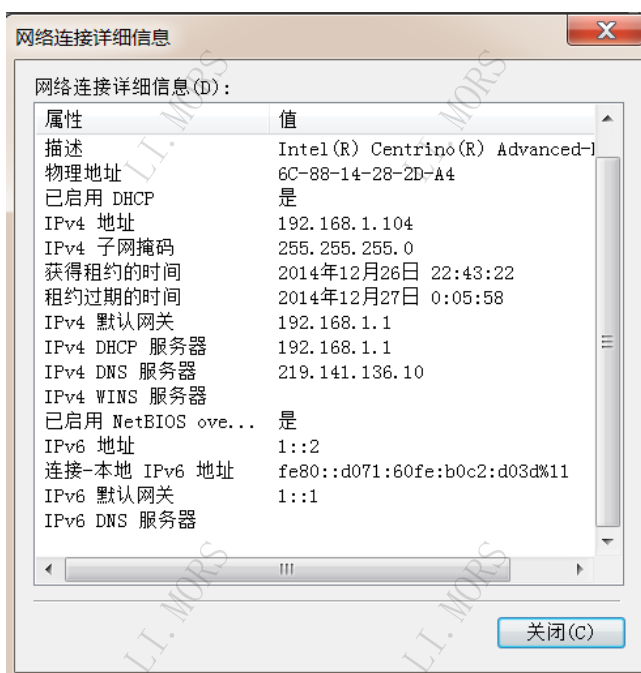
配置 RTB:

```
[RTB-GigabitEthernet0/0]ipv6 address 3::1/64
[RTB-GigabitEthernet0/1]ipv6 address 2::2/64
```

请读者在 PC 上也设置相应的 IPv6 地址及默认网关。以下给出在 PCA 上设置地址及网关的示例:



可在网络连接详细信息中查看配置结果：



步骤三：RIPng 协议配置

在路由器上配置 RIPng 使路由器之间能够互相学习路由。

配置 RTA:

```
[RTA]ripng
[RTA-GigabitEthernet0/1]ripng 1 enable
[RTA-GigabitEthernet0/0]ripng 1 enable
```

配置 RTB:

```
[RTB]ripng
[RTB-GigabitEthernet0/0]ripng 1 enable
[RTB-GigabitEthernet0/1]ripng 1 enable
```

配置完成后, 查看路由表, 如下所示:

```
[RTA]dis ipv6 routing-table
```

```
Destinations : 8          Routes : 8

Destination: ::1/128          Protocol : Direct
NextHop : ::1                Preference: 0
Interface : InLoop0          Cost : 0

Destination: 1::/64          Protocol : Direct
NextHop : ::                 Preference: 0
Interface : GE0/0            Cost : 0

Destination: 1::1/128        Protocol : Direct
NextHop : ::1                Preference: 0
Interface : InLoop0          Cost : 0

Destination: 2::/64          Protocol : Direct
NextHop : ::                 Preference: 0
Interface : GE0/1            Cost : 0

Destination: 2::1/128        Protocol : Direct
NextHop : ::1                Preference: 0
Interface : InLoop0          Cost : 0

Destination: 3::/64          Protocol : RIPng
NextHop : FE80::94DB:79FF:FE43:206 Preference: 100
Interface : GE0/1            Cost : 1

Destination: FE80::/10        Protocol : Direct
NextHop : ::                 Preference: 0
Interface : InLoop0          Cost : 0

Destination: FF00::/8        Protocol : Direct
NextHop : ::                 Preference: 0
Interface : NULL0            Cost : 0
```

```
[RTB]dis ipv6 routing-table
```

```
Destinations : 8          Routes : 8

Destination: ::1/128          Protocol : Direct
NextHop : ::1                Preference: 0
Interface : InLoop0          Cost : 0

Destination: 1::/64          Protocol : RIPng
NextHop : FE80::94DB:75FF:FED0:106 Preference: 100
Interface : GE0/1            Cost : 1

Destination: 2::/64          Protocol : Direct
NextHop : ::                 Preference: 0
Interface : GE0/1            Cost : 0

Destination: 2::2/128        Protocol : Direct
NextHop : ::1                Preference: 0
Interface : InLoop0          Cost : 0

Destination: 3::/64          Protocol : Direct
NextHop : ::                 Preference: 0
```

```

Interface : GE0/0                                Cost : 0

Destination: 3::1/128                             Protocol : Direct
NextHop : ::1                                     Preference: 0
Interface : InLoop0                               Cost : 0

Destination: FE80::/10                             Protocol : Direct
NextHop : ::                                       Preference: 0
Interface : InLoop0                               Cost : 0

Destination: FF00::/8                             Protocol : Direct
NextHop : ::                                       Preference: 0
Interface : NULL0                                  Cost : 0

```

可以看到路由表中有了相关路由。在 PCA 上进行网络连通性测试，如下所示：

```

C:\>ping 3::2

Pinging 3::2 with 32 bytes of data:

Reply from 3::2: time=2ms
Reply from 3::2: time=2ms
Reply from 3::2: time=1ms
Reply from 3::2: time=2ms

Ping statistics for 3::2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Average = 1ms

```

步骤四：RIPng 协议查看

在 RTA 上用下列命令查看 RIPng 的当前运行情况，RIPng 的路由信息及 RIPng 接口状态。如下所示：

```

[RTA]dis ripng
  Public VPN-instance name:
  RIPng process: 1
    Preference: 100
    Checkzero: Enabled
    Default cost: 0
    Maximum number of load balanced routes: 6
    Update time : 30 secs Timeout time : 180 secs
    Suppress time : 120 secs Garbage-collect time : 120 secs
    Update output delay: 20(ms) Output count: 3
    Graceful-restart interval: 60 secs
    Triggered Interval : 5 50 200
    Number of periodic updates sent: 5
    Number of trigger updates sent: 3

[RTA]dis ripng 1 route
  Route Flags: A - Aging, S - Suppressed, G - Garbage-collect, D - Direct
               O - Optimal, F - Flush to RIB
  -----
  Peer FE80::94DB:79FF:FE43:206 on GigabitEthernet0/1
  Destination 3::/64,
    via FE80::94DB:79FF:FE43:206, cost 1, tag 0, AOF, 30 secs
  Local route
  Destination 1::/64,
    via ::, cost 0, tag 0, DOF
  Destination 2::/64,
    via ::, cost 0, tag 0, DOF

[RTA]dis ripng 1 interface
  Interface: GigabitEthernet0/0

```

```

Link-local address: FE80::94DB:75FF:FED0:105
Split-horizon: On           Poison-reverse: Off
MetricIn: 0                 MetricOut: 1
Default route: Off
Update output delay: 20 (ms)   Output count: 3
Interface: GigabitEthernet0/1
Link-local address: FE80::94DB:75FF:FED0:106
Split-horizon: On           Poison-reverse: Off
MetricIn: 0                 MetricOut: 1
Default route: Off
Update output delay: 20 (ms)   Output count: 3

```

以上信息表明，当前 RIPng 的进程号是 1，优先级是 100，每隔 30 秒进行一次路由更新。在接口 G0/0 和 G0/1 上发送和接收更新报文，从接口 G0/1 上收到更新中包含了 2::/64 和 3::/64 这 2 条路由信息。

实验任务二：配置 OSPFv3

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置 OSPFv3 进行路由学习。通过本实验任务，学员应该能够掌握如何进行 OSPFv3 的基本配置。

步骤一：建立物理连接

按照图 16-1 进行连接，并检查设备的软件版本及配置信息，确保各设备软件版本符合要求，所有配置为初始状态。如果配置不符合要求，请读者在用户模式下擦除设备中的配置文件，然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令：

```

<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot

```

步骤二：IPv6 地址配置

按表 16-2 所示在路由器及 PC 上配置 IPv6 地址。

步骤三：OSPFv3 协议配置

在路由器上启用 OSPFv3 协议。配置 RTA 的 Router ID 为 1.1.1.1，RTB 的 Router ID 为 1.1.1.2。配置 RTA 作为 ABR，接口 G0/0 位于 Area 0 中，接口 G0/1 位于 Area 1 中；配置 RTB 的所有接口都位于 Area 1 中。

配置 RTA:

```

[RTA]ospfv3
[RTA-ospfv3-1]router-id 1.1.1.1
[RTA-GigabitEthernet0/0]ospfv3 1 area 0
[RTA-GigabitEthernet0/1]ospfv3 1 area 1

```

配置 RTB:

```

[RTB]ospfv3
[RTB-ospfv3-1]router-id 1.1.1.2
[RTB-GigabitEthernet0/0]ospfv3 1 area 1
[RTB-GigabitEthernet0/1]ospfv3 1 area 1

```

配置完成后，查看路由表，如下所示：

```

[RTA]dis ipv6 routing-table

```

实验 16 IPv6 路由协议

Destinations : 8 Routes : 8

```

Destination: ::1/128                      Protocol : Direct
NextHop    : ::1                          Preference: 0
Interface  : InLoop0                      Cost      : 0

Destination: 1::/64                       Protocol : Direct
NextHop    : ::                           Preference: 0
Interface  : GE0/0                        Cost      : 0

Destination: 1::1/128                     Protocol : Direct
NextHop    : ::1                          Preference: 0
Interface  : InLoop0                      Cost      : 0

Destination: 2::/64                       Protocol : Direct
NextHop    : ::                           Preference: 0
Interface  : GE0/1                        Cost      : 0

Destination: 2::1/128                     Protocol : Direct
NextHop    : ::1                          Preference: 0
Interface  : InLoop0                      Cost      : 0

Destination: 3::/64                      Protocol : O_INTRA
NextHop    : FE80::94DB:79FF:FE43:206      Preference: 10
Interface  : GE0/1                        Cost      : 2

Destination: FE80::/10                    Protocol : Direct
NextHop    : ::                           Preference: 0
Interface  : InLoop0                      Cost      : 0

Destination: FF00::/8                     Protocol : Direct
NextHop    : ::                           Preference: 0
Interface  : NULL0                        Cost      : 0

[RTB]dis ipv6 routing

```

Destinations : 8 Routes : 8

```

Destination: ::1/128                      Protocol : Direct
NextHop    : ::1                          Preference: 0
Interface  : InLoop0                      Cost      : 0

Destination: 1::/64                      Protocol : O_INTER
NextHop    : FE80::94DB:75FF:FED0:106      Preference: 10
Interface  : GE0/1                        Cost      : 2

Destination: 2::/64                       Protocol : Direct
NextHop    : ::                           Preference: 0
Interface  : GE0/1                        Cost      : 0

Destination: 2::2/128                     Protocol : Direct
NextHop    : ::1                          Preference: 0
Interface  : InLoop0                      Cost      : 0

Destination: 3::/64                       Protocol : Direct
NextHop    : ::                           Preference: 0
Interface  : GE0/0                        Cost      : 0

Destination: 3::1/128                     Protocol : Direct
NextHop    : ::1                          Preference: 0
Interface  : InLoop0                      Cost      : 0

Destination: FE80::/10                    Protocol : Direct
NextHop    : ::                           Preference: 0
Interface  : InLoop0                      Cost      : 0

```

```

Destination: FF00::/8
NextHop      : ::
Interface    : NULL0
Protocol     : Direct
Preference   : 0
Cost         : 0

```

可以看到路由表中有了相关路由。在 PCA 上进行网络连通性测试，如下所示：

```

C:\>ping 3::2

Pinging 3::2 with 32 bytes of data:

Reply from 3::2: time=2ms
Reply from 3::2: time=2ms
Reply from 3::2: time=1ms
Reply from 3::2: time=2ms

Ping statistics for 3::2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 2ms, Average = 1ms

```

步骤四：OSPFv3 协议查看

在 RTA 上用下列命令查看 OSPFv3 的当前运行情况，OSPFv3 的路由信息及 OSPFv3 邻居信息。如下所示：

```

[RTA]dis ospfv3

OSPFv3 Process 1 with Router ID 1.1.1.1

RouterID: 1.1.1.1      Router type: ABR
Route tag: 0
Route tag check: Disabled
Multi-VPN-Instance: Disabled
Type value of extended community attributes:
    Domain ID : 0x0005
    Route type: 0x0306
    Router ID : 0x0107
Domain-id: 0.0.0.0
DN-bit check: Enabled
DN-bit set: Enabled
SPF-schedule-interval: 5 50 200
LSA generation interval: 5
LSA arrival interval: 1000
Transmit pacing: Interval: 20 Count: 3
Default ASE parameters: Tag: 1
Route preference: 10
ASE route preference: 150
SPF calculation count: 32
External LSA count: 0
LSA originated count: 19
LSA received count: 18
SNMP trap rate limit interval: 10 Count: 7
Area count: 2 Stub area count: 0 NSSA area count: 0
ExChange/Loading neighbors: 0

Area: 0.0.0.0
Area flag: Normal
SPF scheduled count: 7
ExChange/Loading neighbors: 0
LSA count: 6

Area: 0.0.0.1
Area flag: Normal
SPF scheduled count: 3

```

```
ExChange/Loading neighbors: 0
LSA count: 6
```

```
[RTA]dis ospfv3 routing
```

```
OSPFv3 Process 1 with Router ID 1.1.1.1
```

```
-----
I - Intra area route, E1 - Type 1 external route, N1 - Type 1 NSSA route
IA - Inter area route, E2 - Type 2 external route, N2 - Type 2 NSSA route
* - Selected route
```

```
*Destination: 1::/64
Type       : I                               Cost       : 1
Nexthop    : ::                             Interface:  GE0/0
AdvRouter  : 1.1.1.1                         Area        : 0.0.0.0
Preference : 10
```

```
*Destination: 2::/64
Type       : I                               Cost       : 1
Nexthop    : ::                             Interface:  GE0/1
AdvRouter  : 1.1.1.2                         Area        : 0.0.0.1
Preference : 10
```

```
*Destination: 3::/64
Type       : I                               Cost       : 2
Nexthop    : FE80::94DB:79FF:FE43:206       Interface:  GE0/1
AdvRouter  : 1.1.1.2                         Area        : 0.0.0.1
Preference : 10
```

```
Total: 3
Intra area: 3      Inter area: 0      ASE: 0      NSSA: 0
```

```
[RTA]dis ospfv3 peer
```

```
OSPFv3 Process 1 with Router ID 1.1.1.1
```

```
Area: 0.0.0.1
```

```
-----
Router ID      Pri State          Dead-Time InstID Interface
1.1.1.2        1  Full/DR        00:00:39  0      GE0/1
```

从以上信息，可以知道 OSPFv3 的当前 Router ID 是 1.1.1.1，包含了区域 0 和区域 1；OSPFv3 的路由有 3 条，分别为 1::/64、2::/64 和 3::/64，都是区域内路由，分别位于接口 GE0/0 和 GE0/1 上；在接口 GE0/1 上与路由器 1.1.1.2 建立了 OSPFv3 邻接关系，状态是 Full。

16.5 实验中的命令列表

表16-3 实验命令列表

命令	描述
ripng [process-id]	创建RIPng进程。
ripng process-id enable	在指定接口上使能RIPng路由协议。
display ripng [process-id]	显示指定RIPng进程的当前运行状态及配置信息。

命令	描述
display ripng process-id route	显示指定RIPng进程的路由信息，以及与每条路由相关的定时器的值。
display ripng process-id interface	显示指定RIPng进程的所有接口信息。
ospfv3 [process-id]	启动OSPFv3进程。
router-id router-id	设置运行OSPFv3协议的路由器的Router ID。
ospfv3 process-id area area-id	在接口上使能OSPFv3协议，并指定所属区域。
display ospfv3 [process-id]	查看OSPFv3进程的概要信息。
display ospfv3 [process-id] routing	显示OSPFv3路由表的信息。
display ospfv3 [process-id] peer	显示OSPFv3邻居的信息。

16.6 思考题

1. 实验任务中，从路由器上进行 Ping 测试时，回复的报文中的“hlim”是什么含义？

答案：跳数限制，相当于 IPv4 中的 TTL 值。

2. 实验任务二中，在路由器上设置的 Router ID 为什么是 IPv4 格式？

答案：Router ID 仅用来标识一台运行 OSPFv3 协议的路由器，只要不重复就可以了，具体格式并不重要。配置成 IPv4 格式是为了和 OSPFv2 兼容，有利于网络中的路由向 IPv6 平滑过渡。

实验17 IPv6 过渡技术

17.1 实验目标

完成本实验，您应该能够：

- 掌握如何在路由器及主机上配置 ISATAP 隧道
- 掌握 6to4 隧道的基本配置

17.2 实验组网图



图17-1 IPv6 过渡技术实验组网

17.3 实验设备与版本

本实验所需之主要设备器材如表 17-1 所示。

表17-1 实验设备和器材

名称和型号	版本	数量	描述
MSR36-20	Version 7.1.059	2	HCL实验平台
PC	Windows 7	2	
第5类UTP以太网连接线	--	3	

17.4 实验过程

实验任务一：配置 ISATAP 隧道

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置 ISATAP，使主机通过 ISATAP 隧道获得 IPv6 地址。通过本实验任务，学员应该能够掌握如何在路由器上配置 ISATAP 隧道。

步骤一：建立物理连接

按照图 17-1 进行连接,并检查设备的软件版本及配置信息,确保各设备软件版本符合要求,所有配置为初始状态。如果配置不符合要求,请在用户模式下擦除设备中的配置文件,然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令:

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址及相关路由配置

表17-2 ISATAP 隧道实验 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址	网关
PCA	--	10.0.0.2/24	10.0.0.1
PCB	--	3::2/64	3::1
RTA	G0/0	10.0.0.1/24	--
	G0/1	1.1.1.1/24	--
RTB	G0/0	3::1/64	--
	G0/1	1.1.1.2/24	--
	Tunnel1	1::5efe:101:102/64	--

按表 17-2 所示在 PC 及路由器上配置 IP 地址,并启用 OSPF 协议,使 PCA 与 RTB 间路由可达。

配置 RTA:

```
[RTA-GigabitEthernet0/0]ip address 10.0.0.1 24
[RTA-GigabitEthernet0/1]ip address 1.1.1.1 24
[RTA]ospf
[RTA-ospf-1]area 0
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]network 1.1.1.0 0.0.0.255
[RTA-ospf-1-area-0.0.0.0]network 10.0.0.0 0.0.0.255
```

配置 RTB:

```
[RTB-GigabitEthernet0/1]ip address 1.1.1.2 24
[RTB]ospf
[RTB-ospf-1]area 0
[RTB-ospf-1-area-0.0.0.0]network 1.1.1.0 0.0.0.255
[RTB]ipv6
[RTB-GigabitEthernet0/0]ipv6 address 3::1/64
```

配置完成后,在 PCA 上用 Ping 命令来检查到 RTB 的可达性。如下所示:

```
C:\>ping 1.1.1.2
```

```
Pinging 1.1.1.2 with 32 bytes of data:
```

```
Reply from 1.1.1.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 1.1.1.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 1.1.1.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
Reply from 1.1.1.2: bytes=32 time<1ms TTL=254
```

```
Ping statistics for 1.1.1.2:
  Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
  Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms
```

步骤三：ISATAP 隧道配置

在路由器上配置 ISATAP 隧道。如下所示：

```
[RTB] interface Tunnell mode ipv6-ipv4 isatap
[RTB-Tunnell]ipv6 address 1::5efe:101:102/64
[RTB-Tunnell]undo ipv6 nd ra halt
[RTB-Tunnell]source GigabitEthernet 0/1
```

在 PCA 上配置 ISATAP 隧道终点为 1.1.1.2，如下所示：

```
C:\Windows\system32>netsh interface ipv6 isatap set router 1.1.1.2
确定。
```

注意：

Window7 执行上述命令需要使用管理员权限，可以在命令行视图执行如下配置：

```
C:\>runas /noprofile /user:Administrator cmd.exe
```

提示输入 administrator 用户密码，正确输入即可。

配置完成后，在 PCA 上查看是否通过隧道获得了 IPv6 地址。如下所示：

```
C:\Documents and Settings\Administrator>ipconfig

Windows IP Configuration

.....
Tunnel adapter Automatic Tunneling Pseudo-Interface:

    Connection-specific DNS Suffix  . : 
    IPv6 Address. . . . . : 1::5efe:10.0.0.2
    Link local IPv6 Address. . . . . : fe80::5efe:10.0.0.2%2
    Default Gateway . . . . . : fe80::5efe:1.1.1.2%2
```

由上可知，PCA 从 RTB 获得了 1:: 的前缀。在 PCA 上测试到 PCB 的可达性，如下所示：

```
C:\Windows\system32>ping 2::1

正在 Ping 3::2 具有 32 字节的数据:
来自 3::2 的回复: 时间=2ms
来自 3::2 的回复: 时间=2ms
来自 3::2 的回复: 时间=2ms
来自 3::2 的回复: 时间=2ms

3::2 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 4, 丢失 = 0 (0% 丢失),
    往返行程的估计时间(以毫秒为单位):
        最短 = 2ms, 最长 = 2ms, 平均 = 2ms
```

实验任务二：配置 6to4 隧道

在本实验任务中，学员需要在路由器上配置 6to4 隧道，使路由器通过 6to4 隧道互连。通过本实验任务，学员应该能够掌握如何在路由器上 6to4 隧道的配置。

步骤一：建立物理连接

按照图 17-1 进行连接,并检查设备的软件版本及配置信息,确保各设备软件版本符合要求,所有配置为初始状态。如果配置不符合要求,请在用户模式下擦除设备中的配置文件,然后重启设备以使系统采用缺省的配置参数进行初始化。

以上步骤可能会用到以下命令:

```
<RTA> display version
<RTA> reset saved-configuration
<RTA> reboot
```

步骤二：IP 地址及相关路由配置

表 17-3 6to4 隧道实验 IP 地址列表

设备名称	接口	IP 地址	网关
PCA	--	2002:101:101:2::2/64	2002:101:101:2::1
PCB	--	2002:101:102:2::2/64	2002:101:102:2::1
RTA	G0/0	2002:101:101:2::1/64	--
	G0/1	1.1.1.1/24	--
	Tunnel1	2002:101:101:1::1/64	
RTB	G0/0	2002:101:102:2::1/64	--
	G0/1	1.1.1.2/24	--
	Tunnel1	2002:101:102:1::1/64	--

按表 17-3 所示在 PC 及路由器上配置 IP 地址。

配置 RTA:

```
[RTA-GigabitEthernet0/1]ip address 1.1.1.1 24
[RTA-GigabitEthernet0/0]ipv6 address 2002:101:101:2::1/64
```

配置 RTB:

```
[RTB-GigabitEthernet0/1]ip address 1.1.1.2 24
[RTB-GigabitEthernet0/0]ipv6 address 2002:101:102:2::1/64
```

步骤三：6to4 隧道配置

在路由器上配置 6to4 隧道,以使 RTA 与 RTB 之间通过隧道建立连接。同时,在路由器上配置 IPv6 静态路由,使 PC 间可以互相到达。

配置 RTA:

```
[RTA] interface Tunnell mode ipv6-ipv4 6to4
[RTA-Tunnell]ipv6 address 2002:101:101:1::1/64
[RTA-Tunnell]source GigabitEthernet 0/1
[RTA]ipv6 route-static 2002:: 16 Tunnel 1
```

配置 RTB:

```
[RTB] interface Tunnell mode ipv6-ipv4 6to4
[RTB-Tunnell]ipv6 address 2002:101:102:1::1/64
[RTB-Tunnell]source GigabitEthernet 0/1
[RTB] ipv6 route-static 2002:: 16 Tunnel 1
```

配置完成后，在 PCA 上测试到 PCB 的可达性。

```
C:\>ping 2002:101:102:2::2

Pinging 2002:101:102:2::2 with 32 bytes of data:

Reply from 2002:101:102:2::2: time=5ms
Reply from 2002:101:102:2::2: time=2ms
Reply from 2002:101:102:2::2: time=2ms
Reply from 2002:101:102:2::2: time=2ms

Ping statistics for 2002:101:102:2::2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 5ms, Average = 2ms
```

17.5 实验中的命令列表

表17-4 实验命令列表

命令	描述
interface tunnel <i>number</i> [mode { ds-lite-aftr gre [ipv6] ipv4-ipv4 ipv6 ipv6-ipv4 [6to4 auto-tunnel isatap] mpls-te }]	创建一个Tunnel接口，指定隧道模式。
source { <i>ip-address</i> <i>ipv6-address</i> <i>interface-type interface-number</i> }	指定Tunnel接口的源端地址或接口。

17.6 思考题

1. 实验任务一中，在 PCA 上配置 ISATAP 隧道终点，其作用是什么？
- 答案：使 PCA 发出的 IPv6 in IPv4 的单播报文能够顺利到达双栈路由器。