

IGP

目录

静态路由.....	2
ICMP重定向（ICMP Redirect）	2
代理ARP（Proxy-ARP）	8
默认路由.....	20
IP Default-Gateway.....	20
IP route 0.0.0.0 0.0.0.0.....	23
IP Default-Network.....	28
Classless与Classful	52
RIP	63
概述.....	63
RIP ver 1 路由更新	65
RIP ver 1 主机路由	76
RIP 路由更新源	82
RIP 触发更新	94
RIP 单播更新	106
RIP 手工汇总	113
RIP ver 2 认证	127
EIGRP.....	139
概述.....	140
EIGRP Metric	141
EIGRP邻居.....	143
EIGRP数据包.....	145
EIGRP拓扑.....	147
EIGRP负载均衡.....	152
EIGRP Stuck In Active (SIA).....	153
配置EIGRP实验.....	154
OSPF	201
概述.....	201
OSPF术语	202
OSPF数据包交换过程	213
OSPF启动过程	215
OSPF网络类型（Network Type）	217

OSPF链路类型（Link Type）	219
OSPF外部路由	221
OSPF末节区域	226
OSPF LSA类型	231
OSPF虚链路（Virtual Link）	235
OSPF认证	239
OSPF汇总路由	239
配置OSPF实验	240
路由策略	343
路由重分布	343
Route-Map	346
路由控制	350
配置路由策略	352

静态路由

ICMP 重定向（ICMP Redirect）

网络中的路由器通过相互之间的共同努力，将用户的数据包转发到目的地。通常情况下，主机都会将去往远程网络的数据包发送到路由器，路由器再尽最大努力转发数据。但是在某些情况下，收到数据包的路由器可能并不是去往目的地最优选择，也就是说该路由器并不在源与目标的路径当中，或者说数据源应该将数据交给其它路由器来转发。如果某台路由器真的发现自己不应该为用户转发数据，而希望让用户选择其它路由器来转发数据，那么它就会通过向数据源发送 ICMP 重定向（ICMP Redirect）来告诉对方，让对方不要再将数据包发向自己，而应该发到其它路由器。

需要路由器向源发送 ICMP 重定向的情况有两种：

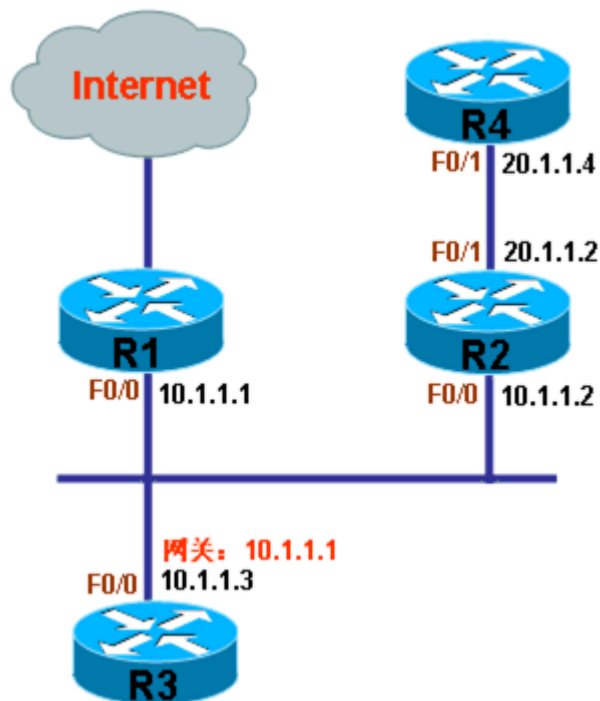
★ 1. 当路由器从某个接口收到数据包后，还要将数据包从同一个接口发往目的地，就是路由器收到数据包的接口正是去往目的地的出口时，则会向源发送 ICMP 重定向，通告对方直接将数据包发向自己的下一跳即可，不要再发给自己。

★ 2. 数据包的源 IP 和自己转发时的下一跳 IP 地址是同网段时，则会向源发送 ICMP 重定向，通告对方直接将数据包发向自己的下一跳。

注：路由器在向数据源发送 ICMP 重定向的同时，也会正常转发收到的数据包，并不会中断网络。

配置 ICMP 重定向

说明:ICMP 重定向是基于接口配置的，默认为开启状态。



说明：以上图为例，测试 ICMP 重定向，其中，R1, R2, R3 的接口 F0/0 在 10.1.1.0/24

网段，R2 和 R4 的接口 F0/1 在 20.1.1.0/24 网段，而 R3 将去往任何目的的数据全部交给 R1。

1.配置基础网络环境

(1) 配置 R1:

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config-if)#exit
```

```
r1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.1.2
```

说明：R1 将去往任何目的地的数据包全部交给 10.1.1.2，即交给 R2。

(2) 配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip add 10.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config-if)#exit
```

```
r2(config)#int f0/1
```

```
r2(config-if)#ip add 20.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config-if)#exit
```

说明： R2 同时连接 10.1.1.0/24 和 20.1.1.0/24。

（3）配置 R3:

```
r3(config)#int f0/0
```

```
r3(config-if)#ip add 10.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config-if)#exit
```

```
r3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.1.1
```

说明： R3 将去往任何目的地的数据包全部交给 10.1.1.1，即选择 R1 作为网关。

（4）配置 R4:

```
r4(config)#int f0/1
```

```
r4(config-if)#ip add 20.1.1.4 255.255.255.0
```

```
r4(config-if)#no sh
```

```
r4(config-if)#exit
```

```
r4(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 20.1.1.2
```

说明： R4 在 20.1.1.0/24。

2.测试 ICMP 重定向

（1）在 R3 上向目标网络 20.1.1.0 发送数据包来测试 ICMP 重定向，并且打开 debug 观察数据包：

```
r3#debug ip icmp
```

ICMP packet debugging is on

r3#

r3#ping 20.1.1.4

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 20.1.1.4, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 20/84/200 ms

r3#

*Mar 1 00:15:39.075: ICMP: redirect rcvd from 10.1.1.1- for 20.1.1.4 use gw
10.1.1.2

*Mar 1 00:15:39.175: ICMP: echo reply rcvd, src 20.1.1.4, dst 10.1.1.3

*Mar 1 00:15:39.291: ICMP: echo reply rcvd, src 20.1.1.4, dst 10.1.1.3

*Mar 1 00:15:39.323: ICMP: echo reply rcvd, src 20.1.1.4, dst 10.1.1.3

*Mar 1 00:15:39.383: ICMP: echo reply rcvd, src 20.1.1.4, dst 10.1.1.3

*Mar 1 00:15:39.403: ICMP: echo reply rcvd, src 20.1.1.4, dst 10.1.1.3

r3#

说明：从上面信息可以看出，由于 R3 的网关是 10.1.1.1，所以会将去往 20.1.1.0/24 的数据包发给网关 R1，但是 R1 从接口 F0/0 收到数据包后，检查路由表得知需要再将数据包从相同接口 F0/0 发给 10.1.1.2，不仅满足发送 ICMP 重定向情况的第一条同接口进出，也满足第二条源和下一跳同网段，所以 R1 向源发送了 ICMP 重定向，数据包中明确告诉 R3 将去往 20.1.1.4 的数据包直接交给 10.1.1.2，即交给 R2。从上也可以看出，让 R1 来转发数据包确实是无谓举动。

(2) 更改 R3 的路由方式:

```
r3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 f0/0
```

说明: 如果将 R3 的路由改为直接指定出接口，而不使用下一跳 IP 地址，则不会造成 R1 发送 ICMP 重定向，因为 R3 在此类路由方式下，并不会将数据包发向 R1。

(3) 测试 R3 更改路由方式后的情况:

```
r3#debug ip icmp
```

```
ICMP packet debugging is on
```

```
r3#
```

```
r3#ping 20.1.1.4
```

```
Type escape sequence to abort.
```

```
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 20.1.1.4, timeout is 2 seconds:
```

```
!!!!
```

```
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 52/86/176 ms
```

```
r3#
```

```
*Mar  1 00:33:41.511: ICMP: echo reply rcvd, src 20.1.1.4, dst 10.1.1.3
```

```
*Mar  1 00:33:41.607: ICMP: echo reply rcvd, src 20.1.1.4, dst 10.1.1.3
```

```
*Mar  1 00:33:41.663: ICMP: echo reply rcvd, src 20.1.1.4, dst 10.1.1.3
```

```
*Mar  1 00:33:41.719: ICMP: echo reply rcvd, src 20.1.1.4, dst 10.1.1.3
```

```
*Mar  1 00:33:41.779: ICMP: echo reply rcvd, src 20.1.1.4, dst 10.1.1.3
```

```
r3#
```

说明：可以看出，R1 并没有再发送 ICMP 重定向，因为 R3 并没有将去往 20.1.1.0/24 的数据包发向 R1，具体原因，由普通 ARP 的原理可以得知。

3. 关闭 ICMP 重定向

(1) 在 R1 接口上关闭 ICMP 重定向：

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#no ip redirects
```

说明：需要开启 ICMP 重定向，输入命令 `ip redirects`；ICMP 重定向功能不建议关闭。

注：在接口上开启 HSRP 后，默认会关闭 ICMP 重定向的功能，在 IOS 12.1(3)T 和以后的版本可以手工开启 ICMP 重定向功能。

代理 ARP (Proxy-ARP)

数据包在网上寻址时，需要靠 OSI 七层模型中的第二层数据链路层地址和第三层网络层地址来完成，只要完成这两个地址的封装，数据包便能够发往目的地，也必须完成这两个地址的封装，数据包才能发往目的地。

在当前的网络中，第三层网络层地址就是 IP 地址，主机之间要通信，必须封装好双方的 IP 地址，这是无可争议的；IP 地址在主机通信的过程中，不会因为网络设备或物理介质的改变而改变。而第二层数据链路层地址则会因为链路介质的不同而发生变化，并且在主机通信中，链路层地址会不断发生变化，因为链路层地址只在同一段介质中才有效，如果介质是多路访问类型，如以太网，则只在同一 IP 网段有效。在这里需要讨论的是代理 ARP，故介质默认为以太网。

如果通信的主机在同一网段，源主机则直接请求目标主机的二层链路地址（以太网为 MAC 地址），其它介质的网络同样也是直接请求目标主机的二层链路地址，只不过不叫 MAC 地址；如果得不到二层链路地址的回复，数据包就不能完成封装，就不能发送。如果通信的主机不在同一网段，必须经过路由后才能到达目标的话，

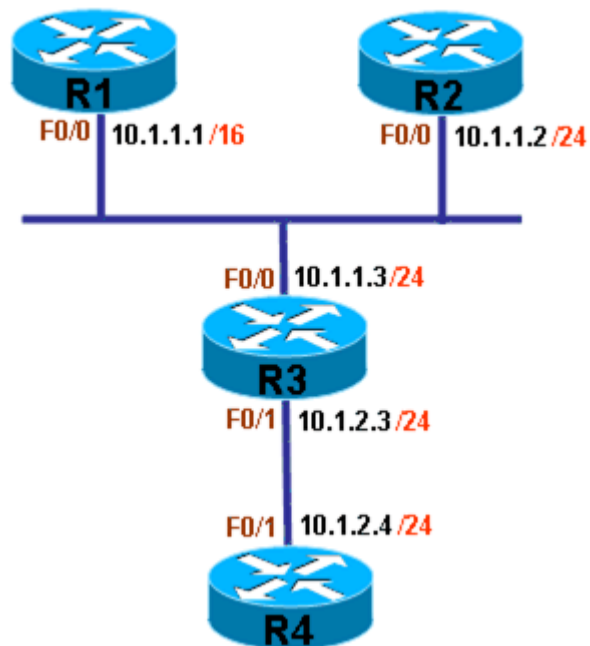
那么源主机就无法直接请求目标主机的二层链路地址，因为请求是用广播发送的，所以，此时源主机就直接请求网关的二层链路地址，将数据包的目标地址封装为网关的二层链路地址，从而将数据包交给网关处理，如果是路由器需要发送数据包到远程网络，同样的道理，路由器将数据包的二层目标地址封装为下一跳的二层链路地址，从而交给下一跳路由器来处理。

当向网络中发送广播请求目标的二层链路地址时，如果收到的路由器有去往目标网络的路由，那么路由器将会使用自己接口的二层链路地址来回复数据源，声称自己的二层链路地址就是目标的二层链路地址，这就是路由器的代理 ARP 功能。主机收到路由器的回复后，便将数据包的目标二层链路地址封装为路由器的二层链路地址，从而将数据包发到路由器，因为路由器是有到目标网络的路由的，所以通信不会有问题。

不难发现，当主机需要将数据包发到远程网络时，因为开启了代理 ARP 的路由器会以自己的二层链路地址充当目标的二层链路地址，所以主机不需要配置网关，就能够将去往远程网络的数据包发到路由器，最终完成通信。

配置代理 ARP

说明：代理 ARP 在路由器接口上默认是开启的，并且是基于接口打开或关闭的。



说明：以上图为例，测试代理 ARP，其中 R3 和 R4 的接口 F0/1 在 10.1.2.0/24 网段，而 R1、R2 和 R3 的接口 F0/0 在 10.1.1.0/24 网段，但由于 R1 的接口 F0/0 的掩码为 16 位，所以 R1 会认为整个 10.1.0.0/16 都是接口 F0/0 的直连网段，其中包含 10.1.2.0/24；但是 R2 的接口 F0/0 的掩码为 24 位，所以 R2 会认为 10.1.2.0/24 是在远程网络。

1.配置基础网络环境

(1) 配置 R1:

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip add 10.1.1.1 255.255.0.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

说明： R1 配置网段 10.1.0.0/16，其中包含网段 10.1.1.0/24 和 10.1.2.0/24。

(2) 配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip add 10.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config-if)#exit
```

```
r2(config)#ip route 10.1.2.0 255.255.255.0 f0/0
```

说明： R2 直连网段 10.1.1.0/24，并且通过配置静态路由将去往远程网段 10.1.2.0/24 定义为直连网段。

(3) 配置 R3:

```
r3(config)#int f0/0
```

```
r3(config-if)#ip add 10.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config-if)#exit
```

```
r3(config)#int f0/1
```

```
r3(config-if)#ip add 10.1.2.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config-if)#exit
```

说明： R3 同时与 10.1.1.0/24 和 10.1.2.0/24 直连。

(4) 配置 R4:

```
r4(config)#int f0/1
```

```
r4(config-if)#ip add 10.1.2.4 255.255.255.0
```

```
r4(config-if)#no sh
```

```
r4(config-if)#exit
```

```
r4(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.2.3
```

说明： R4 连 10.1.2.0/24。

2.测试开启代理 ARP 的情况

说明： 路由器接口默认已经开启代理 ARP，无需再开。

(1) 查看 R1 的路由情况:

```
r1#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/16 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r1#

说明：可以看见，R1 与 10.1.0.0/16 直连，R1 会认为 10.1.2.0/24 也是自己的直连网段，所以我们不用写到 10.1.2.0/24 的静态路由。

（2）测试 R1 到 10.1.2.0/24 的连通性：

r1#ping 10.1.2.4

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.1.2.4, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 48/79/180 ms

r1#

说明：因为 R1 认为自己直连 10.1.0.0/16 网段，所以在向 10.1.2.0/24 发送数据包时，直接在本网段广播请求目标二层链路地址，这个广播被 R3 收到，又因为 R3 能够到达 10.1.2.0/24，并且开启代理 ARP 功能，所以 R3 将自己接口的二层链路地址回复给 R1，最终 R1 将去往 10.1.2.0/24 的数据包封装为 R3 的二层链路地址，从而将数据包交给 R3 处理，最后网络通信成功。

（3）查看 R4（10.1.2.4）的 F0/1 的 MAC 地址与 R3（10.1.1.3）的 F0/0 的 MAC 地址，并且查看 R1 去往 10.1.2.4 的 ARP 表：

R4：

```
r4#sh interfaces f0/1
```

```
FastEthernet0/1 is up, line protocol is up
```

```
Hardware is Gt96k FE, address is c000.1370.0001 (bia c000.1370.0001)
```

```
Internet address is 10.1.2.4/24
```

R3:

```
r3#sh int f0/0
```

```
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
```

```
Hardware is Gt96k FE, address is c000.1124.0000 (bia c000.1124.0000)
```

```
Internet address is 10.1.1.3/24
```

R1:

```
r1#sh arp
```

Protocol	Address	Age (min)	Hardware Addr	Type	Interface
Internet	10.1.1.3	8	c000.1124.0000	ARPA	FastEthernet0/0
Internet	10.1.1.1	-	c000.141c.0000	ARPA	FastEthernet0/0
Internet	10.1.2.4	4	c000.1124.0000	ARPA	FastEthernet0/0

```
r1#
```

说明：从结果中可以看出，R1 获得的 10.1.2.4 的 MAC 地址并非目标 R4 的 MAC 地址，而是 R3 的接口 F0/0 的 MAC 地址，这就是由于 R3 的代理 ARP 功能，使得 R3 会代替目标 R4 回复源主机的二层链路地址请求。

(4) 查看 R2 的路由表并测试到 10.1.2.0/24 的连通性:

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets

S 10.1.2.0 is directly connected, FastEthernet0/0

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

```
r2#r2#ping 10.1.2.4
```

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.1.2.4, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 12/80/156 ms

r2#

说明：因为 R2 路由表中的静态路由指示去往 10.1.2.0/24 为直连网段，所以同上原因，因为 R3 代理 ARP 的功能，最后与 10.1.2.0/24 的网络通信正常。

3.测试关闭代理 ARP 的情况

(1) 关闭 R3 接口 F0/0 的代理 ARP 功能:

r3(config)#int f0/0

r3(config-if)#no ip proxy-arp

说明：关闭了 R3 接口 F0/0 的代理 ARP 功能，要开启，输入命令 ip proxy-arp。

(2) 查看 R1 与 10.1.2.0/24 的连通性和 ARP 情况:

r1#ping 10.1.2.4

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.1.2.4, timeout is 2 seconds:

.....

Success rate is 0 percent (0/5)

r1#

r1#sh arp

Protocol	Address	Age (min)	Hardware Addr	Type	Interface
Internet	10.1.1.3	0	c000.1124.0000	ARPA	FastEthernet0/0


```
Internet 10.1.1.1 - c000.141c.0000 ARPA FastEthernet0/0
```

```
Internet 10.1.2.4 0 Incomplete ARPA
```

```
r1#
```

说明：可以看见，当 R3 关闭了代理 ARP 功能后，R1 不能与 10.1.2.0/24 通信，因为 R1 认为目标与自己直连，所以会在直连网段直接请求目标的二层链路地址，但 R3 关闭了代理 ARP 功能，即使自己与目标可达，但也不会使用自己的 MAC 地址去回复 R1，最后 R1 也无法获得任何目标的 MAC 地址，ARP 表中显示 10.1.2.4 的记录为 Incomplete，最终与 10.1.2.0/24 的通信以失败告结。

（3）查看 R2 与 10.1.2.0/24 的连通性：

```
r2#ping 10.1.2.4
```

```
Type escape sequence to abort.
```

```
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.1.2.4, timeout is 2 seconds:
```

```
.....
```

```
Success rate is 0 percent (0/5)
```

```
r2#
```

```
r2#sh arp
```

Protocol	Address	Age (min)	Hardware Addr	Type	Interface
Internet	10.1.1.2	-	c000.13e8.0000	ARPA	FastEthernet0/0
Internet	10.1.1.3	4	c000.1124.0000	ARPA	FastEthernet0/0
Internet	10.1.2.4	0	Incomplete	ARPA	

```
r2#
```

说明：虽然 R2 拥有到 10.1.2.0/24 的静态路由，但因为静态路由指定去往目标为直连接口，所以 R2 会认为 10.1.2.0/24 与接口 F0/0 直连，由于 R3 关闭了代理 ARP，R2 与 R1 一样，不能与 10.1.2.0/24 通信。

（4）更改 R2 的静态路由方式，并查看路由表：

```
r2(config)#no ip route 10.1.2.0 255.255.255.0 f0/0
```

```
r2(config)#ip route 10.1.2.0 255.255.255.0 10.1.1.3
```

```
r2(config)#exi
```

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets

S 10.1.2.0 [1/0] via 10.1.1.3

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r2#

说明：R2 将去往目标 10.1.2.0/24 的静态路由改为下一跳指向 10.1.1.3（R3），所以 R2 并不会再认为 10.1.2.0/24 是自己的直连网段，因此在需要与 10.1.2.0/24 通信时，会请求下一跳地址 10.1.1.3 的二层链路地址，最终将数据包交给 10.1.1.3（R3）处理。

（5）查看更改静态路由后 R2 与 10.1.2.0/24 的通信情况：

r2#ping 10.1.2.4

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.1.2.4, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 12/68/192 ms

r2#

说明：更改静态路由到达目标网络为下一跳地址后，R2 不再直接请求目标 10.1.2.4 的二层链路地址，而是改为请求下一跳地址的二层链路地址，因为请求的地址 10.1.1.3，所以 R3 作出了回应，最后 R2 与目标通信成功。

说明：由以上情况可以看出，当配置静态路由时，如果指定远程目标为直连，则可能因为下一跳路由器关闭了代理 ARP 而造成通信失败，但静态路由指定为下一跳地址时，通信不会受到任何影响。

代理 ARP 在没有配置默认网关或不使用路由的网络中，比较有优势。

默认路由

当路由器收到目标地址不在路由表中的数据包时，全部发送到默认路由所定义的地方，作为未知地址数据包的一种最后求助，这就是默认路由的功能。

默认路由的使用，可以大大节省系统资源，缩减路由表的大小，而要使路由器生产默认路由，产生对未知地址数据包的最后求助，可以有三种方法：

IP Default-Gateway

IP Default-Network

IP route 0.0.0.0 0.0.0.0

下面来一一详细解释：

IP Default-Gateway

IP route 0.0.0.0 0.0.0.0

IP Default-Network

Classless 与 Classful

IP Default-Gateway

大家都非常清楚，我们最熟悉的 PC，在配置 IP 地址后，通常需要配置默认网关，除了目标地址在本网段的数据包直接发到目的地之外，其它所有数据包都发给网关处理。

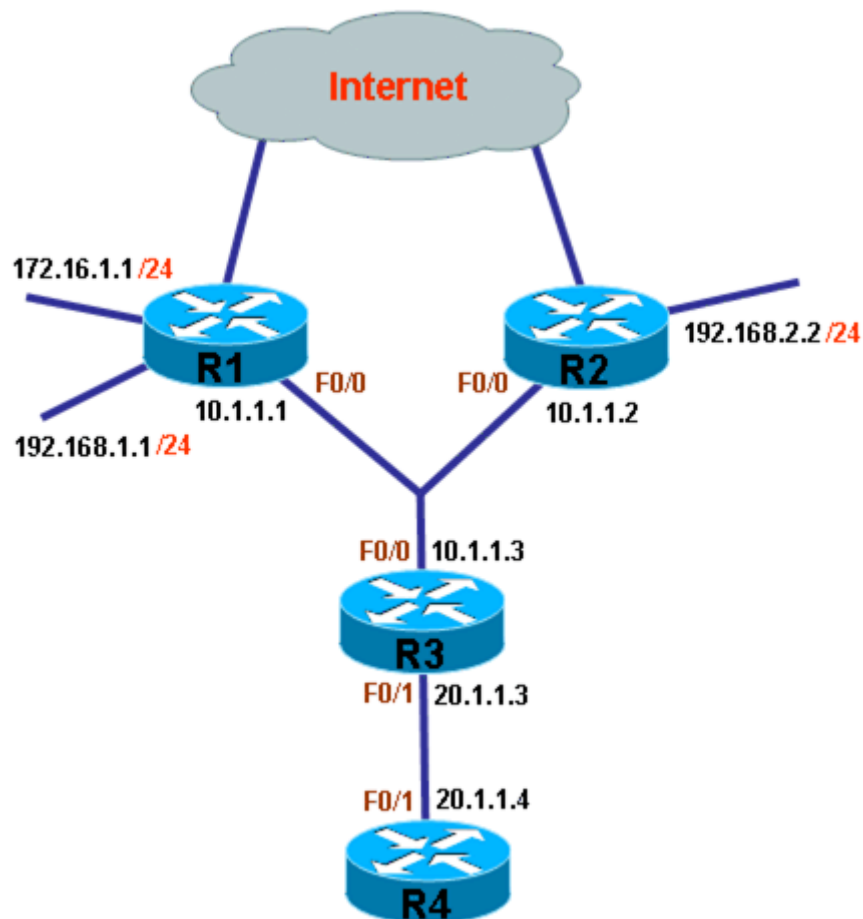
而有时由于种种原因，路由器不可能获知网络中每一个网段，所以这时，路由器也需要像 PC 一样配置网关，将所有未知目标地址的数据包全部交给网关。

通过在路由器上配置命令 **IP Default-Gateway** 加上 IP 地址，可以手工为路由器指定一个默认网关，该默认网关的作用与 PC 完全相同。而命令 **IP Default-Gateway** 只

有在路由器关闭路由功能后（命令 `no ip routing`），才能使用，如果路由器处于 `boot` 模式时，同样也可以通过该命令配置默认网关，这样便可以帮助像 `TFTP` 这样的传输。

配置 IP Default-Gateway

说明：必须先关闭路由功能（命令 `no ip routing`）



说明：以上图为例，测试 IP Default-Gateway。

1.在 R3 上配置 IP Default-Gateway

(1) 在 R3 上配置 IP Default-Gateway:

```
r3(config)#no ip routing
```

```
r3(config)#ip default-gateway 10.1.1.1
```

说明：在 R3 上关闭路由功能，并指定默认网关为 10.1.1.1 (R1)。

(2) 在 R3 上查看默认网关:

```
r3#sh ip route
```

```
Default gateway is 10.1.1.1
```

Host	Gateway	Last Use	Total Uses	Interface
------	---------	----------	------------	-----------

```
ICMP redirect cache is empty
```

```
r3#
```

说明：R3 上路由功能已关闭，并且所有数据包全部交给网关 10.1.1.1。

(3) 测试网络连通性:

```
r3#ping 172.16.1.1
```

```
Type escape sequence to abort.
```

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.1.1, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 4/47/168 ms

r3#

r3#ping 192.168.1.1

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.1.1, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 8/61/192 ms

r3#

说明：因为 R3 的网关为 10.1.1.1，而 172.16.1.1 与 192.168.1.1 也在 R1 上，所以 R3 与 172.16.1.1 和 192.168.1.1 通信正常。

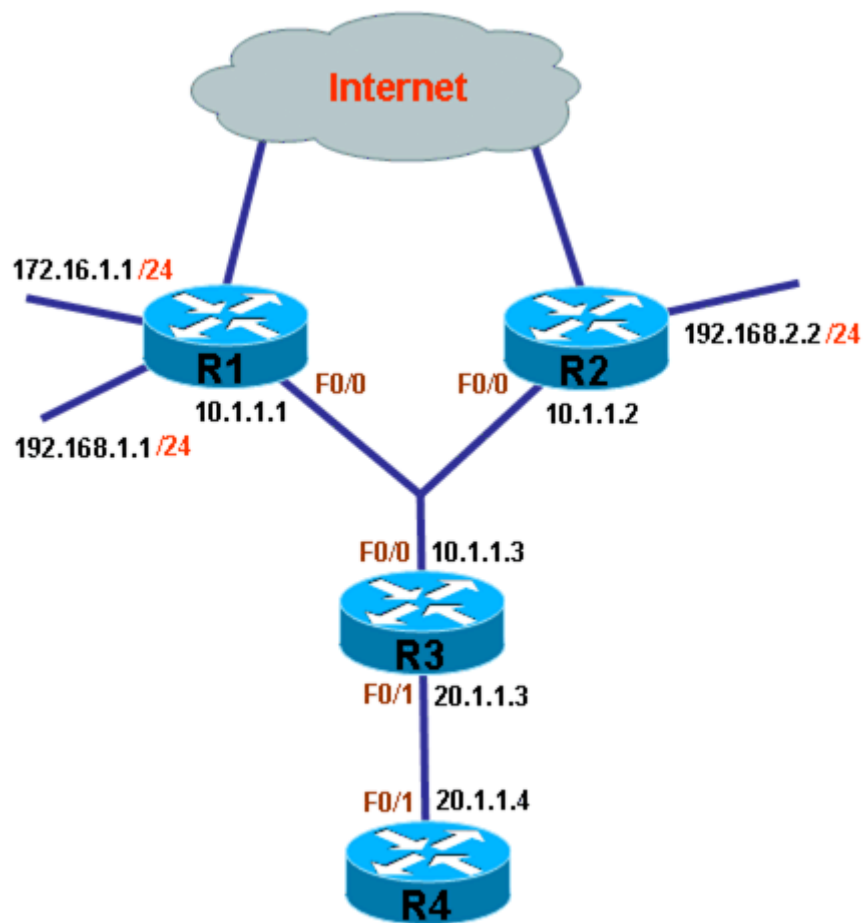
IP route 0.0.0.0 0.0.0.0

为路由器配置默认网关时，IP Default-Gateway 只能在关闭路由功能后起作用，在路由功能开启的情况下，通过命令 IP route 0.0.0.0 0.0.0.0 同样可以为路由器配置默认网关。

两者的区别在于，IP Default-Gateway 只能在路由功能关闭时工作，并且一台路由器只能配置一条，而 IP route 0.0.0.0 0.0.0.0 可以在路由功能开启时工作，一条路由器可以配置多条 IP route 0.0.0.0 0.0.0.0。

配置 IP route 0.0.0.0 0.0.0.0

说明：必须开启路由功能。



说明：以上图为例，配置 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0

1. 在 R3 上配置 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0

(1) 在 R3 上配置 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0:

```
r3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.1.1
```

说明： R3 的网关指向 10.1.1.1 (R1)。

(2) 查看 R3 的路由情况:

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 10.1.1.1 to network 0.0.0.0

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

```
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 10.1.1.1
```

```
r3#
```

说明：R3 路由表中有一条指向 10.1.1.1 的默认网关。

（3）测试网络连通性：

```
r3#ping 192.168.1.1
```

```
Type escape sequence to abort.
```

```
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.1.1, timeout is 2 seconds:
```

```
!!!!
```

```
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 28/80/196 ms
```

```
r3#
```

```
r3#ping 172.16.1.1
```

```
Type escape sequence to abort.
```

```
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.1.1, timeout is 2 seconds:
```

```
!!!!
```

```
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 24/77/200 ms
```

```
r3#
```

说明：因为 R3 的网关为 10.1.1.1，而 172.16.1.1 与 192.168.1.1 也在 R1 上，所以 R3 与 172.16.1.1 和 192.168.1.1 通信正常。

2.配置多条 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0

(1) 在 R3 上配置多条 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0:

```
r3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.1.1
```

```
r3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.1.2
```

说明：命令 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 可以在单台路由器上重复配置。

(2) 查看 R3 路由表情况:

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 10.1.1.2 to network 0.0.0.0

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

```
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 10.1.1.2
```

```
[1/0] via 10.1.1.1
```

```
r3#
```

说明：当配置多条 `ip route 0.0.0.0 0.0.0.0` 后，路由器将同时在其间执行负载均衡，需要注意的是，负载均衡会受到 CEF 的影响，所以默认情况，可能不是你想要的结果。

IP Default-Network

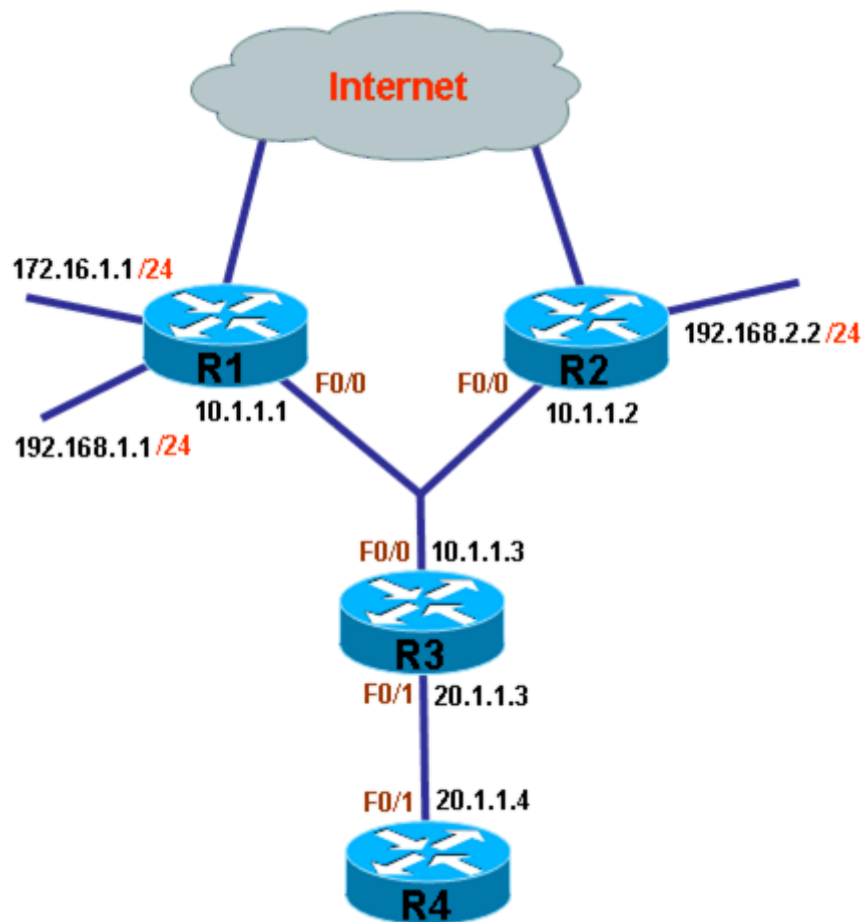
为路由器配置默认网关的方法除了 IP Default-Gateway 与 `IP route 0.0.0.0 0.0.0.0` 之外，还有 IP Default-Network，不同之处在于，IP Default-Gateway 只能工作在非路由模式下，而 `IP route 0.0.0.0 0.0.0.0` 可以工作在路由模式下，但不会自动被动态路由协议传递给邻居。如果使用 IP Default-Network，则被 IP Default-Network 所定义的网络将成为路由器的默认网关，所有未知目标的数据包全部发往该网络，IP Default-Network 的不同之处是它所定义的默认网关，会自动被动态路由协议传递，能够自动传递 IP Default-Network 默认网关的路由协议有 RIP，IGRP，EIGRP，而 OSPF 和 IS-IS 不会传递。

IP Default-Network 是 Classful 的，所指定的网段必须是没有划分子网的主类网络，否则不会产生默认网关。如果需要 IGRP 和 EIGRP 自动传递 IP Default-Network 的默认网关，那么

IP Default-Network 所指定的网络必须在 EIGRP 进程里通告，或者将该网络重分布进 EIGRP；对于 RIP，不需要在进程下通告便会自动传递，但由于 IOS 的不同，RIP 的操作可能存在着不同，某些 IOS 只能在 IP Default-Network 所指定的网络为直连网络时，才会被 RIP 传递，否则无效，所以请以自身 IOS 为准，因为思科并没有文档指出 IOS 版本号。

注：RIP version 1 与 version 2 都支持对 IP Default-Network 默认网关的自动传递。

配置 IP Default-Network



说明：以上图为例，测试 IP Default-Network。

1.在 R3 上配置 IP Default-Network

(1) 在 R3 上手工配置到 192.168.1.0/24 的静态路由：

```
r3(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.1.1.1
```

说明：配置该静态路由，目的在于让 192.168.1.0/24 事先存在于路由表中。

(2) 查看 R3 的路由表，并测试到远程网络 192.168.1.0/24 与 172.16.1.0/24 的连通性：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

```
S 192.168.1.0/24 [1/0] via 10.1.1.1
```

```
r3#
```

```
r3#ping 192.168.1.1
```

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.1.1, timeout is 2 seconds:

```
!!!!
```

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 8/56/172 ms

```
r3#
```

```
r3#ping 172.16.1.1
```

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.1.1, timeout is 2 seconds:

```
.....
```

Success rate is 0 percent (0/5)

```
r3#
```

说明：因为路由表中只有去往 192.168.1.0/24 的静态路由，所以 R3 与 192.168.1.0/24 的通信正常，而与 172.16.1.0/24 不能通信。

(3) 在 R3 上配置 ip default-network:

```
r3(config)#ip default-network 192.168.1.0
```

说明：配置默认网关的网段为 192.168.1.0

(4) 查看 R3 的路由表情况并再次测试连通性：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 10.1.1.1 to network 192.168.1.0

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

S* 192.168.1.0/24 [1/0] via 10.1.1.1

r3#

测试：

r3#ping 192.168.1.1

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.1.1, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 8/52/192 ms

r3#

r3#ping 172.16.1.1

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 172.16.1.1, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 16/84/156 ms

r3#

说明：可以看见，R3 当前的路由表中，存在一条指向 192.168.1.0 的默认网关，所以会将所有未知目标的数据包发往 192.168.1.0，最终 R3 能够与 192.168.1.0/24 和 172.16.1.0/24 通信。

(5) 查看 R3 的路由协议:

```
r3#sh ip protocols
```

```
r3#
```

说明： ip default-network 与协议无关。

2.配置更多 ip default-network

说明： 测试多条 ip default-network

(1) 在 R3 上增加 172.16.1.0/24 与 ip default-network 的关联:

```
r3(config)#ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 10.1.1.1
```

```
r3(config)#ip default-network 172.16.1.0
```

说明： 配置到 172.16.1.0/24 的静态路由，并通过 ip default-network 指定该网段为默认网关。

(2) 查看 R3 当前的路由表情况:

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 10.1.1.1 to network 192.168.1.0

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

S 172.16.0.0/16 [1/0] via 172.16.1.0

S 172.16.1.0/24 [1/0] via 10.1.1.1

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

S* 192.168.1.0/24 [1/0] via 10.1.1.1

r3#

说明：从结果中看出，172.16.1.0/24 并没有成为默认网关，原因是，ip default-network 只支持主类网络，而 172.16.1.0/24 是 172.16.0.0/16 的子网，所以被忽略。

(3) 修改 172.16.0.0/16 为默认网关：

r3(config)#no ip default-network 172.16.1.0

r3(config)#ip route 172.16.0.0 255.255.0.0 10.1.1.1

```
r3(config)#ip default-network 172.16.0.0
```

说明：增加静态路由 172.16.0.0/16，并指定为默认网关，需要说明的是，ip default-network 所指定的网段必须在路由表中真实存在，所以当前必须手工指定到 172.16.0.0/16 的静态路由。

（4）再次查看 R3 的路由表：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 10.1.1.1 to network 172.16.0.0

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

* 172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

```
S* 172.16.0.0/16 [1/0] via 10.1.1.1
```

```
S 172.16.1.0/24 [1/0] via 10.1.1.1
```

```
10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
```

```
C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
S* 192.168.1.0/24 [1/0] via 10.1.1.1
```

```
r3#
```

说明：可以看见，之前的默认网关是 192.168.1.0，而现在已经变成 172.16.0.0，原因是，当路由器上配置多条 ip default-network 后，拥有最低 AD 值的被使用，但当前两条网络 AD 值相同，都为 1，最后比较路由条目在路由表中的上下排列顺序，也就是使用命令 show ip route 时，所显示在最上面的条目被优先使用，正因为 172.16.0.0/16 在 192.168.1.0/24 上面，所以被优先使用。

3.测试 ip default-network 与 RIP 的关联

说明：测试 ip default-network 的默认网关在 RIP 中的传递。

(1) 在 R3 与 R4 之间配置 RIP:

R3:

```
r3(config)#router rip
```

```
r3(config-router)#network 20.0.0.0
```

R4:

```
r4(config)#router rip
```

```
r4(config-router)#network 20.0.0.0
```

```
r4(config-router)#exit
```

(2) 在 R3 上指定 10.0.0.0 为默认网关，并查看路由表情况：

```
r3(config)#ip default-network 10.0.0.0
```

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

* 10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r3#

说明：因为路由表中 10.1.1.0/24 是 10.0.0.0/8 的子网，所以并没成为自己的默认网关，但这并不影响协议的自动传递。

需要注意，如果不是直连网段，可能无法传递。

（3）查看 R4 的路由表情况：

r4#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 20.1.1.3 to network 0.0.0.0

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

R* 0.0.0.0/0 [120/1] via 20.1.1.3, 00:00:14, FastEthernet0/1

r4#

说明：R4 已经成功从 RIP 中收到默认网关，并且指向 R3 的方向。

4.测试 ip default-network 与 EIGRP 的关联

说明：测试 ip default-network 的默认网关在 EIGRP 中的传递。

(1) 在 R3 与 R4 之间配置 EIGRP:

R3:

```
r3(config)#router eigrp 1
```

```
r3(config-router)#no auto-summary
```

```
r3(config-router)#network 20.1.1.3 0.0.0.0
```

R4:

```
r4(config)#router eigrp 1
```

```
r4(config-router)#no auto-summary
```

```
r4(config-router)#network 20.1.1.4 0.0.0.0
```

(2) 在 R3 上指定 192.168.1.0 为默认网关:

```
r3(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.1.1.1
```

```
r3(config)#ip default-network 192.168.1.0
```


(3) 查看 R3 的路由表情况：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 10.1.1.1 to network 192.168.1.0

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

S* 192.168.1.0/24 [1/0] via 10.1.1.1

```
r3#
```

说明： R3 已经成功将 192.168.1.0 定为默认网关。

(4) 查看 R4 的路由表情况：

```
r4#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

```
r4#
```

说明：因为 ip default-network 指定的网段 192.168.1.0 并没有在 EIGRP 进程中，所以默认网关无法被传递。

(5) R3 将默认网关的网段 192.168.1.0 引入 EIGRP：

```
r3(config)#router eigrp 1
```

```
r3(config-router)#redistribute static metric 10000 100 255 1 1500
```

说明：将一条路由导入 EIGRP，可以原本就是 EIGRP 进程的，或者重分布，或者通过命令 `network`，但 `network` 的网段必须为直连。

（6）再次查看 R4 的路由表情况：

```
r4#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 20.1.1.3 to network 192.168.1.0

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

```
D*EX 192.168.1.0/24 [170/284160] via 20.1.1.3, 00:00:27, FastEthernet0/1
```

```
r4#
```

说明： R4 已经成功收到指向 192.168.1.0 的默认网关。

5.测试 ip default-network 同时在 RIP 与 EIGRP 的关联

说明： 测试 ip default-network 的默认网关同时在 RIP 与 EIGRP 中的传递。

(1) 在 R3 与 R1 之间配置 RIP，R3 与 R2 之间配置 EIGRP：

R1：

```
r1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#network 192.168.1.0
```

```
r1(config-router)#network 10.0.0.0
```

R2：

```
r2(config)#router eigrp 1
```

```
r2(config-router)#no auto-summary
```

```
r2(config-router)#network 192.168.2.2 0.0.0.0
```

```
r2(config-router)#network 10.0.0.0
```

R3：

```
r3(config)#router rip
```

```
r3(config-router)#network 10.0.0.0
```

```
r3(config-router)#exit
```

```
r3(config)#router eigrp 1
```

```
r3(config-router)#network 10.0.0.0
```

说明： R1 通过 RIP 向 R3 通告 192.168.1.0/24， R2 通过 EIGRP 向 R3 通告 192.168.2.0/24。

(2) 在 R3 上将 192.168.1.0 配置为默认网关，并查看路由表：

```
r3(config)#ip default-network 192.168.1.0
```

```
r3(config)#exi
```

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 10.1.1.1 to network 192.168.1.0

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

R* 192.168.1.0/24 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:14, FastEthernet0/0

D 192.168.2.0/24 [90/156160] via 10.1.1.2, 00:00:42, FastEthernet0/0

r3#

说明：192.168.1.0/24 已经成功成为默认网关。

(3) 增加 192.168.2.0/24 为默认网关，并查看路由表：

r3(config)#ip default-network 192.168.2.0

r3(config)#exi

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 10.1.1.2 to network 192.168.2.0

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

R* 192.168.1.0/24 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:23, FastEthernet0/0

D* 192.168.2.0/24 [90/156160] via 10.1.1.2, 00:01:17, FastEthernet0/0

r3#

说明：因为当路由器上配置多条 ip default-network 后，拥有最低 AD 值的被使用，由于 EIGRP 通告的 192.168.2.0/24 的 AD 值为 90，而 RIP 通告的 192.168.1.0/24 的 AD 值为 120,所以 192.168.2.0 被优先使用，而忽略了路由条目在路由表中的上下排列顺序。

5.测试 ip default-network 与 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 共存

说明：测试 ip default-network 与 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 共同存在于路由表时，路由器对默认网关的选择。

(1) 在 R3 使用命令 **ip route 0.0.0.0 0.0.0.0** 配置指向 R4 的默认网关，并查看路由表：

```
r3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 20.1.1.4
```

```
r3(config)#exi
```

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 20.1.1.4 to network 0.0.0.0

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

R 192.168.1.0/24 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:10, FastEthernet0/0

D 192.168.2.0/24 [90/156160] via 10.1.1.2, 00:03:57, FastEthernet0/0

S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 20.1.1.4

r3#

说明：R3 当前的默认网关为 20.1.1.4，即 R4。

(2) 在 R3 上配置静态路由到 172.16.0.0/16，并使用命令 `ip default-network` 指定为默认网关，并查看路由表：

```
r3(config)#ip default-network 172.16.0.0
```

```
r3(config)#exi
```

r3#

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 10.1.1.1 to network 172.16.0.0

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

S* 172.16.0.0/16 [1/0] via 10.1.1.1

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

R 192.168.1.0/24 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:16, FastEthernet0/0

D 192.168.2.0/24 [90/156160] via 10.1.1.2, 00:08:46, FastEthernet0/0

S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 20.1.1.4

r3#

说明：因为 ip default-network 后面的网段 172.16.0.0 是通过静态路由指定的，所以优先于 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0，最终 172.16.0.0 成为了默认网关，需要注意，只有当 ip default-network 后面的网段是通过静态路由指定时，才优先于 ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 被使用。

(3) 在 R3 上将 ip default-network 的网段改为通过 RIP 学习到的 192.168.1.0 指定为默认网关，并查看路由表：

r3(config)#no ip default-network 172.16.0.0

r3(config)#ip default-network 192.168.1.0

```
r3(config)#
```

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 20.1.1.4 to network 0.0.0.0

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

S 172.16.0.0/16 [1/0] via 10.1.1.1

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

R* 192.168.1.0/24 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:13, FastEthernet0/0

D 192.168.2.0/24 [90/156160] via 10.1.1.2, 00:10:05, FastEthernet0/0

```
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 20.1.1.4
```

```
r3#
```

说明：因为只有当 `ip default-network` 后面的网段是通过静态路由指定时，才优先于 `ip route 0.0.0.0 0.0.0.0` 被使用，而 `192.168.1.0/24` 是通过 RIP 学习到的，所以此时 `ip route 0.0.0.0 0.0.0.0` 优先。

Classless 与 Classful

大家都非常清楚，可以将一个 IP 网段划分成多个子网，子网的掩码可以是任意位数，比如将一个 `10.0.0.0/8` 的大网划分出 `10.1.1.0/24`，`10.1.2.0/24`，`10.1.3.0/24` 等等，划分出来的更小的网络叫做子网，而原来的大网络叫主网，也称为主类网络，A 类地址掩码必须为 8 位才是主类网络，B 类地址掩码必须为 16 位才是主类网络，C 类地址掩码必须为 24 位才是主类网络。

无论是主网还是子网，都会被路由器放入路由表，只是某些路由协议不能精确传递子网而已，但只要路由协议传递了子网和掩码，路由器就一定会将其放入路由表中。

支持子网的功能被称为 Classless，支持 Classless 可以与子网很好的协作，如果不支持子网，则被称为 Classful，所以，一个路由协议是工作在 Classless 还是 Classful，直接关系到路由信息中是否存在精确的子网信息，如 RIP 和 EIGRP，并且这些功能可以在协议中手工开启或关闭。

路由协议有 Classless 与 Classful 的说法，而 IOS 本身也有运行在 Classless 还是 Classful 的说法，IOS 是工作在 Classless 还是 Classful，并不影响路由表中是否有子网条目，也就是说，IOS 工作在 Classless 还是 Classful，并不影响路由表的建立，路由表不会有任何区别，但是，Classless 与 Classful 会决定路由器转发数据包的进程，影响如下：

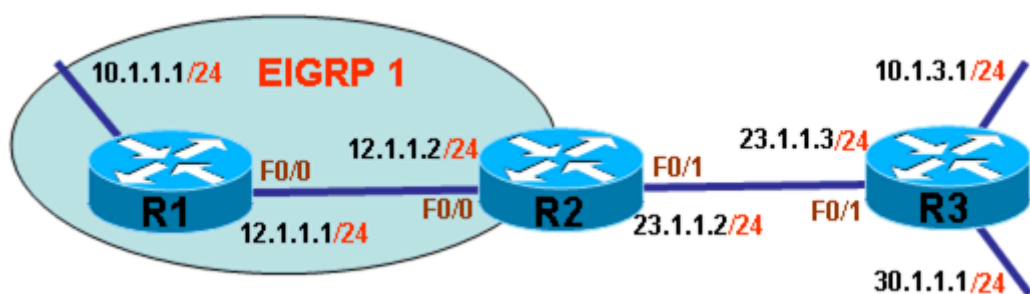
对于某个主类网络，如 `10.0.0.0/8`，当路由表中存在其中部分子网，如 `10.1.1.0/24` 和 `10.1.2.0/24`，当工作在 Classless 时，对于已经知道的子网，路由器会将数据包精确地发送到相应出口，而对于并不知道的子网和其它所有未知目标网络，如 `10.1.3.0/24` 和 `30.1.1.0/24`，如果存在默认路由的话，路由器便将他们全部发送到默

认路由所指示的出口；但是当路由器工作在 **Classful** 时，路由器知道了子网 10.1.1.0/24，就始终会认为其它所有 10.0.0.0/8 范围内的子网都应该真实存在于网络中，会认为 10.1.2.0/24、10.1.3.0/24 等等都存在于网络中，只是自己没有详细路由，这时，当路由器收到去往 10.1.1.0/24 的数据包时，可以正常转发，但是如果收到去往 10.1.3.0/24 和 30.1.1.0/24 的数据包，当路由表中存在默认路由时，去往 30.1.1.0/24 的数据包会被发送到默认路由指示的出口，而去往 10.0.0.0/8 中的未知子网 10.1.3.0/24 的数据包则被全部丢弃而不走默认路由。

由以上情况可以看出，路由器工作在 **Classful** 时，如果知道了某个主类网络中的部分子网后，其它所有未知子网的数据包将被全部丢弃而不转发，即使存在默认路由，也不会转发，而其它主类网络的数据包还是会正常转发。IOS 的 **Classless** 与 **Classful** 可以通过命令 `ip classless` 和 `no ip classless` 开启或关闭。

配置 Classless 与 Classful

说明：以下图为例，测试 Classless 与 Classful



1. 配置基础网络环境

(1) 配置 R1:

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip add 12.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config-if)#exi
```

```
r1(config)#int loopback 10
```

```
r1(config-if)#ip add 10.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#exit
```

说明： R1 连接 10.1.1.0/24。

(2) 配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip add 12.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config-if)#exi
```

```
r2(config)#int f0/1
```

```
r2(config-if)#ip address 23.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config-if)#exit
```

(3) 配置 R3:

```
r3(config)#int f0/1
```

```
r3(config-if)#ip address 23.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config-if)#exit
```

```
r3(config)#int loopback 10
```

```
r3(config-if)#ip add 10.1.3.1 255.255.255.0
```

```
r3(config)#int loopback 30
```

```
r3(config-if)#ip address 30.1.1.1 255.255.255.0
```

说明：说明： R3 连接 10.1.3.0/24 和 30.1.1.0/24

2.测试基础网络

说明： R1 与 R2 之间启用 EIGRP，R1 将子网 10.1.1.0/24 通告给 R2。

(1) R1 与 R2 之间启用 EIGRP:

R1:

```
r1(config)#router eigrp 1
```

```
r1(config-router)#network 10.0.0.0
```

```
r1(config-router)#network 12.0.0.0
```

```
r1(config-router)#no auto-summary
```

R2:

```
r2(config)#router eigrp 1
```

```
r2(config-router)#network 12.0.0.0
```

```
r2(config-router)#no auto-summary
```

(2) 查看 R2 的路由表:

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 23.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 10.1.1.0 [90/156160] via 12.1.1.1, 00:01:46, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r2#

说明：R2 已经从 EIGRP 学习到 10.1.1.0/24。

（3）分别测试 R2 到 10.1.1.0/24， 10.1.3.0/24， 30.1.1.0/24 的连通性：

r2#ping 10.1.1.1

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.1.1.1, timeout is 2 seconds:

!!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 16/87/216 ms

r2#

r2#ping 10.1.3.1

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.1.3.1, timeout is 2 seconds:

.....

Success rate is 0 percent (0/5)

r2#

r2#

r2#ping 30.1.1.1

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 30.1.1.1, timeout is 2 seconds:

.....

Success rate is 0 percent (0/5)

r2#

说明：10.1.1.0/24 可以通信，但由于没有去往 10.1.3.0/24 和 30.1.1.0/24 的路由，所以通信失败。

3.测试 Classless 与 Classful

（1）在 R2 上配置指向 R3 的默认路由：

r2(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 23.1.1.3

（2）测试到 10.1.3.0/24 和 30.1.1.0/24 的连通性：

r2#ping 10.1.3.1

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.1.3.1, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 44/136/240 ms

r2#

r2#

r2#ping 30.1.1.1

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 30.1.1.1, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 32/104/272 ms

r2#

r2#

说明：因为配置了指向 R3 的默认路由，而 10.1.3.0/24 和 30.1.1.0/24 与 R3 直连，所以通信成功。因为 IOS 默认工作在 Classless。

（3）关闭 IO 的 Classless 功能，并查看路由表：

r2(config)#no ip classless

r2(config)#

r2#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 23.1.1.3 to network 0.0.0.0

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 23.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 10.1.1.0 [90/156160] via 12.1.1.1, 00:07:23, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 23.1.1.3

r2#

说明：可以看见，Classless 与 Classful 并不影响路由表的建立。

（4）再次测试 R3 到 10.1.3.0/24 和 30.1.1.0/24 的连通性：

```
r2#ping 10.1.3.1
```

```
Type escape sequence to abort.
```

```
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.1.3.1, timeout is 2 seconds:
```

```
.....
```

```
Success rate is 0 percent (0/5)
```

```
r2#
```

```
r2#
```

```
r2#ping 30.1.1.1
```

```
Type escape sequence to abort.
```

```
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 30.1.1.1, timeout is 2 seconds:
```

```
!!!!!
```

```
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 60/114/196 ms
```

```
r2#
```

说明：结果证明，Classful 让 R2 丢弃了去往 10.0.0.0/8 范围内的子网 10.1.3.0/24 的数据包，而其它主类网络的流量 30.1.1.0/24 则走了默认路由，所以 R2 到 10.1.3.0/24 通信失败，而到 30.1.1.0/24 通信正常。

（5）开启 Classless 后再次测试到 10.1.3.0/24 的连通性：

```
r2(config)#ip classless
```

```
r2(config)#exit
```

```
r2#ping 10.1.3.1
```

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.1.3.1, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 32/116/260 ms

```
r2#
```

说明：由于 R2 开启了 Classless 功能，所以所有未知目标的数据包全部走默认路由，所以最后 R2 到 10.1.3.0/24 通信成功。

默认路由重点总结：

★**ip default-gateway** 只能为路由器配置一个默认网关，并且只能在关闭路由功能的模式下使用；

★如果使用命令 **ip default-network** 配置了多条默认网关，拥有最低 AD 值的网段将被选为默认网关，如果多条网段 AD 值全部相同，最后比较路由条目在路由表中的上下排列顺序，也就是使用命令 **show ip route** 时，所显示在最上面的条目被优先使用；

★如果同时使用 **ip default-network** 和 **ip route 0.0.0.0 0.0.0.0** 配置了多条默认网关，**ip default-network** 会被优先选用，如果 **ip default-network** 指定的路由是靠动态路由协议学来的，则 **ip route 0.0.0.0 0.0.0.0** 被优先选用。

★但如果使用多条 **ip route 0.0.0.0 0.0.0.0** 配置了多条默认网关，并不会只选择其中一条，而是在多条 **ip route 0.0.0.0 0.0.0.0** 中执行负载均衡。

RIP

概述

RIP 是在小型 TCP/IP 网络中使用最普遍的动态路由协议，是一个稳定的协议。

RIP 是一个内部网关路由协议（Interior Gateway Protocol，即 IGP），只能在单个 AS 内传递路由信息。

RIP 被定义为距离矢量路由协议，而距离矢量路由协议的根本特征就是自己的路由表是完全从其它路由器学来的，并且将收到的路由条目一丝不变地放进自己的路由表，以供数据转发。正因为如此，对于路由是否正确，对于目标是否可达，RIP 全然不知。

RIP 使用跳数作为 metric，跳数就是到达目标网络所需要经过的路由器个数，因为直连网络不需要经过任何路由器，所以直连网络的 metric 为 0。RIP 所支持网络的最大跳数为 15，也就是 metric 值最大为 15，一条大于 15，如 16，被 RIP 认为目标不可达，由此可见，RIP 并不适合大型网络。

RIP 共有两个版本，ver 1 和 ver 2，管理距离(Administrative Distance)为 120。

RIP 使用 UDP 协议，端口号 520 将路由条目从开启了 RIP 进程的接口上发出，ver 1 使用广播地址 255.255.255.255 发出，而 ver 2 使用组播地址 224.0.0.9 发出。

无论是 ver 1 还是 ver 2，都会将路由表每 30 秒定期向网络中发送，RIP 没有邻居的概念，所以自己并不知道发出去的路由更新是不是有路由器收到，而收到的路由更新，RIP 并不会绝对接受，只有当路由的发送 IP 地址和自己接收的接口 IP 地址处于同网段时，才会接收，否则忽略。如果路由表中的路由超过 180 秒都没有再次收到更新，则被标记为不可用，如果连续 240 秒没收到更新，最后将相应路由从路由表中删除。

RIP 在将路由发出去之前，都会原来的 metric 值基础上加 1 后发出去，虽然 RIP 采用定期更新，但是当路由发生变化时，也会立即发送更新，如果检测到某路由不可用，则将路由的 metric 值设为 16，然后发出去，这样，接收到的路由器自然会将该路由从自己的路由表中删除。

RIP 有两个版本，发送的路由更新同样分为两个版本 **ver 1** 和 **ver2**，如果在配置 RIP 时，没有指定版本，那么默认可以同时接收 **ver 1** 和 **ver 2** 的更新，但默认只发送 **ver 1**，可以通过手工配置接口接收或发送更新版本的能力。

正因为 RIP 发出去的更新任何路由器都可以接收，所以为了安全，RIP 可以加密更新，但只有 **ver 2** 才可以启用认证，而 **ver 1** 是不可行的，认证同时支持明文和 MD5。

RIP **ver 1** 会将收到的路由自动汇总为主类网络，并且无法关闭该功能，为什么 RIP **ver1** 会自动汇总网络而不可关闭，是因为 RIP 发送的 **ver 1** 更新中，路由条目只包含 IP 网络号，却没有掩码信息，这是个不可思议的麻烦事情，对于路由信息，RIP **ver 1** 有一套奇怪的规则，在后面的实验中，将会详细解释。

RIP **ver 2** 改掉了 RIP **ver 1** 的某些缺点，就是在发送路由更新时，将路由的掩码一起发送，于是成就了 RIP **ver 2** 能够支持 Classless Interdomain Routing (CIDR)和 Variable-Length Subnet Masks (VLSMs)的功能，但 RIP **ver 2** 默认也会自动汇总，只不过该功能可以手工关闭，同时，RIP 还支持手工汇总路由信息，但手工汇总也是有条件限制的，需要明确说明的是，汇总是针对发出的路由有效，也就是对其它路由器生效。

无论是 RIP **ver 1** 还是 RIP **ver 2**，都可以在接口上关闭发送路由的功能，该功能称为 **Passive-Interface**（即被动接口），两个版本都可以通过 **Offset list** 来增加路由的 **metric**，只可以增加，不可以减少。

RIP 也有自己的 **Database**，会将收到的路由存放于 **Database** 中 而 RIP 的 **Database** 并没有特别之处，只是个存放路由的仓库。

RIP 可以使用接口上的 **Secondary IP** 地址作为更新的源地址。

为了防止引起路由环路，RIP 引入了水平分割（**Split Horizon**）的机制，即从一个接口收到路由更新，不会再从这个接口将收到的路由发回去。默认情况下，**Frame-Relay** 主接口是关闭的，而无论是 **Frame-Relay** 点到点子接口还是多点子接口都是默认开启的，除此之外，普通 **HDLC** 封装的串口，以太网接口也都是默认开启的。

RIP ver 1 路由更新

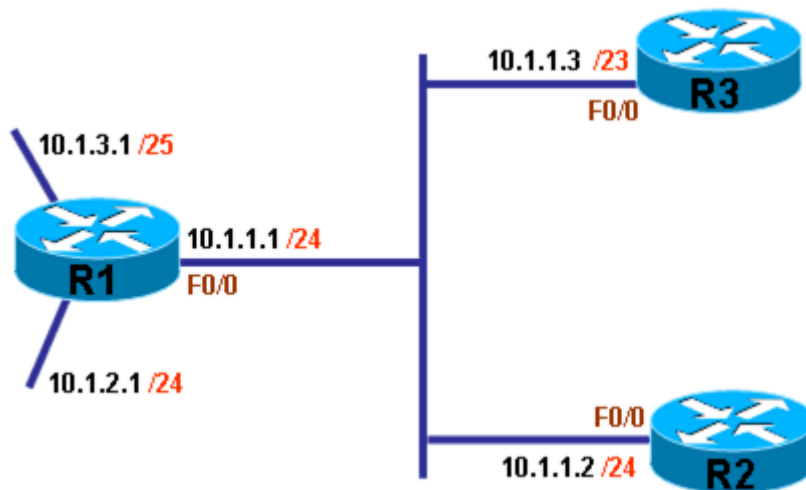
RIP ver 1 使用广播地址 255.255.255.255 发送路由更新，所以同网段任何节点都能收到该更新信息。

RIP ver 1 会将收到的路由自动汇总为主类网络，并且无法关闭该功能，结果为 RIP ver1 的收到的路由条目全部都为类主，即掩码总是为 8 位，16 位，24 位其中的一种，但并不永远都是这样子，因为 RIP 发送的 ver 1 更新中，路由条目只包含 IP 网络号，并没有掩码长度，所以对于收到的路由条目，掩码是接收路由器自己加上去的，由于自动汇总，从而造成所有路由的掩码长度都归为了 8 位，16 位，24 位；但有一种情况是绝对的例外，那就是如果收到的路由条目与接收该路由的接口属于同一主类网络时，那么该路由则被加上与该接收接口 IP 地址相同的掩码长度，比如路由器的接口地址是 10.1.1.2/24，从该接口上收到一条路由 10.1.2.0，则给 10.1.2.0 加上 24 位的掩码长度，而不会自动汇总为 8 位掩码。由此可以看出，RIP 给路由的掩码，只是猜测的，也许该路由并不是自己所猜的掩码长度，因此可能会造成网络中路由表的不精确。但是当接收路由的接口配有 Secondary 地址时，则采用 Secondary 地址的掩码长度赋予接收路由，例如收到的路由为 10.1.2.0，而接口主 IP 地址为 10.1.1.2/24，Secondary IP 地址为 10.1.1.3/25，那么将设定 10.1.2.0 的掩码长度为 25 位，所以 RIP 采用 Secondary IP 的掩码长度优先。

RIP 始终认为与自己直连的对端路由器的 IP 地址和自己是同子网的，认为双方掩码是相同的，其实这也只是 RIP 路由器自己认为而已，它并没有办法知道对方是否真的与自己在同一子网。有时，RIP 希望避免造成不必要的错误，比如自己有条路由条目为 10.1.3.0/25，当要将该路由从某个接口发出去之前，都会做一次检测，如果检测到该接口的 IP 地址与需要发送的路由属于同一主类，那么两者必须拥有相同的掩码长度，才会将路由发出，例如接口 IP 地址为 10.1.1.1/25，要发送的路由为 10.1.3.0/25，这时要发送的路由与接口属于同一主类，并且路由的掩码长度与接口掩码长度也相同，所以可以成功发出 10.1.3.0/25，但是如果接口 IP 地址的掩码长度不是 25 位，例如 IP 地址为 10.1.1.1/24，那么最后因为两者的掩码长度不同，从而放弃发送 10.1.3.0，因为 RIP 认为接口对端的接收者应该和自己属于同一子网，应该是 10.1.1.0/24 的 IP 地址，如果对方收到 10.1.3.0，必定会将掩码定义为 24 位（10.1.3.0/24），所以 RIP 知道将该路由发给对方后，会造成对方路由表错误，因此在明知对方会犯错的情况下，采用不发送该路由的方式来避免对方犯错误。

测试 RIP ver 1 路由更新

说明：以下图为例，测试 RIP ver 1 路由更新



1.配置基础网络环境

(1) 配置 R1:

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip add 10.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config-if)#exit
```

```
r1(config)#int loopback 10
```

```
r1(config-if)#ip add 10.1.2.1 255.255.255.0
```

```
r1(config)#int loopback 11
```

```
r1(config-if)#ip address 10.1.3.1 255.255.255.128
```

说明：F0/0 为 10.1.1.0/24 网段，loopback 10 为 10.1.2.0/24 网段，loopback 11 为 10.1.3.0/25 网段。

（2）配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

说明：F0/0 为 10.1.1.0/24 网段。

（3）配置 R3:

```
r3(config)#int f0/0
```

```
r3(config-if)#ip address 10.1.1.3 255.255.254.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

说明：F0/0 为 10.1.1.0/23 网段。

2.测试 RIP ver 1 路由更新

（1）同时配置 3 台路由器的 RIP 进程:

```
r1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#network 10.0.0.0
```

```
r2(config)#router rip
```

```
r2(config-router)#network 10.0.0.0
```

```
r3(config)#router rip
```

```
r3(config-router)#network 10.0.0.0
```

说明：在 3 台路由器上开启 RIP，默认发送 ve 1 更新，RIP 在发布网段时，即使只需要发布某子网，但也只能使用主类网络。

（2）查看 R1 发出的 RIP 更新：

```
r1#debug ip rip
```

```
RIP protocol debugging is on
```

```
r1#
```

```
*Mar  1 00:14:12.939: RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via
```

```
FastEthernet0/0 (10.1.1.1)
```

```
*Mar  1 00:14:12.939: RIP: build update entries
```

```
*Mar  1 00:14:12.939:  subnet 10.1.2.0 metric 1
```

```
*Mar  1 00:14:14.959: RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via
```

```
Loopback10 (10.1.2.1)
```

```
*Mar  1 00:14:14.959: RIP: build update entries
```

```
*Mar  1 00:14:14.959:  subnet 10.1.1.0 metric 1
```

```
*Mar  1 00:14:16.287: RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via
```

```
Loopback11 (10.1.3.1)
```

```
*Mar  1 00:14:16.287: RIP: build update entries - suppressing null update
```

```
r1#
```

说明：RIP 默认向广播地址 255.255.255.255 发送 ve 1 更新，自己直连的网段 10.1.2.0 虽然 metric 值为 0，但在发出去时，都是加 1 再发送的，而 RIP 收到更新时，是不会加 metric 的，收到时是多少，放进路由表还是多少。还可以看出 RIP ve 1 的路由更新中，并没有掩码长度。

（3）查看 R2 收到的 RIP 更新:

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 2 subnets

R 10.1.2.0 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:26, FastEthernet0/0

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r2#

说明：R2 成功收到了 10.1.2.0，因为自己接口 IP 地址为 10.1.1.2/24，所以赋予了 10.1.2.0 的掩码长度也是 24 位，这与原路由完全相同。对于为什么没有收到 10.1.3.0/25，从之前 R1 上的 debug 就可以看出，由于要发送的路由与接口属于同一主类，但是路由的掩码长度与接口掩码长度不同，所以 R1 就已经放弃了发送 10.1.3.0。

（4）查看 R3 收到的 RIP 更新：

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/23 is subnetted, 2 subnets

R 10.1.2.0 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:16, FastEthernet0/0

C 10.1.0.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r3#

说明：R3 也成功收到了 10.1.2.0，2，但因为自己接口 IP 地址为 10.1.1.3/23，所以赋予了 10.1.2.0 的掩码长度也是 23 位，结果这条路由被 R3 认为是 10.1.2.0/23，很显然，这是错误的，所以可以看出，当 RIP 路由器双方 IP 地址在同一主类，但掩码长度不同时，会造成路由表的不精确，或者造成错误。

（5）使用 Secondary 地址让 R3 纠正路由信息：

r3(config-if)#ip add 10.1.1.33 255.255.255.0 secondary

查看路由：

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks

R 10.1.2.0/24 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:03, FastEthernet0/0

C 10.1.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

C 10.1.0.0/23 is directly connected, FastEthernet0/0

r3#

说明：可以看见，当接收路由的接口配有 **Secondary** 地址时，优先采用了 **Secondary** 地址的掩码长度赋予接收到的路由，最终 10.1.2.0 被纠正为 10.1.2.0/24，该信息现在与原路由完全相同。

（6）测试 R2 添加 **Secondary** 地址后的情况：

r2(config)#int f0/0


```
r2(config-if)#ip add 10.1.1.22 255.255.255.128 secondary
```

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks

R 10.1.2.0/25 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:02, FastEthernet0/0

C 10.1.1.0/25 is directly connected, FastEthernet0/0

C 10.1.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

```
r2#
```

说明：在 R2 给接口配置 Secondary 地址为 10.1.1.22/25 后，由于优先采用了 Secondary 地址的掩码长度赋予接收到的路由，所以原本的 10.1.2.0/24 变成了 10.1.2.0/25。

(7) 查看路由变化时的状态：

```
r1#debug ip rip
```

```
RIP protocol debugging is on
```

```
r1#conf t
```

```
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
```

```
r1(config)#int loopback 10
```

```
r1(config-if)#shutdown
```

```
*Mar  1 00:24:41.887: %LINK-5-CHANGED: Interface Loopback10, changed state to
```

```
administratively down
```

```
*Mar  1 00:24:41.895: RIP: sending v1 flash update to 255.255.255.255 via
```

```
FastEthernet0/0 (10.1.1.1)
```

```
*Mar  1 00:24:41.895: RIP: build flash update entries
```

```
*Mar  1 00:24:41.895:  subnet 10.1.2.0 metric 16
```

```
*Mar  1 00:24:41.899: RIP: sending v1 flash update to 255.255.255.255 via
```

Loopback11 (10.1.3.1)

*Mar 1 00:24:41.899: RIP: build flash update entries - suppressing null

update

*Mar 1 00:24:42.887: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface

Loopback10, changed state to down

*Mar 1 00:24:44.079: RIP: received v1 update from 10.1.1.3 on

FastEthernet0/0

*Mar 1 00:24:44.083: 10.1.2.0 in 16 hops (inaccessible)

*Mar 1 00:24:44.087: RIP: received v1 update from 10.1.1.2 on

FastEthernet0/0

*Mar 1 00:24:44.087: 10.1.2.0 in 16 hops (inaccessible)

r1(config-if)#exi

说明：因为 RIP 所支持网络的最大跳数为 15，而 16 跳被 RIP 认为目标不可达，便会从路由表中删除，所以 RIP 如果检测到某路由不可用，则将路由的 **metric** 值设为 16，然后发出去，这样，接收到的路由器自然会将该路由从自己的路由表中删除。上面 R1 上 10.1.2.0 的接口 shutdown 后，R1 立即将 10.1.2.0 设置 **metric** 为 16 后发出去。

RIP ver 1 主机路由

我们都知道，IP 地址由网络位和主机位组成，网络位表示某个网络，而主机位则表示该网络中的某台主机，如果我们要表示某个网络，就将主机位全部变成 0，例如 10.1.0.0/16，因为最后 16 个主机位全部为 0，所以 10.1.0.0/16 是个网络地址；如果主机位不全为 0，只要任何一位为 1，则表示主机地址，而不是网络地址，例如 10.1.1.0/16，可以看见最后 16 个主机位中，并不全部为 0，因为主机位 1.0 变成二进制为：

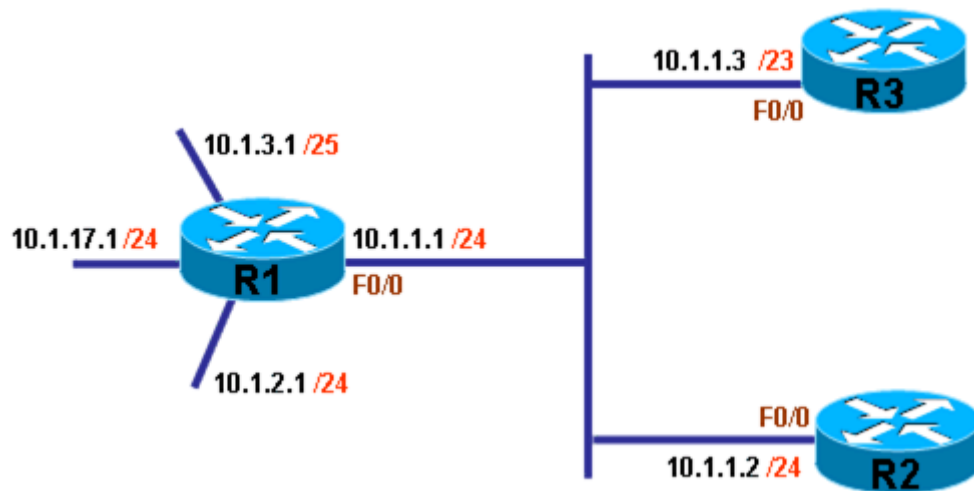
0000 0001 0000 0000，

其中有一个 bit 为 1，所以 10.1.1.0/16 是主机地址。

路由表是用来存放网段信息的，所有路由表中的内容都应该是网络地址，而不应有主机地址，但是路由表并不是不允许主机地址存在于路由表中，当路由协议收到的路由更新为一个主机地址时，也就是主机位不是全 0 的条目，那么该条目被认为是一个主机地址，以 32 位的掩码存放在路由表中。

RIP 协议在收到主机位不全为 0 的路由信息时，同样会认为是主机地址，从而以 32 位的掩码存放在路由表中。由于 RIP ver 1 的路由条目中并不包含掩码长度，所以也就并不知道网络位是哪部分，主机位又是哪部分，因此，如果收到的路由与接收接口不属于同一主类，则一律使用主类地址来检测，但如果收到的路由与接收接口属于同一主类，则以该接口 IP 地址的掩码长度来检测，最后计算出是否是主机地址，如果是，就以 32 位的掩码存放在路由表中。

测试 RIP ver 1 主机路由



说明：以类似上一个实验的拓扑，来测试 RIP ver 1 主机路由

1.增加测试网段

说明：以上一个实验的拓扑为基础，测试 RIP ver 1 主机路由，网络基础配置同上一个实验，并且已经全部启用 RIP。

(1) 在 R1 上增加测试网段：

```
r1(config)#int loopback 17
```

```
r1(config-if)#ip address 10.1.17.1 255.255.255.0
```

说明：在 R1 上增加 10.1.17.0/24 网段。

2.测试主机路由

(1) 查看 R3 的路由情况:

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks

R 10.1.2.0/23 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:20, FastEthernet0/0

C 10.1.0.0/23 is directly connected, FastEthernet0/0

R 10.1.17.0/32 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:20, FastEthernet0/0

```
r3#
```

说明：因为 R3 的接收接口地址为 23 位掩码长度，并且收到的路由 10.1.17.0 与该接收接口地址属于同一主类，所以使用 23 位掩码长度来计算 10.1.17.0 是否属于主机路由，过程为：

23 位掩码长度的主机位为 9 位，那么查看收到的路由条目最后 9 位是否全为 0，如果不是，则为主机路由，而 10.1.17.0 的最后 16 位 17.0 换算成二进制为：

0001 0001 0000 0000

很明显，后面 9 位为 100000000，不是全部都为 0，所以 10.1.17.0 被 R3 认为是主机路由，从而以 32 位长度的掩码放在路由表中，由此可见，RIP 路由器双方如果掩码不匹配，则会造成路由表不精确或路由表错误。

（2）查看 R2 的路由情况

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 3 subnets

R 10.1.2.0 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:19, FastEthernet0/0

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

R 10.1.17.0 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:19, FastEthernet0/0

r2#

说明：R2 接收到 10.1.2.0，而接收接口掩码长度为 24 位，所以以 24 位长度计算，10.1.2.0 不属于主机路由，最终以 10.1.2.0/24 存放在路由表中，该信息完全正确。

（3）继续在 R1 增加主机路由：

r1(config)#int loopback 17

r1(config-if)#ip address 10.1.31.1 255.255.255.0 secondary

r1(config-if)#ip address 10.1.41.1 255.255.255.0 secondary

说明：R1 增加了 10.1.31.0 和 10.1.41.0。

（4）再次查看 R3 的路由表情况：

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 2 masks

R 10.1.2.0/23 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:17, FastEthernet0/0

C 10.1.0.0/23 is directly connected, FastEthernet0/0

R 10.1.31.0/32 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:16, FastEthernet0/0

R 10.1.17.0/32 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:17, FastEthernet0/0

R 10.1.41.0/32 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:11, FastEthernet0/0

r3#

说明：同上原理，R3 以 23 位掩码计算 10.1.31.0 和 10.1.41.0，结果两条路由的 9 个主机位并不全为 0，所以被当作主机路由，要产生主机路由，可以手工配置对于接收者来说主机位并不是全为 0 的网段即要。

（5）再次查看 R2 的路由表情况：

r2#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 5 subnets

R 10.1.2.0 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:08, FastEthernet0/0

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

R 10.1.31.0 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:08, FastEthernet0/0

R 10.1.17.0 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:08, FastEthernet0/0

R 10.1.41.0 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:08, FastEthernet0/0

r2#

说明：路由表正常，计算方法同上，不再解释。

RIP 路由更新源

RIP 会每隔 30 秒定期使用广播或者组播向开启了 RIP 的接口上发出路由更新，

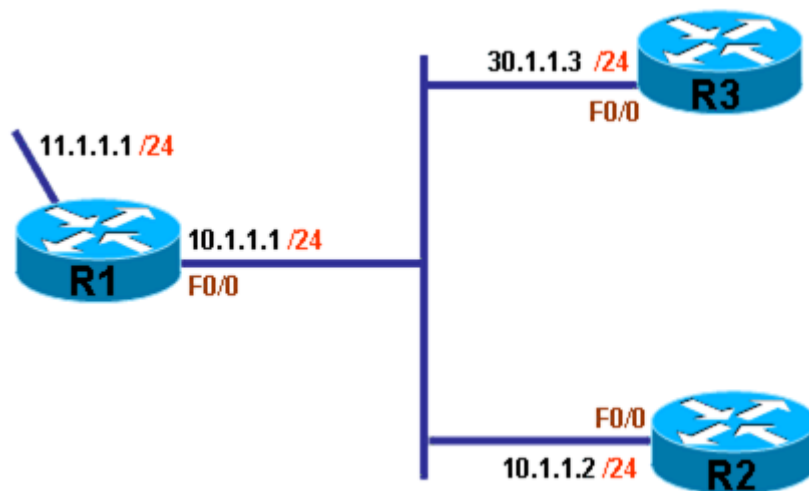
RIP 没有邻居的概念，所以自己并不知道发出去的路由更新被什么样的路由器收到，从之前的实验我们可以看出，当 RIP 路由器相互之间 IP 地址或子网掩码长度不匹配时，都会造成路由不精确或者路由表错误，因此，RIP 收到的路由更新源地址必须和接收接口处于相同子网，即使是源地址和接收接口的 Secondary 地址处于相同子网也可以，否则忽略收到的路由更新，该功能称为 RIP 的更新源有效性，可以手动关闭或打开，默认为开启状态。

当接口上配置 Secondary 地址并发布到 RIP 进程后，所有路由信息从该接口发出去时，会同时使用主 IP 地址与 Secondary 地址分别发送一次。

注：接口上 Secondary 地址可以作为路由更新的源地址，但 Secondary 地址的网段不会被 RIP 更新出去。

测试 RIP 路由更新源

说明：该功能默认为开启状态，RIP ver 1 与 ver 2 均适用。



说明：以上图为例，测试 RIP 路由更新源

1.配置基础网络环境

（1）配置 R1:

```
r1(config)#int loopback 11
```

```
r1(config-if)#ip add 11.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip add 10.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#network 11.0.0.0
```

```
r1(config-router)#network 10.0.0.0
```

说明：在 R1 上配置 10.1.1.0/24 和 11.0.0.0/24，并发布到 RIP 中。

（2）配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip add 10.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config)#router rip
```

```
r2(config-router)#network 10.0.0.0
```

说明：在 R2 上配置 10.1.1.0/24，并发布到 RIP 中。

(3) 配置 R3:

```
r3(config)#int f0/0
```

```
r3(config-if)#ip add 30.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config)#router rip
```

```
r3(config-router)#network 30.0.0.0
```

说明：在 R3 上配置 10.1.1.0/24，并发布到 RIP 中。

2.测试路由

(1) 查看 R2 的路由情况:

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

R 11.0.0.0/8 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:29, FastEthernet0/0

r2#

说明：因为 R1 与 R2 接口地址都在 10.1.1.0/24 网段，所以满足条件，R2 正常收到路由。

(2) 查看 R3 的路由情况：

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

30.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 30.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r3#

说明：因为 R1 发出的路由更新的源地址在 10.1.1.0，而 R3 的接收接口地址在 30.1.1.0，双方处于不同子网，所以 R3 并没有认可 R1 发来的路由。

以下是 R3 上的 debug 信息：

r3#debug ip rip

RIP protocol debugging is on

r3#

*Mar 1 00:08:32.219: RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via

FastEthernet0/0 (30.1.1.3)

```
*Mar  1 00:08:32.219: RIP: build update entries - suppressing null update
```

```
*Mar  1 00:08:35.003: RIP: ignored v1 update from bad source 10.1.1.1 on
```

```
FastEthernet0/0
```

```
r3#
```

说明：R3 因为 R1 不合法的源地址，所以忽略了从 10.1.1.0 发来的路由更新。

3.解决路由接收

(1) 在 R3 上使用 **Secondary** 地址解决:

```
r3(config)#int f0/0
```

```
r3(config-if)#ip address 10.1.1.3 255.255.255.0 secondary
```

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

R 11.0.0.0/8 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:10, FastEthernet0/0

30.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 30.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r3#

说明：因为 R3 在接收接口上配置与 R1 更新源地址同子网的 10.1.1.0 的地址，所以源地址和接收接口的 **Secondary** 地址处于相同子网，最后将接收到的路由更新放入路由表中。

(2) 关闭更新源有效性检测:

r3(config)#int f0/0

r3(config-if)#no ip address 10.1.1.3 255.255.255.0 secondary

```
r3(config)#router rip
```

```
r3(config-router)#no va
```

```
r3(config-router)#no validate-update-source
```

说明：R3 关闭了更新源有效性检测，并去除了 Secondary 地址，再次查看路由表：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

```
route
```

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

```
R 11.0.0.0/8 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:02
```

```
30.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
```

```
C 30.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
r3#
```

说明：当关闭了更新源有效性检测后，所有接收到的路由更新即使地址不合法，也都被放入路由表

（3）在 R3 上配置 Secondary 地址解决：

```
r3(config)#router rip
```

```
r3(config-router)#validate-update-source
```

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip address 30.1.1.1 255.255.255.0 secondary
```

```
1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#network 30.0.0.0
```

说明：在 R1 上配置 Secondary 地址，并放入 RIP 进程，同时在 R3 上恢复更新源有效性检测。

（4）再次查看 R3 的路由接收情况：

```
r3#debug ip rip
```

```
RIP protocol debugging is on
```

```
*Mar  1 00:17:20.971: RIP: ignored v1 update from bad source 10.1.1.1 on
```

```
FastEthernet0/0
```

*Mar 1 00:17:20.971: RIP: received v1 update from 30.1.1.1 on

FastEthernet0/0

*Mar 1 00:17:20.971: 11.0.0.0 in 1 hops

r3#

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

R 11.0.0.0/8 [120/1] via 30.1.1.1, 00:00:27, FastEthernet0/0

30.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 30.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r3#

说明：因为 R1 同时使用了接口主地址 10.1.1.1 与 Secondary 地址 30.1.1.1 各发了一份路由更新，R3 虽然忽略了 10.1.1.1 发来的更新，但接收了 30.1.1.1 的更新，所以从 30.1.1.1 收到的路由被放入了路由表中。

(5) 使 R2 接收所有路由：

r2(config)#router rip

r2(config-router)#no validate-update-source

r2#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static

route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

R 11.0.0.0/8 [120/1] via 30.1.1.1, 00:00:06

[120/1] via 10.1.1.1, 00:00:06, FastEthernet0/0

r2#

说明：R2 关闭了更新源有效性检测后，同时接收了 10.1.1.1 和 30.1.1.1 发来的路由更新，

并且可以得知，R1 接口上 Secondary 地址作为路由更新的源地址，但 Secondary 地址的网段并没有被 RIP 更新出去。

RIP 触发更新

由于无论是 RIP ver 1 还是 ver 2，都会将路由表每隔 30 秒定期向网络中发送，但通常情况下，广域网链路带宽相对比较低速，而且带宽宝贵，为了能够更好的利用和节省广域网上的带宽，RIP 可以调整为在广域网链路上抑制路由更新的发送，而只仅仅在路由有变化时，将有变化的路由发出去，这就是 RIP 的 触发更新机制，并且是基于接口开启或关闭的。

因为 RIP 是网络早期开发的，在早期时候，广域网都是串行链路，或者说是点到点链路，所以 RIP 触发更新只支持在点到点链路上开启或关闭，对于 Frame-Relay 和以太网这样的多路访问接口中，不支持 RIP 触发更新，但是 Frame-Relay 点到点子接口被 RIP 认为是点到点链路，可以开启触发更新。

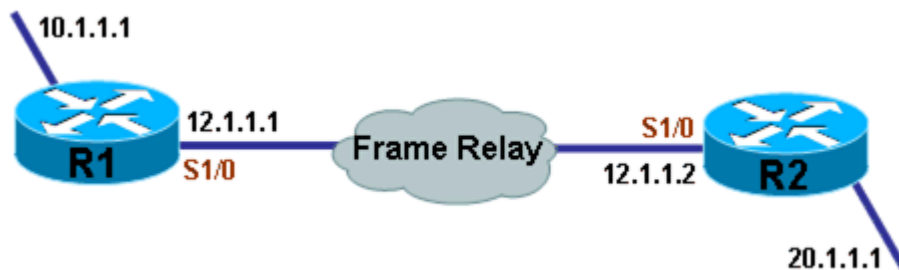
因为 RIP 的路由会每隔 30 秒更新一次，如果路由表中的路由超过 180 秒都没有

再次收到更新，则被标记为不可用，如果连续 240 秒没收到更新，将会从路由表中删除，所以当某台 RIP 路由器开启触发更新后，在路由没有变动的情况下，便不再向对端发送路由更新，这样势必会造成对端路由器在 240 秒之后将收到的路由从路由表中删除，为了杜绝此类问题，

RIP 触发的更新机制需要在两端路由器都开启，否则不生效。在双方都开启后，相互收到的路由都会被注明永久有效(permanent)而不需要再次收到更新。

注：RIP 触发更新支持 ver 1 和 ver 2。

测试 RIP 触发更新



说明：以上图为例，测试测试 RIP 触发更新

1.配置基础网络环境

(1) 配置 R1:

```
r1(config)#int serial 1/0
```

```
r1(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
r1(config-if)#no frame-relay inverse-arp
```

```
r1(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r1(config-if)#no ip address
```

```
r1(config-if)#no shutdown
```

```
r1(config)#int serial 1/0.12 point-to-point
```

```
r1(config-subif)#ip address 12.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-subif)#frame-relay interface-dlci 102
```

```
r1(config)#int loopback 10
```

```
r1(config-if)#ip add 10.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#network 12.0.0.0
```

```
r1(config-router)#network 10.0.0.0
```

说明：在 R1 上配置网段 12.1.1.0 和 10.1.1.0，因为 R1 和 R2 通过 Frame-Felay 连接，而 Frame-Felay 只有点到点接口才被认为是点到点链路。

(2) 配置 R2:


```
r2(config)#int serial 1/0
```

```
r2(config-if)#en frame-relay
```

```
r2(config-if)#no frame-relay inverse-arp
```

```
r2(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r2(config-if)#no ip address
```

```
r2(config-if)#no shutdown
```

```
r2(config)#int serial 1/0.12 point-to-point
```

```
r2(config-subif)#ip address 12.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-subif)#frame-relay interface-dlci 201
```

```
r2(config)#int loopback 20
```

```
r2(config-if)#ip address 20.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r2(config)#router rip
```

```
r2(config-router)#network 12.0.0.0
```

```
r2(config-router)#network 20.0.0.0
```

说明：在 R2 上配置网段 12.1.1.0 和 20.1.1.0，并放入 RIP 进程。

2 .测试 RIP 触发更新

(1) 查看 R1 与 R2 当前的路由表情况：

r1#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

R 20.0.0.0/8 [120/1] via 12.1.1.2, 00:00:15, Serial1/0.12

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, Loopback10

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, Serial1/0.12

r1#

r2#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, Loopback20

R 10.0.0.0/8 [120/1] via 12.1.1.1, 00:00:11, Serial1/0.12

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, Serial1/0.12

r2#

说明：R1 与 R2 当前路由表正常，都能成功收到对方发来的路由。

（2）在 R1 接口上开启 RIP 触发更新：

```
r1(config)#int serial 1/0.12
```

```
r1(config-subif)#ip rip triggered
```

说明：在接口上成功输入 RIP 触发更新的命令，并不代表 RIP 触发更新就已经生效。

（3）在 R1 上查看 RIP 触发更新是否生效：

```
r1#sh ip protocols
```

```
Routing Protocol is "rip"
```

```
Outgoing update filter list for all interfaces is not set
```

```
Incoming update filter list for all interfaces is not set
```

```
Sending updates every 30 seconds, next due in 12 seconds
```

```
Invalid after 180 seconds, hold down 0, flushed after 240
```

```
Redistributing: rip
```

```
Default version control: send version 1, receive any version
```

Interface	Send	Recv	Triggered RIP	Key-chain
-----------	------	------	---------------	-----------

Serial1/0.12	1	1	2	
--------------	---	---	---	--

Loopback10	1	1	2	
------------	---	---	---	--

```
Automatic network summarization is in effect
```

```
Maximum path: 4
```

```
Routing for Networks:
```

```
10.0.0.0
```

```
12.0.0.0
```

```
Routing Information Sources:
```

Gateway	Distance	Last Update
---------	----------	-------------

12.1.1.2	120	00:00:14
----------	-----	----------

Distance: (default is 120)

r1#

说明：并没有任何信息显示 RIP 触发更新已生效。

(4) 在 R2 上也开启 RIP 触发更新:

```
r2(config)#int serial 1/0.12
```

```
r2(config-subif)#ip rip tri
```

```
r2(config-subif)#ip rip triggered
```

说明：在 R2 上也开启了 RIP 触发更新，保持双方一致。

(5) 再次查看 RIP 触发更新是否生效:

```
r1#sh ip protocols
```

```
Routing Protocol is "rip"
```

```
Outgoing update filter list for all interfaces is not set
```

```
Incoming update filter list for all interfaces is not set
```

```
Sending updates every 30 seconds, next due in 3 seconds
```

```
Invalid after 180 seconds, hold down 0, flushed after 240
```

Redistributing: rip

Default version control: send version 1, receive any version

Interface	Send	Recv	Triggered RIP	Key-chain
-----------	------	------	---------------	-----------

Serial1/0.12	1	1 2	Yes	
--------------	---	-----	-----	--

Loopback10	1	1 2		
------------	---	-----	--	--

Automatic network summarization is in effect

Maximum path: 4

Routing for Networks:

10.0.0.0

12.0.0.0

Routing Information Sources:

Gateway	Distance	Last Update
---------	----------	-------------

12.1.1.2	120	00:00:26
----------	-----	----------

Distance: (default is 120)

r1#

说明：在双方路由器都开启 RIP 触发更新后，输出结果显示 RIP 触发更新已生效。

（6）再次查看 R1 的路由表情况：

r1#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

R 20.0.0.0/8 [120/1] via 12.1.1.2, 00:05:18, Serial1/0.12

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, Loopback10

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, Serial1/0.12

r1#

说明：从路由表中可以看出，RIP 收到的路由 20.0.0.0/8 在 5 分 18 秒还没再次收到更新的情况下，也没有从路由表中删除，因为开了 RIP 触发更新，不会再收到路由更新。

(7) 查看 R1 的 RIP 数据库状态：

r1#sh ip rip da

```
r1#sh ip rip database
```

```
10.0.0.0/8    auto-summary
```

```
10.1.1.0/24   directly connected, Loopback10
```

```
12.0.0.0/8    auto-summary
```

```
12.1.1.0/24   directly connected, Serial1/0.12
```

```
20.0.0.0/8    auto-summary
```

```
20.0.0.0/8
```

```
    [1] via 12.1.1.2, 00:05:24 (permanent), Serial1/0.12
```

```
* Triggered Routes:
```

```
    - [1] via 12.1.1.2, Serial1/0.12
```

```
r1#
```

说明：结果显示 R1 收到的路由 20.0.0.0/8 当前为触发更新状态，所以注明该路由不需要更新，而是永久有效（permanent）。

（8）查看 R2 的路由表与 RIP 数据库状态：

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

20.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 20.1.1.0 is directly connected, Loopback20

R 10.0.0.0/8 [120/1] via 12.1.1.1, 00:05:38, Serial1/0.12

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, Serial1/0.12

r2#

r2#sh ip rip da

r2#sh ip rip database

10.0.0.0/8 auto-summary

10.0.0.0/8

[1] via 12.1.1.1, 00:05:42 (permanent), Serial1/0.12

* Triggered Routes:

- [1] via 12.1.1.1, Serial1/0.12

12.0.0.0/8 auto-summary

12.1.1.0/24 directly connected, Serial1/0.12

20.0.0.0/8 auto-summary

20.1.1.0/24 directly connected, Loopback20

r2#

说明：同样，R2 从 R1 收到的路由 10.0.0.0/8 在 5 分 38 秒没有再次收到更新，也没有从路由表中删除，数据库中也显示该路由为触发更新路由，并且为永久有效。

RIP 单播更新

RIP ver 1 只能工作在 Classful 模式下，虽然 RIP ver 2 可以工作在 Classless 下，但是在使用命令 network 发布网段时，都只能发布主类网络，例如路由器上有三个网段，分别为 10.1.1.0/24，10.1.2.0/24，10.1.3.0/24，如果要将 10.1.1.0/24 放入 RIP 进程，只能使用命令 network 10.0.0.0，因为使用 network 10.1.1.0 和 network 10.0.0.0 是同样的结果，而 10.0.0.0 将路由器上三个网段全部包含在内了，所以在配置 RIP 时，只能将所有接口都放入进程，但是可以想象，只想将单个接口放入进程，结果却是将所有接口放入进程，这种做法是不理想的，因为这种配置不仅将某些不必要的网段通告给了其它路由器，同时也在不必要的接口上周期性发送路由更新。为了解决上述问题，RIP 可以抑制从某个接口发送更新，称为 RIP 被动接口（Passive-Interface）这不同于 RIP 触发更新，因为开启触发更新的接口，只是平时不向该接口发送路由更新，而在路由在变动时，同样会发送，但 RIP 被动接口则是永远不再向该接口发送更新。

RIP ver 1 使用广播更新，RIP ver 2 使用组播更新，除此之外，无论是 RIP ver 1 还是 ver 2，都可以选择使用单播地址更新，就是将路由更新的目的地址使用单播地址来代替广播和组播，如果开启单播更新之后，RIP 除了使用单播更新外，还会继续使用原来的组播和广播更新，也就是开启单播更新后，RIP 的路由更新没有减少，反而增加了，这样就变成了掩耳盗铃，但是不用担心，在这里，有个特殊的情况，就是 RIP 被动接口虽然可以抑制从某个接口发送路由更新，但是被动接口不能抑制单播更新，只能抑制广播和组播，所以答案很明显，我们在采用单播更新的时候，可以利用被动接口消除其它不必要的路由更新。

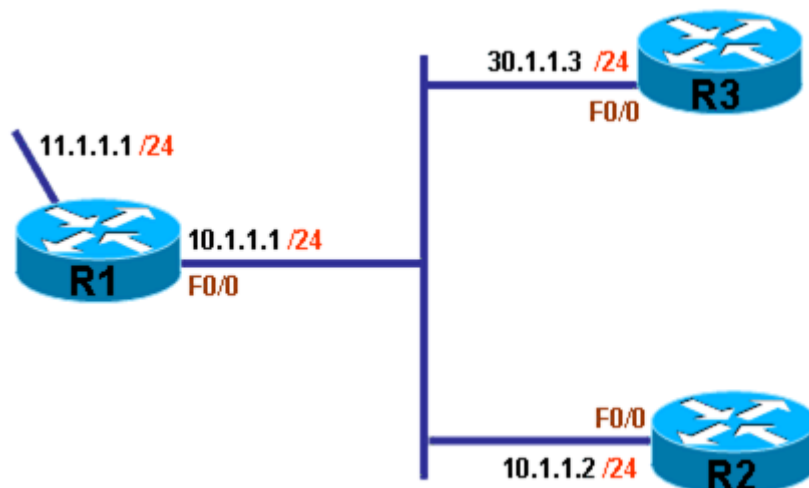
注：

★RIP 被动接口可以对单个接口生效，也可以对 RIP 进程下的所有接口生效，开启了被动接口后，该接口虽然不向外发送路由更新，但依然可以接收路由更新。

★单播更新的目标地址必须在自己的直连网段，否则不会发送更新。

测试 RIP 单播更新

说明：以下图为例，测试 RIP 单播更新。



1.配置基础网络环境

(1) 配置 R1:

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip add 10.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#int loopback 11
```

```
r1(config-if)#ip add 11.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#network 10.0.0.0
```

```
r1(config-router)#network 11.0.0.0
```

说明：在 R1 上配置 11.1.1.0/24 和 10.1.1.0/24，并放入 RIP 进程。

(2) 配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip add 10.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config)#router rip
```

```
r2(config-router)#network 10.0.0.0
```

说明：在 R1 上配置 10.1.1.0/24，并放入 RIP 进程。

(3) 配置 R3:

```
r3(config)#int f0/0
```

```
r3(config-if)#ip address 10.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config)#router rip
```

```
r3(config-router)#network 10.0.0.0
```

说明：在 R1 上配置 10.1.1.0/24，并放入 RIP 进程。

2.测试 RIP 单播更新

(1) 查看 R1 发送的 RIP 更新：

```
r1#debug ip rip
```

```
RIP protocol debugging is on
```

```
r1#
```

```
*Mar  1  00:09:47.615:  RIP:  sending  v1  update  to  255.255.255.255  via  
FastEthernet0/0 (10.1.1.1)
```

```
*Mar  1 00:09:47.615: RIP: build update entries
```

```
*Mar  1 00:09:47.615:  network 11.0.0.0 metric 1
```

```
r1#
```

说明：默认情况下，RIP 使用广播地址发送 ver 1 路由更新。

(2) 在 R1 开启单播更新:

```
r1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#neighbor 10.1.1.2
```

说明: 单播向 10.1.1.2 发送更新。

(3) 再次查看 R1 发送的 RIP 更新:

```
r1#debug ip rip
```

```
RIP protocol debugging is on
```

```
r1#
```

```
*Mar  1  00:39:05.859:  RIP:  sending v1 update to 255.255.255.255 via  
FastEthernet0/0 (10.1.1.1)
```

```
*Mar  1 00:39:05.859: RIP: build update entries
```

```
*Mar  1 00:39:05.859:  network 11.0.0.0 metric 1
```

```
*Mar  1 00:39:05.863:  RIP:  sending v1 update to 10.1.1.2 via FastEthernet0/0  
(10.1.1.1)
```

```
*Mar  1 00:39:05.863: RIP: build update entries
```

```
*Mar  1 00:39:05.863:  network 11.0.0.0 metric 1
```

```
*Mar  1 00:39:07.563:  RIP:  sending v1 update to 255.255.255.255 via Loopback11  
(11.1.1.1)
```

```
*Mar  1 00:39:07.563: RIP: build update entries
```

```
*Mar  1 00:39:07.563:  network 10.0.0.0 metric 1
```

r1#

说明：RIP 虽然向 10.1.1.2 发送单播更新，更是广播更新依然存在，这让单播更新毫无优势。

（4）开启 RIP 被动接口：

r1(config)#router rip

r1(config-router)#passive-interface default

说明：因为 RIP 已经开启单播更新，所以开启被动接口，过滤掉不必要的更新。命令 passive-interface default 在所有 RIP 接口上开启被动接口。

（5）再次查看 R1 发送的 RIP 更新：

r1#debug ip rip

RIP protocol debugging is on

r1#

*Mar 1 00:13:25.371: RIP: sending v1 update to 10.1.1.2 via FastEthernet0/0 (10.1.1.1)

*Mar 1 00:13:25.371: RIP: build update entries

*Mar 1 00:13:25.371: network 11.0.0.0 metric 1

r1#

说明：虽然在所有 RIP 接口上开启了被动接口，抑制发广播发送路由更新，但向 10.1.1.2 的单播更新照样工作正常。

(6) 查看 R2 的路由表：

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

R 11.0.0.0/8 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:03, FastEthernet0/0

```
r2#
```

说明：虽然 R1 在所有 RIP 接口上开启了被动接口，但 R1 还是继续向 R2 单播发送路由更新，所以 R2 收到了 R1 发来的路由。

(7) 查看 R3 的路由表：


```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

R 11.0.0.0/8 [120/1] via 10.1.1.1, 00:02:05, FastEthernet0/0

```
r3#
```

说明：因为 R1 在所有 RIP 接口上开启了被动接口，但 R1 并没有向 R3 单播发送路由更新，所以 R3 没有收到了 R1 发来的任何路由。

RIP 手工汇总

RIP ver 1 在发送路由更新时，不带掩码信息，在收到路由更新后，自动汇总为主类网络，并且无法关闭，虽然 RIP ver 2 在发送路由更新时，带了掩码信息，但默

认也将所有收到的路由汇总为主类网络，不过 RIP ver 2 的自动汇总可以关闭。正因为 RIP ver 2 的路由更新中带了掩码长度，所以在发送路由信息时，可以手工汇总到任意比特位，从而缩小路由表的空间。

虽然 RIP ver 2 可以将路由手工汇总到任意比特位，但还是存在一定的限制条件，不能将一条路由的掩码位数汇总到短于自身主类网络的掩码长度，就是不能将 C 类地址汇总到短于 24 位的掩码长度，不能将 B 类地址汇总到短于 16 位的掩码长度，不能将 A 类地址汇总到短于 8 位的掩码长度，例如只能将 172.16.1.0/24 汇总到 172.16.0.0/16，但不能汇总到 172.16.0.0/15，因为该网络为 B 类地址，所以掩码长度不能短于 16 位。

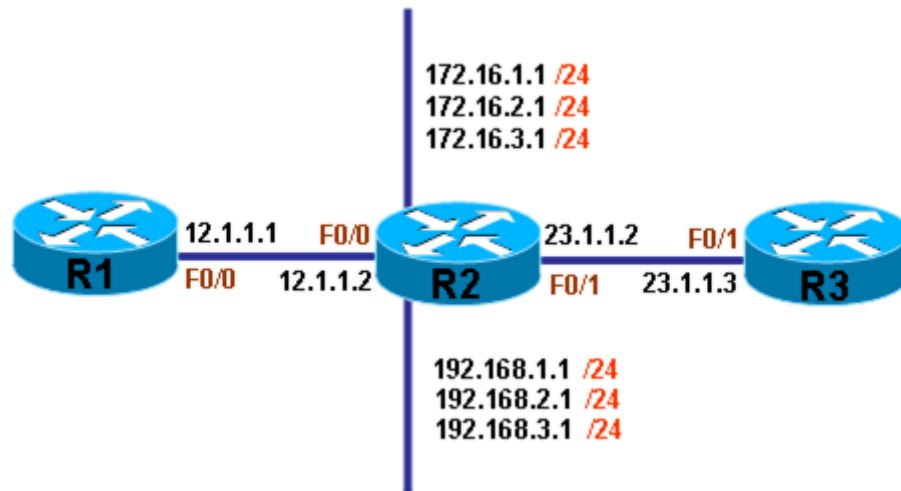
注：RIP 的自动汇总，是将路由汇总后发给邻居，而不是将收到的路由汇总后转给自己，所以自动汇总是对其它路由器产生效果，是对其它路由器的路由表生效。

RIP 手工汇总和自动汇总相似，也是将路由汇总后发给邻居，手工汇总的效果也是在其它路由器上生效，自己并不能看见效果，手工汇总是基于接口配置的。

如果自动汇总和手工汇总同时存在，则自动汇总优先，也就是说，还是只发送主类网络。

测试 RIP 手工汇总

说明：以下图为例，测试 RIP 手工汇总：



1.配置基础网络环境：

(1) 配置 R1:

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip address 12.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#network 12.0.0.0
```

说明：在 R1 上配置 12.1.1.0/24，并将网段放入 RIP 进程。

(2) 配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip add 12.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no shutdown
```

```
r2(config)#int f0/1
```

```
r2(config-if)#ip address 23.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no shutdown
```

```
r2(config)#int loopback 172
```

```
r2(config-if)#ip address 172.16.1.1 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#ip address 172.16.2.1 255.255.255.0 secondary
```

```
r2(config-if)#ip address 172.16.3.1 255.255.255.0 secondary
```

```
r2(config)#int loopback 192
```

```
r2(config-if)#ip add 192.168.1.1 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#ip add 192.168.2.1 255.255.255.0 secondary
```

```
r2(config-if)#ip add 192.168.3.1 255.255.255.0 secondary
```

```
r2(config)#router rip
```

```
r2(config-router)#version 2
```

```
r2(config-router)#network 12.0.0.0
```

```
r2(config-router)#network 23.0.0.0
```

```
r2(config-router)#network 172.16.0.0
```

```
r2(config-router)#network 192.168.1.0
```

```
r2(config-router)#network 192.168.2.0
```

```
r2(config-router)#network 192.168.3.0
```

说明：在 R2 上配置网段，并启动 RIP ver 2，将网段放入 RIP 进程。

(3) 配置 R3:

```
r3(config)#int f0/1
```

```
r3(config-if)#ip address 23.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config)#router rip
```

```
r3(config-router)#network 23.0.0.0
```

说明：在 R3 上配置 23.1.1.0/24，并将网段放入 RIP 进程。

2.测试 RIP 手工汇总

(1) 查看当前 R3 的路由表:

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

路

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 23.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

R 172.16.0.0/16 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:16, FastEthernet0/1

R 12.0.0.0/8 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:16, FastEthernet0/1

R 192.168.1.0/24 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:16, FastEthernet0/1

R 192.168.2.0/24 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:16, FastEthernet0/1

R 192.168.3.0/24 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:16, FastEthernet0/1

r3#

说明：虽然 R3 为 RIP ver 2，但自动汇总默认开启，所以 R3 收到的还是汇总过的路由。

(2) 在 R2 上将 172.16.0.0 中 24 位的路由汇总为 22 位发给 R3:

r2(config)#int f0/1

```
r2(config-if)#ip summary-address rip 172.16.0.0 255.255.252.0
```

说明：手工汇总为 172.16.0.0/22。

（3）查看 R2 的手工汇总情况：

```
r2#debug ip rip
```

```
RIP protocol debugging is on
```

```
r2#
```

```
*Mar  1 01:05:34.903: RIP: sending v2 update to 224.0.0.9 via FastEthernet0/1  
(23.1.1.2)
```

```
*Mar  1 01:05:34.903: RIP: build update entries
```

```
*Mar  1 01:05:34.903:  12.0.0.0/8 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
```

```
*Mar  1 01:05:34.907:  172.16.0.0/16 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
```

```
*Mar  1 01:05:34.907:  192.168.1.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
```

```
*Mar  1 01:05:34.907:  192.168.2.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
```

```
*Mar  1 01:05:34.911:  192.168.3.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
```

说明：虽然 R2 在 F0/1 上配置了手工汇总 172.16.0.0/22，但由于自动汇总还在生效，所以自动汇总优先，最后发送的路由依然是 172.16.0.0/16 这条主类网络。

查看 R3 的路由表：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 23.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

R 172.16.0.0/16 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:08, FastEthernet0/1

R 12.0.0.0/8 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:08, FastEthernet0/1

R 192.168.1.0/24 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:08, FastEthernet0/1

R 192.168.2.0/24 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:08, FastEthernet0/1

R 192.168.3.0/24 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:08, FastEthernet0/1

r3#

说明：R3 并没有收到 R2 上配置的手工汇总 172.16.0.0/22，说明自动汇总优先于手工汇总。

（4）在 R2 上关闭自动汇总：

r2(config)#router rip


```
r2(config-router)#no auto-summary
```

(5) 再次查看 R3 上的路由表：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 23.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

172.16.0.0/22 is subnetted, 1 subnets

R 172.16.0.0 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:05, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 12.1.1.0 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:05, FastEthernet0/1

R 192.168.1.0/24 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:05, FastEthernet0/1

R 192.168.2.0/24 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:05, FastEthernet0/1

R 192.168.3.0/24 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:05, FastEthernet0/1

r3#

说明： R2 上关闭了自动汇总：所以 R3 收到了 R2 的手工汇总 172.16.0.0/22。

（6）查看 R2 的路由表：

r2#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 23.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets

C 172.16.1.0 is directly connected, Loopback172

C 172.16.2.0 is directly connected, Loopback172

C 172.16.3.0 is directly connected, Loopback172

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.3.0/24 is directly connected, Loopback192

r2#

说明：R2 上在 172.16.0.0/22 只存在 172.16.1.0，172.16.2.0，172.16.3.0，共三条。

（7）解决 R2 的路由黑洞：

说明：由于 172.16.0.0/22 包含了 172.16.0.0/24，172.16.1.0/24，172.16.2.0/24，172.16.3.0/24，所以最终 R3 会将去往 172.16.0.0/24 的数据包发给 R2，这时 R2 收到数据包会将自己的路由表全部查一遍，最终发现目标不可达，才将数据包丢弃，这是浪费时间也浪费系统资源的事情，所以应该手工将不存在的路由指向空接口（null 0），所有指向该接口的数据包将被全部丢弃。

```
r2(config)#ip route 172.16.0.0 255.255.252.0 null 0
```

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 23.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks

S 172.16.0.0/22 is directly connected, Null0

C 172.16.1.0/24 is directly connected, Loopback172

C 172.16.2.0/24 is directly connected, Loopback172

C 172.16.3.0/24 is directly connected, Loopback172

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.3.0/24 is directly connected, Loopback192

r2#

说明：R2 将 172.16.0.0/22 指向了空接口（null 0），但这样并不会错，因为 R2 拥有 172.16.1.0/24，172.16.2.0/24，172.16.3.0/24 这些明细路由，照样会正常转发数据，只有 172.16.0.0/22 中未知的流量才会被丢弃。

（8）在 R2 上手工汇总 192 网段：

```
r2(config)#int f0/1
```

```
r2(config-if)#ip summary-address rip 192.168.0.0 255.255.252.0
```

Summary mask must be greater or equal to major net

```
r2(config-if)#
```

说明：提示不能汇总 192.168.0.0/22，因为手工汇总不能将一条路由的掩码位数汇总到短于自身主类网络的掩码长度，而 192.168.0.0 的主类网络是 192.168.0.0/24 这个 C 类地址，所以不能将掩码汇总到低于 24 位。

（9）测试 R3 自己手工汇总：

说明：在 R2 上去除手工汇总，看 R3 自己手工汇总：

```
r2(config)#int f0/1
```

```
r2(config-if)#no ip summary-address rip 172.16.0.0 255.255.252.0
```

```
r3(config)#int f0/1
```

```
r3(config-if)#ip summary-address rip 172.16.0.0 255.255.252.0
```

说明：R3 自己将汇总 172.16.0.0/22。

（10）查看 R3 的汇总情况：

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 23.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets

R 172.16.1.0 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:26, FastEthernet0/1

R 172.16.2.0 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:26, FastEthernet0/1

R 172.16.3.0 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:26, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 12.1.1.0 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:26, FastEthernet0/1

R 192.168.1.0/24 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:26, FastEthernet0/1

R 192.168.2.0/24 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:26, FastEthernet0/1

```
R 192.168.3.0/24 [120/1] via 23.1.1.2, 00:00:26, FastEthernet0/1
```

```
r3#
```

说明：R3 汇总并不成功，因为汇总是将路由汇总后发给其它路由器，而自己并不能对自己的路由表汇总。

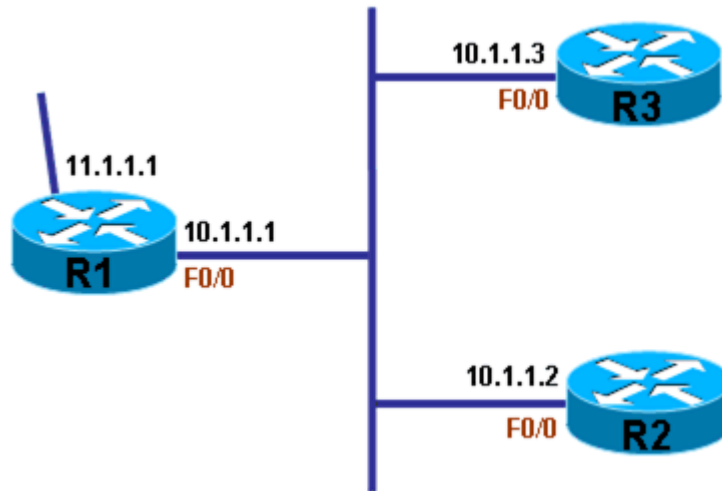
RIP ver 2 认证

由于 RIP 没有邻居的概念，所以自己并不知道发出去的路由更新是不是有路由器收到，同样也不知道会被什么样的路由器收到，因为 RIP 的路由更新是明文的，网络中无论谁收到，都可以读取里面的信息，这就难免会有不怀好意者窃听 RIP 的路由信息。为了防止路由信息被非法窃取，RIP ver 2 可以相互认证，只有能够提供密码的路由器，才能够获得路由更新。而 RIP ver 1 是不支持认证的。RIP ver 2 可以支持明文与 MD5 认证。

路由器之间，当一方开启认证之后，另一方也同样需要开启认证，并且密码一致，才能读取路由信息。认证是基于接口配置的，密码使用 key chain 来定义，key chain 中可以定义多个密码，每个密码都有一个序号，RIP ver 2 在认证时，只要双方最前面的一组密码相同，认证即可通过，双方密码序号不一定需要相同，key chain 名字也不需要相同，但在某些低版本 IOS 中，会要求双方的密码序号必须相同，才能认证成功，所以建议大家配置认证时，双方都配置相同的序号和密码。

测试 RIP ver 2 认证

说明：以下图为例，测试 RIP ver 2 认证



1.配置基础网络环境

（1）配置 R1:

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip add 10.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#int loopback 11
```

```
r1(config-if)#ip address 11.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#version 2
```

```
r1(config-router)#no auto-summary
```



```
r1(config-router)#network 10.0.0.0
```

```
r1(config-router)#network 11.0.0.0
```

说明： R1 配置了 10.1.1.0/24 和 11.1.1.0/24，并放入 RIP ver 2 进程中。

(2) 配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip add 10.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config)#router rip
```

```
r2(config-router)#version 2
```

```
r2(config-router)#no auto-summary
```

```
r2(config-router)#network 10.0.0.0
```

说明： R2 配置了 10.1.1.0/24，并放入 RIP ver 2 进程中。

(3) 配置 R3:

```
r3(config)#int f0/0
```

```
r3(config-if)#ip address 10.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config)#router rip
```

```
r3(config-router)#version 2
```

```
r3(config-router)#no auto-summary
```

```
r3(config-router)#network 10.0.0.0
```

说明：R3 配置了 10.1.1.0/24，并放入 RIP ver 2 进程中。

2.测试 RIP ver 2 认证

(1) 查看当前 R2 与 R3 的路由表：

R2:

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

11.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 11.1.1.0 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:10, FastEthernet0/0

r2#

R3:

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

11.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 11.1.1.0 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:26, FastEthernet0/0

r3#

说明：因为没有开启认证，所以 R2 与 R3 能够正常收到路由 11.1.1.0/24。

（2）在 R1 上开启认证：

```
r1(config)#key chain ccie
```

```
r1(config-keychain)#key 1
```

```
r1(config-keychain-key)#key-string cisco
```

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip rip authentication mode md5
```

```
r1(config-if)#ip rip authentication key-chain ccie
```

说明：配置 key chain 为 ccie，key 1 的密码为 cisco，并在接口上开启认证，注意一条为定义认证模式，一条为定义密码。

（3）查看 R2 与 R3 没有认证时的路由表：

R2：

r2#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

11.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 11.1.1.0 [120/1] via 10.1.1.1, 00:03:04, FastEthernet0/0

r2#

R3:

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

11.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 11.1.1.0/24 is possibly down,

routing via 10.1.1.1, FastEthernet0/0

r3#

说明：因为 R2 和 R3 没有开启认证，所以无法获得路由更新，之前的路由已经快要丢失。

（4）在 R2 上开启认证：

```
r2(config)#key chain ccie
```

```
r2(config-keychain)#key 2
```

```
r2(config-keychain-key)#key-string cisco
```

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip rip authentication mode md5
```

```
r2(config-if)#ip rip authentication key-chain ccie
```

说明：R2 配置 key chain 为 ccie，而 key 2 为 cisco，可见双方密码的序号不同。

（5）查看 R2 开启认证后的路由表：

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

11.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 11.1.1.0 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:03, FastEthernet0/0

r2#

说明：R2 在开启认证后，成功获得 R1 发来的路由 11.1.1.0，虽然双方密码的序号不同，但双方最前面的密码相同，所以认证成功，请注意，会存在某些 IOS 需要双方密码序号相同。

（6）在 R3 上开启认证：

r3(config)#key chain ccie

r3(config-keychain)#key 1

r3(config-keychain-key)#ke

r3(config-keychain-key)#key-string abc

r3(config-keychain-key)#exit

r3(config-keychain)#key 3

r3(config-keychain-key)#key-string cisco


```
r3(config-keychain-key)#exit
```

```
r3(config-keychain)#key 4
```

```
r3(config-keychain-key)#key-string cde
```

```
r3(config)#int f0/0
```

```
r3(config-if)#ip rip authentication mode md5
```

```
r3(config-if)#ip rip authentication key-chain ccie
```

说明：R3 的 key chain 中定义 key 1 密码为 abc，key 3 密码为 cisco，key 4 为 cde，R3 最前面的密码应该是 key 1，为 abc，与 R1 最前面的密码 cisco 不同。

(7) 再次查看 R3 的路由表：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r3#

说明：由于 R3 最前面的密码 key 1，为 abc，与 R1 最前面的密码 cisco 不同，所以认证未能通过。

(8) 更改 R3 的 key chain:

r3(config)#key chain ccie

r3(config-keychain)#no key 1

说明：因为 R3 之前配置了 key 1 密码为 abc，key 3 密码为 cisco，key 4 为 cde，而现在取消了 key 1，所以当前最前面的密码为 key 3 “cisco”会被使用。

(9) 查看 R3 修改认证后的路由表:

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

11.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 11.1.1.0 [120/1] via 10.1.1.1, 00:00:04, FastEthernet0/0

r3#

说明：因为 R1 最前面的密码 key 1 为 cisco，R3 最前面的密码 key 3 为 cisco，双方最前面的密码相同，所以认证成功，R3 能够获得 R1 发来的路由。

EIGRP

概述

EIGRP 是思科私有协议，只能运行在思科的设备上。

EIGRP 能够支持的协议有 IP、AppleTalk 和 IPX。

EIGRP 的流量使用 IP 协议号 88。

EIGRP 采用 Diffused Update Algorithm (DUAL)算法来计算到目标网络的最短路径，EIGRP 还是一个距离矢量路由协议，因为距离矢量路由协议的根本特征就是自己的路由表是完全从其它路由器学来的，并且将收到的路由条目一丝不变地放进自己的路由表，运行距离矢量路由协议的路由器之间交换的是路由表，距离矢量路由协议是没有大脑的，路由表从来不会自己计算，总是把别人的路由表拿来就用；但 EIGRP 协议并不是完全没有大脑，它在距离矢量路由协议的基础上却有着那么一点点的优化和提高，那就是从邻居那里收到路由表之后，会经过一些计算和比较，然后才放进路由表中使用，因此将 EIGRP 的身份提高到“增强的距离矢量路由协议”，虽然 EIGRP 是增强的距离矢量路由协议，但其根本核心还是交换路由表，EIGRP 没有任何资格称为链路状态路由协议，因为 EIGRP 从邻居那里得到的路由表可能原本就是错的，那么自己将会一错再错，并且害人害己，EIGRP 对于网络拓扑也许会有完整的认识，但不一定有正确的认识。因为 EIGRP 是距离矢量路由协议，所以 EIGRP 同样会受水平分割（Split Horizon）的影响。

EIGRP 使用了 Autonomous System (AS) 的概念，即使是这样，EIGRP 也算不上外部网关路由协议（Exterior Gateway Protocol 即 EGP），因为不同 AS 之间，EIGRP 无法传递路由信息，所以 EIGRP 依然是个内部网关路由协议（Interior Gateway Protocol，即 IGP）。AS 是基于接口定义的，一台 EIGRP 路由器可以属于多个 AS。

EIGRP 扩展了对大型网络的支持，不再像 RIP 那样只支持最大跳数 15 跳，而是扩展到了最大支持 255 跳，但默认情况下最大跳数为 100 跳。

EIGRP 支持 Classless Interdomain Routing (CIDR)和 Variable-Length Subnet Masks (VLSMs)，但默认也会自动汇总，该功能可以手工关闭，EIGRP 还支持手工汇总路由信息，并且手工汇总没有任何条件限制，可以汇总到任意掩码长度。自动汇总和手工汇总与 RIP 相似，汇总是针对发出的路由有效，也就是对其它路由器生效，是对其它路由器的路由表生效。

EIGRP 支持认证，并且只支持 MD5 认证；支持通过 Offset list 来增加路由的 metric，

只可以增加，不可以减少；EIGRP 也支持 Passive-Interface（被动接口），但 EIGRP 的被动接口与 RIP 不同，RIP 的被动接口不向外发路由，但可以接收路由，而 EIGRP 的被动接口不接收也不发送路由。

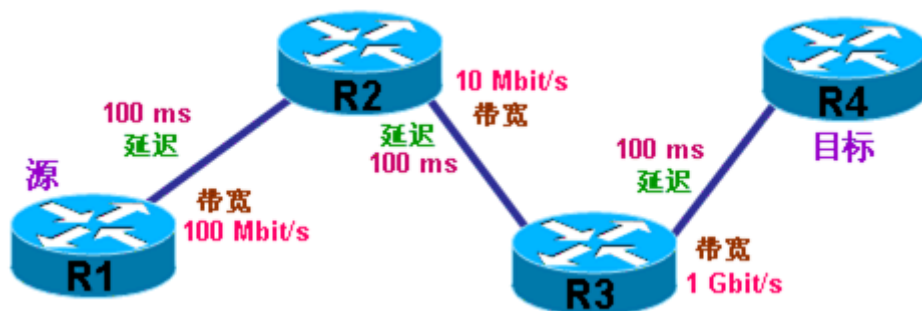
EIGRP 并不会周期性更新路由表，而采用增量更新，即只在路由有变化时，才会发送更新，并且只发送有变化的路由信息；有时 EIGRP 并不知道邻居的路径是否还依然有效，并且路由没有超时。

EIGRP 自己内部路由的管理距离(Administrative Distance)为 90，而从外部重分布进 EIGRP 的管理距离为 170。

EIGRP 支持非等价负载均衡，最多支持 6 条，默认为 4 条，但非等价负载均衡功能默认为关闭状态。

EIGRP Metric

EIGRP 使用多种参数计算去往目标网络的 Metric 值，包括带宽(Bandwidth)、延迟(delay)、可靠性(reliability)、负载(loadings)、最大传输单元(MTU)，这 5 个参数分别使用 K 值来表示，即 K1、K2、K3、K4、K5，所以如果两台 EIGRP 路由器之间的 5 个 K 值不同，则代表双方计算 Metric 值的方法不同；无论是 EIGRP 还是其它协议，在需要使用带宽计算 Metric 时，只计算接口出方向的带宽，而接口进方向的是不计算在内的，也就是一条链路上，只有一个出接口的带宽会被计算，而进接口的带宽是被忽略的，如下图中所示，



从源路由器 R1 到目标 R4 所经过的三条链路中，带宽分别是 100 Mbit/s、10 Mbit/s、1 Gbit/s，虽然有条链路的带宽可达 1 Gbit/s，但我们都知道，从源到目标的带宽最快也始终不超过最低带宽 10 Mbit/s，永远不可能达到 1 Gbit/s，所以从源到目的路径中，只有最低带宽最终决定传输时的带宽，而某条链路的高带宽是没有意义的，所以在 EIGRP 的 Metric 计算中，只需要计算从源到目标的最低带宽即可，但是经过各个接口的延迟却是要累加的。

EIGRP 在计算 Metric 时，使用 K 值来控制整个计算公式，公式如下：

$$\left(K1 \times \text{Bandwidth} + \frac{K2 \times \text{Bandwidth}}{256 - \text{Load}} + K3 \times \text{Delay} \right) \times \frac{K5}{\text{Reliability} + K4} \times 256$$

公式中的带宽为 1000 0000 除以链路中的最小带宽，带宽单位为 Kbit，延迟为链路中的延迟之和除以 10，延迟单位为 ms(毫秒)；

默认情况下，5 个 K 值的取值分别为：K1 = 1, K2 = 0, K3 = 1, K4 = K5 = 0，由于 K5=0，由此一来，造成上面的公式算出来的最终结果为 0，所以当 K5=0 时，必须将其简化，变成如下：

$$\left(K1 \times \text{Bandwidth} + \frac{K2 \times \text{Bandwidth}}{256 - \text{Load}} + K3 \times \text{Delay} \right) \times 256$$

正因为默认 5 个 K 值的取值分别为：K1 = 1, K2 = 0, K3 = 1, K4 = K5 = 0，所以默认 EIGRP 的计算公式为：

$$\left(\frac{1000\ 0000}{\text{最小 Bandwidth}} + \frac{\text{Delay之和}}{10} \right) \times 256$$

注：此公式为 EIGRP 默认计算公式，改变 K 值，将影响 Metric 值的计算公式。

EIGRP 邻居

EIGRP 使用了邻居的概念，EIGRP 的路由表并不会像 RIP 那样通过组播或广播向网络中发送，EIGRP 只向邻居发送路由表，并且是使用单播向邻居发送路由表，如果要在 EIGRP 之间交换路由表，必须成为邻居，不同 AS 不能成为邻居，EIGRP 只在直连网络中发现和建立邻居。

EIGRP 路由器之间的邻居关系通过 Hello 包来发现和维护，EIGRP 会将自己全部的路由表发给所有邻居；路由器上启动 EIGRP 之后，就会使用组播地址 224.0.0.10 在相应接口上发送 Hello 包，EIGRP 会使用一张单独的表来记录哪些路由器是自己的邻居，称为邻居表，只要收到 Hello 包，便将对方列为自己的邻居，并且写入邻居表，EIGRP 会将邻居的地址写在 Hello 包中，由此可见，EIGRP 路由器双方可能一方认为另外一方是自己的邻居，而另外一方却不认为对方是邻居，例如自己收到了另一方的 Hello 包，认为对方是邻居，而对方没有收到或过滤了自己的 Hello 包，所以如果 EIGRP 要形成双向邻居，只有在双方都发现对方的 Hello 包中列出自己的地址才行，但思科却没有这样设计。

在 EIGRP 断开或进程关闭时，会发送 Goodbye Message 结束邻居关系。

EIGRP 会定期向网络中发送 Hello 包，发送的间隔会因为链路带宽的不同而不同，间隔时间分为 5 秒和 60 秒：

Hello 间隔 60 秒

所有带宽低于或等于 1544 Kbit/s 的，如 T1，Frame Relay multipoint 接口，ATM multipoint 接口，ISDN BRI 接口等等。

Hello 间隔 5 秒

所有带宽大于 1544 Kbit/s 的，如以太网接口，Frame Relay point-to-point 子接口，and ATM point-to-point 子接口，ISDN PRI 接口。

如果超过一定的时间没有收到邻居的 Hello 包，便认为邻居无效，称为 EIGRP

Hold-time，默认为 Hello 间隔的 3 倍，也就是分别为 15 秒和 180 秒，Hello 间隔时间和 Hold-time 都可以手工调整，但是如果调整了 Hello 间隔时间，Hold-time 并不会自动调整到相应的 3 倍，而是保持不变。

EIGRP 的 Hello 间隔时间和 Hold-time 是无法通过命令直接查看的，只能通过现象来推断，如：

```
router# show ip eigrp neighbor
```

```
IP-EIGRP neighbors for process 1
```

H	Address	Interface	Hold	Uptime	SRTT	RTO	Q	Seq	Type
			(sec)	(ms)					
1	10.1.1.2	Et1	11	12:00:56	12	300	0	620	
0	10.1.2.2	S0	172	12:00:58	17	200	0	645	

Hold 栏的值永远不会超过 Hold-time，也永远不会低于 Hold-time 减 Hello 间隔，否则就是不正常，或者 Hello 包有丢失。

如果 Hold 栏的值范围是 10-15，则证明 Hello 间隔是 5 秒，Hold-time 是 15 秒。

如果 Hold 栏的值范围是 120-180，则证明 Hello 间隔是 60 秒，Hold-time 是 180 秒。

注：

★Hello 间隔和 Hold-time 可以手工在接口上配置，如果发现不正常，请检查接口上是否手工配置了时间参数。

★EIGRP 双方 Hello 间隔和 Hold-time 不一致也可以建立邻居关系，接口上的

Secondary 地址不能建邻居，所有 EIGRP 的数据包源地址总是接口的 Primary 地址。

★在 Frame-Relay 环境下，需要在命令 frame-relay map 带 broadcast 关键字。

EIGRP 双方必须满足以下三个条件，才能建立邻居：

★1.双方在相同 AS

★2.双方 Hello 包正常，即双方接口 Primary 地址在同网段。

★3.双方计算 Metric 值方法相同，即双方 K1 K2 K3 K4 K5 值相同。

在一个稳定的 EIGRP 邻居之间，只有 Hello 包在传递，EIGRP 支持的邻居数量，并没有限制，但要视内存大小，CPU 能力，路由条目数量，拓朴复杂程度，网络稳定性而定。

EIGRP 数据包

在 EIGRP 协议中，总共会使用 5 种类型的数据包，分别为 Hello、Update、Query、Reply、Ack，下面介绍各种数据包的功能与用途：

Hello

是用来发现和维护 EIGRP 邻居关系的，目标地址为 224.0.0.10，Hello 包在邻居收到后不需要确认。

Update

发给邻居的路由表，通过单播发送 **Update** 数据包，邻居收到后必须回复确认消息。

Query

当路由信息丢失并没有备用路由时，使用 **Query** 数据包向邻居查询，邻居必须回复确认。

Reply

是对邻居 **Query** 数据包的回复，也需要邻居回复确认。

Ack

是对收到的数据包的确认，告诉邻居自己已经收到数据包了，收到 **Ack** 后，不需要再对 **Ack** 做回复，因为这是没有意义的，并且可能造成死循环。

由以上可以看出，5 种数据包中，**Update**、**Query**、**Reply** 在对方收到后，都需要回复确认，这些数据包是可靠的，回复是发送 **Ack**；而 **Hello** 和 **Ack**，是不需要回复的，因此被认为不可靠。

EIGRP 运行过程：

两台路由器 A 和 B 启动 EIGRP

1. 路由器 A 启动 EIGRP 后，在相应接口上向外发送 Hello 包。

2. B 收到 A 发来的 Hello 包后，将 A 列入自己的邻居表，然后向 A 单播发送 Update，也就是向 A 单播发送自己的路由表；EIGRP 路由器在收到一个 Hello 包时，就直接向对方发送路由表了，B 后面的 Hello 包就会写明路由器 A 已是自己的邻居。

3. A 在收到 B 的 Update 之后，向 B 发送 Ack 通知对方已经收到 Update，然后再向 B 单播发送自己的 Update，在 A 收到 B 的 Hello 包后，会发现里面列出了自己的地址，双方都看见对方 Hello 中列出自己后，双向邻居关系便建立成功。

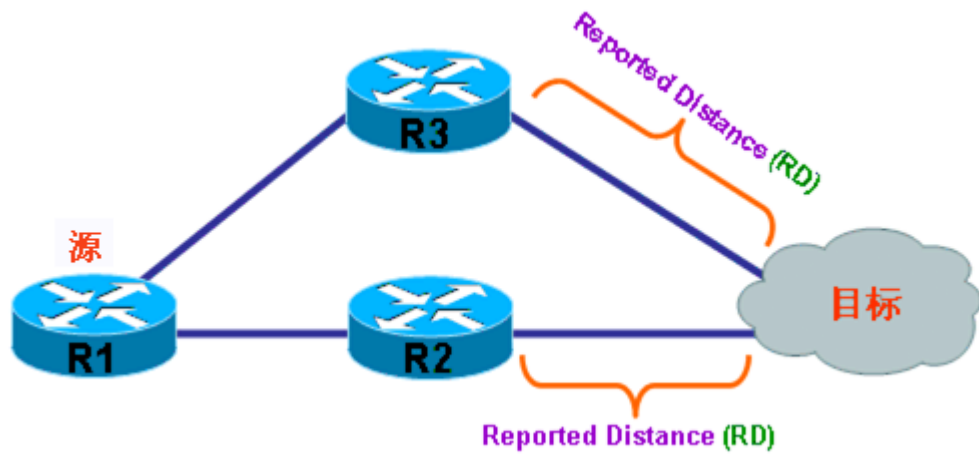
4. B 在收到 A 的 Update 之后，向 A 发送 Ack 确认 Update 已收到。

5. A 和 B 都将收到的 Update 放入拓扑数据库中，计算路由表。

EIGRP 拓扑

虽然 EIGRP 是距离矢量路由协议，但是当从邻居收到路由后，并不是不经过任何计算就直接放进路由表中使用，EIGRP 会将从邻居收到的路由全部放入拓扑数据库（Topology Database）中，经过 DUAL 的无环算法计算之后，才将最优的路由放入路由表中；因为 EIGRP 可能有多个邻居，也可能从多个邻居收到相同的路由，所以需要从中选中最优路由放入路由表中使用，而不是最优的路由则放在拓扑数据库中备份，等路由表中的路由失效后，便从拓扑数据库中查找备用路由继续放入路由表中使用。

当 EIGRP 将从邻居收到的路由信息放入拓扑数据库之后，要经过 DUAL 算法选出最优路由，以下图为例介绍计算方法：



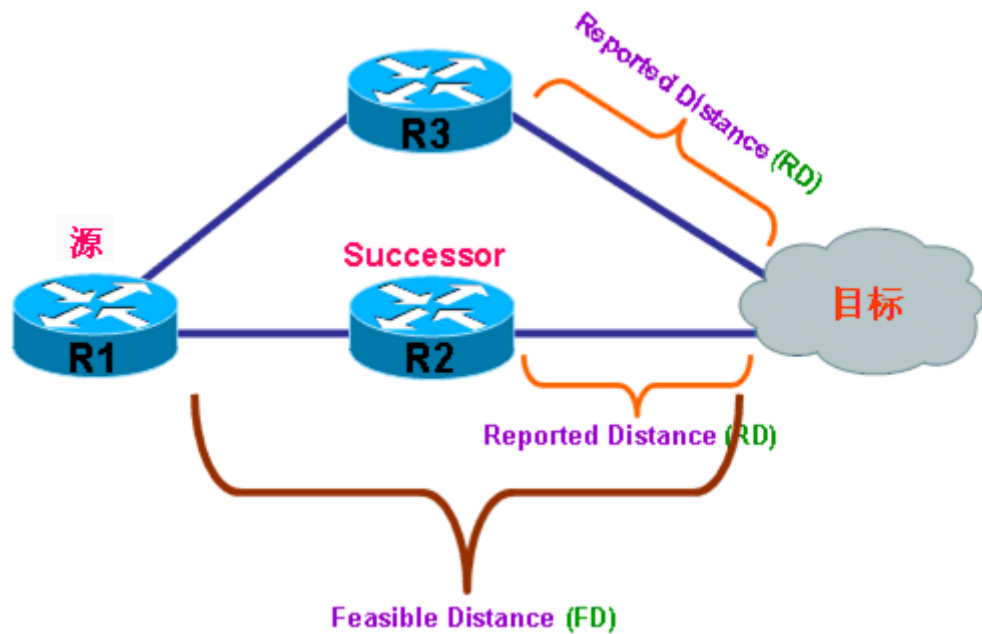
要了解 EIGRP 选路的具体计算过程，需要先了解以下几个术语：

Reported Distance (RD)

因为 EIGRP 拓扑数据库中的信息就是从邻居收到的路由表，目的地对于邻居来说肯定是可达的，Reported Distance 是表示邻居到达目的地的 Metric 值是多少。在上图中，R1 从 R2 和 R3 收到去往目标网络的路由后，R2 去往目标网络的 Metric 值对于 R1 来说就是 RD，同样，R3 去往目标网络的 Metric 值对于 R1 来说也是 RD。

Feasible distance (FD)

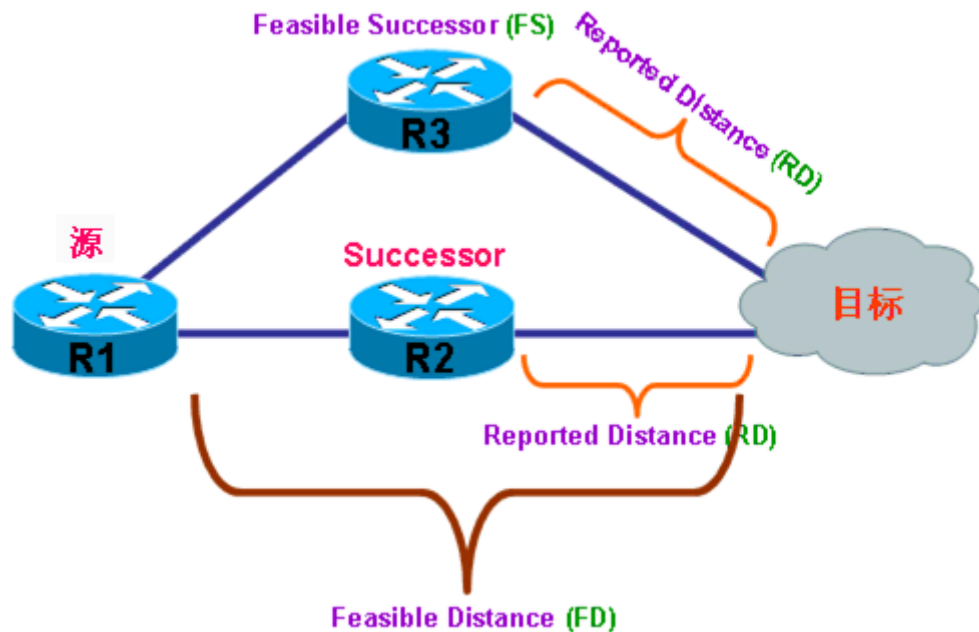
当从邻居收到路由信息后，RD 只是邻居去往目的地的 Metric，而自己去往目的地还得在 RD 的基础上，再加自己到邻居的这段距离，所以自己到目的地的真正 Metric 应该是自己到邻居这段距离的 Metric 加上 RD，但是拓扑数据库中可能存在多条去往目的地的路径，而被放入路由表的最优的那条被称为 Feasible distance (FD)。在上图中，如果 R1 选择从 R2 去往目的地，那么结果将如下图：



如果 R1 选择从 R2 去往目的地，那么 R2 到达目的地的 metric (RD) 加上 R1 到 R2 的 Metric，就是 R1 到达目的地的 FD，R1 将 R2 的路径放入路由表中，这时，R2 也称为 Successor；默认情况下，拓扑数据库中有多个路径可到达目的地时，被放入路由表的那条就是 FD，FD 就一定会被放入路由表。

Feasible Successor (FS)

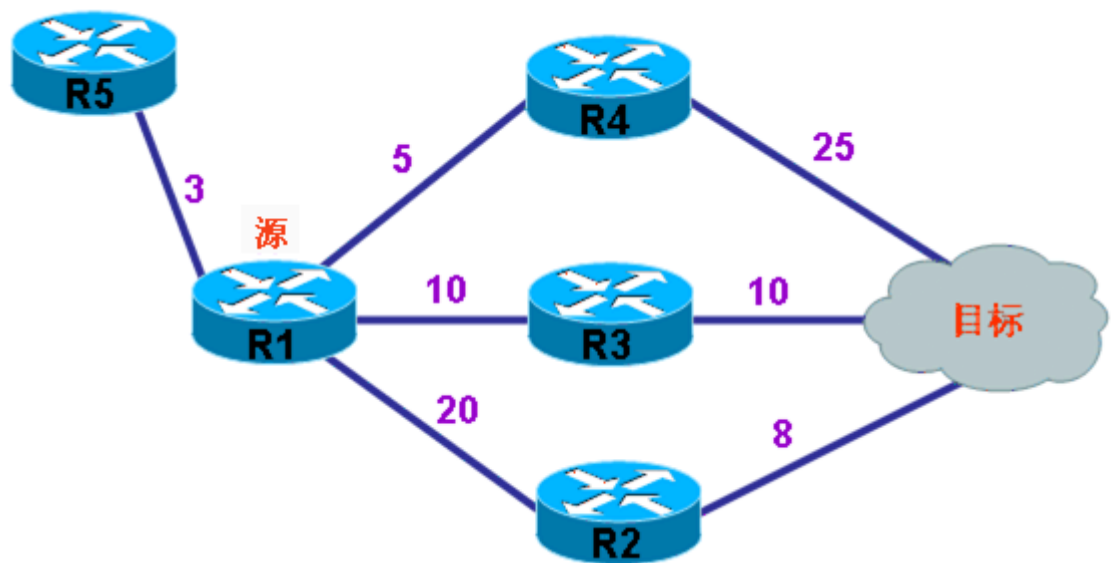
因为拓扑数据库中可能存在多条路径可以到达目的地，但被选为 FD 的最优的那条被放入路由表中使用，而留在拓扑数据库中的备用路由称为 Feasible Successor (FS)，如下图：



R2 被选为 Successor，当 R3 继续存放于拓扑数据库时，R3 就是 FS。

Feasibility Condition (FC)

拓扑数据库中的 FS 最多可以有 6 条，如果一个 EIGRP 有 8 个邻居可以去往目的地，选出一条 FD 放入路由表之后，并不是其它 7 条全部都可以存放于拓扑数据库，拓扑数据库最多只能有 6 条（其中已经包含 FD），也并不是一定会有 6 条被放入拓扑数据库，因为要存放于拓扑数据库，是必须达到一定条件的，称为 Feasibility Condition (FC)，就是邻居通告的 RD 必须小于 FD，这个邻居的路径才能存在于拓扑数据库，计算 FC 的过程如下：



上图中，R1 共有 4 个邻居，分别为 R2、R3、R4、R5，当 R1 从每个邻居那里收到去往目标网络的路由后，结果如下：

R2 通告的 RD 为 8，

R3 通告的 RD 为 10，

R4 通告的 RD 为 25，

当 R1 要去目标网络时，必须加上自己到达邻居的 Metric，计算结果为：

从 R2 到达目的地的 Metric 为 $20 + 8 = 28$ ，

从 R3 到达目的地的 Metric 为 $10 + 10 = 20$ ，

从 R4 到达目的地的 Metric 为 $5 + 25 = 30$ ，

由此可见，R1 从 R3 去往目的地的 Metric 值最小，因此 R3 的路径被选为 FD 并

放入路由表，R3 这时就是 Successor，R1 去往目的地的 FD 为 20，其它邻居的路由要成为 FS 存放在拓扑数据库中，那么它们的 RD 必须小于 FD，也就是必须小于 20，等于也不行；下面继续计算 FS，因为 R2 的 RD 为 10，小于 FD 20，所以 R2 就是 FS 并存放在拓扑数据库中备份，而 R4 的 RD 为 28，大于 FD，所以 R4 没有资格成为 FS，不能放在拓扑数据库中，这是因为 EIGRP 要防止环路，虽然 R4 的路径并不是环路，但由于要防患于未然，所以 R4 被拒绝于拓扑数据库之外，理由如下：

因为 R1 也是 R5 的邻居，所以 R1 会将自己的路由表全部发给 R5，由于 R1 到达目的地的 Metric 为 20，R5 到达 R1 的 Metric 值为 3，所以最后 R5 到达目标网络的 Metric 值为 $20 + 3 = 23$ ，R5 在将自己的路由表通告给 R1 后，很明显，R5 的 Metric 值 23 就是 R1 从 R5 到达目的地的 RD，对于 R1 来说，因为 R5 要从自己去往目标网络，所以对方通告的 RD 才会比自己的 FD 还要大，以致于让 EIGRP 认为，所有邻居通告的 RD 比自己当前的 FD 大的话，都统一认为它们在自己后面，它们必须经过自己才能去往目的地，那么这就是一个环路，最终邻居通告的 RD 等于或大于 FD 的，都没有资格成为 FS，所以最后造成上图中 R4 通告了 RD 为 25 而没有资格成为 FS。

EIGRP 负载均衡

EIGRP 可以支持非等价负载均衡，最多支持 6 条，默认为 4 条，但非等价负载均衡功能默认为关闭状态。EIGRP 只能将拓扑数据库中的备用链路放入路由表执行负载均衡，拓扑数据库中可能有多条备用链路，而且多条链路的 Metric 值也可能各不相同，当启用非等价负载均衡时，需要定义什么样的 Metric 范围可以用来负载均衡，这需要通过控制 Metric 的变量（Variance）值来控制，具体方法如下：

路由表中正在使用的最优路由的 Metric 值为 FD，而拓扑数据库中备用路由的 Metric 值肯定是大于 FD 的，Variance 值通过控制备用链路的 Metric 值与 FD 的倍数关系来控制，就是 Variance 值取多少，备用链路的 Metric 在 FD 的 Variance 值倍数范围内就有资格执行负载均衡，例如当前 FD 为 20，3 条备用链路 Metric 分别为 30，50，55，如果 Variance 值取 2，那么 Metric 值范围在 $20 \times 2 = 40$ 的链路都可以执行负载均衡，所以 Metric 值为 30 的链路可以执行负载均衡，而 Metric 值为 50 和 55 的却不可以，因为大于 40，只有当 Variance 值取 3 时，Metric 值范围在 $20 \times 3 = 60$ 的链路才可以执行负载均衡，所以 Metric 值为 50 和 55 只有在 Variance 值取 3 时才可以执行负载均衡。

注：Variance 值默认取值为 1，也就是不执行非等价负载均衡，但会执行等价负载均衡。

并不是所有在 Variance 值所定义的 Metric 值范围内的链路一定会执行负载均衡，这需要根据设置的最大负载均衡条数来决定，最多为 6 条。

因为 Metric 值越大的路由，表示其链路况越低下，而 Metric 值越小的路由，其链路况越优秀，这是一个成反比的关系，所以在执行负载均衡时，我们更希望流量也能因 Metric 值的大小，成反比例传输，链路好的传递更多的数据包，而链路差的则传递更少的数据包，

通过配置命令 `traffic-share balanced` 即可，该功能默认为开启状态。

EIGRP Stuck In Active (SIA)

在 EIGRP 中，正常的路由称为 **Passive Route**；因为 EIGRP 可能会从多个邻居处收到相同的路由，默认只有最优的路由会被放入路由表中使用，其它符合 FC 条件的会放入拓扑数据库中备份，当路由表中最优路由丢失时，EIGRP 会从拓扑数据库中查询备用路由，如果当最优路由丢失后，拓扑数据库中又没有备用路由，在这种情况下，EIGRP 会向所有邻居发送 Query，试图查询邻居是否有到目的地的路由信息，并且发送 Query 后，该路由被标记为 **Active route**，该状态称为 **Stuck In Active (SIA)**；向邻居发送的 Query 是必须回复 Ack 确认的，当邻居收到 Query 之后，就会查询自己的路由表，如果有，就向邻居回复 Reply，如果最终邻居的路由表和拓扑表中都没有相应路由条目，就会再向自己的所有邻居发出 Query，虽然 Query 是向所有邻居发出的，但它不会发向原本最优路径的下一跳，也就是 Query 不会发向该路由的 **Successor**，因为正是 **Successor** 路丢失了，才问自己要路由的，自己再反过去问对方要路由，是没有理由的。不可思议的事情是，如果发送 Query 的路由器在 3 分钟内没有收到邻居的回复，就会清除与该邻居的 EIGRP 会话，可想而知，EIGRP 路由丢失后，必须要求邻居提供路由，如果不提供，它就会六亲不认，3 分钟就和你翻脸，反目成仇，和你断绝任何关系，很费解为什么思科会将 EIGRP 设计成这样子，EIGRP 的优势分析来分析去，只有一个非等价负载均衡，和所谓的快速收敛，再无别的，至少本人是这么认为的。

造成 EIGRP 路由器无法回复邻居 Query 的原因有很多，如：CPU 繁忙，内存错误，数据包丢失，或者是单向链路故障等等。

为了杜绝 EIGRP 在 SIA 状态时，由于邻居没有提供路由而误将与邻居的会话清除，思科推荐解决方法为调整 SIA 状态时等待回复的时间，默认为 3 分钟，其实这种改时间，不是解决总是的根本，这只是在拖延时间而已，会话总是要断开的，不知道这个是否会被高手利用而成为攻击 EIGRP 的漏洞。另外的解决方法就是将相应路由器配置为 EIGRP 末节(Stub)路由器，EIGRP 在 SIA 状态是不会向 Stub 邻居发送 Query 的，但 Stub 邻居向外发送路由的功能有所限制，默认只能发送直连和汇总路由，但可以调整，也可以调整为不向外发送任何路由。

配置 EIGRP 实验

说明：实验配置共包含：

[EIGRP基础实验](#)

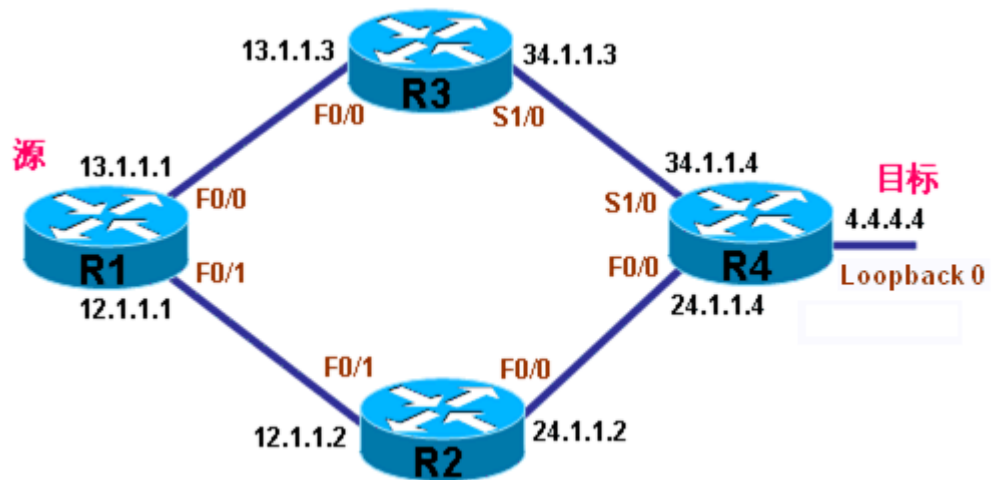
[EIGRP非等价负载均衡](#)

[EIGRP Stub](#)

[EIGRP手工汇总](#)

[EIGRP认证](#)

[EIGRP默认路由](#)



1.配置网络基础环境

(1) 配置 R1:

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip address 13.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#int f0/1
```

```
r1(config-if)#ip add 12.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#router eigrp 1
```

```
r1(config-router)#no auto-summary
```

```
r1(config-router)#network 13.1.1.1 0.0.0.0
```

```
r1(config-router)#network 12.1.1.1 0.0.0.0
```

说明：在 R1 上配置 12.1.1.0/24，13.1.1.0/24，并放入 EIGRP 进程中。

(2) 配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip address 24.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config)#int f0/1
```

```
r2(config-if)#ip address 12.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config)#router eigrp 1
```

```
r2(config-router)#no auto-summary
```

```
r2(config-router)#network 12.1.1.2 0.0.0.0
```

```
r2(config-router)#network 24.1.1.2 0.0.0.0
```

说明：在 R2 上配置 12.1.1.0/24，24.1.1.0/24，并放入 EIGRP 进程中。

(3) 配置 R3:

```
r3(config)#int f0/0
```

```
r3(config-if)#ip address 13.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config)#int s1/0
```

```
r3(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
r3(config-if)#no frame-relay inverse-arp
```

```
r3(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r3(config-if)#ip address 34.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no shutdown
```

```
r3(config-if)#frame-relay map ip 34.1.1.4 304 broadcast
```

```
r3(config)#router eigrp 1
```

```
r3(config-router)#no auto-summary
```

```
r3(config-router)#network 13.1.1.3 0.0.0.0
```

```
r3(config-router)#network 34.1.1.3 0.0.0.0
```

说明：在 R3 上配置 13.1.1.0/24，34.1.1.0/24，并放入 EIGRP 进程中，其中连接 R4 的链路为 Frame-Relay 环境。

(4) 配置 R4:

```
r4(config)#int f0/0
```

```
r4(config-if)#ip add 24.1.1.4 255.255.255.0
```

```
r4(config-if)#no sh
```

```
r4(config)#int s1/0
```

```
r4(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
r4(config-if)#no frame-relay inverse-arp
```

```
r4(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r4(config-if)#ip address 34.1.1.4 255.255.255.0
```

```
r4(config-if)#no shutdown
```

```
r4(config-if)#frame-relay map ip 34.1.1.3 403 broadcast
```

```
r4(config)#int loopback 0
```

```
r4(config-if)#ip address 4.4.4.4 255.255.255.0
```

```
r4(config)#router eigrp 1
```

```
r4(config-router)#no auto-summary
```

```
r4(config-router)#network 24.1.1.4 0.0.0.0
```

```
r4(config-router)#network 34.1.1.4 0.0.0.0
```

```
r4(config-router)#network 4.4.4.4 0.0.0.0
```

说明：在 R4 上配置 24.1.1.0/24，34.1.1.0/24，4.4.4.0/24，并放入 EIGRP 进程中，其中连接 R4 的链路为 Frame-Relay 环境。

2.测试 EIGRP 邻居

(1) 查看 R1 当前的 EIGRP 邻居:

```
r1#show ip eigrp neighbors
```

```
IP-EIGRP neighbors for process 1
```

H	Address	Interface	Hold Uptime	SRTT	RTO	Q	Seq
		(sec)	(ms)	Cnt	Num		
1	13.1.1.3	Fa0/0	10 00:04:38	213	1278	0	4
0	12.1.1.2	Fa0/1	10 00:06:32	165	990	0	11

```
r1#
```

说明：R1 已经与 R2 和 R3 建立邻居，因为 Hold 栏的值在 10-15 范围内，所以 Hello 间隔是 5 秒，Hold-time 是 15 秒。

(2) 查看 R3 当前的 5 个 K 值:

```
r3#sh ip protocols
```

```
Routing Protocol is "eigrp 1"
```

```
Outgoing update filter list for all interfaces is not set
```

```
Incoming update filter list for all interfaces is not set
```

```
Default networks flagged in outgoing updates
```

```
Default networks accepted from incoming updates
```

```
EIGRP metric weight K1=1, K2=0, K3=1, K4=0, K5=0
```

```
EIGRP maximum hopcount 100
```

```
EIGRP maximum metric variance 1
```

```
Redistributing: eigrp 1
```

EIGRP NSF-aware route hold timer is 240s

Automatic network summarization is not in effect

Maximum path: 4

Routing for Networks:

13.1.1.3/32

34.1.1.3/32

Routing Information Sources:

Gateway	Distance	Last Update
13.1.1.1	90	00:01:45
34.1.1.4	90	00:01:55

Distance: internal 90 external 170

r3#

说明：R3 当前的 5 个 K 值分别为 K1=1, K2=0, K3=1, K4=0, K5=0，与默认值相同。

（3）修改 R3 的 5 个 K 值：

r3(config)#router eigrp 1

r3(config-router)#metric weights 0 1 1 1 0 0

说明：手工将 R3 的 5 个 K 值修改为 K1=1, K2=1, K3=1, K4=0, K5=0，命令中第一个值为 TOS，IOS 中必须为 0。

(4) 查看 R3 修改后的 5 个 K 值：

```
r3#sh ip protocols
```

```
Routing Protocol is "eigrp 1"
```

```
Outgoing update filter list for all interfaces is not set
```

```
Incoming update filter list for all interfaces is not set
```

```
Default networks flagged in outgoing updates
```

```
Default networks accepted from incoming updates
```

```
EIGRP metric weight K1=1, K2=1, K3=1, K4=0, K5=0
```

```
EIGRP maximum hopcount 100
```

```
EIGRP maximum metric variance 1
```

```
Redistributing: eigrp 1
```

```
EIGRP NSF-aware route hold timer is 240s
```

```
Automatic network summarization is not in effect
```

```
Maximum path: 4
```

```
Routing for Networks:
```

```
13.1.1.3/32
```

```
34.1.1.3/32
```

```
Routing Information Sources:
```

Gateway	Distance	Last Update
13.1.1.1	90	00:00:17
34.1.1.4	90	00:00:17

Distance: internal 90 external 170

r3#

说明：输入表示 R3 的 5 个 K 值已经被修改为 K1=1, K2=1, K3=1, K4=0, K5=0。

(5) 再次查看 R1 的邻居：

r1#show ip eigrp neighbors

IP-EIGRP neighbors for process 1

H	Address	Interface	Hold Uptime	SRTT	RTO	Q	Seq
		(sec)	(ms)	Cnt	Num		
0	12.1.1.2	Fa0/1	13 00:11:43	200	1200	0	21

r1#

*Mar 1 00:18:52.287: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 1: Neighbor 13.1.1.3 (FastEthernet0/0) is down: Interface Goodbye received

r1#

说明：R1 已经断开与 R3 的邻居关系，正是因为双方 K 值不同，因为 R1 为默认值，而 R3 为改而的值。

★最后将 R3 的值恢复默认，并建立正常邻居关系。

3.测试 EIGRP 带宽计算

(1) 查看 R2 到目标 4.4.4.4 的出口 F0/0 的带宽与延迟：

```
r2#sh int f0/0
```

FastEthernet0/0 is up, line protocol is up

Hardware is Gt96k FE, address is c000.0a34.0000 (bia c000.0a34.0000)

Internet address is 24.1.1.2/24

MTU 1500 bytes, BW 100000 Kbit, DLY 100 usec,

说明：R2 到目标 4.4.4.4 的出口 F0/0 的带宽为 100000 Kbit，延迟 100 usec

(2) 查看 R4 到目标 4.4.4.4 的出口 loopback 0 的带宽与延迟：

```
r4#sh interfaces loopback 0
```

Loopback0 is up, line protocol is up

Hardware is Loopback

Internet address is 4.4.4.4/24

MTU 1514 bytes, BW 8000000 Kbit, DLY 5000 usec,

说明：R4 到目标 4.4.4.4 的出口 loopback 0 的带宽为 8000000 Kbit，延迟 5000 usec。

(3) 使用公式计算 R2 到目标 4.4.4.4 的 Metric 值：

公式为：

$$\left(\frac{1000\ 0000}{\text{最小 Bandwidth}} + \frac{\text{Delay之和}}{10} \right) \times 256$$

R2 到 4.4.4.4 链路中的最小带宽为 100 000 Kbit，延迟之和为 100 usec+5000 usec=5100 usec

应用到公式中为：

$$(1000\ 0000/100\ 000+5100/10) \times 256$$

↓

$$(100+510) \times 256$$

↓

$$610 \times 256 = 156160$$

说明：所以 R2 到目标 4.4.4.4 的 Metric 值为 156160。

(4) 查看 R2 到目标 4.4.4.4 的 Metric 值：

r2#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 34.1.1.0 [90/2172416] via 24.1.1.4, 00:10:50, FastEthernet0/0

4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 4.4.4.0 [90/156160] via 24.1.1.4, 00:14:27, FastEthernet0/0

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 24.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 13.1.1.0 [90/2174976] via 24.1.1.4, 00:06:14, FastEthernet0/0

r2#

说明：R2 到 4.4.4.4 的 Metric 值确实为 156160。

(5) 修改 R2 到目标 4.4.4.4 的最小带宽，影响最终 Metric：

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#bandwidth 50000
```

说明：之前 R2 的出口 F0/0 的带宽为 100000 Kbit，现在改为 50000 Kbit，该值将影响最终到目标 4.4.4.4 的 Metric 值。

(6) 查看 R2 修改最小带宽后到目标 4.4.4.4 的 Metric：

r2#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 34.1.1.0 [90/2172416] via 24.1.1.4, 00:00:18, FastEthernet0/0

4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 4.4.4.0 [90/181760] via 24.1.1.4, 00:00:07, FastEthernet0/0

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 24.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 13.1.1.0 [90/30720] via 12.1.1.1, 00:02:14, FastEthernet0/1

r2#

说明：R2 修改最小带宽后到目标 4.4.4.4 的 Metric 为 181760，大于之前的 156160，因为带宽越小，性能越差，Metric 就越大；修改接口的带宽会影响到 EIGRP 对接口真实带宽的认知，并自动调整与带宽有关的所有参数，但须注意，Hello 包的间隔不会因此改变。

（7）调整 EIGRP 在接口上的最大使用率：

说明：默认 EIGRP 认为自己的流量可占用接口带宽的 50%，而修改接口的带宽会影响到 EIGRP 对接口真实带宽的认知，并自动调整 EIGRP 可使用该接口的最大带宽，所以在修改接口带宽之后，调整 EIGRP 流量使用率到相应值，注意，在没有手工修改接口带宽的情况下，也可以随意调整 EIGRP 在接口上的使用率。

r2(config)#int f0/0

r2(config-if)#ip bandwidth-percent eigrp 1 150

说明：调整 EIGRP 在接口上 F0/0 上的最大使用率为 150%，也就是 $50\text{Mbit/s} \times 150\% = 75\text{Mbit/s}$ 。

4.测试 EIGRP 非等价负载均衡

（1）查看 R1 到目标 4.4.4.4 的 RD：

r1#show ip eigrp topology

IP-EIGRP Topology Table for AS(1)/ID(13.1.1.1)

Codes: P - Passive, A - Active, U - Update, Q - Query, R - Reply,

r - reply Status, s - sia Status

P 4.4.4.0/24, 1 successors, FD is 158720

via 12.1.1.2 (158720/156160), FastEthernet0/1

P 12.1.1.0/24, 1 successors, FD is 28160

via Connected, FastEthernet0/1

P 13.1.1.0/24, 1 successors, FD is 2562560

via Connected, FastEthernet0/0

via 12.1.1.2 (2177536/2174976), FastEthernet0/1

P 24.1.1.0/24, 1 successors, FD is 30720

via 12.1.1.2 (30720/28160), FastEthernet0/1

P 34.1.1.0/24, 1 successors, FD is 2174976

via 12.1.1.2 (2174976/2172416), FastEthernet0/1

via 13.1.1.3 (3074560/2169856), FastEthernet0/0

r1#

说明：因为 R1 与 R2 是 EIGRP 邻居，R2 将路由信息发给 R1 之后，R2 到目标 4.4.4.4 的 Metric 值 156160 就成为了 R1 到目标 4.4.4.4 的 RD 值，而当前 R1 到目标 4.4.4.4 的 FD 为 158720，这条信息将被放入路由表中使用；拓扑数据库中显示确实如此；而拓扑数据库中为什么没有 R1 经过 R3 到目标 4.4.4.4 的路径，下面来查看：

（2）查看 R1 经过 R3 到目标 4.4.4.4 的路径：

说明：R1 经过 R3 到目标 4.4.4.4 的路径不能存放于拓扑数据库中，应该是不满足 FC 的条件（R3 到目标 4.4.4.4 的 Metric 值必须小于 R1 当前的 FD 值 158720）

所以，我们手工计算 R3 到目标 4.4.4.4 的 Metric 值

查看带宽与延迟：

```
r4#sh interfaces loopback 0
```

Loopback0 is up, line protocol is up

Hardware is Loopback

Internet address is 4.4.4.4/24

MTU 1514 bytes, BW 8000000 Kbit, DLY 5000 usec,

```
r3#sh int s1/0
```

Serial1/0 is up, line protocol is up

Hardware is M4T

Internet address is 34.1.1.3/24

MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit, DLY 20000 usec

R3 到 4.4.4.4 链路中的最小带宽为 1544 Kbit，延迟之和为 20000 usec +5000 usec=25000 usec

应用到公式中为：

$$(1000\ 0000/1544 + 25000/10) \times 256$$

↓

$$(6476.6 + 2500) \times 256 = 2297856$$

说明：所以很明显，R3 到目标 4.4.4.4 的 Metric 值必须小 2297856 大于 R1 当前的 FD 值 158720，所以无法存放于拓扑数据库中，所以当前 R1 只使用经过 R2 到目标 4.4.4.4 的路径，如下：

```
r1#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 34.1.1.0 [90/2174976] via 12.1.1.2, 00:07:46, FastEthernet0/1

4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 4.4.4.0 [90/158720] via 12.1.1.2, 00:15:36, FastEthernet0/1

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 24.1.1.0 [90/30720] via 12.1.1.2, 00:19:50, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r1#

★查看 R3 到目标 4.4.4.4 的路径:

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 4.4.4.0 [90/161280] via 13.1.1.1, 00:13:15, FastEthernet0/0

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 24.1.1.0 [90/33280] via 13.1.1.1, 00:13:15, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 12.1.1.0 [90/30720] via 13.1.1.1, 00:13:15, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r3#

说明：由于 R3 从 S1/0 到目标 4.4.4.4 的 Metric 值太大，所以 R3 自己都没从 S1/0 到 4.4.4.4，而选择从 R1 到 4.4.4.4。

（3）计算 R3 成为 R1 到目标 4.4.4.4 的 FS 的条件：

因为 R1 当前的 FD 为 158720，所以 R3 到目标 4.4.4.4 的 Metric 值必须小于 158720，才能成为 FS，因为 R3 的出口 S1/0 为帧中继接口，带宽实在太低，即使没有延迟，也不能成为 FS，所以我们事先将接口带宽改为 100 000 Kbit/s，从而再修改延迟到相应值，延迟需要改成多少，需要将公式进行反运算：

公式为：

$$\left(\frac{1000\ 0000}{\text{最小 Bandwidth}} + \frac{\text{Delay之和}}{10} \right) \times 256$$

R4 loopback 0 的延迟为 5000 usec，设置总延迟为 X，则：

$$(1000\ 0000 / 100\ 000 + X) \times 256 = 158720$$

↓

$$(100 + X) = 158720 / 256$$

↓

$$(100 + X) = 620$$

↓

$$X = 520$$

所以 R3 成为 R1 到目标 4.4.4.4 的 FS 的条件的总延迟必须小于 520，等于 520 也不行，

因为延迟除以 10 得到 520，所以原始延迟为 5200，而 R4 loopback 0 的延迟为 5000 usec，得 R3 S1/0 的延迟为 200，为了取小一点的值，我们取 190，下面配置 R3 S1/0 的接口延迟为 190：

```
r3(config)#int s1/0
```

```
r3(config-if)#delay 19
```

说明：在配置时，会自动乘以 10，所以要配置 190，就配置 19。

(4) 查看 R3 修改接口延迟后的情况：

```
r3#sh int s1/0
```

Serial1/0 is up, line protocol is up

Hardware is M4T

Internet address is 34.1.1.3/24

MTU 1500 bytes, BW 100000 Kbit, DLY 190 usec,

说明：延迟已经改成预计的 190 了。

(5) 查看 R3 到目标 4.4.4.4 的情况：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 4.4.4.0 [90/158464] via 34.1.1.4, 00:00:53, Serial1/0

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 24.1.1.0 [90/33024] via 34.1.1.4, 00:00:53, Serial1/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 12.1.1.0 [90/30720] via 13.1.1.1, 00:00:53, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r3#

说明：R3 已经选择从 S1/0 到 4.4.4.4，说明改动有效果。

（6）查看 R1 拓朴数据库中到目标 4.4.4.4 的情况：

r1#sh ip eigrp topology

IP-EIGRP Topology Table for AS(1)/ID(13.1.1.1)

Codes: P - Passive, A - Active, U - Update, Q - Query, R - Reply,

r - reply Status, s - sia Status

P 4.4.4.0/24, 1 successors, FD is 158720

via 12.1.1.2 (158720/156160), FastEthernet0/1

via 13.1.1.3 (161024/158464), FastEthernet0/0

P 12.1.1.0/24, 1 successors, FD is 28160

via Connected, FastEthernet0/1

P 13.1.1.0/24, 1 successors, FD is 28160

via Connected, FastEthernet0/0

P 24.1.1.0/24, 1 successors, FD is 30720

via 12.1.1.2 (30720/28160), FastEthernet0/1

P 34.1.1.0/24, 1 successors, FD is 33024

via 13.1.1.3 (33024/30464), FastEthernet0/0

r1#

说明：R1 当前的拓扑数据库中同时存在 R2 和 R3 到达目标 4.4.4.4，并且显示经过 R2 的路径为 FD，值为 158720，而经过 R3 的 Metric 为 161024，明显比 FD 大，但很微小。

（7）通过修改 variance 值使 R1 到目标 4.4.4.4 执行非等价负载均衡

r1(config)#router eigrp 1

r1(config-router)#variance 2

说明：因为当前 FD 为 158720，要包含 161024，只需要将 FD 为 158720 扩大 2 倍即可，值为 $158720 \times 2 = 317440$ 。

(8) 查看 R1 负载均衡路由表：

```
r1#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 34.1.1.0 [90/33024] via 13.1.1.3, 00:00:21, FastEthernet0/0

4.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 4.4.4.0 [90/161024] via 13.1.1.3, 00:00:21, FastEthernet0/0

[90/158720] via 12.1.1.2, 00:00:21, FastEthernet0/1

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 24.1.1.0 [90/30720] via 12.1.1.2, 00:00:21, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r1#

说明：R1 已经执行到 4.4.4.4 的负载均衡。

（9）测试负载均衡：

r1#traceroute 4.4.4.4

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 4.4.4.4

1 13.1.1.3 92 msec

12.1.1.2 144 msec

13.1.1.3 156 msec

2 24.1.1.4 92 msec

34.1.1.4 112 msec *

r1#

说明：R1 已经执行到 4.4.4.4 的负载均衡。

（10）查看邻居发送的路由条目：

说明：当 EIGRP 用于复杂大型网络时，有时需要查看从邻居收到的路由条目情况。

```
r1#sh ip eigrp 1 accounting
```

```
IP-EIGRP accounting for AS(1)/ID(13.1.1.1)
```

```
Total Prefix Count: 5   States: A-Adjacency, P-Pending, D-Down
```

```
State Address/Source   Interface      Prefix  Restart  Restart/
```

			Count	Count	Reset(s)
A	13.1.1.3	Fa0/0	3	0	0
A	12.1.1.2	Fa0/1	2	0	0

```
r1#
```

说明： R1 从 13.1.1.3（R3）收到 3 条，从 12.1.1.2（R2）收到 2 条。

5:测试 EIGRP Stub

（1）查看 R2 当前的邻居详情：

```
r2#sh ip eigrp neighbors detail
```

```
IP-EIGRP neighbors for process 1
```

H	Address	Interface	Hold Uptime	SRTT	RTO	Q	Seq
		(sec)	(ms)	Cnt	Num		
1	24.1.1.4	Fa0/0	12 00:55:48	185	1110	0	29

```
Version 12.4/1.2, Retrans: 3, Retries: 0, Prefixes: 2
```

```
0 12.1.1.1 Fa0/1 10 00:59:57 238 2142 0 32
```

```
Version 12.4/1.2, Retrans: 4, Retries: 0, Prefixes: 2
```

r2#

说明：R2 当前有两个邻居 12.1.1.1（R1），24.1.1.4（R4），并且为正常邻居。

（2）配置 R4 为 EIGRP Stub:

```
r4(config)#router eigrp 1
```

```
r4(config-router)#eigrp stub
```

说明：将 R4 配置为 EIGRP Stub，默认只向外发送直连和汇总路由。

（3）查看配置 R4 为 EIGRP Stub 后，R2 的邻居详情:

```
r2#sh ip eigrp neighbors detail
```

```
IP-EIGRP neighbors for process 1
```

H	Address	Interface	Hold Uptime	SRTT	RTO	Q	Seq
---	---------	-----------	-------------	------	-----	---	-----

		(sec)	(ms)	Cnt	Num		
--	--	-------	------	-----	-----	--	--

1	24.1.1.4	Fa0/0	12 00:00:06	234	1404	0	32
---	----------	-------	-------------	-----	------	---	----

```
Version 12.4/1.2, Retrans: 0, Retries: 0, Prefixes: 2
```

```
Stub Peer Advertising ( CONNECTED SUMMARY ) Routes
```

```
Suppressing queries
```

0	12.1.1.1	Fa0/1	12 01:00:32	191	1146	0	41
---	----------	-------	-------------	-----	------	---	----

```
Version 12.4/1.2, Retrans: 5, Retries: 0, Prefixes: 2
```

r2#

说明：结果中显示 24.1.1.4（R4）当前为 EIGRP Stub peer，并且是默认的只发送直连和汇总路由。

（4）修改 R4 的 EIGRP Stub 参数：

r4(config)#router eigrp 1

r4(config-router)#eigrp stub receive-only

说明：EIGRP Stub 默认只向外发送直连和汇总路由，现在将 R4 改为只收路由，但不发送任何路由。

（5）再次查看 R2 的路由情况：

r2#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 34.1.1.0 [90/35584] via 12.1.1.1, 00:00:50, FastEthernet0/1

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 24.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

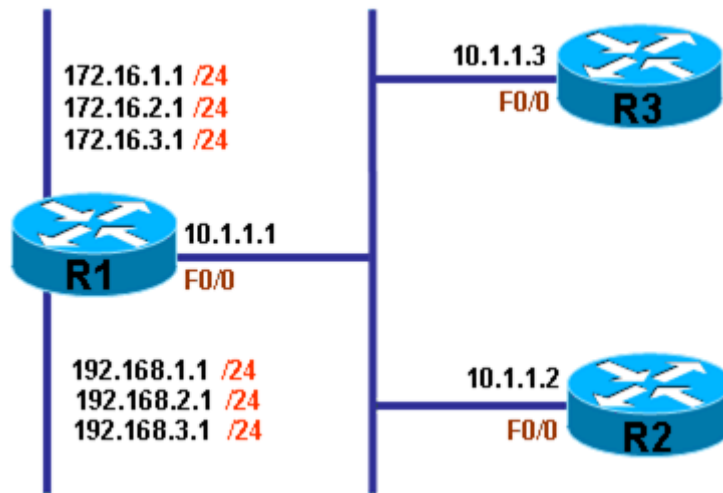
13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 13.1.1.0 [90/30720] via 12.1.1.1, 00:14:35, FastEthernet0/1

r2#

说明：因为 4.4.4.4 是 R4 的直连网络，而 R4 当前只收路由，却不发任何路由，所以 R2 没有从 R4 收到任何路由。即使是 4.4.4.4。

以下图为例，配置 EIGRP 手工汇总，EIGRP 认证，EIGRP 默认路由



1.配置基础网络环境

(1) 配置 R1:

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip add 10.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#int loopback 172
```

```
r1(config-if)#ip address 172.16.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#ip address 172.16.2.1 255.255.255.0 secondary
```

```
r1(config-if)#ip address 172.16.3.1 255.255.255.0 secondary
```

```
r1(config)#int loopback 192
```

```
r1(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0 secondary
```

```
r1(config-if)#ip address 192.168.3.1 255.255.255.0 secondary
```

```
r1(config)#router eigrp 1
```

```
r1(config-router)#network 10.0.0.0
```

```
r1(config-router)#redistribute connected metric 10000 100 255 1 1500
```

说明：在 R1 上配置了 10.1.1.0/24，172.16.1.0/24，172.16.2.0/24，172.16.3.0/24，192.168.1.0/24，192.168.2.0/24，192.168.3.0/24，将启动 EIGRP，但默认为关闭自动汇总；将 10.1.1.0/24 放入 EIGRP 进程，并将其它直连路由重分布进 EIGRP。

（2）配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config)#router eigrp 1
```

```
r2(config-router)#network 10.0.0.0
```

说明：在 R2 上配置了 10.1.1.0/24，并将其放入 EIGRP 进程。

（3）配置 R3:

```
r3(config)#int f0/0
```



```
r3(config-if)#ip address 10.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config)#router eigrp 1
```

```
r3(config-router)#network 10.0.0.0
```

说明：在 R3 上配置了 10.1.1.0/24，并将其放入 EIGRP 进程。

2.测试 EIGRP 手工汇总

(1) 查看 R2 当前自动汇总的状态：

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets

D EX 172.16.1.0 [170/284160] via 10.1.1.1, 00:01:43, FastEthernet0/0

D EX 172.16.2.0 [170/284160] via 10.1.1.1, 00:01:43, FastEthernet0/0

D EX 172.16.3.0 [170/284160] via 10.1.1.1, 00:01:43, FastEthernet0/0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

D EX 192.168.1.0/24 [170/284160] via 10.1.1.1, 00:01:43, FastEthernet0/0

D EX 192.168.2.0/24 [170/284160] via 10.1.1.1, 00:01:43, FastEthernet0/0

D EX 192.168.3.0/24 [170/284160] via 10.1.1.1, 00:01:43, FastEthernet0/0

r2#

说明：因为 EIGRP 无法对外部路由进行自动汇总，从 R2 的路由表中也可以看出，外部路由不受自动汇总影响。

（2）修改 R1 直连路由为 EIGRP 内部路由：

```
r1(config)#router eigrp 1
```

```
r1(config-router)#no redistribute connected metric 10000 100 255 1 1500
```

```
r1(config-router)#network 172.16.0.0 0.0.255.255
```

```
r1(config-router)#network 192.168.0.0 0.0.255.255
```

说明：取消重分布直连路由，并直连网段发布为 EIGRP 内部路由。

（3）再次查看 R2 当前自动汇总的状态：

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

```
D 172.16.0.0/16 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:00:20, FastEthernet0/0
```

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

```
C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
D 192.168.1.0/24 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:00:14, FastEthernet0/0
```

```
D 192.168.2.0/24 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:00:14, FastEthernet0/0
```

```
D 192.168.3.0/24 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:00:14, FastEthernet0/0
```

```
r2#
```

说明：EIGRP 自动汇总对内部路由产生了效果，将 172.16.1.0/24，172.16.2.0/24，172.16.3.0/24 自动汇总成了 B 类网段 172.16.0.0/16。

（4）在 R1 上配置手工汇总：

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip summary-address eigrp 1 172.16.0.0 255.255.252.0
```

```
r1(config-if)#ip summary-address eigrp 1 192.168.0.0 255.255.252.0
```

说明：EIGRP 手工汇总同 RIP，是将路由汇总后发出去，是对出去的路由生效，而不是对进来的路由生效。

(5) 查看 R2 当前的路由表：

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

D 172.16.0.0/22 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:00:42, FastEthernet0/0

D 172.16.0.0/16 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:02:02, FastEthernet0/0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

D 192.168.0.0/22 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:00:32, FastEthernet0/0

r2#

说明：EIGRP 手工汇总可以将路由汇总为任意掩码长度，不受主类地址掩码长度影响，例如将 C 类地址汇总成了低于 24 位的掩码长度，并且从路由表中可以看出，在自动汇总和手工汇总都开启时，两者同时生效。

（6）关闭自动汇总：

r1(config)#router eigrp 1

r1(config-router)#no auto-summary

说明：关闭自动汇总。

（7）查看 R2 的路由表：

r2#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/22 is subnetted, 1 subnets

D 172.16.0.0 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:01:35, FastEthernet0/0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

D 192.168.0.0/22 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:01:25, FastEthernet0/0

r2#

说明：因为关闭了自动汇总，所以只有手工汇总生效，路由表中已经没有明细路由了。

3.测试 EIGRP 认证：

（1）在 R1 上配置 EIGRP 认证：

r1(config)#key chain ccie

r1(config-keychain)#key 1

r1(config-keychain-key)#key-string cisco

r1(config)#int f0/0

r1(config-if)#ip authentication mode eigrp 1 md5

r1(config-if)#ip authentication key-chain eigrp 1 ccie

说明：在 R1 上开启 EIGRP 认证，并在接口 F0/0 上启用，1 号密码为 cisco。

（2）查看 R2 当前 EIGRP 邻居状态：

```
r2#sh ip eig neighbors
```

```
IP-EIGRP neighbors for process 1
```

H	Address	Interface	Hold Uptime	SRTT	RTO	Q	Seq
		(sec)	(ms)				
			Cnt	Num			
1	10.1.1.3	Fa0/0	11 00:08:32	154	924	0	29

```
r2#
```

说明：由于 R1 启用了 EIGRP 认证，而 R2 没有启用认证，所以 R2 无法与 R1 保持邻居关系，但与 R3 的邻居关系正常。

（3）在 R2 上开启 EIGRP 认证：

```
r2(config)#key chain ccie
```

```
r2(config-keychain)#key 1
```

```
r2(config-keychain-key)#key-string abc
```

```
r2(config-keychain-key)#exit
```

```
r2(config-keychain)#key 2
```

```
r2(config-keychain-key)#key-string cisco
```

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip authentication mode eigrp 1 md5
```

```
r2(config-if)#ip authentication key-chain eigrp 1 ccie
```

说明：在 R2 上配置了 EIGRP 认证，共设置了两个密码，1 号密码为 abc，2 号密码为 cisco。

（4）再次查看 R2 的 EIGRP 邻居状态：

```
r3#sh ip eigrp neighbors
```

```
IP-EIGRP neighbors for process 1
```

```
r3#
```

说明：当 R2 开启认证后，已经没有任何邻居了，即使与开启了认证的 R1 也不能成为邻居，因为虽然双方有相同有密码，但是密码序号不一样，R1 是 1 号密码为 cisco，而 R2 是 2 号密码为 cisco。

（5）在 R3 上开启 EIGRP 认证：

```
r3(config)#key chain ccie
```

```
r3(config-keychain)#key 1
```

```
r3(config-keychain-key)#key-string cisco
```

```
r3(config-keychain-key)#exit
```

```
r3(config-keychain)#key 2
```

```
r3(config-keychain-key)#key-string abc
```

```
r3(config)#int f0/0
```

```
r3(config-if)#ip authentication mode eigrp 1 md5
```



```
r3(config-if)#ip authentication key-chain eigrp 1 ccie
```

说明：在 R3 上配置了 EIGRP 认证，共设置了两个密码，1 号密码为 abc，2 号密码为 cisco。

（6）查看 R3 的 EIGRP 邻居状态：

```
r3#sh ip eigrp neighbors
```

```
IP-EIGRP neighbors for process 1
```

H	Address	Interface	Hold Uptime	SRTT	RTO	Q	Seq
		(sec)	(ms)				
			Cnt	Num			
0	10.1.1.1	Fa0/0	13 00:00:38	215	1290	0	31

```
r3#
```

说明：因为 R1 的 1 号密码为 cisco，而 R3 的 1 号密码也为 cisco，双方相同，所以 R3 与 R1 建立了邻居关系，由于 R2 的 1 号密码为 abc，与大家不同，所以没能建立邻居；结果证明，需要注意，EIGRP 认证时，需要双方密码相同，并且号码相同，才能建立邻居，而且必须是双方最上面的一组密码相同才可以。

注：有的文档会提示 EIGRP 不用号码匹配也能建立邻居，所以不排除某些 IOS 版本可能是那样，但是为了保险起见，请一定保证双方第一组号码和密码相同，否则结果不能保证。

4.测试 EIGRP 路由

（1）查看 R3 当前的路由表：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/22 is subnetted, 1 subnets

D 172.16.0.0 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:00:49, FastEthernet0/0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

D 192.168.0.0/22 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:00:49, FastEthernet0/0

```
r3#
```

说明：当前 R3 与 R1 为正常邻居，所以 R3 收到了 R2 发来的两条直连路由 172.16.0.0/22 和 192.168.0.0/22。

（2）在 R1 上配置静态路由：

```
r1(config)#ip route 100.1.1.0 255.255.255.0 loopback 172
```

```
r1(config)#ip route 172.16.100.0 255.255.255.0 loopback 172
```

说明：R1 上配置了指向 100.1.1.0/24 和 172.16.100.0/24 的静态路由，并且出口为直连出口。

(3) 再次查看 R3 当前的路由表：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

D 172.16.0.0/22 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:02:41, FastEthernet0/0

D 172.16.100.0/24 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:00:41, FastEthernet0/0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

D 192.168.0.0/22 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:02:41, FastEthernet0/0

r3#

说明：R1 上配置的指向接口的静态路由 172.16.100.0/24 被通告给了邻居，所以手工配置的静态路由如果是指的直连出口，只要静态路由被 **network** 命令包含在内，就会被通告进 **EIGRP** 进程，而不管其是真正的直连路由，还是手工指定的静态路上。

(4) 在 R1 上 network 静态路由：

r1(config)#router eigrp 1

r1(config-router)#network 100.0.0.0

说明：将静态路由 100.1.1.0/24 通过命令 **network** 放入 **EIGRP** 进程。

(5) 查看 R3 的路由表：

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 100.1.1.0 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:00:14, FastEthernet0/0

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

D 172.16.0.0/22 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:06:18, FastEthernet0/0

D 172.16.100.0/24 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:04:17, FastEthernet0/0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

D 192.168.0.0/22 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:06:18, FastEthernet0/0

r3#

说明：因为指向接口的静态路由 100.1.1.0/24 被 network 命令包含在内，所以被通告进了 EIGRP 进程。

5.测试 EIGRP 默认路由

说明：EIGRP 发布默认路由的方法有三种，一是直接手工配置默认路由指向空接口（null 0），并将其通过命令 network 发布进 EIGRP；二是直接手工配置默认路由指向空接口（null 0），并将其重分布进 EIGRP；三是通过命令 ip default-network 指定默认网关，然后会自动被 EIGRP 传递。

（1）配置指向空接口（null 0）的默认路由：

```
r1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 null 0
```

(2) network 默认路由进 EIGRP:

```
r1(config)#router eigrp 1
```

```
r1(config-router)#network 0.0.0.0
```

说明：配置指向空接口的默认路由。

(3) 查看 R3 的路由表:

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 10.1.1.1 to network 0.0.0.0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 100.1.1.0 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:02:34, FastEthernet0/0

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

D 172.16.0.0/22 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:08:38, FastEthernet0/0

D 172.16.100.0/24 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:06:37, FastEthernet0/0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

D* 0.0.0.0/0 [90/28160] via 10.1.1.1, 00:00:20, FastEthernet0/0

D 192.168.0.0/22 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:08:38, FastEthernet0/0

r3#

说明：因为指向接口的默认路由被 `network` 命令包含在内，所以被自动通告进了 EIGRP 进程。

（4）重分布默认路由：

```
r1(config)#router eigrp 1
```

```
r1(config-router)#no network 0.0.0.0
```

```
r1(config-router)#redistribute static metric 10000 100 255 1 1500
```

说明：在 R1 上将默认路由通过重分布的方法取代 `network` 命令，默认路由也是静态路由的一种，所以是重分布静态路由。

（5）查看 R3 的路由表：

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 10.1.1.1 to network 0.0.0.0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 100.1.1.0 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:03:20, FastEthernet0/0

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

D 172.16.0.0/22 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:09:24, FastEthernet0/0

D EX 172.16.100.0/24 [170/284160] via 10.1.1.1, 00:00:16, FastEthernet0/0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

D*EX 0.0.0.0/0 [170/284160] via 10.1.1.1, 00:00:16, FastEthernet0/0

D 192.168.0.0/22 [90/156160] via 10.1.1.1, 00:09:24, FastEthernet0/0

r3#

说明：默认路由被重分布进了 EIGRP。

（6）通过命令 `ip default-network` 发布默认路由

说明：通过命令 `ip default-network` 发布默认路由的方法请参见前面章节，不再详述。

OSPF

概述

路由协议 OSPF 全称为 Open Shortest Path First，也就开放的最短路径优先协议，因为 OSPF 是由 IETF 开发的，它的使用不受任何厂商限制，所有人都可以使用，所以称为开放的，而最短路径优先(SPF)只是 OSPF 的核心思想，其使用的算法是 Dijkstra 算法，最短路径优先并没有太多特殊的含义，并没有任何一个路由协议是最长路径优先的，所有协议，都会选最短的。

OSPF 的流量使用 IP 协议号 89。

OSPF 工作在单个 AS，是个绝对的内部网关路由协议（Interior Gateway Protocol，即 IGP）。

OSPF 对网络没有跳数限制，支持 Classless Interdomain Routing (CIDR) 和 Variable-Length Subnet Masks (VLSMs)，没有自动汇总功能，但可以手工在任意比特位汇总，并且手工汇总没有任何条件限制，可以汇总到任意掩码长度。

OSPF 支持认证，并且支持明文和 MD5 认证；OSPF 不可以通过 Offset list 来改变路由的 metric。

OSPF 并不会周期性更新路由表，而采用增量更新，即只在路由有变化时，才会发送更新，并且只发送有变化的路由信息；事实上，OSPF 是间接设置了周期性更新路由的规则，因为所有路由都是有刷新时间的，当达到刷新时间阈值时，该路由就会产生一次更新，默认时间为 1800 秒，即 30 分钟，所以 OSPF 路由的定期更新周期默认为 30 分钟。

OSPF 所有路由的管理距离(Administrative Distance)为 110，OSPF 只支持等价负载均衡。

距离矢量路由协议的根本特征就是自己的路由表是完全从其它路由器学来的，并且将收到的路由条目一丝不变地放进自己的路由表，运行距离矢量路由协议的路由器之间交换的是路由表，距离矢量路由协议是没有大脑的，路由表从来不会自己计算，总是把别人的路由表拿来就用；而 OSPF 完全抛弃了这种不可靠的算法，OSPF 是典型的链路状态路由协议，路由器之间交换的并不是路由表，而是链路状态，OSPF 通过获得网络中所有的链路状态信息，从而计算出到达每个目标精确的网络路径。

OSPF 术语

Router-ID

假设这个世界上的人名字没有重复，每个人的名字都不相同，当有一天，遇上个陌生人告诉你，有任何麻烦可以找他，他一定能够帮你解决；等到你有麻烦的时候，你想找那个人帮忙，可是如果你连那个人的名字都不知道，那么也就不可能找到那个人帮忙了。OSPF 就类似于上述情况，网络中每台 OSPF 路由器都相当于一个人，OSPF 路由器之间相互通告链路状态，就等于是告诉别人可以帮别人的忙，如此一来，如果路由器之间分不清谁是谁，没有办法确定各自的身份，那么通告的链路状态就是毫无意义的，所以必须给每一个 OSPF 路由器定义一个身份，就相当于人的名字，这就是 Router-ID，并且 Router-ID 在网络中绝对不可以有重名，否则路由器收到的链路状态，就无法确定发起者的身份，也就无法通过链路状态信息确定网络位置，OSPF 路由器发出的链路状态都会写上自己的 Router-ID，可以理解为该链路状态的签名，不同路由器产生的链路状态，签名绝不会相同。

每一台 OSPF 路由器只有一个 Router-ID，Router-ID 使用 IP 地址的形式来表示，确定 Router-ID 的方法为：

★1.手工指定 Router-ID。

★2.路由器上活动 Loopback 接口中 IP 地址最大的，也就是数字最大的，如 C 类地址优先于 B 类地址，一个非活动的接口的 IP 地址是不能被选为 Router-ID 的。

★3.如果没有活动的 Loopback 接口，则选择活动物理接口 IP 地址最大的。

注：如果一台路由器收到一条链路状态，无法到达该 Router-ID 的位置，就无法到达链路状态中的目标网络。

Router-ID 只在 OSPF 启动时计算，或者重置 OSPF 进程后计算。

COST

OSPF 使用接口的带宽来计算 Metric，例如一个 10 Mbit/s 的接口，计算 Cost 的方法为：

将 10 Mbit 换算成 bit，为 10 000 000 bit，然后用 10000 0000 除以该带宽，结果为 $10000\ 0000 / 10\ 000\ 000\ \text{bit} = 10$ ，所以一个 10 Mbit/s 的接口，OSPF 认为该接口的 Metric 值为 10，需要注意的是，计算中，带宽的单位取 bit/s，而不是 Kbit/s，例如一个 100 Mbit/s 的接口，Cost 值为 $10000\ 0000 / 100\ 000\ 000 = 1$ ，因为 Cost 值必须为整数，所以即使是一个 1000 Mbit/s（1Gbit/s）的接口，Cost 值和 100Mbit/s 一样，为 1。如果路由器要经过两个接口才能到达目标网络，那么很显然，两个接口的 Cost 值要累加起来，才算是到达目标网络的 Metric 值，所以 OSPF 路由器计算到达目标网络的 Metric 值，必须将沿途中所有接口的 Cost 值累加起来，在累加时，同 EIGRP 一样，只计算出接口，不计算进接口。

OSPF 会自动计算接口上的 Cost 值，但也可以通过手工指定该接口的 Cost 值，手工指定的优先于自动计算的值。

OSPF 计算的 Cost，同样是和接口带宽成反比，带宽越高，Cost 值越小。到达目标相同 Cost 值的路径，可以执行负载均衡，最多 6 条链路同时执行负载均衡。

链路（Link）

就是路由器上的接口，在这里，应该指运行在 OSPF 进程下的接口。

链路状态（Link-State）

链路状态（LSA）就是 OSPF 接口上的描述信息，例如接口上的 IP 地址，子网掩码，网络类型，Cost 值等等，OSPF 路由器之间交换的并不是路由表，而是链路状态（LSA），OSPF 通过获得网络中所有的链路状态信息，从而计算出到达每个目标精确的网络路径。OSPF 路由器会将自己所有的链路状态毫不保留地全部发给邻居，邻居将收到的链路状态全部放入链路状态数据库（Link-State Database），邻居再发给自己的所有邻居，并且在传递过程中，绝对不会有更改。通过这样的过程，最终，网络中所有的 OSPF 路由器都拥有网络中所有的链路状态，并且所有路由器的链路状态应该能描绘出相同的网络拓扑。比如现在要计算一条地铁线路图，如上海地铁二号线某段的图，如果不直接将该图给别人看，图好比是路由表，现在只是报给别人各个站的信息，该信息好比是链路状态，通过告诉别人各个站左边一站是什么，右边一站是什么，别人也能通过该信息（链路状态），画出完整的线路图（路由表），如得到如下各站信息（链路状态）：

★南京东路-站 （左边一站是人民广场，右边一站是陆家嘴）

★南京西路-站 （左边一站是静安寺，右边一站是人民广场）

★静安寺-站 （右边一站是南京西路）

★人民广场-站 （左边一站是南京西路，右边一站是南京东路）

★陆家嘴-站 （左边一站是南京东路）

还原线路图（路由表）如下：

根据分析以下两站信息（两条链路状态）：

★南京西路-站 （左边一站是静安寺，右边一站是人民广场）

★静安寺-站 （右边一站是南京西路）

计算 因为静安寺右边是南京西路，而南京西路左边是静安寺，所以静安寺和南京西路是相邻的，为 静安寺 — 南京西路，并且由于南京西路右边是人民广场，所以通过这两条信息，得出线路为 静安寺 — 南京西路 — 人民广场，继续往下

再根据如下两站信息（链路状态）：

★人民广场-站 （左边一站是南京西路，右边一站是南京东路）

★南京东路-站 （左边一站是人民广场，右边一站是陆家嘴）

计算 因为之前南京西路右边是人民广场，人民广场左边是南京西路，所以南京西路和人民广场是相邻的两站，并且人民广场右边是南京东路，得出线路为 南京西路 — 人民广场 — 南京东路，并且因为南京东路右边是陆家嘴，所以 这部分线路得知为南京西路 — 人民广场 — 南京东路 — 陆家嘴，继续往下

再根据如下一站信息（链路状态）：

★陆家嘴-站 （左边一站是南京东路）

计算 因为南京东路右边是陆家嘴，而陆家嘴左边是南京东路，所以两站相邻，得出为 南京东路 — 陆家嘴，

通过以上各部分的线路：

静安寺 — 南京西路 — 人民广场

南京西路 — 人民广场 — 南京东路 — 陆家嘴

南京东路 — 陆家嘴

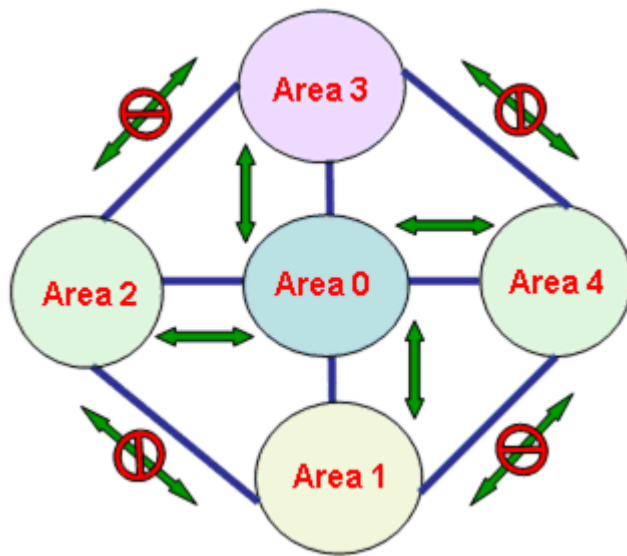
所以很轻松的就画出该段地铁线路图为：

静安寺 — 南京西路 — 人民广场 — 南京东路 — 陆家嘴

从以上计算过程可以知道，因为得到各站的信息，就能画出整条线路图，而 OSPF 也同样根据路由器各接口的信息（链路状态），计算出网络拓扑图，OSPF 之间交换链路状态，就像上面交换各站信息，而不像 RIP 和 EIGRP 直接交换路由表，交换路由表，就等于直接给人看线路图，可见 OSPF 的智能算法，比距离矢量协议对网络有更精确的认知。

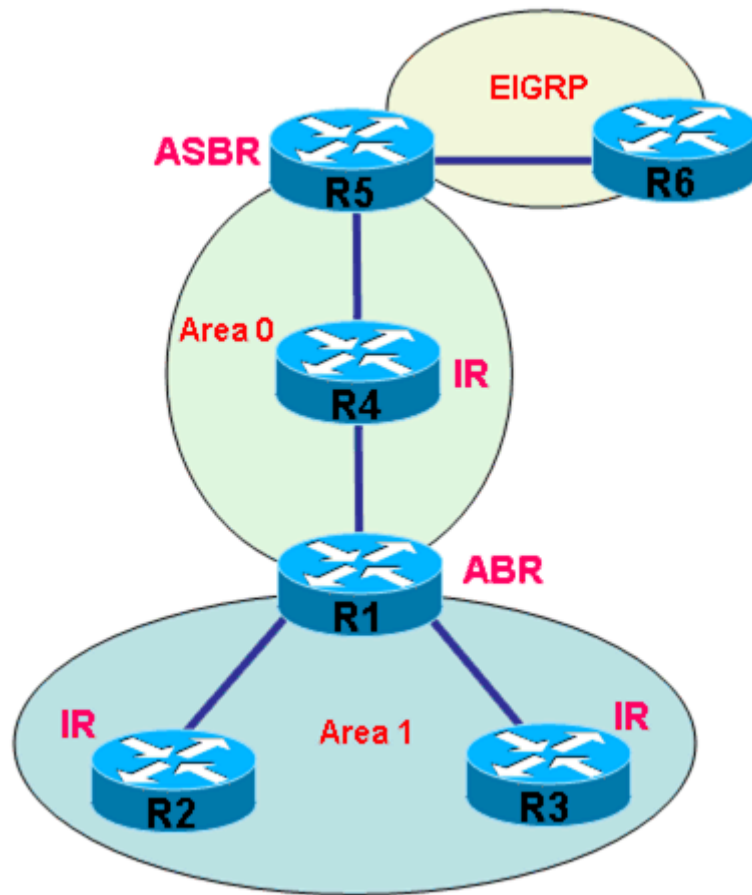
OSPF 区域

因为 OSPF 路由器之间会将所有的链路状态（LSA）相互交换，毫不保留，当网络规模达到一定程度时，LSA 将形成一个庞大的数据库，势必会给 OSPF 计算带来巨大的压力；为了能够降低 OSPF 计算的复杂程度，缓存计算压力，OSPF 采用分区域计算，将网络中所有 OSPF 路由器划分成不同的区域，每个区域负责各自区域精确的 LSA 传递与路由计算，然后再将一个区域的 LSA 简化和汇总之后转发到另外一个区域，这样一来，在区域内部，拥有网络精确的 LSA，而在不同区域，则传递简化的 LSA。区域的划分为了能够尽量设计成无环网络，所以采用了 Hub-Spoke 的拓扑架构，也就是采用核心与分支的拓扑，如下图：



区域的命名可以采用整数数字,如 1、2、3、4,也可以采用 IP 地址的形式,0.0.0.1、0.0.0.2,因为采用了 Hub-Spoke 的架构,所以必须定义出一个核心,然后其它部分都与核心相连,OSPF 的区域 0 就是所有区域的核心,称为 **BackBone** 区域(骨干区域),而其它区域称为 **Normal** 区域(常规区域),在理论上,所有的常规区域应该直接和骨干区域相连,常规区域只能和骨干区域交换 LSA,常规区域与常规区域之间即使直连也无法互换 LSA,如上图中的 Area 1、Area 2、Area 3、Area 4 只能和 Area 0 互换 LSA,然后再由 Area 0 转发,Area 0 就像是一个中转站,两个常规区域需要交换 LSA,只能先交给 Area 0,再由 Area 0 转发,而常规区域之间无法互相转发。

OSPF 区域是基于路由器的接口划分的,而不是基于整台路由器划分的,一台路由器可以属于单个区域,也可以属于多个区域,如下图:



如果一台 OSPF 路由器属于单个区域，即该路由器所有接口都属于同一个区域，那么这台路由器称为 Internal Router (IR)，如上图中的 R2, R3 和 R4；如果一台 OSPF 路由器属于多个区域，即该路由器的接口不都属于一个区域，那么这台路由器称为 Area Border Router (ABR)，如上图中的 R1，ABR 可以将一个区域的 LSA 汇总后转发至另一个区域；如果一台 OSPF 路由器将外部路由协议重分布进 OSPF，那么这台路由器称为 Autonomous System Boundary Router (ASBR)，如上图，R5 将 EIGRP 重分布进 OSPF，那么 R5 就是 ASBR，但是如果只是将 OSPF 重分布进其它路由协议，则不能称为 ASBR。

可以配置任何 OSPF 路由器成为 ABR 或 ASBR。

由于 OSPF 有着多种区域，所以 OSPF 的路由在路由表中也以多种形式存在，共分以下几种：

如果是同区域的路由，叫做 Intra-Area Route，在路由表中使用 O 来表示；

如果是不同区域的路由，叫做 Inter-Area Route 或 Summary Route，在路由表中使用 O IA 来表示；

如果并非 OSPF 的路由，或者是不同 OSPF 进程的路由，只是被重分布到 OSPF 的，叫做 External Route，在路由表中使用 O E2 或 OE 1 来表示。

当存在多种路由可以到达同一目的地时，OSPF 将根据先后顺序来选择要使用的路由，所有路由的先后顺序为：

Intra-Area — Inter-Area — External E1 — External E2，即 O — O IA — O E1 — O E2。

注：

★一台路由器可以运行多个 OSPF 进程，不同进程的 OSPF，可视为没有任何关系，如需要获得相互的路由信息，需要重分布。

★每个 OSPF 进程可以有多个区域，而路由器的链路状态数据库是分进程和分区域存放的。

邻居 (Neighbor)

OSPF 只有邻居之间才会交换 LSA，路由器会将链路状态数据库中所有的内容毫不保留地发给所有邻居，要想在 OSPF 路由器之间交换 LSA，必须先形成 OSPF 邻居，OSPF 邻居靠发送 Hello 包来建立和维护，Hello 包会在启动了 OSPF 的接口上周期性发送，在不同的网络中，发送 Hello 包的间隔也会不同，当超过 4 倍的 Hello 时间，也就是 Dead 时间过后还没有收到邻居的 Hello 包，邻居关系将被断开。

两台 OSPF 路由器必须满足 4 个条件，才能形成 OSPF 邻居，4 个必备条件如下：

1.Area-id（区域号码）

即路由器之间必须配置在相同的 OSPF 区域，否则无法形成邻居。

2.Hello and Dead Interval（Hello 时间与 Dead 时间）

即路由器之间的 Hello 时间和 Dead 时间必须一致，否则无法形成邻居。

3.Authentication（认证）

路由器之间必须配置相同的认证密码，如果密码不同，则无法形成邻居。

4.Stub Area Flag（末节标签）

路由器之间的末节标签必须一致，即处在相同的末节区域内，否则无法形成邻居。

注：

★OSPF 只能使用接口的 Primary 地址建立邻居，不能使用 Secondary 建立邻居。

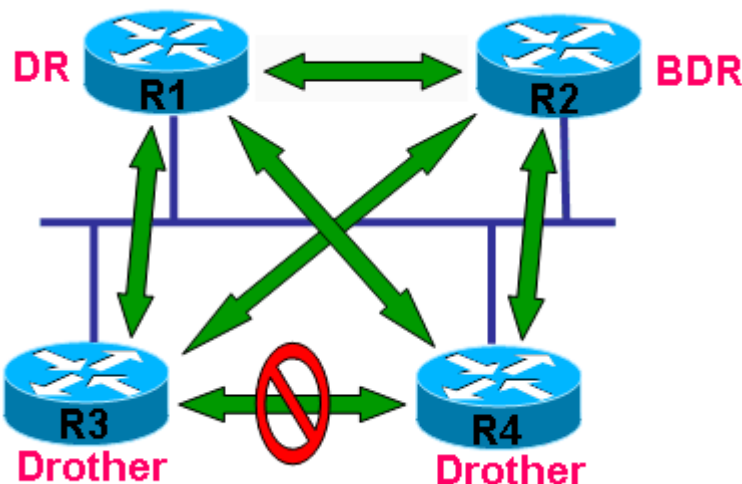
★路由器双方接口要么都为手工配置地址（Numbered），要么都为借用地址（Unnumbered），否则无法建立邻居。

邻接（Adjacency）

两台 OSPF 路由器能够形成邻居，但并不一定能相互交换 LSA，只要能交换 LSA，关系则称为邻接（Adjacency）。邻居之间只交换 Hello 包，而邻接（Adjacency）之间不仅交换 Hello 包，还要交换 LSA。

DR/BDR

当多台 OSPF 路由器连到同一个多路访问网段时，如果每两台路由器之间都相互交换 LSA，那么该网段将充满着众多 LSA 条目，为了能够尽量减少 LSA 的传播数量，通过在多路访问网段中选择出一个核心路由器，称为 DR（Designated Router），网段中所有的 OSPF 路由器都和 DR 互换 LSA，这样一来，DR 就会拥有所有的 LSA，并且将所有的 LSA 转发给每一台路由器；DR 就像是该网段的 LSA 中转站，所有的路由器都与该中转站互换 LSA，如果 DR 失效后，那么就会造成 LSA 的丢失与不完整，所以在多路访问网络中除了选举出 DR 之外，还会选举出一台路由器作为 DR 的备份，称为 BDR（Backup Designated Router），BDR 在 DR 不可用时，代替 DR 的工作，而既不是 DR，也不是 BDR 的路由器称为 Drother，事实上，Drother 除了和 DR 互换 LSA 之外，同时还会和 BDR 互换 LSA，如下图：



上图中 R1 被选为 DR，R2 被选为 BDR，而 R3 和 R4 为 Drother，R3 同时和 R1 与 R2 互换 LSA，R4 也同时和 R1 与 R2 互换 LSA，但 R3 与 R4 却不能互换 LSA。

其实不难看出，DR 与 BDR 并没有任何本质与功能的区别，只有在多路访问的网络环境，才需要 DR 和 BDR，DR 与 BDR 的选举是在一个二层网段内选举的，即在多个路由器互连的接口范围内，与 OSPF 区域没有任何关系，一个区域可能有多个多路访问网段，那么就会存在多个 DR 和 BDR，但一个多路访问网段，只能有一个 DR 和 BDR；选举 DR 和 BDR 的规则为：

★比较接口优先级

选举优先级最高的成为 DR，优先级数字越大，表示优先级越高，被选为 DR 的几率就越大，次优先级的为 BDR，优先级范围是 0-255，默认为 1，优先级为 0 表示没有资格选举 DR 和 BDR。

★Route-Id 大小

如果在优先级都相同的情况下，Route-Id 最大的成为 DR，其次是 BDR，数字越大，被选为 DR 的几率就越大。

因为所有路由器都能与 DR 和 BDR 互换 LSA，所以所有路由器都与 DR 和 BDR 是邻接（Adjacency）关系，而 Drother 与 Drother 之间无法互换 LSA，所以 Drother 与 Drother 之间只是邻居关系。

在一个多路访问网络中，选举 DR 和 BDR 是有时间限制的，该时间为 Wait 时间，默认为 4 倍的 Hello 时间，即与 Dead 时间相同，如果 OSPF 路由器在超过 Wait 时间后也没有其它路由器与自己竞争 DR 与 BDR 的选举，那么就选自己为 DR；当一个多路访问网络中选举出 DR 与 BDR 之后，在 DR 与 BDR 没有失效的情况下，不会进行重新选举，也就是在选举出 DR 与 BDR 之后，即使有更高优先级的路由器加入网络，也不会影响 DR 与 BDR 的角色，在越出选举时间（Wait 时间）后，只有 DR 与 BDR 失效后，才会重新选举。DR 失效后，会同时重新选举 DR 与 BDR，而在 BDR 失效后，只会重新选举 BDR。

DR 和 BDR 与 Drother 的数据包处理会有所不同，

所有 OSPF 路由器，包括 DR 与 BDR，都能够接收和传递目标地址为 224.0.0.5 的数据包。

只有 DR 和 BDR 才能接收和传递目标地址为 224.0.0.6 的数据包。

由此可见，Drother 路由器将数据包发向目标地址 224.0.0.6，只能被 DR 和 BDR 接收，其它 Drother 不能接收；而 DR 和 BDR 将数据包发向目标地址 224.0.0.5，可以被所有路由器接收。

OSPF 数据包交换过程

从 OSPF 建立邻居，到 LSA 的互换，到路由表的计算，需要经过一系列的数据包交换过程，过程如下：

Hello



Database Description Packets （DBD）



Link-state Request （LSR）



Link-state update （LSU）



LSDB

具体情况如下：

Hello

Hello 包是用来建立和维护 OSPF 邻居的，要交换 LSA，必须先通过 Hello 包建立 OSPF 邻居。

Database Description Packets （DBD）

当一个人去书店买书时，想要决定买哪本书，并不会先将书店里所有的书都看一遍，才做决定买哪本好，通常是只看书的目录，或者大概翻一翻，再对比一下，就能决定买哪本；而 OSPF 的 LSA 交换也是一样的，邻居建立之后，并不会立刻就将自己链路状态数据库中所有的 LSA 全部发给邻居，而是将 LSA 的基本描述信息发给邻居，这就是 Database Description Packets （DBD），是 LSA 的目录信息，相当于书的目录，邻居在看完 DBD 之后，就能知道哪些 LSA 是需要邻居发送给自己的。

Link-state Request （LSR）

邻居在看完发来的 LSA 描述信息（DBD）之后，就知道哪些 LSA 是需要邻居发送给自己的，自己就会向邻居发送 LSA 请求（LSR），告诉邻居自己需要哪些 LSA。

Link-state update （LSU）

当邻居收到其它路由器发来的 LSA 请求（LSR）之后，就知道对方需要哪些 LSA，然后根据 LSR，将完整的 LSA 内容全部发给邻居，以供计算路由表。

LSDB

就是已经收到了所有需要邻居发送给自己的 LSA，这时的链路状态数据库已经达到收敛状态。

OSPF 启动过程

路由器从启动 OSPF 进程，到根据链路状态数据库计算出路由表，同样需要经历一系列的启动过程，总共有 8 种可能的启动过程，但并不是一定会经历这 8 个过程，具体过程如下：

Down → Attempt → Init → Two-way → Exstart → Exchange → Loading → Full

每个过程详细情况如下：

Down

路由器刚刚启动 OSPF 进程，还没有从任何路由器收到任何数据包，Hello 包也没有收到，在此进程，可以向外发送 Hello 包，以试图发现邻居。

Attempt

因为 OSPF 使用组播发送数据包，如使用组播发送 Hello 包，如果 Hello 包不能发出去被其它路由器收到，就不能和其它路由器建立 OSPF 邻居；在一些组播不能发送的网络中，例如帧中继这样的非广播网络环境，组播不能够传递，在这种情况下，就需要指定 OSPF 使用单播向邻居发送 Hello 包，以此试图和指定的邻居建立 OSPF 邻居关系，在此状态下，OSPF 称为 Attempt 状态。

Init

只是 OSPF 路由器一方收到了另一方的 Hello，但并没有双方都交换 Hello，也就是对方的 Hello 中还没有将自己列为邻居。

Two-way

双方都已经交换了 Hello 信息，并且从 Hello 中看到对方已经将自己列为邻居，此状态，就表示 OSPF 邻居关系已经建立，并且如果是需要选举 DR 和 BDR 的话，也已经选举出来，但 OSPF 邻居之间并不一定会交换 LSA，如果不需要交换 LSA，则永远停留在此状态，如果需要形成邻接并互相交换 LSA，则状态继续往下进行。（比如 Drother 与 Drother 之间将永远停留在 Two-way 状态，因为 Drother 与 Drother 之间不需要交换 LSA。）

Exstart

因为在 OSPF 邻居之间交换完整的 LSA 之前，会先发送 Database Description Packets（DBD），Link-state Request（LSR）等数据包，邻居之间是谁先发，谁后发，需要确定顺序，在 Exstart

状态，就是确定邻居之间的主从关系（Master—Slave 关系，Router-ID 数字大的为主路由器，另一端为从路由器，由主路由器先向从路由器发送信息。在选举 DR 与 BDR 的网络环境中，并不一定 DR 就是主路由器，BDR 就是从路由器，因为 DR 和 BDR 可以通过调整接口优先级来控制，所以 DR 也许是因为优先级比 BDR 高，而 Router-ID 并不比 BDR 高。

注：在任何网络环境下，OSPF 在交换 LSA 之前，都需要确定主从关系。

Exchange

就是交换 Database Description Packets (DBD) 的过程，DBD 只是 LSA 的简单描述，只包含 LSA 的一些头部信息，收到 DBD 的路由器会和自己的链路状态数据库作对比，确定需要哪些 LSA 的完整信息，就会发送 LSR 请求给邻居。

Loading

邻居根据收到的 LSR (Link-State Request)，向对方回复 Link-state update (LSU)。

Full

等到 OSPF 都收到了邻居回复的所有 Link-state update (LSU)，那么此时的数据库状态就变成了收敛状态，此状态就是 Full 状态，但此时只是数据库已经同步，但路由表却还在计算当中。

注：除了 Two-way 和 Full 这两个状态，邻居停留在任何状态，都是不正常。

OSPF 网络类型 (Network Type)

OSPF 是一个在各方面都考虑比较周全的路由协议，也会因此将该协议变得更为复杂化，OSPF 并不像 RIP 与 EIGRP 那样，RIP 与 EIGRP 在运行时，并不考虑 OSI 模型

在二层所定义的内容，即并不关心二层的链路介质类型，而 OSPF 在运行时，必须考虑链路层的类型，称为 OSPF 网络类型（Network Type），对于不同二层介质类型，OSPF 将有不同的操作和运行过程，网络类型，可分为如下几种：

点到点（Point-To-Point）

点到多点（Point-To-Multipoint）

广播（Broadcast）

非广播（Non-Broadcast）

点到多点非广播（Point-To-Multipoint Non-Broadcast）

对于不同的网络类型，将会影响到 OSPF 的 Hello 时间与 Dead 时间，关系到 DR 与 BDR 的选举与否，影响到 OSPF 邻居是自动建立还是手工建立，总结如下表：

网络类型	Hello 时间	选 举 DR/BDR	邻居建立方式
点到点 (Point-To-Point)	10 秒	否	自动
点到多点 (Point-To-Multipoint)	30 秒	否	自动
广播 (Broadcast)	10 秒	是	自动
非广播 (Non-Broadcast)	30 秒	是	手工
点到多点非广播 (Point-To-Multipoint Non-Broadcast)	30 秒	否	手工

注：

★OSPF 网络类型（Network Type）是根据二层链路层的介质决定的，但也可以手工定义网络类型，因此可以在各类型之间手工切换。

★OSPF 邻居的成功建立，并不要求双方网络类型一致，但双方网络类型不一致，将可能导致链路状态数据库中的条目无法进入路由表。

OSPF 链路类型（Link Type）

巧玲珑 OSPF 确实因为考虑问题的全面，而导致路由协议的复杂，OSPF 不仅因为不同的二层链路层介质定义了不同的 OSPF 网络类型（Network Type），还因为链路上的邻居，而定义了 OSPF 链路类型（Link Type）。

OSPF 网络类型（Network Type）是完全根据二层链路层的介质决定的，而 OSPF 链路类型（Link Type）不仅受二层链路层介质的影响，还受到链路中 OSPF 邻居的影响，同时还影响到 LSA，因此变得复杂。

注：

★OSPF 链路类型（Link Type）不会影响人们操作 OSPF，所以可以选择不深入理解 OSPF 链路类型（Link Type），但 OSPF 网络类型（Network Type）却影响到 OSPF 的操作，OSPF 网络类型（Network Type）必须理解和牢记。

★OSPF 链路类型（Link Type）与 OSPF 网络类型（Network Type）没有对应关系，没有因果关系。

OSPF 链路类型（Link Type）分为以下几种：

Stub Network Link

在一个网段中只有一台 OSPF 路由器的情况下，该网段被 OSPF 链路类型定义为

Stub Network Link；因为一个网段中只有一台 OSPF 路由器，所以在这个网段就不可能有 OSPF 邻居，一个接口被通告进 OSPF，无论其二层链路是什么介质，只要在该接口上没有 OSPF 邻居，那么就是 **Stub Network Link**；Loopback 接口永远被定义为 **Stub Network Link**，默认使用 32 位掩码表示，无论将 Loopback 接口改为哪种 OSPF 网络类型（**Network Type**），始终改变不了它的 OSPF 链路类型（**Link Type**）属性，但可以改变它在 LSA 中的掩码长度。

Point-To-Point Link

OSPF 网络类型(**Network Type**)为 Point-To-Point 的接口，OSPF 链路类型(**Link Type**)为 Point-To-Point Link，但 Loopback 接口除外；而网络类型为点到多点（**Point-To-Multipoint**）的接口，同样链路类型也为 Point-To-Point Link。

Point-To-Point Link 可以是手工配置的地址（**Numbered**），也可以是借用的地址（**Unnumbered**），也可以是物理接口或逻辑子接口。

Transit Link

拥有两台或两台以上 OSPF 路由器的链路，简单理解为有邻居的 OSPF 接口就是 **Transit Link**，但网络类型为 Point-To-Point 和点到多点（**Point-To-Multipoint**）的接口除外，因为它们被定义为 Point-To-Point Link。

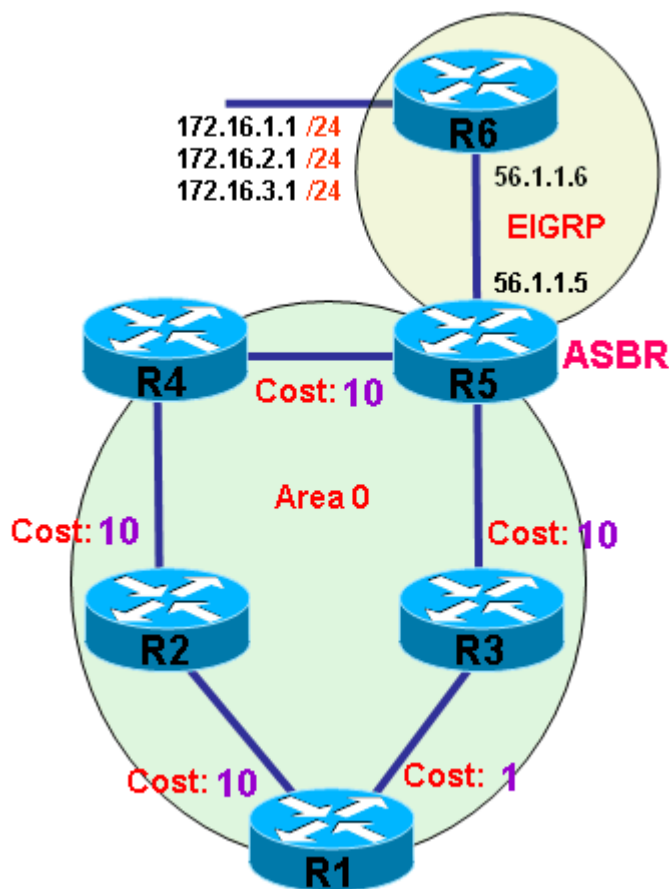
Virtual link

就是 OSPF 虚链路（**Virtual Link**），但希奇的是，虚链路（**Virtual Link**）被定义为手工配置的地址（**Numbered**）的 Point-To-Point Link。

OSPF 外部路由

OSPF 同其它路由协议一样，可以将其它外部协议的路由信息或其它 OSPF 进程的路由信息重分布进自己的域内，这样的路由在 OSPF 域内就是 OSPF 外部路由（External Route），在路由表中的表示方法和 OSPF 自己的路由会有所不同，因为 OSPF 外部路由可以分为两类，分为 Type 2 和 Type 1，所以在路由表中分别表示为 O E2 和 OE 1。

O E2 与 OE 1 在路由条目上没有任何区别，只是对于路由的 Metric 值计算有区别；类型为 O E2 的外部路由，在该路由进入 OSPF 之前的 Metric 值为多少，进入 OSPF 域后，所有 OSPF 路由器看到关于该路由的 Metric 值全部相同，不会再为该路由增加任何 Metric 值，O E2 默认 Metric 值为 20。而 O E1 的路由在 OSPF 路由器上的 Metric 值包含该路由进入 OSPF 域之前的 Metric 值，再加上在 OSPF 域内传递的 Metric 值，也就是到达外部路由的 Metric 值为到达 ASBR 的 Metric 值再加上进入 OSPF 域之前的 Metric 值之和，不同 OSPF 路由器看到 O E1 的路由的 Metric 值可能会有不同。如下图：

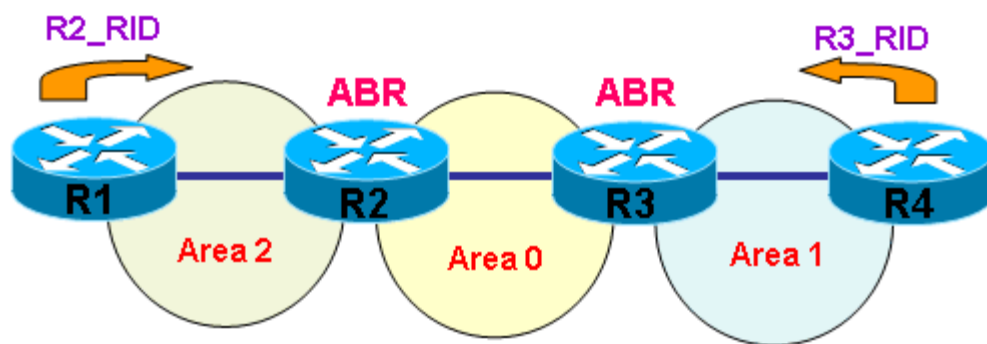


在上图中，R5 将 EIGRP 重分布进 OSPF，如果使用 O E2 类型重分布进 OSPF，并且取默认 Metric 值 20，那么 OSPF 域内的路由器 R1，R2，R3，R4，R5 看到外部路由的 Metric 值全部都为 20，不会有任何变化。如果使用 O E1 类型重分布进 OSPF，并且取默认 Metric 值 20，那么 OSPF 域内的路由器在计算 Metric 值时，还会在原有 Metric 值的基础上，再加上到达 ASBR（R5）所需的 Metric 值，假设 R1 选择从 R3 到 R5 再到外部路由，那么 R1 到外部路由的 Metric 值为 $20+1+10=31$ ，所以使用 O E2 时，R1 到外部路由的 Metric 值为 20，而在使用 O E1 时，R1 到外部路由的 Metric 值为 31。

所以必须给每一个 OSPF 路由器定义一个身份，就相当于人的名字，这就是 Router-ID，并且 Router-ID 在网络中绝对不可以有重名，否则路由器收到的链路状态，就无法确定发起者的身份，也就无法通过链路状态信息确定网络位置，OSPF 路由器发出的链路状态都会写上自己的 Router-ID，可以理解为该链路状态的签名，不同路

由器产生的链路状态，签名绝不会相同。

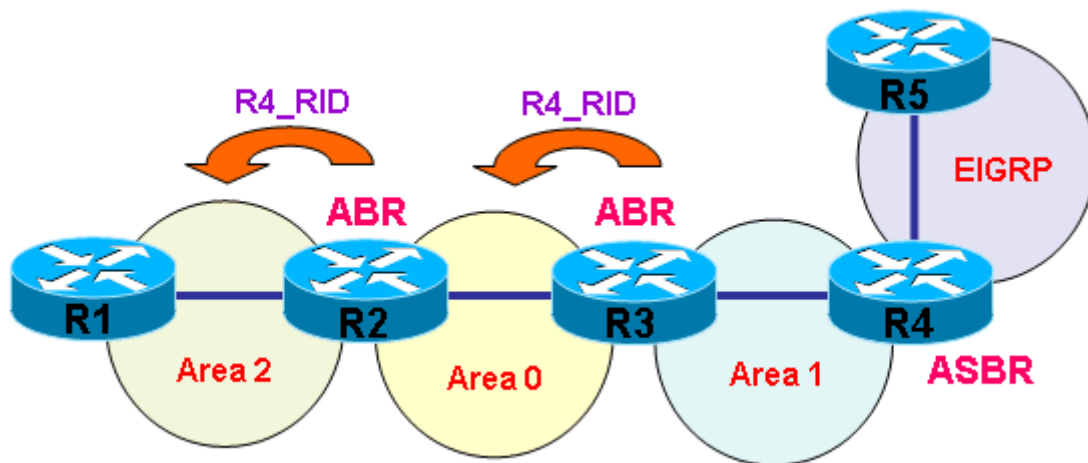
之前说过，每一台 OSPF 路由器都有一个 Router-ID，在自己产生 LSA 时，都会 LSA 中写上自己的 Router-ID，表示 LSA 的身份，类似于签名，如果一台路由器收到一条链路状态，无法到达该 Router-ID 的位置，就无法到达链路状态中的目标网络。其实，在同区域内，每台 OSPF 路由器的 Router-ID 对于每一台路由器都是可达的，因为同区域内会有精确的 LSA 信息，包含 Router-ID，但需要说明，同区域路由器的 Router-ID 并不是单独通过 LSA 来通告的，而是通过精确的 LSA 计算出来的，也就是说 Router-ID 的位置是推算出来的，但您放心，这不会有错，就像之前推算地铁线路图一样；因为同区域路由器的 Router-ID 都有精确的路径信息，所以网络是通畅的，然而，不同区域的 OSPF 路由器，Router-ID 是不知道的，也可以理解为 Router-ID 不会跨区域传递，那么是否就意味着不同区域的路由是不可达的呢？答案当然是可达的，只要同区域所有路由器可达，那么不同区域自然就是可达的，理由是，不同区域是通过 ABR 相连的，因为 ABR 连接着不同区域，所以只要各个区域路由器和 ABR 是通的，那么不同区域当然可以实现网络连通，所以，ABR 在将一个区域的 LSA 转发至另一个区域时，产生该 LSA 的 Router-ID 就不再是原来的 Router-ID，会被修改为 ABR 的 Router-ID，这样一来，和 ABR 相通的路由器只要到达 ABR，就能到达其它区域；如下图所示：



上图中，R2 和 R3 是 ABR，Area 0 一定拥有全网的 LSA，R2 可以在 Area 0 与 Area 2 之间转发 LSA，而 R3 可以在 Area 0 与 Area 1 之间转发 LSA，但是对于其它区域的路由，R1 无法到达，因为 R1 只有 Area 2 每台路由器的 Router-ID，R4 的情况同样如此；最终结果是，R2 在将 Area 0 的 LSA 转发给 Area 2 时，已经将所有 LSA 的 Router-ID 改成了自己的，所以所有的路由对于 R1 来说，只要交给 ABR（R2）即可，因为 R2 能够全网可达，在 Area 1 也是一样，R3 在将 Area 0 的 LSA 转发给 Area 1 时，已经将所有 LSA 的 Router-ID 改成了自己的，所以所有的路由对于 R4 来说，只要交给 ABR

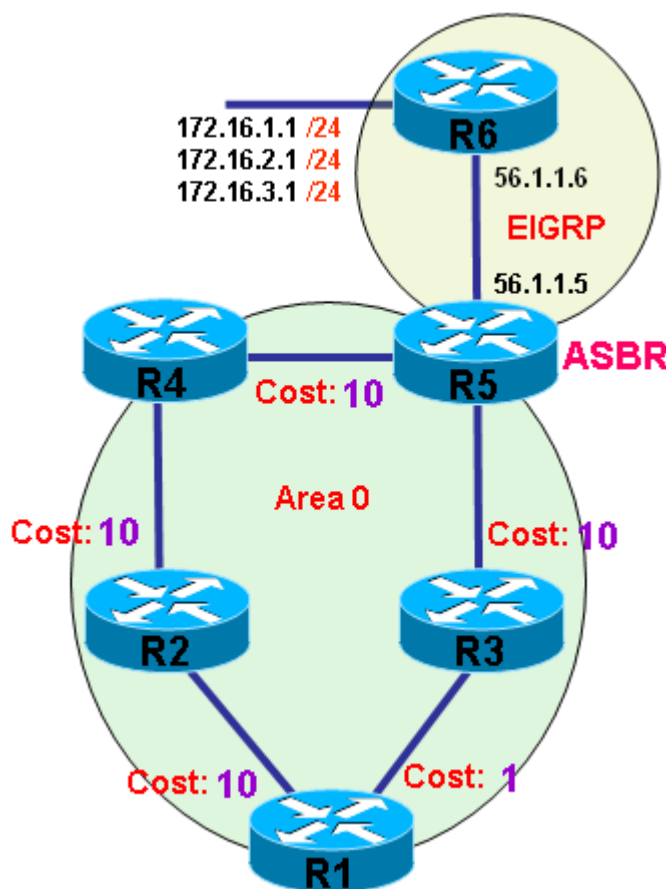
(R3) 即可，由此可见，OSPF 中，不同区域之间的路由互通，是由于 ABR 在转发区域是 LSA 时，将 LSA 的 Router-ID 改成了自己的 Router-ID，才使得该区域可以与其它区域通信，如果没有 ABR 这种自动修改 Router-ID 的行为，那么 OSPF 不同区域间将会无法通信。

对于外部路由，执行重分布的路由器同样需要在 LSA 中写上自己的 Router-ID，其实就是 ASBR 的 Router-ID，因为外部路由会在多个 OSPF 区域之间传递，所以会被多个 ABR 转发，而 ABR 在转发外部路由的 LSA 时，是没有权限修改 LSA 的 Router-ID，这样一来，外部路由的 Router-ID 在所有 OSPF 路由器上都不会改变，永远是 ASBR 的 Router-ID，最终造成的结果是只有与 ASBR 同在一个区域的路由器才能到达外部路由，因为只有与 ASBR 同在一个区域的路由器才知道如何到达 ASBR 的 Router-ID，而其它区域的路由器对此却无能为力；为了能够让 OSPF 所有区域都能与外部路由连通，在 ABR 将外部路由从 ASBR 所在的区域转发至其它区域时，需要发送单独的 LSA 来告知如何到达 ASBR 的 Router-ID，因为 ABR 将外部路由的 LSA 告诉了其它区域，是有义务让它们与外部路由可达的，所以额外发送了单独的 LSA 来告知如何到达 ASBR 的 Router-ID；从这里也可以看出，任何一个 ASBR 所在区域外的其它区域，都必须靠 ABR 通告一条通往 ASBR 的 Router-ID 的 LSA，此 LSA 就是后面将会详细解释的 LSA 类型的第 4 类。如下图：



在上图中，因为 ASBR(R4)将外部路由(EIGRP)重分布进 OSPF 后，自己的 Router-ID 对于 Area 1 的所有路由器是可达的，但对于 Area 2 和 Area 0 中的路由器是不可达的，所以在 ABR 将外部路由的 LSA 发向 Area 0 和 Area 2 时，会额外通过单独的 LSA 4 将 ASBR (R4) 的 Router-ID 发向这些区域。

OSPF 外部路由有许多是需要理解的地方，外部 LSA 的 Forward Address 是一个其它 LSA 没有的特征，每一条外部 LSA 都带有一个 Forward Address，该地址是用来告诉收到此 LSA 的路由器如何到达外部路由，那么一条外部路由的 LSA，Forward Address 究竟该是什么地址呢？在 ASBR 的路由表中，外部路由的下一跳地址是什么，那么在外部路由的 LSA 中 Forward Address 就是什么，但是 OSPF 内部路由器是通过 Forward Address 来到达外部路由的，如果它们连这个 Forward Address 都到达不了，比如 Forward Address 本身就是外部路由而不包含在 OSPF 进程中，那么可想而知，Forward Address 的意义等于 0，所以，如果 ASBR 的路由表中，外部路由的下一跳地址是 OSPF 进程自己的路由，那么外部路由 LSA 的 Forward Address 就是该地址，所有 OSPF 内部路由器则通过该地址去往外部路由，但如果 ASBR 的路由表中，外部路由的下一跳地址不在 OSPF 进程中，那么该地址对于其它所有 OSPF 路由器都不可达，这时，ASBR 就将外部路由 LSA 的 Forward Address 设置为 0.0.0.0，当 Forward Address 为 0.0.0.0 时，所有 OSPF 路由器通过外部 LSA 的 Router-ID 去往外部路由；如下图所示：



在上图中，当 R5（ASBR）将外部路由 EIGRP 重分布进 OSPF 时，因为 R5 到达外部路由的下一跳地址是 56.1.1.6，如果该地址的网段被通告进 OSPF 进程，那么此时外部路由的 Forward Address 就是 56.1.1.6，所有 OSPF 路由器通过去往地址 56.1.1.6 来去往外路由；但如果该地址并不在 OSPF 进程中，那么外部路由的 Forward Address 就是 0.0.0.0，则所有 OSPF 路由器通过去往 ASBR（R5）的 Router-ID 去往外路由。

重点提示：

重分布外部路由时，默认类型为 O E2，如果通过两个 ASBR 能到达相同的外部路由，选择 O E1 的优先，其次是 O E2，但如果都为 O E1 或 O E2，则选择到达 Forward Address 最小 Metric 的路径优先，如果 Forward Address 都为 0.0.0.0，最后选择到达 ASBR 最小 Metric 的路径优先，但如果 Forward Address 地址一个为 0.0.0.0，一个为真实地址，统一比较到 ASBR 的 Metric。

OSPF 末节区域

如果路由增加，就意味着 LSA 的增加，有时，在一个末梢网络中，许多路由信息是多余的，并不需要通告进来，因为一个 OSPF 区域内的所有路由器都能够通过该区域的 ABR 去往其它 OSPF 区域或者 OSPF 以外的外部网络，既然一个区域的路由器只要知道去往 ABR，就能去往区域外的网络，所以可以过滤掉区域外的路由进入某个区域，这样的区域称为 OSPF 末节区域（Stub Area）；一个末节区域的所有路由器虽然可以从 ABR 去往区域外的网络，但路由器上还是得有指向 ABR 的路由，所以末节区域的路由器只需要有默认路由，而不需要明细路由，即可与区域外的网络通信，根据末节区域过滤掉区域外的不同路由，可将末节区域分为如下四类：

Stub Area（末节区域）

Totally Stub Area（完全末节区域）

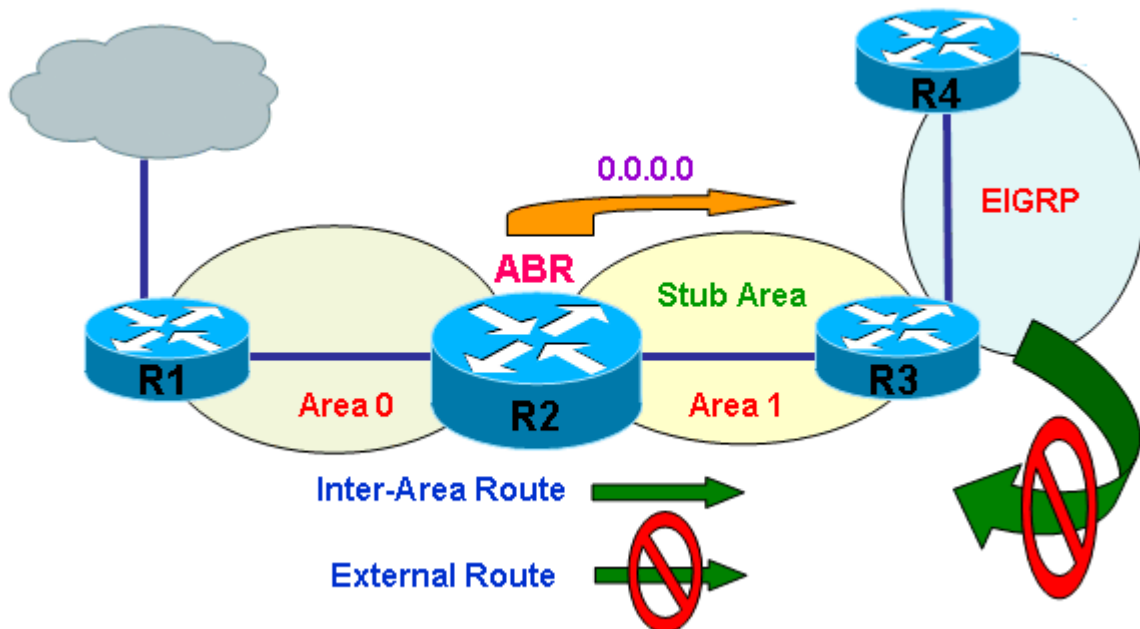
Not-so-Stubby Area（NSSA）

Totally Not-so-Stubby Area（Totally NSSA）

各类型的特征如下：

Stub Area（末节区域）

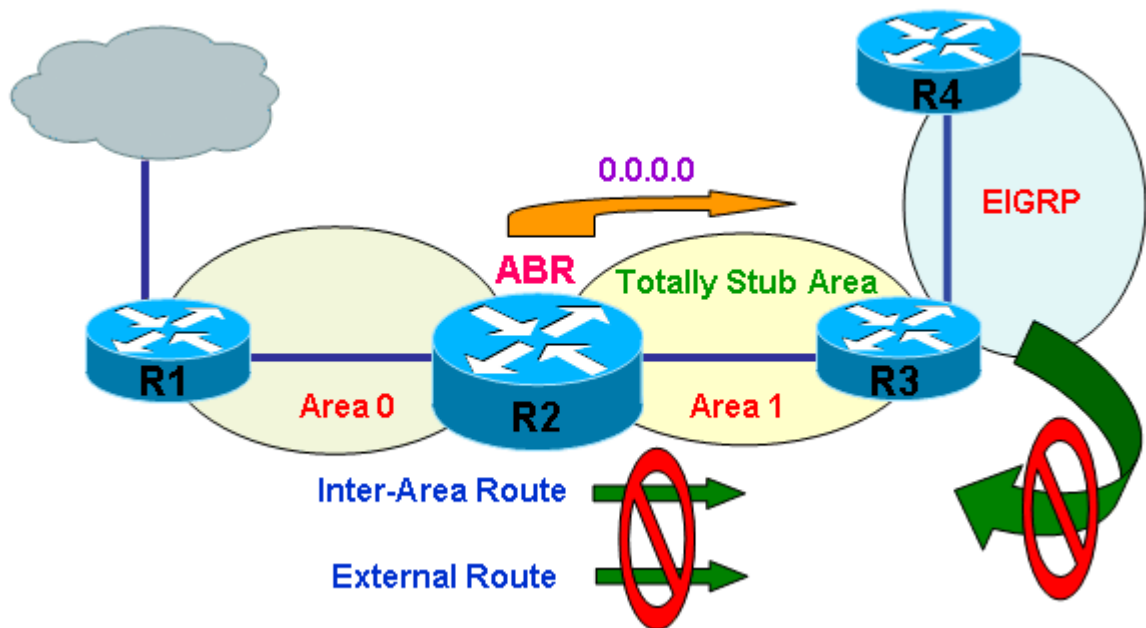
在 Stub Area（末节区域）下，ABR 将过滤掉所有外部路由进入末节区域，同时，末节区域内的路由器也不可以将外部路由重分布进 OSPF 进程，即末节区域内的路由器不可以成为 ASBR，但其它 OSPF 区域的路由（Inter-Area Route）可以进入末节区域，由于没有去往外部网络的路由，所以 ABR 会自动向末节区域内发送一条指向自己的默认路由，如下图：



Totally Stub Area（完全末节区域）

在 Totally Stub Area（完全末节区域）下，ABR 将过滤掉所有外部路由和其它 OSPF 区域的路由（Inter-Area Route）进入完全末节区域，同时，末节区域内的路由器也

不可以将外部路由重分布进 OSPF 进程，即完全末节区域内的路由器不可以成为 ASBR，由于没有去往外部网络的路由，所以 ABR 会自动向完全末节区域内发送一条指向自己的默认路由，如下图：

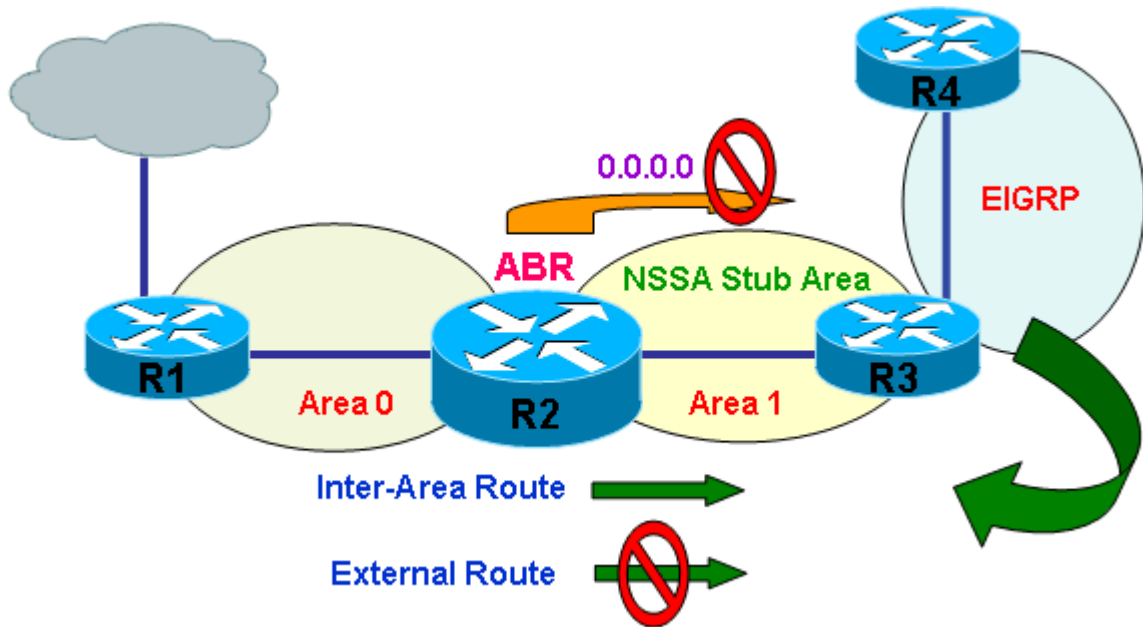


可以发现，末节区域与完全末节区域的不同之处在于，末节区域可以允许其它 OSPF 区域的路由（Inter-Area Route）进入，而完全末节区域却不可以。

Not-so-Stubby Area (NSSA)

在 Not-so-Stubby Area (NSSA) 下，ABR 将过滤掉所有外部路由进入末节区域，同时也允许其它 OSPF 区域的路由（Inter-Area Route）进入 NSSA 区域，并且路由器还可以将外部路由重分布进 OSPF 进程，即 NSSA 区域内的路由器可以成为 ASBR，由于自身可以将外部网络的路由重分布进 OSPF 进程，所以 ABR 不会自动向 NSSA 区域内发送一条指向自己的默认路由，但可以手工向 NSSA 域内发送默认路由，并且

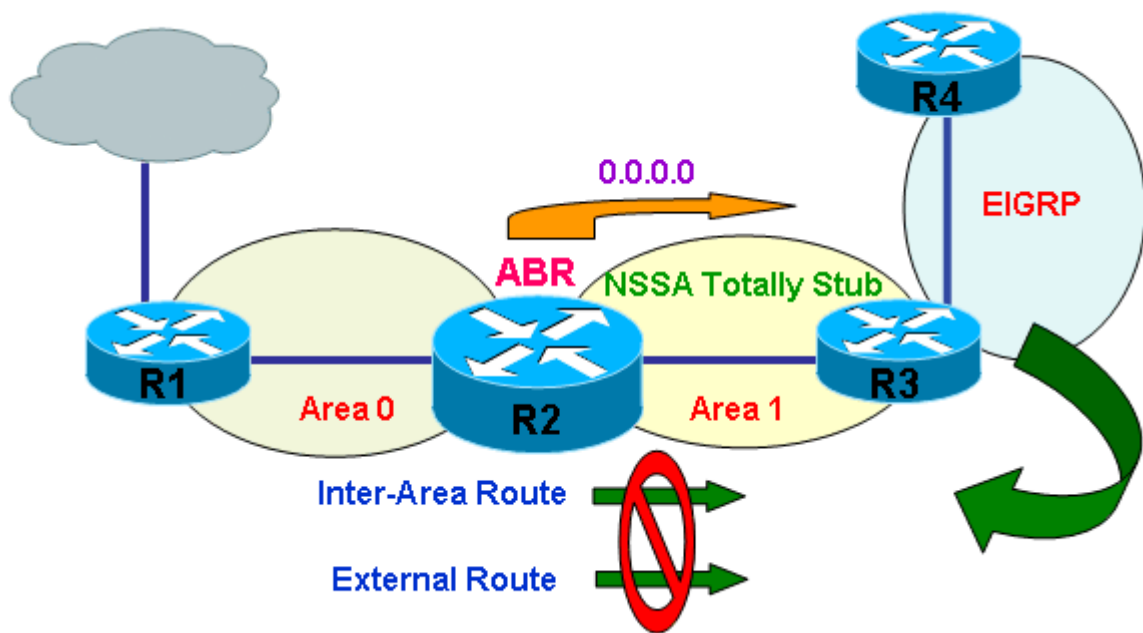
只可在 ABR 上发送默认路由；如下图：



NSSA 与末节区域的最大区别在于，NSSA 区域可以允许自身将外部路由重分布进 OSPF，而末节区域则不可以。

Totally Not-so-Stubby Area (Totally NSSA)

在 Totally Not-so-Stubby Area (Totally NSSA) 下，ABR 将过滤掉所有外部路由和其它 OSPF 区域的路由 (Inter-Area Route) 进入 Totally NSSA 区域，但路由器可以将外部路由重分布进 OSPF 进程，即 Totally NSSA 区域内的路由器可以成为 ASBR，由于没有去往其它 OSPF 区域的路由，所以 ABR 会自动向 Totally NSSA 内发送一条指向自己的默认路由，如下图：



Totally NSSA 与 NSSA 的区别在于，NSSA 区域可以允许其它 OSPF 区域的路由（Inter-Area Route）进入，而 Totally NSSA 区域却不可以，但 Totally NSSA 区域的 ABR 会自动向 Totally NSSA 区域内发送一条指向自己的默认路由。

总结各区域的特征如下：

区域类型	接收区域间路由	ABR 是否自动发送默认路由	是否可以重分布外部路由
Stub Area (末节区域)	是	是	否
Totally Stub Area (完全末节区域)	否	是	否
Not-so-Stubby Area (NSSA)	是	否	是
Totally Not-so-Stubby Area (Totally NSSA)	否	是	是

注：

★在末节区域下，ABR 自动发出的默认路由，Metric 值默认为 1，可通过命令 `area area-id default-cost cost` 修改，默认路由除了默认的 Cost 值以外，还会累加真实接口的 Cost 值。

★骨干区域不能配置为任何末节区域。

★当将某个区域配置为末节区域后，则区域中所有路由器都必须配置为末节区域，因为配置为末节区域的路由器上所有接口发出的 Hello 包中都会有末节标签，所有如果对方没有末节标签，则不能成为邻居。

OSPF LSA 类型

OSPF 由于有着多种区域类型，多种网络类型，多种链路类型，多种路由器身份，所以 LSA（Link-State Advertisements）也是多样的，并不用埋怨设计 OSPF 的人为什么要将 OSPF 设计的这么复杂，因为这种工作，通常是一群人，合伙只干一件事，工作分担到他们每个人身上，并没有多少，复杂程度他们自然不会感觉到，但他们多个人的复杂结果，却要分到一个人身上。

在详细讲解 LSA 之前，需要重点说明，只有同一个区域内的 LSA，才是精确的，区域外的 LSA，并不一定包含所有必备的信息，因此，所有 LSA 知识信息，并不一定可以套用到每一类 LSA。

目前得到的消息为止，OSPF 中共有 11 类 LSA，而在 CCIE 的要求中，只需要理解 1、2、3、4、5、7 共 6 类即可，这些 LSA 会因为区域类型，网络类型，链路类型，路由器身份的不同而不同，以下是详细介绍：

LSA 各类的用途为：

类型 1 （Router Link）

类型 1 的 LSA 是任何一台 OSPF 路由器都会产生的，每一台 OSPF 路由器的每一个 OSPF 接口都会有自己的链路状态，但是每台 OSPF 路由器只能产生一条类型 1 的 LSA，即使有多个 OSPF 接口，也只有一条类型 1 的 LSA，因为所有 OSPF 接口的链路状态是被打包成一条类型 1 的 LSA 发送的。

一个区域正是由于 LSA 1 的存在，才有精确的路由表，一个区域如果只有 LSA 1，同样可以正常通信。LSA 1 只能在单个区域内传递，ABR 不能将 LSA 1 转到发另外一个区域，并且没有任何权利修改 LSA 1。

类型 2 （Network Link）

类型 2 的 LSA 只有在需要选举 DR/BDR 的网络类型中才会产生，并且只是 DR 产生，BDR 没有权利产生，LSA 2 与 LSA 1 没有任何关联，没有任何依存关系，是想互独立的。

类型 3 （Summary Link）

类型 3 的 LSA 就是将一个区域的 LSA 发向另一个区域时的汇总和简化，ABR 其实就是将 LSA 1 汇总和简化，变成 LSA 3 后再发到另一个区域的，如果是详细完整的 LSA 1，是绝不允许的，LSA 3 是 LSA 1 的缩略版。

类型 4 （ASBR Summary Link）

对于外部路由，执行重分布的路由器 ASBR 在 LSA 中写上自己的 Router-ID，然后传递到多个 OSPF 区域，所以会被多个 ABR 转发，而 ABR 在转发外部路由的 LSA 时，是没有权限修改 LSA 的 Router-ID，这样一来，外部路由的 Router-ID 在所有 OSPF 路由器上都不会改变，永远是 ASBR 的 Router-ID，最终造成的结果是只有与 ASBR 同在一个区域的路由器才能到达外部路由，因为只有与 ASBR 同在一个区域的路由器才知道如何到达 ASBR 的 Router-ID，而其它区域的路由器对此却无能为力；为了能够让 OSPF 所有区域都能与外部路由连通，在 ABR 将外部路由从 ASBR 所在的区域转发至其它区域时，需要发送单独的 LSA 来告知如何到达 ASBR 的 Router-ID，因为 ABR 将外部路由的 LSA 告诉了其它区域，是有义务让它们与外部路由可达的，所以额外

发送了单独的 LSA 来告知如何到达 ASBR 的 Router-ID；这个单独的 LSA 就是类型 4 的 LSA，LSA 4 是包含的 ASBR 的 Router-ID，只要不是 ASBR 所在的区域，都需要 ABR 发送 LSA 4 来告知如何去往 ASBR。

类型 5 （External Link）

类型 5 的 LSA 就是外部路由重分布进 OSPF 时产生的，并且是由 ASBR 产生的，LSA 中包含 ASBR 的 Router-ID，任何路由器都不允许更改该 Router-ID，LSA 5 中还包含 Forward Address，对于 LSA 5 的 Metric 值计算与选路规则也有所不同，详细信息请见 OSPF 外部路由部分。

类型 7 （NSSA Link）

因为 NSSA 区域可以将外部路由重分布进 OSPF 进程，而 NSSA 不是一般的常规区域，所以在 NSSA 将外部路由重分布进 OSPF 时，路由信息使用类型 7 来表示，LSA 7 由 NSSA 区域的 ASBR 产生，LSA 7 也只能在 NSSA 区域内传递，如果要传递到 NSSA 之外的其它区域，需要同时连接 NSSA 与其它区域的 ABR 将 LSA 7 转变成 LSA 5 后再转发。

LSA 各参数

在 LSA 的内容中，将有多个参数来表示，这些参数会因为 LSA 类型，区域类型，网络类型，链路类型，路由器身份的不同而不同，是真正的变化多端，非常的复杂，这些参数在我们操作 OSPF 时，可以帮助我们更好的分析 LSA，但并不会起决定性的作用，所以对 LSA 参数的理解与否，不会影响到 OSPF 的配置与排错，若无特殊要求，LSA 参数需要大家了解即可，不需要掌握，不需要牢记。

LSA 中包含的参数有 **LS Type**，**Link State ID**，**Link ID**，**Link Data**，具体如下：

LS Type

LS Type 就是前面讲到的 LSA 类型，如 LSA 1，LSA 2，LSA 3，LSA 4，LSA 5，LSA 7。

Link State ID

因为 OSPF 接口的链路状态，是使用 LSA 发送的，接口的相关信息，如网络号，掩码等等，它们算是 LSA 真正的内容，而 LSA 也是有简明信息的，或者说是 LSA 的标题，或者说是 LSA 的名称，这就是 Link State ID，如果将 LSA 比作一个包裹，那么 Link State ID 就是包裹外面写的信息，比如包裹里是一件衣服，那么 Link State ID 可能就是写的衣服是什么牌子，什么尺寸，什么颜色，等等；但不同类型的 LSA，其 Link State ID 的表示也会不同，如下表：

LSA 类型	Link State ID 内容
LSA 1	是产生 LSA 1 的路由器的 Router-ID。
LSA 2	因为 LSA 2 是由 DR 产生的，所以 LSA 2 的 Link State ID 是 DR 的接口地址。
LSA 3	是目标网络的网络地址，其实这个等同于路由条目，也就是路由表里显示的是什么，LSA 3 的 Link State ID 就是什么。
LSA 4	是 ASBR 的 Router-ID
LSA 5	和 LSA 3 的一样，还是目标网络的网络地址，路由表里显示的是什么，LSA 5 的 Link State ID 就是什么。

Link ID

Link ID 是用来表示链路自己的，也就是表示 OSPF 接口自己，再换句话说，就是

OSPF 接口的链路状态，可以理解为 LSA 的内容部分

Link ID 会因为链路类型（Link Type）的不同而不同，对于链路类型（Link Type）的详细解释，请参见前面部分。

需要注意，Link ID 的内容有时与 Link State ID 的内容相同，但 Link ID 并非完全等于 Link State ID，因为 Link State ID 是由 LSA 类型的不同而不同，而 Link ID 是由 Link Type 的不同而不同。

Link ID 的具体内容如下表：

链路类型（Link Type）	Link ID 内容
Stub Network Link	使用接口的网络号和子网掩码来表示。
Point-To-Point Link	邻居的 Router-ID。
Transit Link	是 DR 的接口地址。
Virtual link	同 Point-To-Point Link，是邻居的 Router-ID。

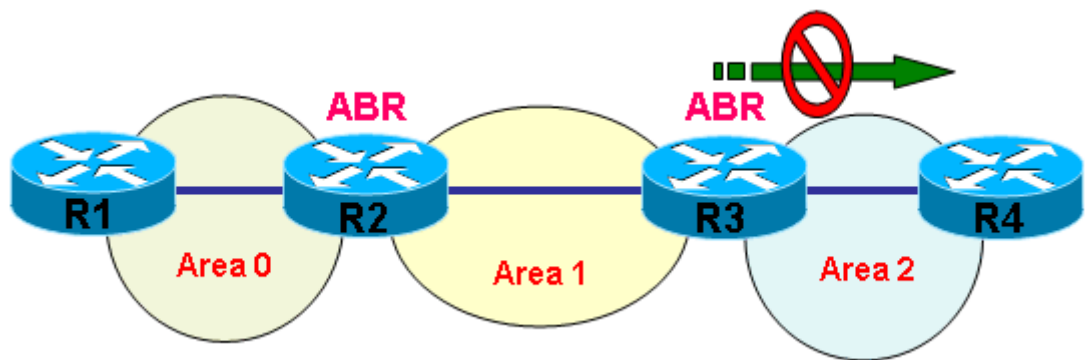
Link Data

是接口上的 IP 地址，如果链路类型（Link Type）为 Stub Network Link，则 Link Data 是子网掩码。

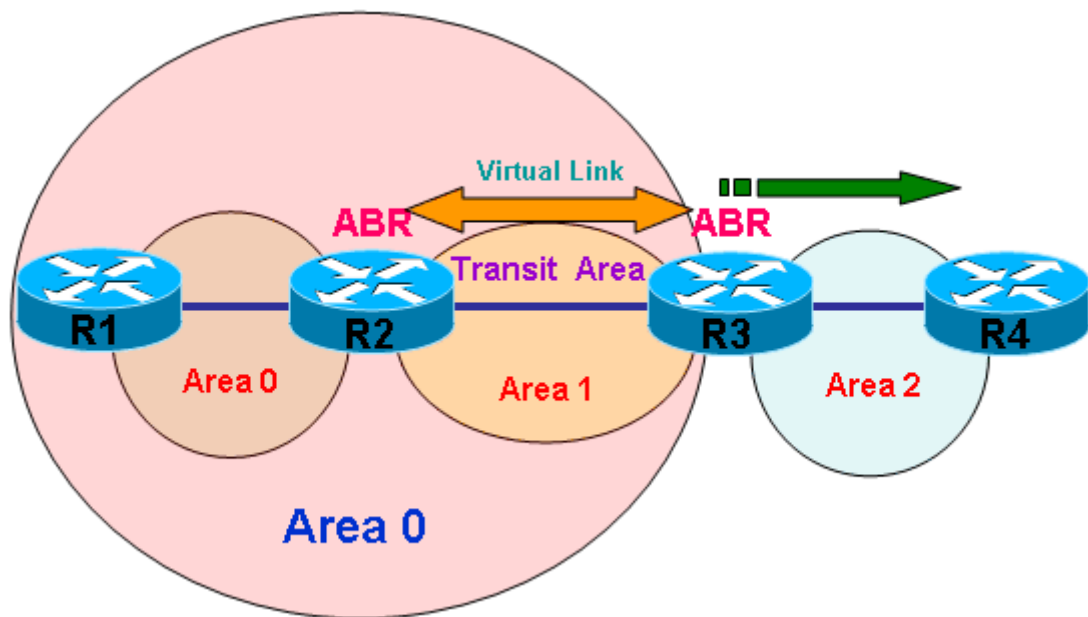
OSPF 虚链路（Virtual Link）

因为 OSPF 采用了区域化的设计，并且区域也采用了 Hub-Spoke 的架构，所有区域中定义出一个核心，然后其它部分都与核心相连，OSPF 的区域 0 就是所有区域的核心，称为 BackBone 区域（骨干区域），而其它 Normal 区域（常规区域）应该直接和骨干区域相连，常规区域只能和骨干区域交换 LSA，常规区域与常规区域之间即使直连也无法互换 LSA，但在某些情况下，某些常规区域无法与骨干区域直连，这时便无法得到其它区域的路由，因此，设计了将骨干区域的范围通过虚拟的方法进行扩展到相邻常规区域的位置，因而让不能直接与骨干区域相连的区域，最终可以与骨干区域直连，这种对骨干虚拟的扩展和拉伸就是 OSPF 虚链路（Virtual Link）能实现的；因为某些常规区域不能与骨干区域直连而只能与其它常规区域直连，所

以 OSPF 虚链路（Virtual Link）通过将相邻的常规区域虚拟为骨干区域，从而让那些不能与骨干区域直连的常规区域也能获得其它 OSPF 区域的路由。与骨干区域相邻的常规区域被扩展后，该区域被称为 Transit Area，理论上 Transit Area 不应该为末节区域；在扩展后，原本为常规区域的 Transit Area，将变成骨干区域，所以路由将从 Inter-Area Route 转变为 Intra-Area Route，路由表示形式也将从 O IA 改变为 O 的形式；在进行 OSPF 虚链路扩展时，是将 Transit Area 中与骨干区域直连的 ABR 和连接另一个常规区域的 ABR 相连，连接这两个 ABR 时，使用双方的 Router-ID 来连接。如下图：

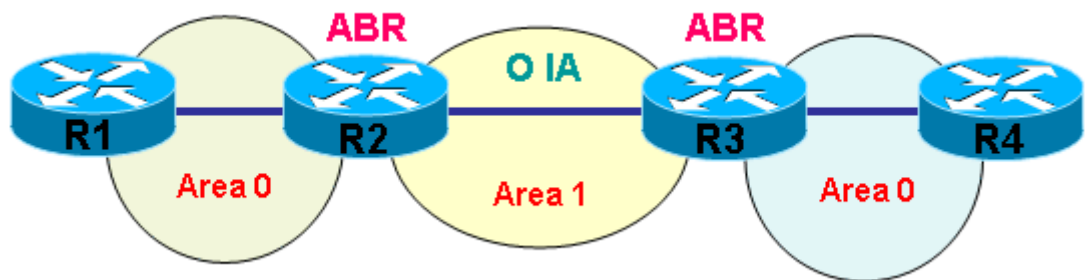


在上图中，区域 2 只能与区域 1 直连，而无法与骨干区域直连，在这种情况下，由于常规区域与常规区域之间即使直连也无法互换 LSA，所以 R3 虽然是 ABR，但因为没有连接骨干区域，最后不可能将任何区域的 LSA 发进区域 2，最终导致区域 2 无法外其它区域通信，在这种情况下，需要通过 OSPF 虚链路将骨干区域的范围扩展到相邻的区域 1，如下图：

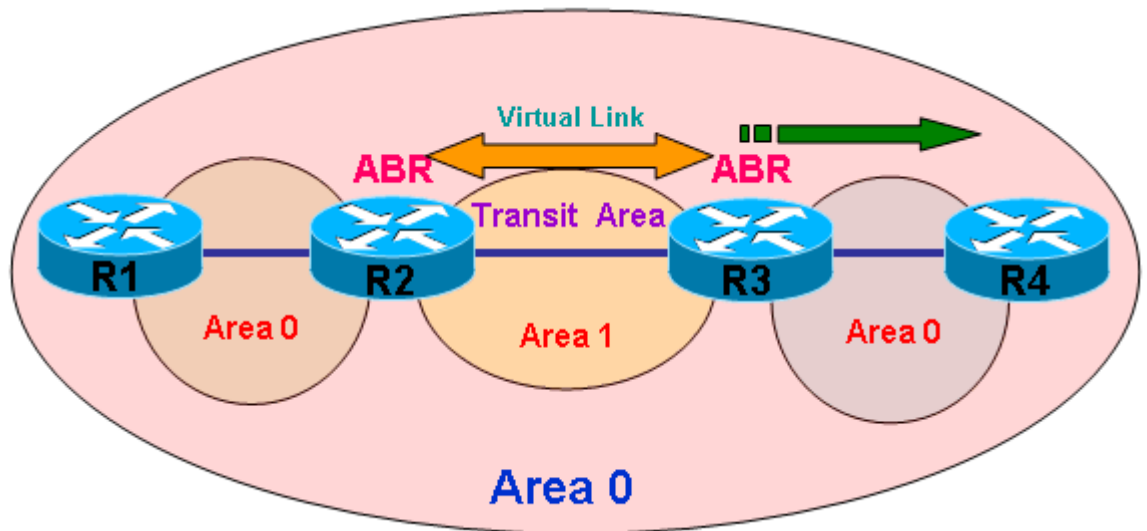


在进行 OSPF 虚链路扩展后，区域 1 被虚拟成了骨干区域，而这时的 R3 等同于连接骨干区域和区域 2 的 ABR，所以可以将自己所有的 LSA 发进区域 2。在扩展 OSPF 虚链路时，是通过连接 R2（ABR）与 R3（ABR）的 Router-ID 来建立的。

因为 OSPF 虚链路（Virtual Link）能将骨干区域扩展到相邻的常规区域，从而将常规区域虚拟为骨干区域，所以在某些情况下，如公司合并，或者为了备份骨干区域，可能出现骨干区域被常规区域所隔离，如下图：



图中骨干区域被区域 1 分割为两部分，将使得骨干区域自己的路由无法相互传递，在使用 OSPF 虚链路后，可以将区域 1 也扩展为骨干区域，如下图：



在经过 OSPF 虚链路将区域 1 也扩展为骨干区域后，可见所有的区域都变成了骨干区域，从而使网络中骨干区域能够收到另外一边被分割的骨干区域的路由，并且最后骨干区域自己的路由都为 Intra-Area Route，但 Area 1 与骨干区域的路由将仍然为 O IA。

注：

★OSPF 虚链路必须是在两个拥有共同区域的 ABR 之间建立的，其中必须至少有一个 ABR 是连接骨干的。

★OSPF 虚链路被认为是骨干区域的一个接口，一条链路，也需要建立 OSPF 邻居，但在邻居建立之后，链路上是没有 Hello 包传递的。

OSPF 认证

同 RIP 和 EIGRP 一样，出于安全考虑，OSPF 也使用了认证，OSPF 同时支持明文和 MD5 认证，在启用 OSPF 认证后，Hello 包中将携带密码，双方 Hello 包中的密码必须相同，才能建立 OSPF 邻居关系，需要注意，空密码也是密码的一种。

当 OSPF 邻居的一方在接口上启用认证后，从该接口发出的 Hello 包中就会带有密码，双方的 Hello 包中拥有相同的密码时，邻居方可建立；一台 OSPF 路由器可能有多个 OSPF 接口，也可能多个接口在多个 OSPF 区域，只要在接口上输入 OSPF 认证的命令后，便表示开启了 OSPF 认证，可以在每个接口上一个一个启用，也可以一次性开启多个接口的认证，如果需要开启多个接口的认证功能，那么认证的命令就并非直接在接口上输入，而是到 OSPF 进程模式下输入，并且是对某个区域全局开启的，当在进程下对某个区域开启 OSPF 认证后，就表示在属于该区域的所有接口上开启了认证。所以，在进程下对区域配置认证，是快速配置多个接口认证的方法，与在多个接口上一个一个开启，没有本质区别。因为 OSPF 虚链路被认为是骨干区域的一个接口，一条链路，所以在 OSPF 进程下对骨干区域开启认证后，不仅表示开启了区域 0 下所有接口的认证，同时也开启了 OSPF 虚链路的认证，但 OSPF 虚链路在建立后，并没有 Hello 包的传递，所以认证在没有重置 OSPF 进程的情况下，是不会生效的。

OSPF 汇总路由

在 OSPF 同区域内，LSA 是绝对不允许以任何形式或任何手段更改的，但在一个区域与另一个区域之间，LSA 可以被 ABR 修改后传递，从而得知，在同一个区域内，OSPF 路由是不能被汇总的，而是当路由从一个区域被 ABR 转发到另外一个区域时，就可以执行路由汇总，并且汇总必须是在 ABR 上执行的，但该汇总不对 OSPF 外部路由生效；在将外部路由重分布进 OSPF 时，也可以执行路由汇总，此时的汇总必须在 ASBR 上配置。

为了防止路由黑洞，需要在执行路由汇总的路由器上将汇总由指向空接口（null0），在 IOS 12.1(6)以后的版本，配置汇总后会自动产生指向空接口的路由，但在 IOS 12.1(6)及以前的版本需要手工创建。

注：OSPF RFC (1583)并没有规定一个区域适合多少台路由器，一个网段多少个邻居，或如何布署网络。

配置 OSPF 实验

说明：实验配置共包含：

[OSPF邻居](#)

[OSPF LSA](#)

[OSPF虚链路](#)

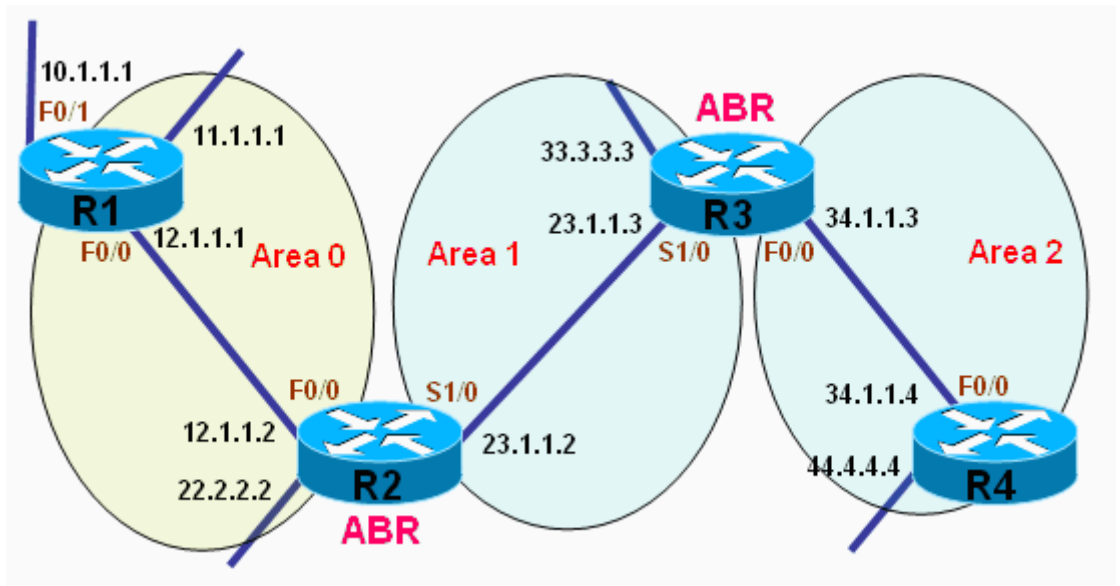
[OSPF认证](#)

[OSPF外部路由](#)

[OSPF路由汇总](#)

[OSPF末节区域](#)

以下图为例，配置 OSPF 邻居，OSPF LSA，OSPF 虚链路，OSPF 认证：



1.配置基础网络环境

(1) 配置 R1:

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip address 12.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#int f0/1
```

```
r1(config-if)#ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#int loopback 11
```

```
r1(config-if)#ip address 11.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config)#router ospf 1
```

```
r1(config-router)#router-id 1.1.1.1
```

```
r1(config-router)#network 12.1.1.1 0.0.0.0 area 0
```

```
r1(config-router)#network 11.1.1.1 0.0.0.0 area 0
```

```
r1(config-router)#network 10.1.1.1 0.0.0.0 area 0
```

说明：在 R1 上配置 10.1.1.0/24，11.1.1.0/24，12.1.1.0/24，并放入 OSPF 进程。

(2) 配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip address 12.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no shutdown
```

```
r2(config)#int s1/0
```

```
r2(config-if)#en frame-relay
```

```
r2(config-if)#no fram inverse-arp .
```

```
r2(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r2(config-if)#no ip address
```

```
r2(config-if)#no shutdown
```

```
r2(config-if)#exit
```

```
r2(config)#int s1/0.23 point-to-point
```

```
r2(config-subif)#ip address 23.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-subif)#frame-relay interface-dlci 203
```

```
r2(config)#int loopback 22
```

```
r2(config-if)#ip address 22.2.2.2 255.255.255.0
```

```
r2(config)#router ospf 1
```

```
r2(config-router)#network 12.1.1.2 0.0.0.0 area 0
```

```
r2(config-router)#network 22.2.2.2 0.0.0.0 area 0
```

```
r2(config-router)#network 23.1.1.2 0.0.0.0 area 1
```

说明：在 R2 上配置 12.1.1.0/24，23.1.1.0/24，22.2.2.0/24，并放入 OSPF 进程。

(3) 配置 R3：

```
r3(config)#int s1/0
```

```
r3(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
r3(config-if)#no frame-relay inverse-arp
```

```
r3(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r3(config-if)#no ip address
```

```
r3(config-if)#no shutdown
```

```
r3(config)#int s1/0.23 point-to-point
```

```
r3(config-subif)#ip address 23.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-subif)#frame-relay interface-dlci 302
```

```
r3(config)#int f0/0
```

```
r3(config-if)#ip add 34.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config)#int loopback 33
```

```
r3(config-if)#ip add 33.3.3.3 255.255.255.0
```

```
r3(config)#router ospf 1
```

```
r3(config-router)#router-id 3.3.3.3
```

```
r3(config-router)#network 23.1.1.3 0.0.0.0 area 1
```

```
r3(config-router)#network 33.3.3.3 0.0.0.0 area 1
```

```
r3(config-router)#network 34.1.1.3 0.0.0.0 area 2
```

说明：在 R3 上配置 23.1.1.0/24，34.1.1.0/24，33.3.3.0/24，并放入 OSPF 进程。

(4) 配置 R4:

```
r4(config)#int f0/0
```

```
r4(config-if)#ip address 34.1.1.4 255.255.255.0
```

```
r4(config-if)#no sh
```

```
r4(config)#int loopback 44
```

```
r4(config-if)#ip address 44.4.4.4 255.255.255.0
```

```
r4(config)#router ospf 1
```

```
r4(config-router)#network 0.0.0.0 255.255.255.255 area 2
```

说明：在 R4 上配置 34.1.1.0/24，44.4.4.0/24，并放入 OSPF 进程。

2.测试 OSPF 邻居

(1) 查看 R1 的 Router-ID:

```
r1#sh ip protocols
```

```
Routing Protocol is "ospf 1"
```

```
Outgoing update filter list for all interfaces is not set
```

```
Incoming update filter list for all interfaces is not set
```

Router ID 1.1.1.1

Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa

Maximum path: 4

Routing for Networks:

10.1.1.1 0.0.0.0 area 0

11.1.1.1 0.0.0.0 area 0

12.1.1.1 0.0.0.0 area 0

Reference bandwidth unit is 100 mbps

Routing Information Sources:

Gateway	Distance	Last Update
---------	----------	-------------

Distance: (default is 110)

r1#

说明：可以看见 R1 手工配置的 Router-ID 为 1.1.1.1。

(2) 查看 R2 的 Router-ID:

r2#sh ip protocols

Routing Protocol is "ospf 1"

Outgoing update filter list for all interfaces is not set

Incoming update filter list for all interfaces is not set

Router ID 22.2.2.2

It is an area border router

Number of areas in this router is 2. 2 normal 0 stub 0 nssa

Maximum path: 4

Routing for Networks:

12.1.1.2 0.0.0.0 area 0

22.2.2.2 0.0.0.0 area 0

23.1.1.2 0.0.0.0 area 1

Reference bandwidth unit is 100 mbps

Routing Information Sources:

Gateway	Distance	Last Update
---------	----------	-------------

Distance: (default is 110)

r2#

说明：R2 在没有手工配置 Router-ID 的情况下，自动选择了最高 Loopback 地址 22.2.2.2 为 Router-ID。

(3) 查看 R1 的 OSPF 邻居：

r1#sh ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
-------------	-----	-------	-----------	---------	-----------

```
22.2.2.2      1  FULL/BDR      00:00:30  12.1.1.2      FastEthernet0/0
```

```
r1#
```

说明：R1 已经与 R2 建立 OSPF 邻居关系，显示的邻居为对方的 Router-ID 地址。由于是以太网介质，所以默认为多路访问，需要选举 DR/BDR，理论上默认选举 Router-ID 高的为 DR，而 R1 的 Router-ID 为 1.1.1.1，R2 的 Router-ID 为 22.2.2.2，应该选择 R2 为 DR，但我们看到的结果是 R2 是 BDR，R1 才是 DR，这是因为 R1 先配置，R2 后配置，在 R1 配置好 40 秒（默认以太网 wait 时间为 40 秒）后，没有路由器与它竞选 DR，那么它就选自己为 DR，当 DR 选举后，在 DR 没失效的情况下，将保持不变，除非重置 OSPF 进程。

（4）重置 R1 的 OSPF 进程并再次查看邻居关系：

```
r1#clear ip ospf process
```

```
Reset ALL OSPF processes? [no]: y
```

```
r1#
```

再看邻居：

被抢走：

```
r1#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
22.2.2.2	1	FULL/DR	00:00:38	12.1.1.2	FastEthernet0/0

```
r1#
```

说明：因为在重置 OSPF 进程后，将重新进行 DR/BDR 的选举，此时由于 R2 的 Router-ID 比 R1 大，所以 R2 被选为了 DR。

(5) 查看 R1 的 OSPF 接口：

```
r1#sh ip ospf interface
```

```
FastEthernet0/1 is up, line protocol is up
```

```
Internet Address 10.1.1.1/24, Area 0
```

```
Process ID 1, Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1
```

```
Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
```

```
Designated Router (ID) 1.1.1.1, Interface address 10.1.1.1
```

```
No backup designated router on this network
```

```
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
```

```
oob-resync timeout 40
```

```
Hello due in 00:00:00
```

```
Supports Link-local Signaling (LLS)
```

```
Cisco NSF helper support enabled
```

```
IETF NSF helper support enabled
```

```
Index 3/3, flood queue length 0
```

```
Next 0x0(0)/0x0(0)
```

```
Last flood scan length is 0, maximum is 0
```

```
Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
```

Neighbor Count is 0, Adjacent neighbor count is 0

Suppress hello for 0 neighbor(s)

FastEthernet0/0 is up, line protocol is up

Internet Address 12.1.1.1/24, Area 0

Process ID 1, Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1

Transmit Delay is 1 sec, State BDR, Priority 1

Designated Router (ID) 22.2.2.2, Interface address 12.1.1.2

Backup Designated router (ID) 1.1.1.1, Interface address 12.1.1.1

Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5

oob-resync timeout 40

Hello due in 00:00:09

Supports Link-local Signaling (LLS)

Cisco NSF helper support enabled

IETF NSF helper support enabled

Index 2/2, flood queue length 0

Next 0x0(0)/0x0(0)

Last flood scan length is 1, maximum is 1

Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec

Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1

Adjacent with neighbor 22.2.2.2 (Designated Router)

Suppress hello for 0 neighbor(s)

Loopback11 is up, line protocol is up

Internet Address 11.1.1.1/24, Area 0

Process ID 1, Router ID 1.1.1.1, Network Type LOOPBACK, Cost: 1

Loopback interface is treated as a stub Host

r1#

说明：R1 上的 OSPF 接口中，F0/1（10.1.1.0）的网络类型为 BROADCAST，F0/0（12.1.1.0）的网络类型为 BROADCAST，Loopback11（11.1.1.1）只是一个主机类型。

（6）查看 R2 与 R3 的接口状态和邻居状态：

r2# sh ip ospf int Serial1/0.23

Serial1/0.23 is up, line protocol is up

Internet Address 23.1.1.2/24, Area 1

Process ID 1, Router ID 22.2.2.2, Network Type POINT_TO_POINT, Cost: 64

Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT

Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5

oob-resync timeout 40

Hello due in 00:00:04

Supports Link-local Signaling (LLS)

Cisco NSF helper support enabled

IETF NSF helper support enabled

Index 1/3, flood queue length 0

Next 0x0(0)/0x0(0)

Last flood scan length is 1, maximum is 3

Last flood scan time is 0 msec, maximum is 4 msec

Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1

Adjacent with neighbor 3.3.3.3

Suppress hello for 0 neighbor(s)

r2#

r2#sh ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
1.1.1.1	1	FULL/BDR	00:00:32	12.1.1.1	FastEthernet0/0
3.3.3.3	0	FULL/ -	00:00:33	23.1.1.3	Serial1/0.23

r2#

说明：因为 R2 通过帧中继子接口与 R3 相连，该链路被 OSPF 定义为 POINT_TO_POINT 的网络类型，所以 R2 与 R3 不需要进行 DR/BDR 的选举。

3.分析 OSPF LSA

(1) 查看 R2 的 LSA 数据库：

r2#sh ip ospf database

OSPF Router with ID (22.2.2.2) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	345	0x80000005	0x003485	3
22.2.2.2	22.2.2.2	349	0x80000005	0x001A85	2

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
12.1.1.2	22.2.2.2	349	0x80000001	0x00E904

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
23.1.1.0	22.2.2.2	481	0x80000001	0x00D7EF
33.3.3.3	22.2.2.2	461	0x80000001	0x0013A2

Router Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum Link count
3.3.3.3	3.3.3.3	476	0x80000004	0x00E913 3
22.2.2.2	22.2.2.2	476	0x80000002	0x006EBB 2

Summary Net Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
10.1.1.0	22.2.2.2	343	0x80000001	0x00C739
11.1.1.1	22.2.2.2	343	0x80000001	0x0056B1
12.1.1.0	22.2.2.2	486	0x80000001	0x0049BF
22.2.2.2	22.2.2.2	486	0x80000001	0x0041C2

r2#

说明：因为 R2 是 ABR，同时连接 Area 0 和 Area 1，所以看见 R2 同时拥有 Area 0 和 Area 1 的 LSA 数据库，并且是分区域存放的；仔细查看 Area 0 的 LSA 可以发现，目前 Area 0 拥有 Router Link（类型 1），Net Link（类型 2），Summary Net Link（类型 3），拥有 LSA 1 是每台路由器都必须的，因为 Area 0 总共有两台 OSPF 路由器，所以就有两条 LSA，分别用 R1 的 Router-ID（1.1.1.1）和 R2 的 Router-ID（22.2.2.2）来表示，并且显示了 1.1.1.1 中有三条链路状态，而 22.2.2.2 中有两条链路状态；拥有 LSA 2 是因为 Area 0 中与 R1 相连的链路上选举了 DR/BDR，所以会产生 LSA2，希奇的是，这里的 Link ID 是用 DR 的地址来表示的，如果没有记错，Link ID 应该和链路类型有关，但需要说明的是，这里并没有错，因为通过命令 `sh ip ospf database` 所看到的并不是真正的 LSA 信息，而只是 LSA 的包头而已，在这里所看到的不能完全代表 LSA 的内容，但这里的 Link ID 在更高一层面来看，它是等同于 Link State ID 的。

还拥有 LSA 3，因为骨干区域理所当然可以拥有其它其它的汇总 LSA，也就拥有了 LSA 3，可以发现，LSA 3 中即用了网络地址来表示，也用了主机地址，这是因为链路类型造成的。

(2) 查看 R1 在 Area 0 的 LSA 1 数据库:

```
r2#sh ip ospf database router 1.1.1.1
```

OSPF Router with ID (22.2.2.2) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

LS age: 228

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: Router Links

Link State ID: 1.1.1.1

Advertising Router: 1.1.1.1

LS Seq Number: 80000006

Checksum: 0x804A

Length: 60

Number of Links: 3

Link connected to: a Stub Network

(Link ID) Network/subnet number: 10.1.1.0

(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Transit Network

(Link ID) Designated Router address: 12.1.1.2

(Link Data) Router Interface address: 12.1.1.1

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Stub Network

(Link ID) Network/subnet number: 11.1.1.1

(Link Data) Network Mask: 255.255.255.255

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 1

r2#

说明：R1(1.1.1.1)发送了3条链路状态，分别为自己的接口F0/1的网络(10.1.1.0)，接口F0/0的网络(12.1.1.0)，以及Loopback 11的网络(11.1.1.1)，而F0/1的网络(10.1.1.0)被定义为Stub Network是因为这条链路上只有一台OSPF路由器，没有邻居，所以是Stub Network，而F0/0的网络(12.1.1.0)被定义为Transit Network，是因为该链路上超过了一台OSPF路由器，有OSPF邻居，并且因为不是串口，所以是认为链路类型是Transit Network，而Loopback11(11.1.1.1)固定没变。

注：详尽表示的信息，请阅读前面 OSPF LSA 的详细解释。

(3) 查看 Area 0 的 LSA 2:

```
r2#sh ip ospf database network
```

OSPF Router with ID (22.2.2.2) (Process ID 1)

Net Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 840

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: Network Links

Link State ID: 12.1.1.2 (address of Designated Router)

Advertising Router: 22.2.2.2

LS Seq Number: 80000001

Checksum: 0xE904

Length: 32

Network Mask: /24

Attached Router: 22.2.2.2

Attached Router: 1.1.1.1

r2#

说明：因为链路上选举了 DR/BDR，所以产生了 LSA 2，并使用 DR 的接口地址来表示。

（4）查看 R3 在 Area 1 的通告的 LSA 1:

r2#sh ip ospf database router 3.3.3.3

OSPF Router with ID (22.2.2.2) (Process ID 1)

Router Link States (Area 1)

LS age: 1388

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: Router Links

Link State ID: 3.3.3.3

Advertising Router: 3.3.3.3

LS Seq Number: 80000004

Checksum: 0xE913

Length: 60

Number of Links: 3

Link connected to: a Stub Network

(Link ID) Network/subnet number: 33.3.3.3

(Link Data) Network Mask: 255.255.255.255

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: another Router (point-to-point)

(Link ID) Neighboring Router ID: 22.2.2.2

(Link Data) Router Interface address: 23.1.1.3

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 64

Link connected to: a Stub Network

(Link ID) Network/subnet number: 23.1.1.0

(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 64

说明：R3 在区域 1 通告了 3 链路状态，分别是 33.3.3.3，因为是 loopback，所以是 32 位地址，而与 R2 相连的为点到点链路，所以 Link ID 使用了邻居的 Router-ID 来表示，点到点链路还会自动产生一条 Stub Network 的链路状态。

(5) 在 R1 上查看 Area 0 的 LSA 数据库：

```
r1#sh ip ospf database
```

OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	1005	0x80000006	0x00804A	3
22.2.2.2	22.2.2.2	1000	0x80000006	0x007532	2

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
12.1.1.2	22.2.2.2	1442	0x80000001	0x00E904

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
---------	------------	-----	------	----------

23.1.1.0 22.2.2.2 1574 0x80000001 0x00D7EF

33.3.3.3 22.2.2.2 1554 0x80000001 0x0013A2

r1#

说明：因为 R1 是骨干区域路由器，所以拥有了 Area 0 与 Area 1 的所有 LSA。

(6) 在 R1 上查看 Area 0 的 LSA 3:

r1#sh ip ospf database summary 33.3.3.3

OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

Summary Net Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 1656

Options: (No TOS-capability, DC, Upward)

LS Type: Summary Links(Network)

Link State ID: 33.3.3.3 (summary Network Number)

Advertising Router: 22.2.2.2

LS Seq Number: 80000001

Checksum: 0x13A2

Length: 28

Network Mask: /32

TOS: 0 Metric: 65

r1#

说明：可以看见从 Area 1 到达 Area 0 的 LSA 在经过 ABR 转发时，Router-ID 被 ABR（R2）修改成了自己的 Router-ID，因为不同区域的 Router-ID 不可达，所以 R2 修改成自己的，便于 Area 0 能够通过自己到达目标网络。

（7）调整 R1 连接 R2 的接口网络类型：

r1(config)#int f0/0

r1(config-if)#ip os network point-to-point

说明：原本相连的接口类型为以太网，网络类型为多路访问，Hello 时间为 10 秒，改成 point-to-point 后，Hello 时间并没有改变，查看当前邻居状态：

r1#sh ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
22.2.2.2	0	FULL/ -	00:00:35	12.1.1.2	FastEthernet0/0

r1#

说明：因为 Hello 时间匹配，其它参数也正常，所以邻居关系正常。

(8) 查看 R1 当前的路由表：

```
r1#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

11.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 11.1.1.0 is directly connected, Loopback11

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

```
r1#
```

说明：当邻居双方网络类型不匹配时，可以建立邻居，但有时 LSA 数据库中的条目将无法进入路由表，所以当前 R1 的路由表为空，此状态不正常，所以请谨慎修

改接口网络类型。

(9) 还原 R1 连接 R2 的接口网络类型并查看路由表：

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip ospf network broadcast
```

```
r1#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

33.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O IA 33.3.3.3 [110/66] via 12.1.1.2, 00:00:06, FastEthernet0/0

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 23.1.1.0 [110/65] via 12.1.1.2, 00:00:06, FastEthernet0/0

22.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O 22.2.2.2 [110/2] via 12.1.1.2, 00:00:06, FastEthernet0/0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

11.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 11.1.1.0 is directly connected, Loopback11

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r1#

说明：在网络类型匹配的情况下建立邻居后，路由表完全正常，所以不能随意修改接口网络类型，虽然不影响邻居的建立，但影响路由表的计算。

（10）查看 R3 的路由表：

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

33.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 33.3.3.0 is directly connected, Loopback33

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 23.1.1.0 is directly connected, Serial1/0.23

22.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O IA 22.2.2.2 [110/65] via 23.1.1.2, 00:20:48, Serial1/0.23

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 10.1.1.0 [110/66] via 23.1.1.2, 00:20:48, Serial1/0.23

11.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O IA 11.1.1.1 [110/66] via 23.1.1.2, 00:20:48, Serial1/0.23

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 12.1.1.0 [110/65] via 23.1.1.2, 00:20:48, Serial1/0.23

44.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O 44.4.4.4 [110/2] via 34.1.1.4, 00:20:48, FastEthernet0/0

r3#

说明：因为 R3 所在的区域 1 与骨干区域直连，所以路由表正常。

（11）查看 R4 的 LSA 数据库：

r4#sh ip ospf database

OSPF Router with ID (34.1.1.4) (Process ID 1)

Router Link States (Area 2)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum Link count
3.3.3.3	3.3.3.3	1219	0x80000003	0x00DBEE 1
34.1.1.4	34.1.1.4	1214	0x80000003	0x0054F3 2

Net Link States (Area 2)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
---------	------------	-----	------	----------

34.1.1.3 3.3.3.3 413 0x80000002 0x008150

r4#

说明：因为 R4 所在的区域 2 连接的不是骨干区域，所以不能获得区域外的 LSA，最终路由表不正常。

4.配置 OSPF 虚链路

（1）在 R2 与 R3 之间建 OSPF 虚链路：

r2(config)#router ospf 1

r2(config-router)#area 1 virtual-link 3.3.3.3

r3(config)#router ospf 1

r3(config-router)#area 1 virtual-link 22.2.2.2

说明：在 R2 与 R3 之间通过 Router-ID 建 OSPF 虚链路，Area 1 为 Transit Area。

（2）查看 OSPF 虚链路状态：

r3#sh ip ospf virtual-links

Virtual Link OSPF_VL0 to router 22.2.2.2 is up

Run as demand circuit

DoNotAge LSA allowed.

Transit area 1, via interface Serial1/0.23, Cost of using 64

Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,

Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5

Hello due in 00:00:05

Adjacency State FULL (Hello suppressed)

Index 1/3, retransmission queue length 0, number of retransmission 1

First 0x0(0)/0x0(0) Next 0x0(0)/0x0(0)

Last retransmission scan length is 1, maximum is 1

Last retransmission scan time is 0 msec, maximum is 0 msec

r3#

说明：R2 与 R3 之间的 OSPF 虚链路已成功建立，并且显示虚链路上的 Hello 包是被抑制的。

（3）查看 R3 当前的 OSPF 邻居状态：

r3#sh ip os neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
22.2.2.2	0	FULL/ -	-	23.1.1.2	OSPF_VL0
22.2.2.2	0	FULL/ -	00:00:33	23.1.1.2	Serial1/0.23
34.1.1.4	1	FULL/BDR	00:00:34	34.1.1.4	FastEthernet0/0

r3#

说明：由于虚链路上的 Hello 包是被抑制的，所以没有 Dead 时间。

（4）查看 R3 建立虚链路后的路由表：

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

33.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 33.3.3.0 is directly connected, Loopback33

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 23.1.1.0 is directly connected, Serial1/0.23

22.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O 22.2.2.2 [110/65] via 23.1.1.2, 00:00:42, Serial1/0.23

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 10.1.1.0 [110/66] via 23.1.1.2, 00:00:42, Serial1/0.23

11.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O 11.1.1.1 [110/66] via 23.1.1.2, 00:00:42, Serial1/0.23

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 12.1.1.0 [110/65] via 23.1.1.2, 00:00:42, Serial1/0.23

44.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O 44.4.4.4 [110/2] via 34.1.1.4, 00:01:02, FastEthernet0/0

r3#

说明：因为之前 R3 是区域 1 的路由器，所以收到的区域 0 的路由显示为 O IA，但通过虚链路将骨干区域扩展到区域 1 后，R3 也相当于是骨干区域的路由器，因此区域 0 的路由从 O IA 转变成 O。

(5) 查看 R4 建立虚链路后的路由表：

r4#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

33.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O IA 33.3.3.3 [110/2] via 34.1.1.3, 00:01:43, FastEthernet0/0

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 23.1.1.0 [110/65] via 34.1.1.3, 00:01:43, FastEthernet0/0

22.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O IA 22.2.2.2 [110/66] via 34.1.1.3, 00:01:23, FastEthernet0/0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 10.1.1.0 [110/67] via 34.1.1.3, 00:01:23, FastEthernet0/0

11.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O IA 11.1.1.1 [110/67] via 34.1.1.3, 00:01:23, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 12.1.1.0 [110/66] via 34.1.1.3, 00:01:24, FastEthernet0/0

44.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 44.4.4.0 is directly connected, Loopback44

r4#

说明：原本 R4 所在的区域 2 与区域 1 相连，由于通过虚链路将骨干区域扩展到区域 1 后，区域 2 相当于和骨干区域相连，所以 R4 拥有了全网的路由。

5.配置 OSPF 认证

(1) 查看认证之前，R1 与 R2 的邻居状态：

```
r1#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
22.2.2.2	1	FULL/DR	00:00:30	12.1.1.2	FastEthernet0/0

```
r1#
```

说明： R1 与 R2 邻居正常。

(2) 在 R1 连接 R2 的接口上开启 MD5 认证：

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip ospf authentication message-digest
```

说明： 在 R1 连接 R2 的接口上开启了 MD5 认证。

(3) 查看 R1 连接 R2 的接口认证状态：

```
r1#sh ip ospf interface f0/0
```

```
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
```

```
Internet Address 12.1.1.1/24, Area 0
```

```
Process ID 1, Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1
```

```
Transmit Delay is 1 sec, State BDR, Priority 1
```

```
Designated Router (ID) 22.2.2.2, Interface address 12.1.1.2
```

Backup Designated router (ID) 1.1.1.1, Interface address 12.1.1.1

Flush timer for old DR LSA due in 00:02:04

Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5

oob-resync timeout 40

Hello due in 00:00:04

Supports Link-local Signaling (LLS)

Cisco NSF helper support enabled

IETF NSF helper support enabled

Index 2/2, flood queue length 0

Next 0x0(0)/0x0(0)

Last flood scan length is 1, maximum is 1

Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec

Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1

Adjacent with neighbor 22.2.2.2 (Designated Router)

Suppress hello for 0 neighbor(s)

Message digest authentication enabled

No key configured, using default key id 0

r1#

说明：在开启认证后，如果接口上不指定密码，那么则使用空密码认证，空密码也是密码的一种，也需要使用空密码来匹配。

（4）查看配置认证之后，R1 与 R2 的邻居状态：

```
r1#sh ip ospf neighbor
```

```
r1#
```

说明：由于 R1 使用了空密码认证，而 R2 没有认证，所以邻居断开了。

(5) 在 R2 连接 R1 的接口上开启 MD5 认证：

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip ospf authentication message-digest
```

说明：在 R2 连接 R1 的接口上开启了 MD5 认证：在没有指定密码的情况下，默认使用空密码认证。

(6) 查看双方配置认证之后的邻居状态：

```
r1#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
22.2.2.2	1	FULL/DR	00:00:36	12.1.1.2	FastEthernet0/0

```
r1#
```

说明：由于双方都在接口上配置了认证并使用空密码认证，所以邻居成功建立。

(6) 在 R1 连接 R2 的接口上启用非空密码：

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip ospf message-digest-key 1 md5 cisco
```

说明：R1 使用密码 cisco 与 R2 认证。

（7）查看使用密码 cisco 认证后的邻居状态：

```
r1#sh ip ospf neighbor
```

```
r1#
```

说明：因为一方使用密码 cisco，一方使用空密码，所以双方密码不匹配，邻居仍然无法建立。

（8）在 R2 连接 R1 的接口上启用非空密码：

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip ospf message-digest-key 1 md5 cisco
```

说明：R2 使用密码 cisco 与 R1 认证。

（9）查看双方邻居状态：

```
r1#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
22.2.2.2	1	FULL/DR	00:00:37	12.1.1.2	FastEthernet0/0

```
r1#
```

说明：因为双方都配置了认证，并且都使用密码 cisco 认证，所以认证通过，邻居正常建立。

(10) R2 在 OSPF 进程下开启认证：

```
r2#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
3.3.3.3	0	FULL/ -	-	23.1.1.3	OSPF_VL0
1.1.1.1	1	FULL/DR	00:00:30	12.1.1.1	FastEthernet0/0
3.3.3.3	0	FULL/ -	00:00:36	23.1.1.3	Serial1/0.23

```
r2#
```

开认证：

```
r2(config)#router ospf 1
```

```
r2(config-router)#area 0 authentication message-digest
```

说明：R2 在与 R1 和 R3 邻居正常，并且虚链路正常的情况下，在 OSPF 进程中开启了 Area 0 的认证。

(11) 查看 R2 上 OSPF 接口认证状态：

```
r2#sh ip ospf interface
```

```
OSPF_VL0 is up, line protocol is up
```

```
Internet Address 23.1.1.2/24, Area 0
```

Process ID 1, Router ID 22.2.2.2, Network Type VIRTUAL_LINK, Cost: 64

Configured as demand circuit.

Run as demand circuit.

DoNotAge LSA allowed.

Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT

Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5

oob-resync timeout 40

Hello due in 00:00:02

Supports Link-local Signaling (LLS)

Cisco NSF helper support enabled

IETF NSF helper support enabled

Index 3/4, flood queue length 0

Next 0x0(0)/0x0(0)

Last flood scan length is 1, maximum is 3

Last flood scan time is 4 msec, maximum is 4 msec

Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1

Adjacent with neighbor 3.3.3.3 (Hello suppressed)

Suppress hello for 1 neighbor(s)

Message digest authentication enabled

No key configured, using default key id 0

FastEthernet0/0 is up, line protocol is up

Internet Address 12.1.1.2/24, Area 0

Process ID 1, Router ID 22.2.2.2, Network Type BROADCAST, Cost: 1

Transmit Delay is 1 sec, State BDR, Priority 1

Designated Router (ID) 1.1.1.1, Interface address 12.1.1.1

Backup Designated router (ID) 22.2.2.2, Interface address 12.1.1.2

Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5

oob-resync timeout 40

Hello due in 00:00:02

Supports Link-local Signaling (LLS)

Cisco NSF helper support enabled

IETF NSF helper support enabled

Index 2/2, flood queue length 0

Next 0x0(0)/0x0(0)

Last flood scan length is 1, maximum is 4

Last flood scan time is 4 msec, maximum is 4 msec

Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1

Adjacent with neighbor 1.1.1.1 (Designated Router)

Suppress hello for 0 neighbor(s)

Message digest authentication enabled

No key configured, using default key id 0

Loopback22 is up, line protocol is up

Internet Address 22.2.2.2/24, Area 0

Process ID 1, Router ID 22.2.2.2, Network Type LOOPBACK, Cost: 1

Loopback interface is treated as a stub Host

Serial1/0.23 is up, line protocol is up

Internet Address 23.1.1.2/24, Area 1

Process ID 1, Router ID 22.2.2.2, Network Type POINT_TO_POINT, Cost: 64

Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT

Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5

oob-resync timeout 40

Hello due in 00:00:01

Supports Link-local Signaling (LLS)

Cisco NSF helper support enabled

IETF NSF helper support enabled

Index 1/3, flood queue length 0

Next 0x0(0)/0x0(0)

Last flood scan length is 1, maximum is 4

Last flood scan time is 0 msec, maximum is 4 msec

Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1

Adjacent with neighbor 3.3.3.3

Suppress hello for 0 neighbor(s)

r2#

说明：R2 在 OSPF 进程下开启 Area 0 的认证后，等于在所有 Area 0 的接口下启用了认证。

(12) 查看 R2 上 OSPF 邻居状态：

```
r2#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
3.3.3.3	0	FULL/ -	-	23.1.1.3	OSPF_VL0
3.3.3.3	0	FULL/ -	00:00:38	23.1.1.3	Serial1/0.23

```
r2#
```

说明：由于 R2 连接 R1 的接口在 Area 0，所以在 Area 0 开启认证后，该接口默认使用了空密码认证，而 R1 并没有使用空密码认证，所以 R2 与 R2 邻居断开，因为与 R3 相连的接口并非 Area 0 的接口，所以与 R3 的 OSPF 邻居正常。

(13) 查看 R1 上开启空密码认证：

对方开认证：

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip ospf authentication message-digest
```

(14) 再次查看 R2 的 OSPF 邻居

```
r2#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
3.3.3.3	0	FULL/ -	-	23.1.1.3	OSPF_VL0
1.1.1.1	1	FULL/DROTHER	00:00:38	12.1.1.1	FastEthernet0/0
3.3.3.3	0	FULL/ -	00:00:38	23.1.1.3	Serial1/0.23

```
r2#
```

说明：由于 R1 与 R2 在 Area 0 的接口都开启了空密码认证，所以认证通过。需要注意，虽然虚链路上没有 Hello 包交换，在 Area 0 开启认证后，同时也开启了虚链路的空密码认证，如果虚链路两端不配置相同认证，稍后邻居也会断开，虚链路将无法继续维持。

（15）到虚链路对端（R3）开启空密码认证：

```
r3(config)#router ospf 1
```

```
r3(config-router)#area 1 virtual-link 22.2.2.2 authentication message-digest
```

说明：在虚链路双方都配置相同认证后，一切将会变得正常。

（16）将 R3 与 R4 的区域 2 变成骨干区域：

```
r3(config)#router ospf 1
```

```
r3(config-router)#network 34.1.1.3 0.0.0.0 area 0
```

R4:

```
r4(config)#router ospf 1
```

```
r4(config-router)#network 0.0.0.0 0.0.0.0 area 0
```

说明：当 R3 与 R4 的区域 2 变成骨干区域后，那么网络中骨干区域将被区域 1 分割为两部分。

(17) 查看骨干区域内 R4 的路由表：

```
r4#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

33.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O IA 33.3.3.3 [110/2] via 34.1.1.3, 00:01:02, FastEthernet0/0

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 23.1.1.0 [110/65] via 34.1.1.3, 00:01:02, FastEthernet0/0

44.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 44.4.4.0 is directly connected, Loopback44

r4#

说明：虽然 R4 当前为骨干区域的路由器，但是由于骨干区域被区域 1 分割成两部分，所以无法相互传递 LSA，路由表变的不正常。

（18）创建 OSPF 虚链路连接骨干区域：

r2(config-router)#router os 1

r2(config-router)# area 1 virtual-link 3.3.3.3

r3(config)#router ospf 1

r3(config-router)#area 1 virtual-link 22.2.2.2

说明： 骨干区域被分割后必须创建 OSPF 虚链路。

（19）再次查看骨干区域内 R4 的路由表：

r4#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

33.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O IA 33.3.3.3 [110/2] via 34.1.1.3, 00:00:04, FastEthernet0/0

23.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 23.1.1.0 [110/65] via 34.1.1.3, 00:00:04, FastEthernet0/0

22.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O 22.2.2.2 [110/66] via 34.1.1.3, 00:00:04, FastEthernet0/0

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 10.1.1.0 [110/67] via 34.1.1.3, 00:00:04, FastEthernet0/0

11.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets

O 11.1.1.1 [110/67] via 34.1.1.3, 00:00:04, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 12.1.1.0 [110/66] via 34.1.1.3, 00:00:04, FastEthernet0/0

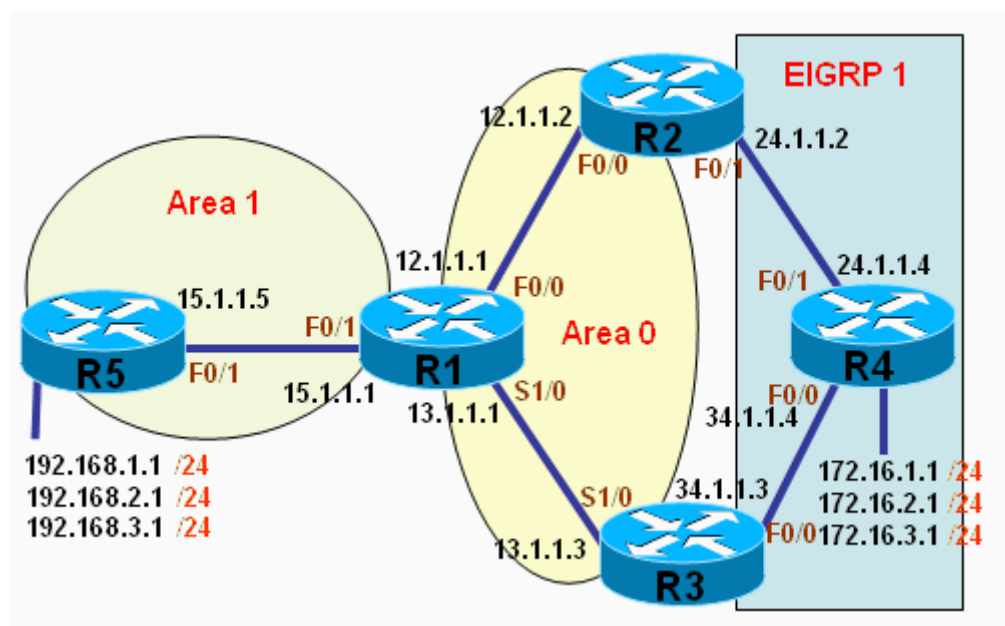
44.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 44.4.4.0 is directly connected, Loopback44

r4#

说明：由于创建了 OSPF 虚链路将分割的骨干区域连接起来，所以 R4 获得了区域外的路由信息，并且另外部分骨干区域的路由显示为 O，表示是同区域路由，而 Area 1 还是与骨干区域属于不同区域，所以使用 O IA 来表示。

以下图为例，配置 OSPF 外部路由，OSPF 路由汇总，OSPF 末节区域：



1.配置基础网络环境

(1) 配置 R1:

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip add 12.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#int f0/1
```

```
r1(config-if)#ip add 15.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#int s1/0
```

```
r1(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
r1(config-if)#no frame-relay inverse-arp
```

```
r1(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r1(config-if)#ip address 13.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no shutdown
```

```
r1(config-if)#frame-relay map ip 13.1.1.3 103 broadcast
```

```
r1(config-if)#ip ospf network point-to-point
```

```
r1(config)#router ospf 1
```

```
r1(config-router)#router-id 1.1.1.1
```

```
r1(config-router)#network 12.1.1.1 0.0.0.0 area 0
```

```
r1(config-router)#network 13.1.1.1 0.0.0.0 area 0
```

```
r1(config-router)#network 15.1.1.1 0.0.0.0 area 1
```

说明：在 R1 上配置 12.1.1.0/24，13.1.1.0/24，15.1.1.0/24，并放入 OSPF 进程。

(2) 配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip address 12.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config)#int f0/1
```

```
r2(config-if)#ip address 24.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config)#router ospf 1
```

```
r2(config-router)#router-id 2.2.2.2
```



```
r2(config-router)#network 12.1.1.2 0.0.0.0 area 0
```

```
r2(config)#router eigrp 1
```

```
r2(config-router)#no auto-summary
```

```
r2(config-router)#network 24.1.1.2 0.0.0.0
```

说明：在 R2 上配置 12.1.1.0/24，24.1.1.0/24，并将 121.1.0 放入 OSPF 进程，将 24.1.1.0 放入 EIGRP 进程。

(3) 配置 R3:

```
r3(config)#int s1/0
```

```
r3(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
r3(config-if)#no frame-relay inverse-arp
```

```
r3(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r3(config-if)#ip address 13.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config-if)#frame-relay map ip 13.1.1.1 301 broadcast
```

```
r3(config-if)#ip ospf network point-to-point
```

```
r3(config)#int f0/0
```

```
r3(config-if)#ip add 34.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config)#router ospf 1
```

```
r3(config-router)#router-id 3.3.3.3
```

```
r3(config-router)#network 13.1.1.3 0.0.0.0 area 0
```

```
r3(config)#router eigrp 1
```

```
r3(config-router)#no auto-summary
```

```
r3(config-router)#network 34.1.1.3 0.0.0.0
```

说明：在 R3 上配置 13.1.1.0/24，34.1.1.0/24，并将 131.1.0 放入 OSPF 进程，将 34.1.1.0 放入 EIGRP 进程。

（4）配置 R4：

```
r4(config)#int f0/1
```

```
r4(config-if)#ip add 24.1.1.4 255.255.255.0
```

```
r4(config-if)#no sh
```

```
r4(config)#int f0/0
```

```
r4(config-if)#ip address 34.1.1.4 255.255.255.0
```

```
r4(config-if)#no sh
```

```
r4(config)#int loopback 172
```

```
r4(config-if)#ip add 172.16.1.1 255.255.255.0
```

```
r4(config-if)#ip add 172.16.2.1 255.255.255.0 secondary
```

```
r4(config-if)#ip add 172.16.3.1 255.255.255.0 secondary
```

```
r4(config)#router eigrp 1
```

```
r4(config-router)#no auto-summary
```

```
r4(config-router)#network 24.1.1.4 0.0.0.0
```

```
r4(config-router)#network 34.1.1.4 0.0.0.0
```

```
r4(config-router)#network 172.0.0.0 0.255.255.255
```

说明：在 R4 上配置 24.1.1.0/24，34.1.1.0/24，172.16.1.0/24，172.16.2.0/24，172.16.3.0/24，并全部放入 EIGRP 进程。

(5) 配置 R5：

```
r5(config)#int f0/1
```

```
r5(config-if)#ip address 15.1.1.5 255.255.255.0
```

```
r5(config-if)#no sh
```

```
r5(config)#int loopback 192
```

```
r5(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

```
r5(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0 secondary
```

```
r5(config-if)#ip address 192.168.3.1 255.255.255.0 secondary
```

```
r5(config)#router ospf 1
```

```
r5(config-router)#router-id 5.5.5.5
```

```
r5(config-router)#network 15.1.1.5 0.0.0.0 area 1
```

说明：在 R5 上配置 15.1.1.0/24， 192.168.1.0/24， 192.168.2.0/24， 192.168.3.0/24，并将 15.1.1.0/24 放入 OSPF 进程。

2.测试 OSPF 外部路由

（1）查看 R1 的 OSPF 邻居状态：

```
r1#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
3.3.3.3	0	FULL/ -	00:00:38	13.1.1.3	Serial1/0
2.2.2.2	1	FULL/BDR	00:00:31	12.1.1.2	FastEthernet0/0
5.5.5.5	1	FULL/BDR	00:00:33	15.1.1.5	FastEthernet0/1

```
r1#
```

说明：R1 已经与所有直连路由器建立邻居关系。

（2）查看 R1 当前的路由表：

```
r1#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r1#

说明：因为 OSPF 区域内没有路由，所以 R1 没有从 OSPF 收到路由。

(3) 查看 R2 与 R3 的路由表：

R2:

r2#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 34.1.1.0 [90/30720] via 24.1.1.4, 00:05:30, FastEthernet0/1

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets

D 172.16.1.0 [90/156160] via 24.1.1.4, 00:05:24, FastEthernet0/1

D 172.16.2.0 [90/156160] via 24.1.1.4, 00:05:24, FastEthernet0/1

D 172.16.3.0 [90/156160] via 24.1.1.4, 00:05:24, FastEthernet0/1

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 24.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 13.1.1.0 [110/65] via 12.1.1.1, 00:07:01, FastEthernet0/0

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 15.1.1.0 [110/2] via 12.1.1.1, 00:07:02, FastEthernet0/0

r2#

R3:

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets

D 172.16.1.0 [90/156160] via 34.1.1.4, 00:05:48, FastEthernet0/0

D 172.16.2.0 [90/156160] via 34.1.1.4, 00:05:48, FastEthernet0/0

D 172.16.3.0 [90/156160] via 34.1.1.4, 00:05:48, FastEthernet0/0

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 24.1.1.0 [90/30720] via 34.1.1.4, 00:05:53, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 12.1.1.0 [110/65] via 13.1.1.1, 00:07:26, Serial1/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 15.1.1.0 [110/65] via 13.1.1.1, 00:07:27, Serial1/0

r3#

说明：因为 R2 与 R3 都配有 EIGRP，所以从 EIGRP 收到了路由，其中包括 172.16.1.0/24，172.16.2.0/24，172.16.3.0/24，并且 R2 与 R3 从 EIGRP 学习到的路由条目相同。

（4）在 R2 与 R3 上同时将 EIGRP 重分布进 OSPF：

```
r2(config)#router ospf 1
```

```
r2(config-router)#redistribute eigrp 1 subnets
```

```
r3(config)#router ospf 1
```

```
r3(config-router)#redistribute eigrp 1 subnets
```


说明： R2 与 R3 将 EIGRP 重分布进 OSPF，包括所有子网信息。

(5) 查看 R1 从 R2 和 R3 收到的外部路由：

r1#

r1#sh ip ospf database external 172.16.1.0

OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

Type-5 AS External Link States

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 126

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: AS External Link

Link State ID: 172.16.1.0 (External Network Number)

Advertising Router: 2.2.2.2

LS Seq Number: 80000001

Checksum: 0x1BBF

Length: 36

Network Mask: /24

Metric Type: 2 (Larger than any link state path)

TOS: 0

Metric: 20

Forward Address: 0.0.0.0

External Route Tag: 0

LS age: 91

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: AS External Link

Link State ID: 172.16.1.0 (External Network Number)

Advertising Router: 3.3.3.3

LS Seq Number: 80000001

Checksum: 0xFCD9

Length: 36

Network Mask: /24

Metric Type: 2 (Larger than any link state path)

TOS: 0

Metric: 20

Forward Address: 0.0.0.0

External Route Tag: 0

r1#

说明：可以看见，默认为类型 2 的外部路由，因为 R2 与 R3 到达 OSPF 外部路由的下一跳不在 OSPF 进程中，所以 R2 和 R3 都在外部路由中将 Forward Address 写为 0.0.0.0，最终到 ASBR 最近的路径将被优先使用。

（6）R1 到达 ASBR（R2）和（R3）的距离：

r1#sh ip ospf border-routers

OSPF Process 1 internal Routing Table

Codes: i - Intra-area route, I - Inter-area route

i 2.2.2.2 [1] via 12.1.1.2, FastEthernet0/0, ASBR, Area 0, SPF 9

i 3.3.3.3 [64] via 13.1.1.3, Serial1/0, ASBR, Area 0, SPF 9

r1#

说明：很明显，R1 到达 ASBR（R2）更近，由此可以得出结论，R2 将被选为去往外部路由转发路由器。

（7）查看 R1 到达外部路由的路径：

r1#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 34.1.1.0 [110/20] via 12.1.1.2, 00:02:36, FastEthernet0/0

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets

O E2 172.16.1.0 [110/20] via 12.1.1.2, 00:02:36, FastEthernet0/0

O E2 172.16.2.0 [110/20] via 12.1.1.2, 00:02:36, FastEthernet0/0

O E2 172.16.3.0 [110/20] via 12.1.1.2, 00:02:36, FastEthernet0/0

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 24.1.1.0 [110/20] via 12.1.1.2, 00:02:36, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r1#

说明：和计算的一样，当外部路由类型相同时，由于 R1 到达 R2 更近，所以选择了 R2 去往 OSPF 外部路由。

（8）修改 R1 到达 ASBR （R2）的 Cost

r1(config)#int f0/0

r1(config-if)#ip ospf cost 65

说明：将连接 ASBR （R2）的 Cost 值加大。

（9）再次查看 R1 到达 ASBR （R2）和 （R3）的距离：

r1#sh ip ospf border-routers

OSPF Process 1 internal Routing Table

Codes: i - Intra-area route, I - Inter-area route

i 2.2.2.2 [65] via 12.1.1.2, FastEthernet0/0, ASBR, Area 0, SPF 10

i 3.3.3.3 [64] via 13.1.1.3, Serial1/0, ASBR, Area 0, SPF 10

r1#

说明：现在 ASBR（R2）比 R3 离 R1 更远，所以 R3 将被优选。

（10）再次查看 R1 到达外部路由的路径：

r1#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 34.1.1.0 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:32, Serial1/0

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets

O E2 172.16.1.0 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:32, Serial1/0

O E2 172.16.2.0 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:32, Serial1/0

O E2 172.16.3.0 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:32, Serial1/0

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 24.1.1.0 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:32, Serial1/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r1#

说明：因为修改了连接 R2 的 Cost 值，所以这时 R1 到达 R3 更近，所以选择了 R3 去往 OSPF 外部路由。

(11) 将 ASBR (R2) 到达外部路由的下一跳地址通告进 OSPF:

r2(config)#router ospf 1

r2(config-router)#network 24.1.1.2 0.0.0.0 area 0

说明：将 ASBR 到达外部路由的下一跳地址通告进 OSPF。

(12) 查看 R1 中外部路由的 LSA 信息:

```
r1#sh ip os database external 172.16.1.0
```

OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

Type-5 AS External Link States

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 315

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: AS External Link

Link State ID: 172.16.1.0 (External Network Number)

Advertising Router: 2.2.2.2

LS Seq Number: 80000005

Checksum: 0x6D4B

Length: 36

Network Mask: /24

Metric Type: 2 (Larger than any link state path)

TOS: 0

Metric: 20

Forward Address: 24.1.1.4

External Route Tag: 0

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 941

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: AS External Link

Link State ID: 172.16.1.0 (External Network Number)

Advertising Router: 3.3.3.3

LS Seq Number: 80000001

Checksum: 0xFCD9

Length: 36

Network Mask: /24

Metric Type: 2 (Larger than any link state path)

TOS: 0

Metric: 20

Forward Address: 0.0.0.0

External Route Tag: 0

r1#

说明：由于（R2）将到达外部路由的下一跳地址通告进了 OSPF，所以 R2 通告的外部路由的 Forward Address 为真实地址，而 R3 还是保持原状。

(13) 查看 R1 到达 ASBR 的 Cost 与到达外部路由的路径：

```
r1#sh ip ospf border-routers
```

OSPF Process 1 internal Routing Table

Codes: i - Intra-area route, I - Inter-area route

i 2.2.2.2 [65] via 12.1.1.2, FastEthernet0/0, ASBR, Area 0, SPF 17

i 3.3.3.3 [64] via 13.1.1.3, Serial1/0, ASBR, Area 0, SPF 17

```
r1#
```

```
r1#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 34.1.1.0 [110/20] via 13.1.1.3, 00:04:19, Serial1/0

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets

O E2 172.16.1.0 [110/20] via 13.1.1.3, 00:04:19, Serial1/0

O E2 172.16.2.0 [110/20] via 13.1.1.3, 00:04:19, Serial1/0

O E2 172.16.3.0 [110/20] via 13.1.1.3, 00:04:19, Serial1/0

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 24.1.1.0 [110/66] via 12.1.1.2, 00:04:19, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r1#

说明：R1 还是选择 R3 去往外部路由。

(14) 将 ASBR (R3) 到达外部路由的下一跳地址也通告进 OSPF:

```
r3(config)#router ospf 1
```

```
r3(config-router)#network 34.1.1.3 0.0.0.0 area 0
```

说明: 将 ASBR 到达外部路由的下一跳地址通告进 OSPF。

(15) 查看 R1 中外部路由的 LSA 信息:

```
r1#sh ip os database external 172.16.1.0
```

OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

Type-5 AS External Link States

LS age: 404

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: AS External Link

Link State ID: 172.16.1.0 (External Network Number)

Advertising Router: 2.2.2.2

LS Seq Number: 80000005

Checksum: 0x6D4B

Length: 36

Network Mask: /24

Metric Type: 2 (Larger than any link state path)

TOS: 0

Metric: 20

Forward Address: 24.1.1.4

External Route Tag: 0

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 16

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: AS External Link

Link State ID: 172.16.1.0 (External Network Number)

Advertising Router: 3.3.3.3

LS Seq Number: 80000002

Checksum: 0xC3E9

Length: 36

Network Mask: /24

Metric Type: 2 (Larger than any link state path)

TOS: 0

Metric: 20

Forward Address: 34.1.1.4

External Route Tag: 0

r1#

说明：由于（R3）也将到达外部路由的下一跳地址通告进了 OSPF，所以 R2 和 R3 通告的外部路由的 Forward Address 都为真实地址。

（16）查看 R1 到达外部路由的真实 Forward Address 地址的距离：

r1#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 34.1.1.0 [110/65] via 13.1.1.3, 00:00:46, Serial1/0

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets

O E2 172.16.1.0 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:46, Serial1/0

O E2 172.16.2.0 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:46, Serial1/0

O E2 172.16.3.0 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:46, Serial1/0

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 24.1.1.0 [110/66] via 12.1.1.2, 00:00:46, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r1#

说明：到达 ASBR（R3）的真实 Forward Address 地址的距离小于 R2。

（17）改大 R1 到达 R3 的外部路由的真实 Forward Address 地址的距离：

r3(config)#int f0/0

r3(config-if)#ip os cost 3

说明：改变 R1 到达 R3 的外部路由的真实 Forward Address 地址的距离大于 R2。

（18）查看 R1 到达外部路由的路径：

r1#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 34.1.1.0 [110/67] via 13.1.1.3, 00:00:05, Serial1/0

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets

O E2 172.16.1.0 [110/20] via 12.1.1.2, 00:00:05, FastEthernet0/0

O E2 172.16.2.0 [110/20] via 12.1.1.2, 00:00:05, FastEthernet0/0

O E2 172.16.3.0 [110/20] via 12.1.1.2, 00:00:05, FastEthernet0/0

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 24.1.1.0 [110/66] via 12.1.1.2, 00:00:05, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r1#

说明：由于 R1 到达 R2 的外部路由的真实 Forward Address 地址的距离小于 R3，所以优先 R2 到达外部路由；当有类型 2 和类型 1 可同时到达外部路由时，类型 1 被优选，如果相同类型，且 Forward Address 不全都为真实地址，则比较到达 ASBR 的距离，小的优先，如果都为真实地址，则比较到达该地址小的优先。

(19) 查看 R1 的 LSA 数据库：

r1#

r1#sh ip ospf database

OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	796	0x80000005	0x00B786 3
2.2.2.2	2.2.2.2	229	0x80000003	0x007E81 1

3.3.3.3 3.3.3.3 195 0x80000003 0x0079E9 2

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
12.1.1.1	1.1.1.1	946	0x80000001	0x004AD0

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
15.1.1.0	1.1.1.1	1058	0x80000001	0x009A8C

Router Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	557	0x80000002	0x00F113	1
5.5.5.5	5.5.5.5	558	0x80000002	0x00F5EB	1

Net Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
---------	------------	-----	------	----------

15.1.1.1	1.1.1.1	558	0x80000001 0x00B952
----------	---------	-----	---------------------

Summary Net Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
12.1.1.0	1.1.1.1	1063	0x80000001	0x00C168
13.1.1.0	1.1.1.1	1063	0x80000001	0x002DBC

Summary ASB Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
2.2.2.2	1.1.1.1	224	0x80000001	0x000B24
3.3.3.3	1.1.1.1	189	0x80000001	0x005596

Type-5 AS External Link States

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum Tag
24.1.1.0	2.2.2.2	230	0x80000001	0x005B23 0
24.1.1.0	3.3.3.3	195	0x80000001	0x003D3D 0
34.1.1.0	2.2.2.2	230	0x80000001	0x00D89B 0
34.1.1.0	3.3.3.3	195	0x80000001	0x00BAB5 0

172.16.1.0	2.2.2.2	230	0x80000001 0x001BBF 0
172.16.1.0	3.3.3.3	195	0x80000001 0x00FCD9 0
172.16.2.0	2.2.2.2	230	0x80000001 0x0010C9 0
172.16.2.0	3.3.3.3	195	0x80000001 0x00F1E3 0
172.16.3.0	2.2.2.2	230	0x80000001 0x0005D3 0
172.16.3.0	3.3.3.3	195	0x80000001 0x00E6ED 0

r1#

说明：因为 ASBR 就在区域 0 中，所以可以看出，区域 0 并没有类型 4 的 LSA，因为该区域与 ASBR 在同区域，只有与 ASBR 在不同区域才需要 LSA 4。

（20）查看 R5 的 LSA 数据库：

r5#

r5#sh ip ospf database

OSPF Router with ID (5.5.5.5) (Process ID 1)

Router Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	595	0x80000002 0x00F113 1	

5.5.5.5	5.5.5.5	594	0x80000002	0x00F5EB	1
---------	---------	-----	------------	----------	---

Net Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
15.1.1.1	1.1.1.1	595	0x80000001	0x00B952

Summary Net Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
12.1.1.0	1.1.1.1	1101	0x80000001	0x00C168
13.1.1.0	1.1.1.1	1101	0x80000001	0x002DBC

Summary ASB Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
2.2.2.2	1.1.1.1	262	0x80000001	0x000B24
3.3.3.3	1.1.1.1	228	0x80000001	0x005596

Type-5 AS External Link States

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum Tag
24.1.1.0	2.2.2.2	268	0x80000001	0x005B23 0
24.1.1.0	3.3.3.3	234	0x80000001	0x003D3D 0
34.1.1.0	2.2.2.2	268	0x80000001	0x00D89B 0
34.1.1.0	3.3.3.3	234	0x80000001	0x00BAB5 0
172.16.1.0	2.2.2.2	268	0x80000001	0x001BBF 0
172.16.1.0	3.3.3.3	234	0x80000001	0x00FCD9 0
172.16.2.0	2.2.2.2	268	0x80000001	0x0010C9 0
172.16.2.0	3.3.3.3	234	0x80000001	0x00F1E3 0
172.16.3.0	2.2.2.2	268	0x80000001	0x0005D3 0
172.16.3.0	3.3.3.3	234	0x80000001	0x00E6ED 0

r5#

说明：因为 R5 所在的区域 1 与 ASBR 在不同区域，所有需要 ABR 单独发送 LSA 4 告知如何到达 ASBR 的 Router-ID。

3.测试 OSPF 汇总路由

(1) 查看汇总前，R5 的路由表：

r5#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 34.1.1.0 [110/68] via 15.1.1.1, 00:01:24, FastEthernet0/1

172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets

O E2 172.16.1.0 [110/20] via 15.1.1.1, 00:01:24, FastEthernet0/1

O E2 172.16.2.0 [110/20] via 15.1.1.1, 00:01:24, FastEthernet0/1

O E2 172.16.3.0 [110/20] via 15.1.1.1, 00:01:24, FastEthernet0/1

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 24.1.1.0 [110/67] via 15.1.1.1, 00:01:24, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 12.1.1.0 [110/66] via 15.1.1.1, 00:01:24, FastEthernet0/1

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Loopback192

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 13.1.1.0 [110/65] via 15.1.1.1, 00:01:24, FastEthernet0/1

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.3.0/24 is directly connected, Loopback192

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r5#

说明：拥有到 172.16.1.0 /24， 172.16.2.0 /24， 172.16.3.0/24 的明细路由。

(2) 在 R2 上汇总路由：

r2(config)#router ospf 1

r2(config-router)#summary-address 172.16.0.0 255.255.252.0

说明：将路由汇总为 172.16.0.0/22，因为是外部路由，所以必须在 ASBR 上进行汇总。

(3) 查看汇总后，R5 的路由表：

r5#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 34.1.1.0 [110/68] via 15.1.1.1, 00:03:51, FastEthernet0/1

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks

O E2 172.16.0.0/22 [110/20] via 15.1.1.1, 00:00:55, FastEthernet0/1

O E2 172.16.1.0/24 [110/20] via 15.1.1.1, 00:00:50, FastEthernet0/1

O E2 172.16.2.0/24 [110/20] via 15.1.1.1, 00:00:50, FastEthernet0/1

O E2 172.16.3.0/24 [110/20] via 15.1.1.1, 00:00:50, FastEthernet0/1

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 24.1.1.0 [110/67] via 15.1.1.1, 00:03:51, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 12.1.1.0 [110/66] via 15.1.1.1, 00:03:51, FastEthernet0/1

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Loopback192

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 13.1.1.0 [110/65] via 15.1.1.1, 00:03:52, FastEthernet0/1

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.3.0/24 is directly connected, Loopback192

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r5#

说明：R5 拥有汇总路由与明细路由，因为有两个 ASBR，一个通告了汇总路由，一个通告了明细路由。

(4) 在 R1 上过滤从一个区域发向其它区域的路由：

```
r1(config)#ip prefix-list NET172 deny 172.16.0.0/22
```

```
r1(config)#router ospf 1
```

```
r1(config-router)#area 0 filter-list prefix NET172 out
```

说明：当 R1 将区域 0 的路由发向其它任何区域时，除了 172.16.0.0/22，其它全部拒绝。

注：prefix-list 中被 deny 的条目，就是可以放行的路由，该方法只能过滤一个区域去其它区域的路由，只对其它路由器生效，自己没有效果。

(5) 查看配置过滤后 R5 的路由表：

```
r5#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/22 is subnetted, 1 subnets

O E2 172.16.0.0 [110/20] via 15.1.1.1, 00:00:09, FastEthernet0/1

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.3.0/24 is directly connected, Loopback192

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r5#

说明：R5 只收到了除了 172.16.0.0/22，除了 172.16.0.0/22，其它全部被过滤了。

（6）查看 R1 的路由表：

r1#sh ip route

*Mar 1 00:54:06.991: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 34.1.1.0 [110/67] via 13.1.1.3, 00:00:35, Serial1/0

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks

O E2 172.16.0.0/22 [110/20] via 12.1.1.2, 00:00:35, FastEthernet0/0

O E2 172.16.1.0/24 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:35, Serial1/0

O E2 172.16.2.0/24 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:35, Serial1/0

O E2 172.16.3.0/24 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:35, Serial1/0

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 24.1.1.0 [110/66] via 12.1.1.2, 00:00:35, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r1#

说明：虽然配置了区域过滤，但过滤只对其它路由器生效，而 R1 的路由条目没有受到任何影响。

(7) 配置 R1 对自己过滤：

```
r1(config)#access-list 1 permit 172.16.0.0
```

```
r1(config)#router ospf 1
```

```
r1(config-router)#no area 0 filter-list prefix NET172 out
```

```
r1(config-router)#distribute-list 1 in serial 1/0
```

说明：去除之前的区域过滤，配置 **distribute-list** 对进入路由表的条目做过滤，该过滤方法对自己生效，只影响 **LSA** 进入自己的路由表，但 **LSA** 数据库中的条目仍然不变，照样会发给邻居。

(8) 查看 R1 配置对自己过滤后的路由表：

```
r1#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 34.1.1.0 [110/20] via 12.1.1.2, 00:00:24, FastEthernet0/0

172.16.0.0/22 is subnetted, 1 subnets

O E2 172.16.0.0 [110/20] via 12.1.1.2, 00:00:24, FastEthernet0/0

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 24.1.1.0 [110/66] via 12.1.1.2, 00:00:25, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r1#

说明： distribute-list 对进入路由表的条目做了过滤。

（9）查看 R1 配置对自己过滤后的 LSA 数据库：

```
r1#sh ip ospf database
```

OSPF Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	407	0x8000000D	0x005A98	3
2.2.2.2	2.2.2.2	1741	0x8000000A	0x003795	2
3.3.3.3	3.3.3.3	1744	0x80000009	0x00E243	3

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
12.1.1.2	2.2.2.2	1742	0x80000003	0x000E06

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
15.1.1.0	1.1.1.1	821	0x80000006	0x009091

Router Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
1.1.1.1	1.1.1.1	361	0x8000000C	0x00B13D	1
5.5.5.5	5.5.5.5	116	0x8000000E	0x00AB20	1

Net Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
15.1.1.5	5.5.5.5	362	0x8000000B	0x006A7D

Summary Net Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
0.0.0.0	1.1.1.1	172	0x80000001	0x001B17

Type-5 AS External Link States

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Tag
24.1.1.0	3.3.3.3	35	0x80000003	0x00024E	0

34.1.1.0	2.2.2.2	407	0x80000006 0x002928 0
172.16.0.0	2.2.2.2	1518	0x80000001 0x0017C7 0
172.16.1.0	3.3.3.3	36	0x80000003 0x00C1EA 0
172.16.2.0	3.3.3.3	36	0x80000003 0x00B6F4 0
172.16.3.0	3.3.3.3	36	0x80000003 0x00ABFE 0

r1#

说明：配置 `distribute-list` 对进入路由表的条目做过滤，该过滤方法对自己生效，只影响 LSA 进入自己的路由表，但 LSA 数据库中的条目仍然不变，照样会发给邻居。

(10) 查看 R1 配置对自己过滤后邻居 R5 的路由表：

r5#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 34.1.1.0 [110/68] via 15.1.1.1, 00:01:27, FastEthernet0/1

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks

O E2 172.16.0.0/22 [110/20] via 15.1.1.1, 00:01:27, FastEthernet0/1

O E2 172.16.1.0/24 [110/20] via 15.1.1.1, 00:01:27, FastEthernet0/1

O E2 172.16.2.0/24 [110/20] via 15.1.1.1, 00:01:27, FastEthernet0/1

O E2 172.16.3.0/24 [110/20] via 15.1.1.1, 00:01:27, FastEthernet0/1

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 24.1.1.0 [110/67] via 15.1.1.1, 00:01:27, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 12.1.1.0 [110/66] via 15.1.1.1, 00:01:27, FastEthernet0/1

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Loopback192

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 13.1.1.0 [110/65] via 15.1.1.1, 00:01:28, FastEthernet0/1

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.3.0/24 is directly connected, Loopback192

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r5#

r5#

说明：配置 distribute-list 对进入路由表的条目做过滤后，只对自己的路由表生效，只邻居的路由表正常。

4.测试 OSPF 末节区域

(1) 查看 R5 当前的路由表：

```
r5#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 34.1.1.0 [110/68] via 15.1.1.1, 00:00:06, FastEthernet0/1

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks

O E2 172.16.0.0/22 [110/20] via 15.1.1.1, 00:00:06, FastEthernet0/1

O E2 172.16.1.0/24 [110/20] via 15.1.1.1, 00:00:06, FastEthernet0/1

O E2 172.16.2.0/24 [110/20] via 15.1.1.1, 00:00:06, FastEthernet0/1

O E2 172.16.3.0/24 [110/20] via 15.1.1.1, 00:00:06, FastEthernet0/1

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 24.1.1.0 [110/67] via 15.1.1.1, 00:00:06, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 12.1.1.0 [110/66] via 15.1.1.1, 00:00:06, FastEthernet0/1

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Loopback192

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 13.1.1.0 [110/65] via 15.1.1.1, 00:00:07, FastEthernet0/1

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.3.0/24 is directly connected, Loopback192

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r5#

说明：R5 同时拥有 OSPF 区域间的路由以及 OSPF 外部路由。

(2) 配置区域 1 为 Stub Area（末节区域）

r1(config)#router ospf 1

r1(config-router)#area 1 stub

说明：在 R1 上配置区域 1 为 Stub Area（末节区域）。

（3）查看 R5 的 OSPF 邻居状态：

```
r5#sh ip ospf neighbor
```

```
r5#
```

说明：由于对端邻居配置了 Stub Area，所以 Hello 包中携带末节标签，导致邻居丢失。

（4）在 R5 上配置 Stub Area：

```
r5(config)#router ospf 1
```

```
r5(config-router)#area 1 stub
```

```
r5#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
1.1.1.1	1	FULL/BDR	00:00:37	15.1.1.1	FastEthernet0/1

```
r5#
```

说明：在双方都配置 Stub Area 后，邻居正常。

（5）查看 R5 配置 Stub Area 后的路由情况：

```
r5#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 15.1.1.1 to network 0.0.0.0

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 34.1.1.0 [110/68] via 15.1.1.1, 00:00:14, FastEthernet0/1

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 24.1.1.0 [110/67] via 15.1.1.1, 00:00:14, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 12.1.1.0 [110/66] via 15.1.1.1, 00:00:14, FastEthernet0/1

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Loopback192

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 13.1.1.0 [110/65] via 15.1.1.1, 00:00:14, FastEthernet0/1

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.3.0/24 is directly connected, Loopback192

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

O*IA 0.0.0.0/0 [110/2] via 15.1.1.1, 00:00:14, FastEthernet0/1

r5#

说明：Stub Area 阻拦了所有外部路由，但放行 OSPF 区域间的路由，由于没有了外部路由，ABR（R1）向域内发送了一条指向自己的默认路由，并且 Metric 值默认为 1 加到达 ABR 的接口 Cost。

（6）在 ABR 上将 Stub Area 改为 Totally Stub Area（完全末节区域）：

r1(config)#router ospf 1

r1(config-router)#area 1 stub no-summary

说明：Totally Stub Area（完全末节区域）只需要在 ABR 上配置即可，其它普通路由器只需要配置 Stub Area。

（7）查看配置 Totally Stub Area 后 R5 的路由情况：

r5#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 15.1.1.1 to network 0.0.0.0

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.3.0/24 is directly connected, Loopback192

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

O*IA 0.0.0.0/0 [110/2] via 15.1.1.1, 00:00:11, FastEthernet0/1

r5#

说明：Totally Stub Area 阻拦了所有外部路由和 OSPF 区域间的路由，由于没有了外部路由，ABR（R1）向域内发送了一条指向自己的默认路由，并且 Metric 值默认为 1 加到达 ABR 的接口 Cost。

（8）配置区域 1 为 Not-so-Stubby Area（NSSA）：

r1(config)#router ospf 1

r1(config-router)#area 1 nssa


```
r5(config)#router ospf 1
```

```
r5(config-router)#area 1 nssa
```

```
r5(config-router)#redistribute connected subnets
```

说明：NSSA 区域的路由器可以向区域内重分布 OSPF 外部路由，NSSA 区域内将以 LSA 7 的形式向区域内重分布外部路由，但 LSA 7 只能在 NSSA 区域内传递。

(9) 查看配置 Not-so-Stubby Area 后 R5 的路由情况：

```
r5#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 34.1.1.0 [110/68] via 15.1.1.1, 00:00:22, FastEthernet0/1

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 24.1.1.0 [110/67] via 15.1.1.1, 00:00:22, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 12.1.1.0 [110/66] via 15.1.1.1, 00:00:22, FastEthernet0/1

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Loopback192

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 13.1.1.0 [110/65] via 15.1.1.1, 00:00:22, FastEthernet0/1

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.3.0/24 is directly connected, Loopback192

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r5#

说明：因为自己可以将外部路由重分布进 OSPF，并且自己也拥有 OSPF 区域间的路由，所以 ABR 并没有向区域内自动发送默认路由。

（10）查看配置 Totally Stub Area 后 R1 的路由情况：

r1#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 34.1.1.0 [110/67] via 13.1.1.3, 00:01:44, Serial1/0

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks

O E2 172.16.0.0/22 [110/20] via 12.1.1.2, 00:00:57, FastEthernet0/0

O E2 172.16.1.0/24 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:57, Serial1/0

O E2 172.16.2.0/24 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:57, Serial1/0

O E2 172.16.3.0/24 [110/20] via 13.1.1.3, 00:00:57, Serial1/0

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 24.1.1.0 [110/66] via 12.1.1.2, 00:01:44, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

O N2 192.168.1.0/24 [110/20] via 15.1.1.5, 00:00:57, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

O N2 192.168.2.0/24 [110/20] via 15.1.1.5, 00:00:58, FastEthernet0/1

O N2 192.168.3.0/24 [110/20] via 15.1.1.5, 00:00:58, FastEthernet0/1

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r1#

说明：NSSA 区域以 LSA 7 的形式向区域内重分布外部路由，但 LSA 7 只能在 NSSA 区域内传递。

(11) 手工在 ABR 上向 NSSA 区域发送默认路由：

r1(config)#router ospf 1

r1(config-router)#area 1 nssa default-information-originate

说明：必须在 NSSA 区域的 ABR 上向 NSSA 区域内发送默认路由。

(12) 查看 R5 的路由表：

r5#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 15.1.1.1 to network 0.0.0.0

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 34.1.1.0 [110/68] via 15.1.1.1, 00:02:29, FastEthernet0/1

24.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 24.1.1.0 [110/67] via 15.1.1.1, 00:02:29, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 12.1.1.0 [110/66] via 15.1.1.1, 00:02:29, FastEthernet0/1

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Loopback192

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O IA 13.1.1.0 [110/65] via 15.1.1.1, 00:02:29, FastEthernet0/1

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.3.0/24 is directly connected, Loopback192

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

O*N2 0.0.0.0/0 [110/1] via 15.1.1.1, 00:00:21, FastEthernet0/1

r5#

说明：手工配置 ABR 向 NSSA 区域发送默认路由成功。

(13) 配置区域 1 为 Totally NSSA:

```
r1(config)#router ospf 1
```

```
r1(config-router)#area 1 nssa no-summary
```

说明：Totally NSSA 只需要在 ABR 上配置即可，其它普通路由器只需要配置 NSSA。

（14）查看配置 Totally NSSA 后 R5 的路由情况：

```
r5#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 15.1.1.1 to network 0.0.0.0

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Loopback192

C 192.168.3.0/24 is directly connected, Loopback192

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

```
C    15.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

O*IA 0.0.0.0/0 [110/2] via 15.1.1.1, 00:00:18, FastEthernet0/1

r5#
```

说明：Totally NSSA 阻拦了所有外部路由和 OSPF 区域间的路由，ABR（R1）自动向域内发送了一条指向自己的默认路由，并且 Metric 值默认为 1 加到达 ABR 的接口 Cost。

路由策略

路由重分布

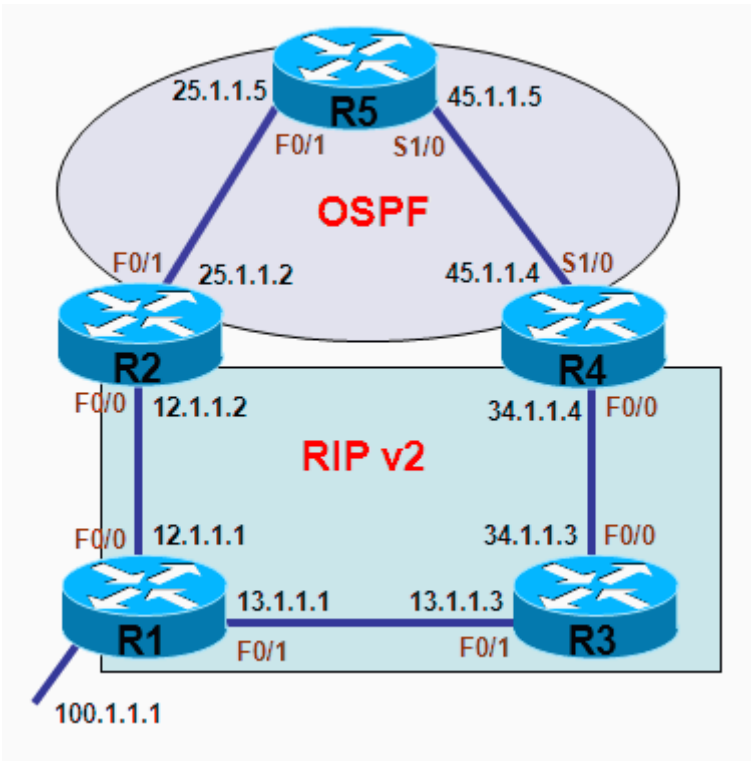
在同路由协议内，默认通过比较路由的 Metric 值来决定优先权，在不同路由协议之间，默认通过比较路由的 AD 值（Administrative Distance）来决定优先权。由于不同路由协议，Metric 值计算方法不同，所以在路由协议之间重分布时，需要额外考虑相互的 Metric 值如何理解。并且由于各协议 AD 值的不同，也需要额外考虑是否会有引起路由环路或次优路径的风险。

各协议默认的 AD 值（Administrative Distance）如下表：

Default Administrative Distances	
Connected	0
Static	1
eBGP	20
EIGRP (internal)	90
IGRP	100
OSPF	110

IS-IS	115
RIP	120
EIGRP (external)	170
iBGP	200
EIGRP summary route	5

如下图所示：



RIP 区域的路由器 R1 将外部路由 100.1.1.0 重分布进 RIP，并且指定 metric 值为

5，在 RIP 范围内，到达 100.1.1.0 的 AD 值为 120，当 R2 将从 RIP 学习到的 100.1.1.0 重分布进 OSPF 区域后，路由传递到 R4 时，由于 OSPF 的 AD 值为 110，小于 RIP，最终造成 R4 到达 100.1.1.0 从更远的 OSPF 路径绕一圈；如果 R4 继续将路由 100.1.1.0 重分布进 RIP，并设置一个低于 5 的 Metric 值，又被 R3 学习到，结果又会造成 R3 经过 R4，经过 OSPF 区域，再绕回 RIP 到达目标 100.1.1.1，这就是由于不同协议的不同 AD 值造成的次优路径，甚至是路由环路，所以在协议之间配置重分布时，AD 值需要多加考虑和分析。

不同协议之间配置重分布时，还需要对 Metric 值做多加处理，如果由于 Metric 值错误或者 Metric 无法理解，将导致路由不可达或路由不可用。

当将外部路由重分布进路由协议时，各协议默认赋予外部路由的 Metric 值如下：

RIP

外部路由重分布进 RIP 时，默认 Metric 值为无穷大，即默认为不可用。

EIGRP

外部路由重分布进 EIGRP 时，默认 Metric 值为空，即默认没有 Metric 值，所以路由同样是不可用，但某些不同版本的 IOS，对此有所改进，并且是针对不同路由有不同操作，需要以实际 IOS 为准。（EIGRP 在 IOS 中是个例外）

OSPF

外部路由重分布进 OSPF 时，默认 Metric 值为 20，如果 BGP 重分布进 OSPF，默认 Metric 值为 1。

Route-Map

Route-Map 的使用相当广泛，而我们这里只提两个最主要的用途，那就是 Route-Map 在配置 Policy-Based Routing（PBR）所起的作用，以及 Route-Map 在重分布时所起的作用。

★需要说明，Route-Map 拥有许多特殊功能，我们这里并没有讲述完整的 Route-Map 功能，Policy-Based Routing 同样有着许多特殊功能，我们所提及的也不包含完整的 PBR 功能。

Route-Map 与 ACL（访问控制列表）有着一些共同之处，那就是一组 Route-Map 通过多条 Route-Map 语句组合而成，在配置时没有手工定义语句序号的情况下，序号默认以 10 递增，并且起始序号为 10，在系统检测 Route-Map 时，从上至下按顺序检测语句，只要检测到符合的语句，就立刻停止并执行当前动作，而不会继续检测剩下的所有语句。

因为 Route-Map 的语句总是以 10 递增，所以 Route-Map 允许在序号之间插入语句，方便修改。

在为 Route-Map 定义数据源或数据条件时，可以使用关键字 match 来匹配所需要的类型，可以匹配 ACL，prefix-list，接口，协议，以及数据包包头或内容等等，总之相当丰富，在定义匹配的条件之后，就可以定义需要对指定条件执行的动作，但如果不定义匹配条件，而只定义了执行动作，那么该 Route-Map 将对所有数据包生效。任何被上一条语句拒绝或没匹配到的所有数据，将被下一条匹配，如果还是没有匹配上，则继续往下，直到全部语句检测完毕为止。

例如：

假设源数据为 10.1.1.1，被以下 Route-MAP 检测：

★

```
Router(config)#access-list 10 permit host 10.1.1.1
```

```
Router(config)#route-map SET permit 10
```

```
Router(config-route-map)#match ip address 10
```

```
Router(config-route-map)#exit
```

```
Router(config)#route-map SET deny 20
```

```
Router(config-route-map)#exit
```

结果：被第一条允许匹配上，不再与第二条匹配，第二条无效，最后结果为放行。



```
Router(config)#access-list 10 permit host 10.1.1.1
```

```
Router(config)#route-map SET deny 10
```

```
Router(config-route-map)#exit
```

```
Router(config)#route-map SET permit 20
```

```
Router(config-route-map)#exit
```

```
Router(config)#
```

结果：被第一条拒绝匹配上，不再与第二条匹配，第二条无效，最后结果为拒绝。



```
Router(config)#access-list 10 permit host 10.1.1.1
```

```
Router(config)#route-map SET deny 10
```

```
Router(config-route-map)#exit
```

```
Router(config)#route-map SET deny 20
```

```
Router(config-route-map)#exit
```

结果：被第一条拒绝匹配上，不再与第二条匹配，第二条无效，最后结果为拒绝。



```
Router(config)#access-list 20 permit host 20.1.1.1
```

```
Router(config)#route-map SET deny 10
```

```
Router(config-route-map)#match ip address 20
```

```
Router(config-route-map)#exit
```

```
Router(config)#route-map SET permit 20
```

```
Router(config-route-map)#exit
```

```
Router(config)#
```

结果：没有被第一条拒绝匹配上，继续与第二条匹配，第二条为放行，最后结果为放行。



```
Router(config)#route-map SET permit 10
```

```
Router(config-route-map)#exit
```

```
Router(config)#route-map SET deny 20
```

```
Router(config-route-map)#exit
```

结果：被第一条允许匹配上，不再与第二条匹配，第二条无效，最后结果为放行。

当 Route-Map 在 PBR 中使用时，被匹配到的流量将执行定义好的动作，而没有匹配到的流量，默认将按照常规来转发，所以在使用 Route-Map 做 PBR 时，没有被匹配到的流量将不受影响。

注：PBR 默认情况下，只对外部设备产生的流量生效，如果需要对配置 PBR 的设备自己产生的流量生效，需要全局输入命令：`ip local policy route-map name`。（将 name 替换为相应 Route-Map 的名字即可。）

当 **Route-Map** 在路由重分布中使用时，被匹配到并且允许的路由，将被重分布，被匹配到却被拒绝的路由将被丢弃而不重分布，如果路由没有被匹配，同样也不允许重分布，所以在使用 **Route-Map** 做路由重分布时，没有被匹配到的路由将全部拒绝。

路由控制

如果将不必要的路由发入错误的协议，可能导致路由环路或次优路径，因此，可以采用过滤手段将相应路由过滤掉，对于过滤路由，有以下特别注意的地方：

路由过滤可以通过 **Distribute-List** 来实现，**Distribute-List** 可以适用的协议和方向有：

RIP（距离矢量路由协议）

可适用于 in 方向和 out 方向。

EIGRP（距离矢量路由协议）

可适用于 in 方向和 out 方向。

OSPF（链路状态路由协议）

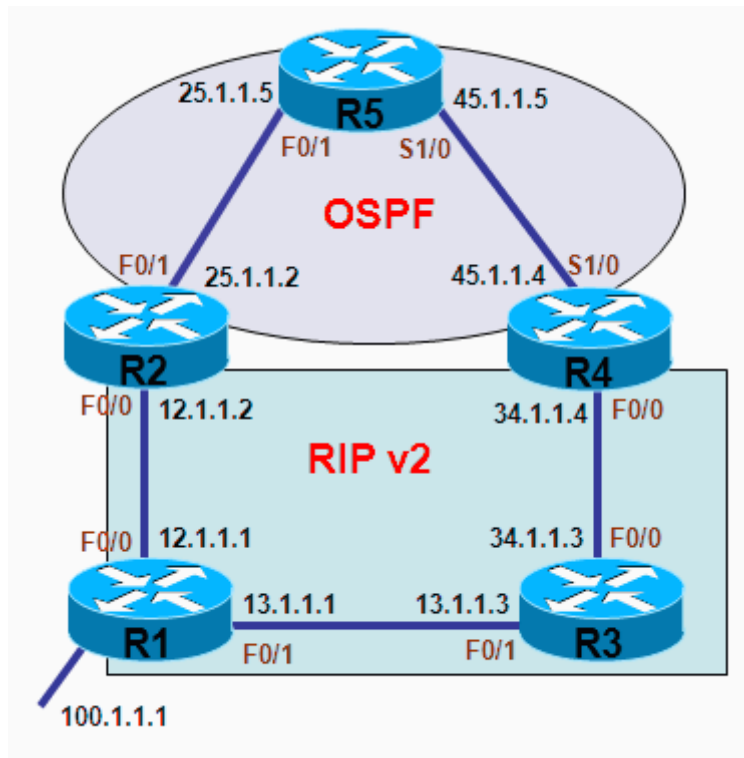
在 **OSPF** 本协议进程内，只适用于 in 方向，只对自己的路由表生效，无法影响邻

居的路由表；在除 OSPF 之外的其它协议进程下，可用于 out 方向，在于将 OSPF 重分布进其它路由协议时做过滤，此过滤称为进程过滤，不仅适用于 OSPF 协议重分布进其它协议时适用，同样适用于其它协议重分布进 OSPF 或其它协议之间重分布。

Route-Map 可以单独用在路由重分布时控制和过滤路由。

除了在必要时，将路由过滤掉之外，当需要在不同协议或不同 AD 值之间调整路优选优先权时，可以通过修改路由协议默认的 AD 值来实现，修改 AD 值可以是基于整个协议的修改，将对协议内所有路由条目生效，也可以对特定路由修改；如果只是需要对特定路由修改 AD 值，则需要调用 ACL 或 Prefix-Lix 来匹配特定路由，除此之外，还要定义路由去往目的地的下一跳地址，RIP 和 EIGRP 都需要在对特定路由调整 AD 值时定义路由下一跳地址，而对于 OSPF，其 LSA 中并没有明确写明去往目的地的下一跳地址，因为这个地址需要 OSPF 通过 LSA 计算后得知，所以在 OSPF 下对特定路由调整 AD 值时定义的路由下一跳地址为产生该 LSA 的 Router-ID。

如下图所示：



RIP 区域的路由器 R1 将外部路由 100.1.1.0 重分布进 RIP，并且指定 metric 值为 5，在 RIP 范围内，到达 100.1.1.0 的 AD 值为 120，当 R2 将从 RIP 学习到的 100.1.1.0 重分布进 OSPF 区域后，路由传递到 R4 时，由于 OSPF 的 AD 值为 110，小于 RIP，最终造成 R4 到达 100.1.1.0 从更远的 OSPF 路径绕一圈；如果 R4 继续将路由 100.1.1.0 重分布进 RIP，并设置一个低于 5 的 Metric 值，又被 R3 学习到，结果又会造成 R3 经过 R4，经过 OSPF 区域，再绕回 RIP 到达目标 100.1.1.1，这就是由于不同协议的不同 AD 值造成的次优路径，甚至是路由环路，所以在协议之间配置重分布时，AD 值需要多加考虑和分析。

重分布时的过滤方法除了以上的之外，还有 Tag 过滤技术，就是将相应路由打上 Tag，将该路由在重分布回原路由协议时，通过匹配 Tag 来拒绝掉，需要注意，Tag 过滤不支持 IGRP 和 RIP ver 1。

配置路由策略

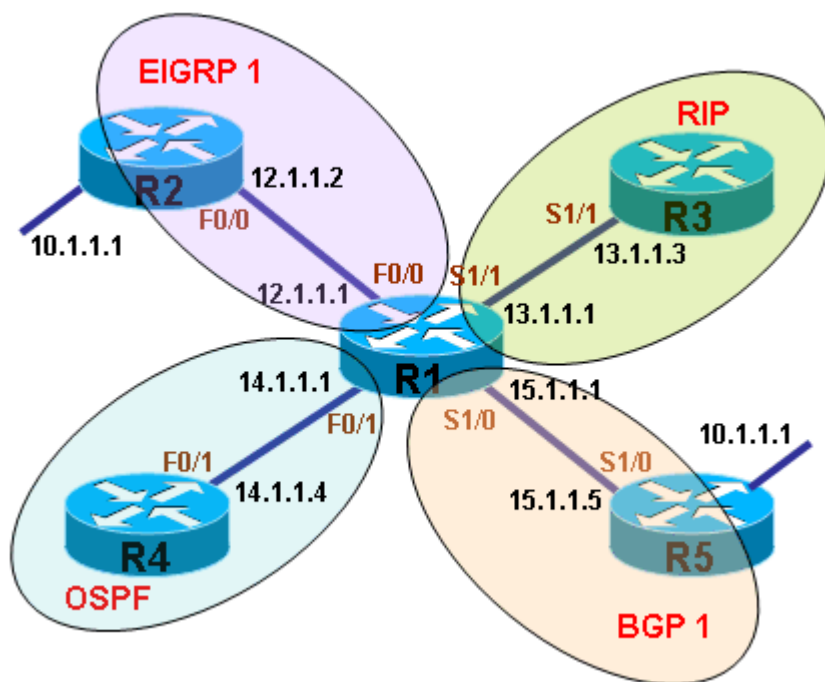
说明：实验配置共包含：

[配置路由重分布](#)

[配置PBR](#)

[配置路由控制](#)

说明：以下图为例，配置路由重分布和 PBR：



1.配置网络基础环境

(1) 配置 R1:

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip add 12.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config-if)#int f0/1
```

```
r1(config-if)#ip add 14.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#int s1/0
```

```
r1(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
r1(config-if)#no frame-relay inverse-arp
```

```
r1(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r1(config-if)#ip address 15.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no shutdown
```

```
r1(config-if)#frame-relay map ip 15.1.1.5 105 broadcast
```

```
r1(config)#int s1/1
```

```
r1(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
r1(config-if)#no frame-relay inverse-arp
```

```
r1(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r1(config-if)#ip add 13.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no shutdown
```

```
r1(config-if)# frame-relay map ip 13.1.1.3 113 broadcast
```

```
r1(config)#router eigrp 1
```

```
r1(config-router)#no auto-summary
```

```
r1(config-router)#network 12.1.1.1 0.0.0.0
```

```
r1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#version 2
```

```
r1(config-router)#no auto-summary
```

```
r1(config-router)#network 13.0.0.0
```

```
r1(config)#router ospf 1
```

```
r1(config-router)#router-id 1.1.1.1
```

```
r1(config-router)#network 14.1.1.1 0.0.0.0 area 0
```

```
r1(config)#router bgp 1
```

```
r1(config-router)#bgp router-id 1.1.1.1
```

```
r1(config-router)#neighbor 15.1.1.5 remote-as 1
```

```
r1(config-router)#network 15.1.1.0 mask 255.255.255.0
```

说明：配置 R1 与 R2 之间运行 EIGRP 1, 与 R3 之间运行 RIP, 与 R4 之间运行 OSPF, 与 R5 之间运行 BGP。

(2) 配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip address 12.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config)#int loopback 10
```

```
r2(config-if)#ip add 10.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r2(config)#router eigrp 1
```

```
r2(config-router)#no auto-summary
```

```
r2(config-router)#network 12.1.1.2 0.0.0.0
```

```
r2(config-router)#network 10.1.1.1 0.0.0.0
```

说明：在 R2 与 R1 之间配置 EIGRP 1，并将 10.1.1.0/24 放入 EIGRP 进程。

(3) 配置 R3:

```
r3(config)#int s1/1
```

```
r3(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
r3(config-if)#no frame-relay inverse-arp
```

```
r3(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r3(config-if)#ip add 13.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config-if)#fram map ip 13.1.1.1 311 broadcast
```

```
r3(config)#router rip
```

```
r3(config-router)#version 2
```

```
r3(config-router)#no auto-summary
```

```
r3(config-router)#network 13.0.0.0
```

说明：在 R3 与 R1 之间配置 RIP。

(4) 配置 R4：

```
r4(config)#int f0/1
```

```
r4(config-if)#ip add 14.1.1.4 255.255.255.0
```

```
r4(config-if)#no sh
```

```
r4(config)#router ospf 1
```

```
r4(config-router)#router-id 4.4.4.4
```

```
r4(config-router)#network 14.1.1.4 0.0.0.0 area 0
```

说明：在 R4 与 R1 之间配置 OSPF。

(5) 配置 R5:

```
r5(config)#int s1/0
```

```
r5(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
r5(config-if)#no frame-relay inverse-arp
```

```
r5(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r5(config-if)#ip address 15.1.1.5 255.255.255.0
```

```
r5(config-if)#no sh
```

```
r5(config-if)#frame map ip 15.1.1.1 501 broadcast
```

```
r5(config)#int loopback 10
```

```
r5(config-if)#ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r5(config)#router bgp 1
```

```
r5(config-router)#bgp router-id 5.5.5.5
```

```
r5(config-router)#neighbor 15.1.1.1 remote-as 1
```

```
r5(config-router)#network 10.1.1.0 mask 255.255.255.0
```

说明：在 R5 与 R1 之间配置 BGP，并将 10.1.1.0/24 放入 BGP 进程。

2.测试路由重分布

(1) 查看 R1 当前各协议的邻居状态：

```
r1#sh ip eigrp neighbors
```

IP-EIGRP neighbors for process 1

H	Address	Interface	Hold Uptime	SRTT	RTO	Q	Seq
		(sec)	(ms)	Cnt	Num		
0	12.1.1.2	Fa0/0	13 00:04:08	153	1377	0	3

```
r1#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
4.4.4.4	1	FULL/BDR	00:00:37	14.1.1.4	FastEthernet0/1

```
r1#
```

```
r1#sh ip bgp summary
```

BGP router identifier 1.1.1.1, local AS number 1

BGP table version is 3, main routing table version 3

1 network entries using 129 bytes of memory

1 path entries using 52 bytes of memory

2/1 BGP path/bestpath attribute entries using 248 bytes of memory

0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory

0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory

BGP using 429 total bytes of memory

BGP activity 1/0 prefixes, 1/0 paths, scan interval 60 secs

Neighbor	Up/Down	V	State/PfxRcd	AS	MsgRcvd	MsgSent	TblVer	InQ	OutQ
15.1.1.5	4	1	6	5	3	0	000:01:42	1	

r1#

说明：除 RIP 不建邻居之外，其它协议邻居正常。

（2）查看 R1 的路由表：

r1#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 10.1.1.0 [90/156160] via 12.1.1.2, 00:05:09, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/1

14.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 14.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

r1#

说明：R1 使用了 R2 发来的 10.1.1.0/24，但并没有使用 BGP 发来的，因为 iBGP 管理距离为 200，大于 EIGRP。

（3）在 R1 上将 EIGRP 学习到的路由重分布进 RIP：

```
r1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#redistribute eigrp 1
```

说明：将 EIGRP 1 的路由重分布进 RIP。

（4）查看 RIP 路由器 R3 的路由表：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/1

r3#

说明：RIP 中并没有收到 EIGRP 1 重分布进来的路由，因为在将路由重分布进 RIP 时，如果不指定 Metric 值，默认为无穷大，即不可用。

(5) 修改 RIP 重分布时的默认 Metric 值：

r1(config)#router rip

r1(config-router)#default-metric 8

说明：在重分布的那台路由器上将默认重分布进 RIP 时的 Metric 值改为 8。

(6) 再次查看 RIP 路由器 R3 的路由表：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

```
R    10.1.1.0 [120/8] via 13.1.1.1, 00:00:13, Serial1/1
```

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

```
R    12.1.1.0 [120/8] via 13.1.1.1, 00:00:13, Serial1/1
```

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

```
C    13.1.1.0 is directly connected, Serial1/1
```

```
r3#
```

说明：RIP 中成功收到从 EIGRP 重分布过来的路由，并且默认 Metric 值为修改后的 8。

（7）手工指定 EIGRP 重分布进 RIP 时的 Metric 值：

```
r1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#redistribute eigrp 1 metric 2
```

说明：手工指定 EIGRP 重分布进 RIP 时的 Metric 值为 2。

（8）再次查看 RIP 路由器 R3 的路由表：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

```
R    10.1.1.0 [120/2] via 13.1.1.1, 00:00:17, Serial1/1
```

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

```
R    12.1.1.0 [120/2] via 13.1.1.1, 00:00:17, Serial1/1
```

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/1

r3#

说明：Metric 值已被改为 2，说明手工指定的 Metric 值优先于默认 Metric 值。

（9）重分布 EIGRP 进 OSPF：

r1(config)#router ospf 1

r1(config-router)#redistribute eigrp 1 subnets

说明：将 EIGRP 所有路由重分布进 OSPF。

（10）查看 OSPF 路由器 R4 的路由表：

r4#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 10.1.1.0 [110/20] via 14.1.1.1, 00:00:19, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 12.1.1.0 [110/20] via 14.1.1.1, 00:00:19, FastEthernet0/1

14.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 14.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r4#

说明：成功将 EIGRP 重分布进 OSPF，并且看到默认的类型为 2 类，并且默认 Metric 值为 20。

(11) 重分布 BGP 进 OSPF:

```
r1(config)#router bgp 1
```

```
r1(config-router)#bgp redistribute-internal
```

```
r1(config)#router ospf 1
```

```
r1(config-router)#redistribute bgp 1 subnets
```

说明：将 BGP 重分布进 OSPF。

(12) 查看 OSPF 路由器 R4 的路由表:

r4#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 10.1.1.0 [110/20] via 14.1.1.1, 00:01:50, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 12.1.1.0 [110/20] via 14.1.1.1, 00:01:50, FastEthernet0/1

14.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 14.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 15.1.1.0 [110/1] via 14.1.1.1, 00:00:21, FastEthernet0/1

r4#

说明：成功将 BGP 重分布进 OSPF，并且看到默认的类型为 2 类，而 BGP 的默认 Metric 值为 1，这是与其它路由协议不一样的地方。

(13) 修改重分布进 OSPF 时的默认 Metric 值：

```
r1(config)#router ospf 1
```

```
r1(config-router)#default-metric 30
```

说明：将重分布进 OSPF 时的默认 Metric 值修改为 30。

(14) 再次查看 OSPF 路由器 R4 的路由表：

```
r4#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 10.1.1.0 [110/30] via 14.1.1.1, 00:00:25, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 12.1.1.0 [110/30] via 14.1.1.1, 00:00:25, FastEthernet0/1

14.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 14.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 15.1.1.0 [110/30] via 14.1.1.1, 00:00:25, FastEthernet0/1

r4#

说明：所有重分布进 OSPF 的默认 Metric 值全部变成了 30。

(15) 重分布 OSPF 进 EIGRP:

r1(config)#router eigrp 1

r1(config-router)#redistribute ospf 1

说明：将 OSPF 重分布进 EIGRP:

(16) 查看 EIGRP 路由器 R2 的路由表:

r2#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, Loopback10

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

r2#

说明：重分布进 EIGRP 的路由为空，所以注意修改 Metric 值。

（17）修改重分布进 EIGRP 时的默认 Metric 值：

r1(config)#router eigrp 1

r1(config-router)#default-metric 10000 100 255 1 1500

说明：修改的 EIGRP 默认 Metric 值为 5 个 K 值所代表的值。

（18）再次查看 EIGRP 路由器 R2 的路由表：

r2#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, Loopback10

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

14.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D EX 14.1.1.0 [170/284160] via 12.1.1.1, 00:02:58, FastEthernet0/0

r2#

说明：修改默认 Metric 值后，已经成功收到重分布进来的路由。

注：从实验中不难看出，所有重分布时修改的 Metric 值，全部都是在做重分布的那台路由器上修改的。

（19）重分布直连路由进 EIGRP 时使用 Route-MAP：

```
r1(config)#route-map NET15 permit 10
```

```
r1(config-route-map)#match interface serial 1/0
```

```
r1(config-route-map)#exit
```

```
r1(config)#router eigrp 1
```

```
r1(config-router)#redistribute connected route-map NET15
```

说明：通过 Route-Map 只匹配重分布接口 serial 1/0 进 EIGRP。

(20) 查看 EIGRP 路由器 R2 的路由表：

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, Loopback10

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D EX 15.1.1.0 [170/2172416] via 12.1.1.1, 00:00:24, FastEthernet0/0

r2#

说明：只有与 Route-Map 中定义的接口相匹配的 serial 1/0 被重分布进了 EIGRP

（21）改变重分布直连路由进 EIGRP 时使用 Route-MAP：

```
r1(config)#route-map EIGRP deny 10
```

```
r1(config-route-map)#match interface s1/0
```

```
r1(config-route-map)#exit
```

```
r1(config)#route-map EIGRP permit 20
```

```
r1(config-route-map)#exit
```

```
r1(config)#router eigrp 1
```

```
r1(config-router)#no redistribute connected route-map NET15
```

```
r1(config-router)#redistribute connected route-map EIGRP
```

说明：修改 Route-Map 拒绝接口 serial 1/0，但允许其它所有接口进 EIGRP。

(22) 查看 EIGRP 路由器 R2 的路由表：

```
r2#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, Loopback10

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D EX 13.1.1.0 [170/2172416] via 12.1.1.1, 00:00:11, FastEthernet0/0

14.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D EX 14.1.1.0 [170/30720] via 12.1.1.1, 00:00:11, FastEthernet0/0

r2#

说明：修改 Route-Map 后，除了接口 serial 1/0 的路由没有之外，其它的都有。

3 测试 PBR

(1) 将直连网络全部重分布进各协议：

```
r1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#redistribute connected
```

```
r1(config)#router bgp 1
```

```
r1(config-router)#redistribute connected
```

```
r1(config)#router ospf 1
```

```
r1(config-router)#redistribute connected subnets
```

```
r1(config)#router eigrp 1
```

```
r1(config-router)#redistribute connected
```

说明：将直连网络全部重分布进各协议，保证通畅。

(2) 开启 R2 与 R5 和 VTY 线路：

```
r2(config)#line vty 0 4
```

```
r2(config-line)#no login
```

```
r2(config-line)#exit
```

```
r5(config)#line vty 0 4
```

```
r5(config-line)#no login
```

```
r5(c
```

说明：允许 R2 与 R5 的 VTY 使用空密码登陆。

（3）查看当前 R1 的路由表：

```
r1#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

D 10.1.1.0 [90/156160] via 12.1.1.2, 00:36:29, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 12.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, Serial1/1

14.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 14.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

15.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 15.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

r1#

说明：当前 R1 选择从 R2 去往 10.1.1.0/24。

（4）测试 R1 到达 10.1.1.0/24 的路径：

r1#telnet 10.1.1.1

Trying 10.1.1.1 ... Open

r2>

r1#telnet 10.1.1.1 /source-interface serial 1/1

Trying 10.1.1.1 ... Open

r2

说明：R1 无论以什么形式，都是通过 R2 去往 10.1.1.0/24 的，因为路由表中就是这样。

（5）测试 R3 到达各网段的路径：

r3#telnet 10.1.1.1

Trying 10.1.1.1 ... Open

r2>

r3#telnet 15.1.1.5

Trying 15.1.1.5 ... Open

r5>

```
r3#telnet 12.1.1.2
```

```
Trying 12.1.1.2 ... Open
```

```
r2>
```

说明： R3 从 R2 到达 10.1.1.0/24，其它网段也均正常到达路由器。

（6）在 R1 连接 R3 的接口上配置 PBR：

```
r1(config)#access-list 133 permit ip any host 10.1.1.1
```

```
r1(config)#route-map SET permit 10
```

```
r1(config-route-map)#match ip address 133
```

```
r1(config-route-map)#set ip next-hop 15.1.1.5
```

```
r1(config-route-map)#exit
```

```
r1(config)#int s1/1
```

```
r1(config-if)#ip policy route-map SET
```

说明： 配置 PBR 使任何去往 10.1.1.1/32 的流量都被强制发送到 R5。

（7）测试 R3 到达 10.1.1.1/32 的路径：

```
r3#telnet 10.1.1.1
```

```
Trying 10.1.1.1 ... Open
```

r5>

r5>

说明：R3 到达 10.1.1.1 已经从原来的 R2 被改到 R5，说明 PBR 生效。

(8) 再测试 R3 到达其它网段的路径：

r3#telnet 12.1.1.2

Trying 12.1.1.2 ... Open

r2>

说明：到达其它网段的流量并没有执行 PBR，所以没有被发到 R5，只是去往 10.1.1.1/32 的流量被 PBR 生效。

(9) 测试 R1 自己到达 10.1.1.1/32 的路径：

r1#telnet 10.1.1.1 /source-interface serial 1/1

Trying 10.1.1.1 ... Open

r2>

说明：自己还是通过 R2 到达 10.1.1.1/32，路径和配置 PBR 之前没有变化，说明

PBR 不对自己产生的流量生效。

（10）配置 PBR 对 R1 自己产生的流量：

```
r1(config)#ip local policy route-map SET
```

说明：允许当前配置的 PBR 对自己产生的流量生效。

（10）再次测试 R1 自己到达 10.1.1.1/32 的路径：

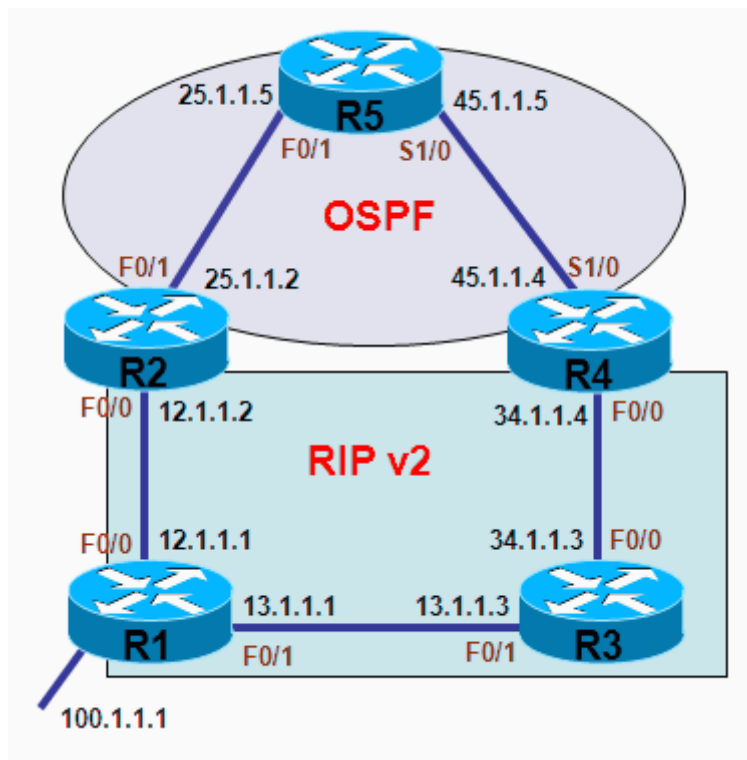
```
r1#telnet 10.1.1.1 /source-interface serial 1/1
```

```
Trying 10.1.1.1 ... Open
```

```
r5>
```

说明：修改后，PBR 已对自己产生的流量生效。

配置路由控制



说明：以上图为例，配置路由控制，解决路由环路和次优路径，其中包含配置 Distribute-List 过滤，修改特定路由 AD 值，进程过滤，以及 Tag 过滤，为了方便起见，我们只以 100.1.1.0 的路由选择为例，并且 100.1.1.0 被重分布进 RIP。

1.配置网络基础环境

(1) 配置 R1:

```
r1(config)#int loopback 100
```

```
r1(config-if)#ip add 100.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config)#int f0/0
```

```
r1(config-if)#ip add 12.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#int f0/1
```

```
r1(config-if)#ip address 13.1.1.1 255.255.255.0
```

```
r1(config-if)#no sh
```

```
r1(config)#router rip
```

```
r1(config-router)#ver 2
```

```
r1(config-router)#no auto-summary
```

```
r1(config-router)#network 12.0.0.0
```

```
r1(config-router)#network 13.0.0.0
```

```
r1(config-router)#redistribute connected metric 5
```

说明：在 R1 上配置了 100.1.1.0/24，12.1.1.0/24，13.1.1.0/24，在 12.1.1.0/24，13.1.1.0/24 运行 RIP，并将 100.1.1.0/24 重分布进 RIP，重分布时的 Metric 值为 5。

(2) 配置 R2:

```
r2(config)#int f0/0
```

```
r2(config-if)#ip add 12.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config)#int f0/1
```

```
r2(config-if)#ip address 25.1.1.2 255.255.255.0
```

```
r2(config-if)#no sh
```

```
r2(config)#router rip
```

```
r2(config-router)#version 2
```

```
r2(config-router)#no auto-summary
```

```
r2(config-router)#network 12.0.0.0
```

```
r2(config)#router ospf 1
```

```
r2(config-router)#router-id 2.2.2.2
```

```
r2(config-router)#network 25.1.1.2 0.0.0.0 area 0
```

说明：在 R2 上配置了 12.1.1.0/24，25.1.1.0/24，在 12.1.1.0/24 运行 RIP，在 25.1.1.0/24 运行 OSPF。

（3）配置 R3：

```
r3(config)#int f0/0
```

```
r3(config-if)#ip address 34.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config)#int f0/1
```



```
r3(config-if)#ip address 13.1.1.3 255.255.255.0
```

```
r3(config-if)#no sh
```

```
r3(config)#router rip
```

```
r3(config-router)#ver 2
```

```
r3(config-router)#no auto-summary
```

```
r3(config-router)#network 13.0.0.0
```

```
r3(config-router)#network 34.0.0.0
```

说明：在 R3 上配置了 13.1.1.0/24，34.1.1.0/24，全部网段运行 RIP。

(4) 配置 R4：

```
r4(config)#int f0/0
```

```
r4(config-if)#ip add 34.1.1.4 255.255.255.0
```

```
r4(config-if)#no sh
```

```
r4(config)#int s1/0
```

```
r4(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
r4(config-if)#no frame-relay inverse-arp
```

```
r4(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r4(config-if)#ip address 45.1.1.4 255.255.255.0
```

```
r4(config-if)#no shutdown
```

```
r4(config-if)#frame-relay map ip 45.1.1.5 405 broadcast
```

```
r4(config-if)#ip ospf network point-to-point
```

```
r4(config)#router rip
```

```
r4(config-router)#version 2
```

```
r4(config-router)#no auto-summary
```

```
r4(config-router)#network 34.0.0.0
```

```
r4(config)#router ospf 1
```

```
r4(config-router)#router-id 4.4.4.4
```

```
r4(config-router)#network 45.1.1.4 0.0.0.0 area 0
```

说明：在 R4 上配置了 34.1.1.0/24，45.1.1.0/24，在 34.1.1.0/24 运行 RIP，在 45.1.1.0/24 运行 OSPF。

（5）配置 R5：

```
r5(config)#int f0/1
```

```
r5(config-if)#ip add 25.1.1.5 255.255.255.0
```

```
r5(config-if)#no sh
```

```
r5(config)#int s1/0
```

```
r5(config-if)#encapsulation frame-relay
```

```
r5(config-if)#no frame-relay inverse-arp
```

```
r5(config-if)#no arp frame-relay
```

```
r5(config-if)#ip add 45.1.1.5 255.255.255.0
```

```
r5(config-if)#no sh
```

```
r5(config-if)#frame-relay map ip 45.1.1.4 504 broadcast
```

```
r5(config-if)#ip ospf network point-to-point
```

```
r5(config)#router ospf 1
```

```
r5(config-router)#router-id 5.5.5.5
```

```
r5(config-router)#network 25.1.1.5 0.0.0.0 area 0
```

```
r5(config-router)#network 45.1.1.5 0.0.0.0 area 0
```

说明：在 R5 上配置了 25.1.1.0/24，45.1.1.0/24，全部网段运行 OSPF。

(6) 查看 R4 去往 100.1.1.0/24 的路由情况：

```
r4#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [120/6] via 34.1.1.3, 00:00:06, FastEthernet0/0

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 25.1.1.0 [110/65] via 45.1.1.5, 00:01:14, Serial1/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 12.1.1.0 [120/2] via 34.1.1.3, 00:00:06, FastEthernet0/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 13.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.3, 00:00:06, FastEthernet0/0

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 45.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

r4#

说明：R4 通过 RIP 内部去往 100.1.1.0/24，路径正常。

(7) 查看 R3 去往 100.1.1.0/24 的路由情况：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [120/5] via 13.1.1.1, 00:00:09, FastEthernet0/1

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 12.1.1.0 [120/1] via 13.1.1.1, 00:00:09, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

r3#

说明：R3 通过 RIP 内部去往 100.1.1.0/24，路径正常。

（8）跟踪 R3 去往 100.1.1.0/24 的路径情况：

r3#traceroute 100.1.1.1

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 100.1.1.1

1 13.1.1.1 224 msec * 80 msec

r3#

说明：R3 从 13.1.1.1 直接去往 100.1.1.0/24，路径正常。

（9）在 R2 与 R4 上配置 RIP 与 OSPF 的双向重分布：

r2(config)#router rip

r2(config-router)#redistribute ospf 1 metric 1

r2(config)#router ospf 1

r2(config-router)#redistribute rip subnets

```
r4(config)#router rip
```

```
r4(config-router)#redistribute ospf 1 metric 1
```

```
r4(config)#router ospf 1
```

```
r4(config-router)#redistribute rip subnets
```

说明：在 R2 与 R4 上配置 RIP 与 OSPF 的双向重分布，并且在 R4 将 OSPF 重分布进 RIP 时，Metric 值为 1，小于 R1 将 100.1.1.0 重分布进 RIP 时的值。

（10）查看配置重分布后 R4 的路由表情况：

```
r4#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 100.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:01:19, Serial1/0

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 25.1.1.0 [110/65] via 45.1.1.5, 00:01:19, Serial1/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 12.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:01:19, Serial1/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 13.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:01:19, Serial1/0

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 45.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

r4#

说明：因为 RIP 区域的路由器 R1 将外部路由 100.1.1.0 重分布进 RIP 后，R2 再将 100.1.1.0 重分布进 OSPF 区域，路由传递到 R4 时，由于 OSPF 的 AD 值为 110，小于 RIP，最终造成 R4 到达 100.1.1.0 从更远的 OSPF 路径绕一圈。

（11）查看配置重分布后 R3 的路由表情况：

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:13, FastEthernet0/0

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 25.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:13, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 12.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:13, FastEthernet0/0

[120/1] via 13.1.1.1, 00:00:18, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 45.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:13, FastEthernet0/0

```
r3#
```

```
r3#traceroute 100.1.1.1
```

Type escape sequence to abort.

Tracing the route to 100.1.1.1

```
1 34.1.1.4 64 msec 44 msec 60 msec
```

```
2 45.1.1.5 256 msec 104 msec 140 msec
```

```
3 25.1.1.2 156 msec 124 msec 76 msec
```

```
4 12.1.1.1 232 msec * 284 msec
```

```
r3#
```

说明：因为 RIP 区域的路由器 R1 将外部路由 100.1.1.0 重分布进 RIP 后，R2 再将 100.1.1.0 重分布进 OSPF 区域，路由传递到 R4 时，由于 OSPF 的 AD 值为 110，小于 RIP，最终造成 R4 到达 100.1.1.0 从更远的 OSPF 路径绕一圈，当 R4 再将 OSPF 重分布进 RIP 时，Metric 值为 1，小于 R1 将 100.1.1.0 重分布进 RIP 时的值，所以 R3 也选择从 OSPF 的路径去往 100.1.1.0/24。

通过分析可以得知，造成次优路径的原因为，不应该配置 OSPF 重分布进 RIP 时，再将 100.1.1.0/24 返回 RIP，或者干脆在重分布 RIP 去往 OSPF 时，不将 100.1.1.0/24 放过去，但现在可以多种方法解决该问题。

2.配置 Distribute-List 过滤

(1) 在 R4 上配置 Distribute-List 过滤:

```
r4(config)#access-list 4 deny 100.1.1.0
```

```
r4(config)#access-list 4 permit any
```

```
r4(config)#router ospf 1
```

```
r4(config-router)#distribute-list 4 in s1/0
```

说明: 在 R4 上配置 Distribute-List 过滤, 拒绝再次 OSPF 接收 100.1.1.0/24 的路由, 从而防止次优路径。

(2) 查看 R4 配置 Distribute-List 过滤后的路由表情况:

```
r4#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [120/6] via 34.1.1.3, 00:00:03, FastEthernet0/0

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 25.1.1.0 [110/65] via 45.1.1.5, 00:00:32, Serial1/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 12.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:00:32, Serial1/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 13.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:00:32, Serial1/0

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 45.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

r4#

说明：因为 R4 拒绝再次 OSPF 接收 100.1.1.0/24 的路由，所以 R4 选择从内部 RIP 去往 100.1.1.0/24，配置 Distribute-List 过滤后，路径选择正常。

（3）查看 R3 配置 Distribute-List 过滤后的路径情况：

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [120/5] via 13.1.1.1, 00:00:21, FastEthernet0/1

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 25.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:14, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 12.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:14, FastEthernet0/0

[120/1] via 13.1.1.1, 00:00:21, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 45.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:14, FastEthernet0/0

```
r3#
```

```
r3#traceroute 100.1.1.1
```

```
Type escape sequence to abort.
```

```
Tracing the route to 100.1.1.1
```

```
 1 13.1.1.1 224 msec * 80 msec
```

```
r3#
```

说明：因为 R4 拒绝再次 OSPF 接收 100.1.1.0/24 的路由，所以 R3 选择从内部 RIP 去往 100.1.1.0/24，配置 Distribute-List 过滤后，路径选择正常。

3.修改 AD 值控制路径走向

说明：由于 100.1.1.0/24 在 R4 从 RIP 学习到的 AD 值为 120，而从 OSPF 学习到的 AD 值为 110，所以造成 R4 从 OSPF 去往 100.1.1.0/24，所以通过修改 OSPF 的 AD 值大于 RIP，便可控制路径走向，同样可以控制 AD 值来控制 R3 去往 100.1.1.0/24 的路径走向。

（1）恢复网络至初始路径状态：

```
r4(config-router)#no distribute-list 4 in s1/0
```

R3:

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:04, FastEthernet0/0

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 25.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:04, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 12.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:04, FastEthernet0/0

[120/1] via 13.1.1.1, 00:00:19, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 45.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:04, FastEthernet0/0

r3#

R4:

r4#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 100.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:01:52, Serial1/0

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 25.1.1.0 [110/65] via 45.1.1.5, 00:03:49, Serial1/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 12.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:03:49, Serial1/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 13.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:03:49, Serial1/0

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 45.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

r4#

说明：R3 和 R4 都选择从 OSPF 去往目标 100.1.1.0/24，此路径为次优路径。

（2）在 R3 上修改 AD 值控制路径走向：

```
r3(config)#access-list 33 permit 100.1.1.0
```

```
r3(config)#router rip
```

```
r3(config-router)#distance 109 13.1.1.1 0.0.0.0 33
```

说明：在 R3 上修改从 13.1.1.1 去往 100.1.1.0/24 的 AD 值为 109，大于从 R4 去往 100.1.1.0/24，配置中的地址为下一跳地址。

(3) 查看修改 AD 值后 R3 的路径情况：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [109/5] via 13.1.1.1, 00:00:23, FastEthernet0/1

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 25.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:11, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 12.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:11, FastEthernet0/0

[120/1] via 13.1.1.1, 00:00:23, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 45.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:11, FastEthernet0/0

r3#

说明：修改 AD 值后，R3 选择从 13.1.1.1 直接去往 100.1.1.0/24。

（4）在 R4 上查看 100.1.1.0 在 OSPF 中通告的 Router-ID：

r4#sh ip ospf database external 100.1.1.0

OSPF Router with ID (4.4.4.4) (Process ID 1)

Type-5 AS External Link States

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 155

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: AS External Link

Link State ID: 100.1.1.0 (External Network Number)

Advertising Router: 2.2.2.2

LS Seq Number: 80000001

Checksum: 0x7BB6

Length: 36

Network Mask: /24

Metric Type: 2 (Larger than any link state path)

TOS: 0

Metric: 20

Forward Address: 0.0.0.0

External Route Tag: 0

r4#

说明：因为在 OSPF 修改特定路由的 AD 值，下一跳为通告该 LSA 的 Router-ID。

（5）在 R4 上修改 AD 值控制路径走向：

```
r4(config)#access-list 44 permit 100.1.1.0
```

```
r4(config)#router ospf 1
```

```
r4(config-router)#distance 121 2.2.2.2 0.0.0.0 44
```

说明：在 R4 上修改从 OSPF 去往 100.1.1.0/24 的 AD 值为 121，大于从 RIP 内部去往 100.1.1.0/24，置中的地址为通告该 LSA 的 Router-ID。

(6) 查看修改 AD 值后 R4 的路径情况：

```
r4#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [120/6] via 34.1.1.3, 00:00:11, FastEthernet0/0

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 25.1.1.0 [110/65] via 45.1.1.5, 00:00:22, Serial1/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 12.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:00:22, Serial1/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 13.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:00:22, Serial1/0

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 45.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

r4#

说明：修改 AD 值后，R4 选择从 RIP 内部去往 100.1.1.0/24，

4.通过 Route-Map 过滤路由

说明：在 R2 上将 RIP 重分布进 OSPF 时，过滤掉 100.1.1.0/24

(1) 恢复网络至初始路径状态：

r4(config)#router ospf 1

r4(config-router)#no distance 121 2.2.2.2 0.0.0.0 44

R4:

r4#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 100.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:00:06, Serial1/0

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 25.1.1.0 [110/65] via 45.1.1.5, 00:01:03, Serial1/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 12.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:01:03, Serial1/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 13.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:01:03, Serial1/0

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 45.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

r4#

R3:

```
r3(config)#router rip
```

```
r3(config-router)#no distance 109 13.1.1.1 0.0.0.0 33
```

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:03, FastEthernet0/0

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 25.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:03, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 12.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:03, FastEthernet0/0

[120/1] via 13.1.1.1, 00:00:03, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 45.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:03, FastEthernet0/0

r3#

说明：R3 和 R4 都选择从 OSPF 去往目标 100.1.1.0/24，此路径为次优路径。

（2）在 R2 上通过 Route-Map 过滤 100.1.1.0/24:

r2(config)#access-list 22 permit 100.1.1.0

r2(config)#route-map NET100 deny 10

r2(config-route-map)#exit

r2(config-route-map)#match ip address 22

```
r2(config-route-map)#exit
```

```
r2(config)#route-map NET100 permit 20
```

```
r2(config-route-map)#exit
```

```
r2(config)#router ospf 1
```

```
r2(config-router)#redistribute rip
```

```
r2(config-router)#redistribute rip subnets route-map NET100
```

说明：通过 Route-Map 在 R2 上将 RIP 重分布进 OSPF 时，过滤掉 100.1.1.0/24

（3）查看使用 Route-map 过滤后 R4 的路径情况：

```
r4#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [120/6] via 34.1.1.3, 00:00:15, FastEthernet0/0

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 25.1.1.0 [110/65] via 45.1.1.5, 00:03:42, Serial1/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 12.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:03:42, Serial1/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 13.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:03:42, Serial1/0

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 45.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

r4#

说明：从 OSPF 过滤掉 100.1.1.0/24 后，R4 选择从 RIP 内部去往 100.1.1.0/24，

（4）查看使用 Route-map 过滤后 R3 的路径情况：

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [120/5] via 13.1.1.1, 00:00:17, FastEthernet0/1

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 25.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:11, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 12.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:11, FastEthernet0/0

[120/1] via 13.1.1.1, 00:00:18, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 45.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:11, FastEthernet0/0

r3#

说明：从 OSPF 过滤掉 100.1.1.0/24 后，R3 选择从 RIP 内部去往 100.1.1.0/24，

（5）查看使用 Route-map 过滤后 R5 的 LSA 数据库情况：

r5#sh ip ospf database external 100.1.1.0

OSPF Router with ID (5.5.5.5) (Process ID 1)

Type-5 AS External Link States

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 65

Options: (No TOS-capability, DC)

LS Type: AS External Link

Link State ID: 100.1.1.0 (External Network Number)

Advertising Router: 4.4.4.4

LS Seq Number: 80000001

Checksum: 0x3FEA

Length: 36

Network Mask: /24

Metric Type: 2 (Larger than any link state path)

TOS: 0

Metric: 20

Forward Address: 0.0.0.0

External Route Tag: 0

r5#

说明：在 R2 上配置 Route-Map 过滤掉 100.1.1.0/24 后，R5 并没有再从 R2 收到关于 100.1.1.0/24 的 LSA。

5.通过配置进程过滤路由控制路径走向

说明：在 R4 将 OSPF 路由重分布进 RIP 时，可以在进程中过滤掉 100.1.1.0/24 返回 RIP。

(1) 恢复网络至初始路径状态：

```
r2(config)#router ospf 1
```

```
r2(config-router)#no redistribute rip subnets route-map NET100
```

```
r2(config-router)#redistribute rip subnets
```

R4:

r4#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 100.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:00:18, Serial1/0

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 25.1.1.0 [110/65] via 45.1.1.5, 00:00:37, Serial1/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 12.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:00:37, Serial1/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 13.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:00:37, Serial1/0

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 45.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

r4#

R3:

r3#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets


```
C    34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

    100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R    100.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:03, FastEthernet0/0

    25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R    25.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:03, FastEthernet0/0

    12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R    12.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:03, FastEthernet0/0

        [120/1] via 13.1.1.1, 00:00:07, FastEthernet0/1

    13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C    13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

    45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R    45.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:03, FastEthernet0/0

r3#
```

说明：R3 和 R4 都选择从 OSPF 去往目标 100.1.1.0/24，此路径为次优路径。

(2)在 R4 将 OSPF 路由重分布进 RIP 时，在进程中过滤掉 100.1.1.0/24 返回 RIP:

```
r4(config)#access-list 4 deny 100.1.1.0

r4(config)#access-list 4 permit any
```

```
r4(config)#router rip
```

```
r4(config-router)#distribute-list 4 out ospf 1
```

说明：在 R4 将 OSPF 路由重分布进 RIP 时，在进程中过滤掉 100.1.1.0/24 返回 RIP。

（3）查看配置进程过滤后 R3 的路径情况：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [120/5] via 13.1.1.1, 00:00:07, FastEthernet0/1

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 25.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:07, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 12.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:07, FastEthernet0/0

[120/1] via 13.1.1.1, 00:00:07, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 45.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:07, FastEthernet0/0

r3#

说明：因为 R3 已经不能从 R4 收到关于 100.1.1.0/24 的路由，所以 R3 直接选择从 R1 去往目标 100.1.1.0/24。

（4）查看配置进程过滤后 R4 的路径情况：

r4#sh ip route

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 100.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:00:27, Serial1/0

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O 25.1.1.0 [110/65] via 45.1.1.5, 00:00:27, Serial1/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 12.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:00:27, Serial1/0

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

O E2 13.1.1.0 [110/20] via 45.1.1.5, 00:00:27, Serial1/0

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 45.1.1.0 is directly connected, Serial1/0

r4#

说明：因为过滤是对其它路由器生效，所以 R4 的路径保持不变。

6.配置 Tag 过滤技术控制路径走向

说明：Tag 过滤技术就是将各自协议的路由都打上 Tag，在将该路由在重分布回原路由协议时，通过匹配 Tag 来拒绝掉路由返回，下面我们将 OSPF 自己的路由打上

Tag 110, 将 RIP 自己的路由打上 Tag 120, 并且在重分布时, 通过匹配 Tag 拒绝原本属于自己的路由再返回。

(1) 恢复网络至初始路径状态:

```
r4(config)#router rip
```

```
r4(config-router)#no distribute-list 4 out ospf 1
```

R3:

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:00, FastEthernet0/0

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 25.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:00, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 12.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:00, FastEthernet0/0

[120/1] via 13.1.1.1, 00:00:25, FastEthernet0/1

13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1

45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 45.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:00, FastEthernet0/0

r3#

说明：R3 选择从 OSPF 去往目标 100.1.1.0/24，此路径为次优路径。

（2）在 R2 上配置 Tag 过滤技术：

```
r2(config)#route-map R2O deny 10
```

```
r2(config-route-map)#match tag 110
```

```
r2(config-route-map)#exit
```

```
r2(config)#route-map R2O permit 20
```

```
r2(config-route-map)#set tag 120
```

```
r2(config-route-map)#exit

r2(config)#route-map O2R deny 10

r2(config-route-map)#match tag 120

r2(config-route-map)#exit

r2(config)#route-map O2R permit 20

r2(config-route-map)#set tag 110

r2(config-route-map)#exit


r2(config)#router rip

r2(config-router)#redistribute ospf 1 metric 1 route-map O2R


r2(config)#router ospf 1

r2(config-router)#redistribute rip subnets route-map R2O
```

说明：在双向重分布时，将 OSPF 自己的路由打上 Tag 110，将 RIP 自己的路由打上 Tag 120，并且通过匹配 Tag 拒绝原本属于自己的路由再返回，也就是 OSPF 重分布进 RIP 时，拒绝 Tag 为 120 的路由返回，RIP 重分布进 OSPF 时，拒绝 Tag 为 110 的路由返回，因为它们原本就是自己的路由。

(3) 在 R4 上配置 Tag 过滤技术：

```
r4(config)#route-map R2O deny 10

r4(config-route-map)#match tag 110

r4(config-route-map)#exit

r4(config)#route-map R2O permit 20

r4(config-route-map)#set tag 120

r4(config-route-map)#exit

r4(config)#route-map O2R deny 10

r4(config-route-map)#match tag 120

r4(config-route-map)#exit

r4(config)#route-map O2R permit 20

r4(config-route-map)#set tag 110

r4(config-route-map)#exit

r4(config)#router rip

r4(config-router)#redistribute ospf 1 metric 1 route-map O2R

r4(config-router)#exi

r4(config)#router ospf 1

r4(config-router)#redistribute rip subnets route-map R2O
```

说明：配置同 R2，在双向重分布时，将 OSPF 自己的路由打上 Tag 110，将 RIP 自己的路由打上 Tag 120，并且通过匹配 Tag 拒绝原本属于自己的路由再返回，也就是 OSPF 重分布进 RIP 时，拒绝 Tag 为 120 的路由返回，RIP 重分布进 OSPF 时，拒绝 Tag 为 110 的路由返回，因为它们原本就是自己的路由。

(4) 查看配置 Tag 过滤后 R3 的路径情况：

```
r3#sh ip route
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

34.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

C 34.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

100.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 100.1.1.0 [120/5] via 13.1.1.1, 00:00:20, FastEthernet0/1

25.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

R 25.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:21, FastEthernet0/0

12.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

```
R    12.1.1.0 [120/1] via 13.1.1.1, 00:00:20, FastEthernet0/1
```

```
    13.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
```

```
C    13.1.1.0 is directly connected, FastEthernet0/1
```

```
    45.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
```

```
R    45.1.1.0 [120/1] via 34.1.1.4, 00:00:21, FastEthernet0/0
```

```
r3#
```

说明：配置 Tag 过滤掉，R3 不再从 OSPF 学习到源于自身的路由，所以 R3 选择从 R1 直接去往目标 100.1.1.0/24。

（5）在 R1 上查看配置 Tag 过滤后，源于 OSPF 路由的 Tag 情况：

```
r3#sh ip route 25.1.1.0
```

```
Routing entry for 25.1.1.0/24
```

```
Known via "rip", distance 120, metric 1
```

```
Tag 110
```

```
Redistributing via rip
```

```
Last update from 34.1.1.4 on FastEthernet0/0, 00:00:01 ago
```

```
Routing Descriptor Blocks:
```

```
* 34.1.1.4, from 34.1.1.4, 00:00:01 ago, via FastEthernet0/0
```

```
Route metric is 1, traffic share count is 1
```

```
Route tag 110
```

```
r3#
```

说明：源于 OSPF 的路由 25.1.1.0/24 的 Tag 为 110，与配置预期相同。

(6) 在 R1 上查看配置 Tag 过滤后，源于 RIP 路由的 Tag 情况：

```
r5#sh ip route 100.1.1.0
```

```
Routing entry for 100.1.1.0/24
```

```
Known via "ospf 1", distance 110, metric 20
```

```
Tag 120, type extern 2, forward metric 1
```

```
Last update from 25.1.1.2 on FastEthernet0/1, 00:01:53 ago
```

```
Routing Descriptor Blocks:
```

```
* 25.1.1.2, from 2.2.2.2, 00:01:53 ago, via FastEthernet0/1
```

```
Route metric is 20, traffic share count is 1
```

```
Route tag 120
```

```
r5#
```

说明：源于 RIP 的路由 100.1.1.0/24 的 Tag 为 120，与配置预期相同。