

# 浙江大学

## 本科实验报告

课程名称:	计算机网络基础
实验名称:	动态路由协议 BGP 配置
姓 名:	李秋宇
学 院:	计算机学院
系:	计算机
专 业:	计算机科学与技术
学 号:	3220103373
指导教师:	邱劲松

2024 年 12 月 16 日

# 浙江大学实验报告

## 一、实验目的

1. 理解距离向量路由协议的工作原理。
2. 理解 BGP 协议的工作机制。
3. 掌握配置和调试 BGP 协议的方法。

## 二、实验内容

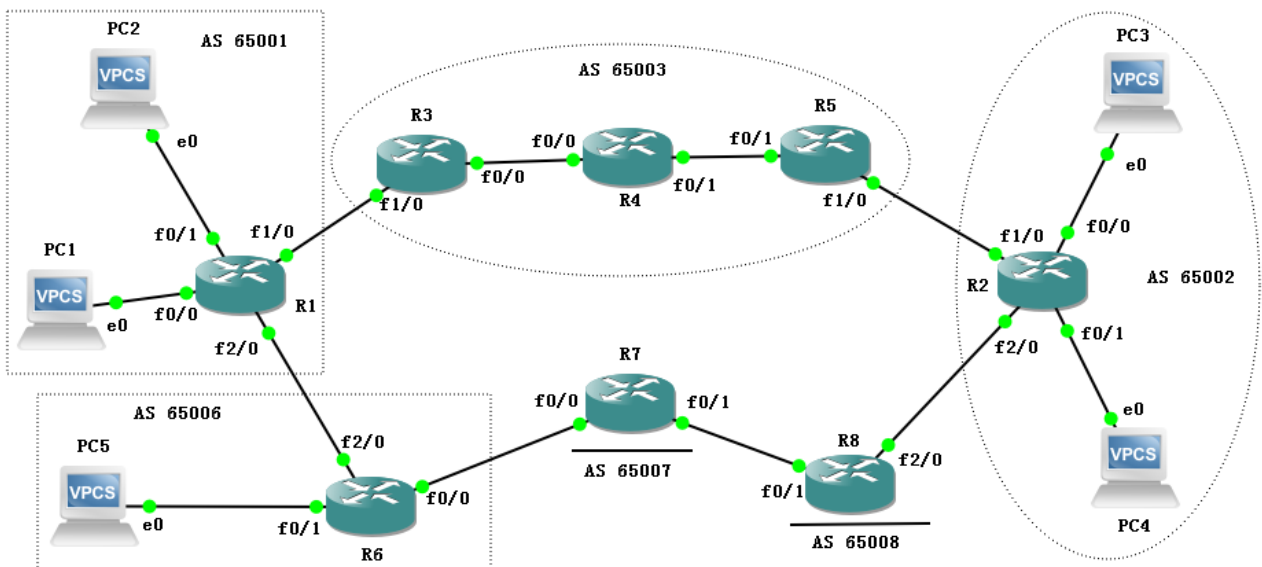
- 创建多种类型的网络，各自成为一个独立的 AS
- AS 内部路由器配置成启用 OSPF 路由协议
- 在同一个 AS 边界上的路由器启用 BGP 协议，形成邻居关系
- 在不同 AS 边界路由器上启用 BGP 协议，直连路由器之间建立邻居关系
- 观察各路由器上的路由表和 BGP 运行数据，并验证各 PC 能够相互 Ping 通
- 配置边界路由器的 BGP 同步功能，配置 OSPF 中的 BGP 路由重分发功能
- 断开某些链路，观察 BGP 事件和路由表变化
- 配置路由过滤功能
- 配置 IPv6 双栈路由

## 三、主要仪器设备

PC 机、路由器、Console 连接线、直联网络线、交叉网络线。如果物理设备不足，可以使用模拟软件，建议使用 GNS3 软件，详情请参考《使用 GNS3 软件模拟 IOS 指南》。

## 四、操作方法与实验步骤

按照下面的拓扑图连接路由器和 PC 机。每个自治系统 (AS) 均分配 1 个独立的 AS 号。其中，AS 65003 内部运行 OSPF 路由协议，R6、R7、R8 分别代表一个 AS。



实验主要步骤:

- 配置路由器各接口的 IP 地址，使直连的 2 个路由器能相互 Ping 通；
- 在各 AS 边界路由器之间建立邻居关系；

- 在 AS 65003 内部的两头边界路由器（R3、R5）之间建立邻居关系；
- 在 AS 65003 内部启用 OSPF 路由协议，并启用重分发机制，让 OSPF 和 BGP 之间信息互通；
- 在 R8 上配置路由过滤，使得到达 PC3 子网的路由不经过 AS 65008；
- 在 R1 和 R2 之间建立隧道，使得配置了 IPv6 的主机之间能通过中间的 IPv4 网络相互通信。

### 地址分配原则：

- 除了 R1、R2、R6 的 f0/1 接口，R1、R6 的 f2/0 接口以及 PC2、PC4、PC5 配置 IPv6 的地址外，其他均配置 IPv4 的地址；
- PC1、PC3 以及与之相连的路由器接口配置的 IPv4 地址使用 10.x.y.z/24 的形式地址，其中 **x 为学号的最后 1 位**（模版使用 x=0 作为示范），y 为子网号，z 为主机地址；
- 为方便记忆，路由器的回环口 IPv4 地址建议使用 192.S.x.1，其中 **S 为 1+学号的后 2 位**，下同，模版使用 S=168 作为示范，x 为路由器的编号，例如某学生学号后 2 位为 08，路由器 R1 地址回环口地址可设为 192.108.1.1；
- 路由器互联接口的 IPv4 地址建议使用 192.S.xy.x/24、192.S.xy.y/24 形式的地址，其中 **S 为学号的后 2 位**，x,y 分别是相连路由器的编号，例如可以设置 R1 连接 R3 的 f1/0 接口 IP 为 192.108.13.1，R3 连接 R1 的 f1/0 接口 IP 为 192.108.13.3，其他类推；
- IPv6 的地址使用 FEC0::x:y:z/112 形式的站点本地地址，其中 x、y 为子网号，z 为主机地址；
  - IPv6 的地址分配规则：**FEC0::/10 前缀的地址是 IPv6 站点本地地址段（site-local），相当于 IPv4 的私网地址段；FE80::/10 前缀的地址是用于 IPv6 链路本地的地址段（link-local）。**给接口配置 site-local 地址时会自动分配 link-local 地址，也可以手工配置 link-local 地址。
  - 由于同一个接口可以配置多个 IPv6 地址，为避免路由学习时产生多个 Next-hop，路由器只把 link-local 地址作为 Next-hop。路由器会自动通告 link-local 地址的前缀，PC 可以根据这些信息自动配置 link-local 地址，并发现路由。

### BGP 知识点：

- 64512-65534 之间的 AS 号属于私有 AS 号，不在互联网出现。
  - 两个路由器都在同一个 AS，称为 iBGP 邻居，链路称为内部 link。iBGP 邻居之间的链路可以为非直连链路，数据需要通过其他路由器转发。
  - 两个路由器分属于不同的 AS，称为 eBGP 邻居，链路称为外部 link。
  - BGP 路由状态：\*表示有效路由，>表示最佳路由，i 表示内部路由，r 表示写入路由表时被拒绝，原因可能是路由表中已存在优先级更高的同样路由。比如 OSPF 属于内部网关路由协议，优先级比外部网关路由协议 BGP 高。
  - 多个 AS 之间互相连接，从 R1 到 R2 存在多条 AS 间的路径，例如：
    - 65001->65003->65002
    - 65001->65006->65007-65009->65002
    - 65001->65006->65008->65009->65002
- BGP 选择最佳路由的依据有很多，默认是选择经过最少 AS 数量的路径，不以接口速度带宽为标准。
- 路由器在发送 BGP 消息时，可能使用物理接口的 IP 地址作为源地址，这样会因为与对方配置的邻居地址不符，导致无法建立邻居关系。因此需要设置更新源为回环接口，可以避免这种情况发生。
  - 同步功能是让 BGP 等待内部路由器（如 R4）学到了外部路由后才对外发布。重分发功能是把其他路由协议（如 BGP）学习到的路由添加到自己数据库中（如 OSPF）。
  - 路由聚合是将路由表中下一跳相同的多个网络合并成一个网络，这样可以减少路由表的大小，加速路由器转发处理速度。

### BGP 相关命令:

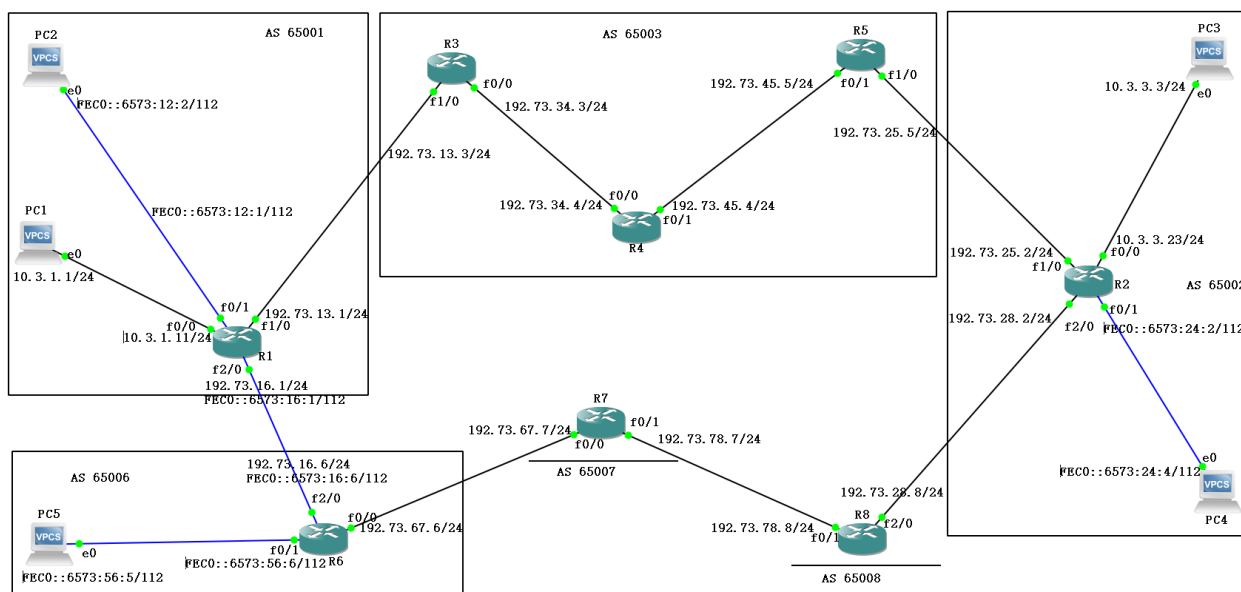
- 在路由器 R1 上启用 BGP 协议, 设置 AS 号, 并宣告直连网络:  
`R1(config)# router bgp <AS-Number>`  
`R1(config-router)# network x.x.x.x mask x.x.x.x`
- 把对方增加为 AS 内部的邻居 (AS-Number 设置为相同的 AS 号)  
`R1(config-router)# neighbor <IP-Address> remote-as <AS-Number>`
- 对方增加为 AS 间的邻居 (IP-Address 为对方的 IP, AS-Number 设置为对方的 AS 号):  
`R1(config-router)# neighbor <IP-Address> remote-as <AS-Number>`
- 查看邻居关系:  
`R1# show ip bgp neighbor`
- 打开 bgp 调试:  
`R1# debug ip bgp`
- 查看 BGP 数据库:  
`R1# show ip bgp`
- 启用 BGP 同步功能:  
`R1(config-router)# synchronization`
- 设置 BGP 更新源为回环接口 (IP-Addr 设置为对方的回环口 IP):  
`R1(config-router)# neighbor <IP-Addr> update-source loopback 0`
- 在 BGP 中启用路由重分发功能, 从 OSPF 中重分发路由信息:  
`R1(config)# router bgp <AS-Number>`  
`R1(config-router)# redistribute ospf <process-id>`
- 在 OSPF 中启用重分发功能, 从 BGP 中重分发路由信息:  
`R1(config)# router ospf <process-id>`  
`R1(config-router)# redistribute bgp <AS-Number> subnets`
- 聚合路由 (summary-only 参数的含义是只传递聚合后的路由, as-set 参数的含义是在传播网络时加上 AS 属性, 避免出现循环路由):  
`R1(config-route)# aggregate-address <ip network> <subnet mask> summary-only as-set`
- 设置允许多条路径:  
`R1(config-route)# maximum-paths 2`

## 五、实验数据记录和处理

以下实验记录需结合屏幕截图进行文字标注和描述，图片应大小合适、关键部分清晰可见（本文档中的截图仅用于示例，请更换成你自己的）。记录输入的命令时，直接粘帖文字即可（保留命令前面的提示符，如 R1#）。

- 按照实验操作方法的说明（注意 IP 地址与学号相关的特别要求），设计好每个 PC、路由器各接口的 IP 地址及掩码（除了 PC2、PC4、PC5 以及与之相连的路由器接口、R1、R6 之间的接口配置 IPv6 的地址外，其他均配置 IPv4 的地址），并标注在拓扑图上。

设计的拓扑图



### ----- Part 1. 配置 iBGP -----

目标：配置自治系统（AS）内的 BGP 路由

- 分别在 R3、R4、R5 上配置回环接口、各物理接口的 IP 地址，激活 OSPF 动态路由协议，宣告直连网络为 Area 0。其中进程 ID 请设置为 1+学号的后 2 位，例如 108。

R3 配置命令：

```
R3(config)#interface f0/0
R3(config-if)# ip addr 192.73.34.3 255.255.255.0 (配置 IP 地址)
R3(config-if)# no shutdown (激活接口)
R3(config)#interface f1/0
R3(config-if)# ip addr 192.73.13.3 255.255.255.0 (配置 IP 地址)
R3(config-if)# no shutdown (激活接口)
R3(config)#interface loopback 0
R3(config-if)# ip addr 192.73.3.1 255.255.255.0 (配置 IP 地址)
R3(config)# router ospf 173 (启动 OSPF 进程)
R3(config-router)# network 192.73.0.0 0.0.255.255 area 0 (宣告各接口子网所属区域)
```

R4 配置命令：

```

R4(config)#interface f0/0
R4(config-if)# ip addr 192.73.34.4 255.255.255.0 (配置 IP 地址)
R4(config-if)# no shutdown (激活接口)
R4(config)#interface f0/1
R4(config-if)# ip addr 192.73.45.4 255.255.255.0 (配置 IP 地址)
R4(config-if)# no shutdown (激活接口)
R4(config)#interface loopback 0
R4(config-if)# ip addr 192.73.4.1 255.255.255.0 (配置 IP 地址)
R4(config)# router ospf 173 (启动 OSPF 进程)
R4(config-router)# network 192.73.0.0 0.0.255.255 area 0 (宣告各接口子网所属区域)

```

#### R5 配置命令:

```

R5(config)#interface f0/1
R5(config-if)# ip addr 192.73.45.5 255.255.255.0 (配置 IP 地址)
R5(config-if)# no shutdown (激活接口)
R5(config)#interface f1/0
R5(config-if)# ip addr 192.73.25.5 255.255.255.0 (配置 IP 地址)
R5(config-if)# no shutdown (激活接口)
R5(config)#interface loopback 0
R5(config-if)# ip addr 192.73.5.1 255.255.255.0 (配置 IP 地址)
R5(config)# router ospf 173 (启动 OSPF 进程)
R5(config-router)# network 192.73.0.0 0.0.255.255 area 0 (宣告各接口子网所属区域)

```

- 查看 R3、R4、R5 的路由表，并在 R3 上用 Ping 测试与 R5 的回环口（用回环口作为源地址，命令：  
`ping <IP-addr> source loopback 0`）之间的联通性。

#### R3 路由表（请替换成你自己的）:

```

R3#show 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

C    192.73.13.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
O    192.73.45.0/24 [110/2] via 192.73.34.4, 00:00:01, FastEthernet0/0
O    192.73.25.0/24 [110/3] via 192.73.34.4, 00:00:01, FastEthernet0/0
O    192.73.4.0/32 is subnetted, 1 subnets
O      192.73.4.1 [110/2] via 192.73.34.4, 00:00:01, FastEthernet0/0
O    192.73.5.0/32 is subnetted, 1 subnets
O      192.73.5.1 [110/3] via 192.73.34.4, 00:00:01, FastEthernet0/0
C    192.73.34.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.73.3.0/24 is directly connected, Loopback0

```

#### R4 路由表:

```

R4#show 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

O    192.73.13.0/24 [110/2] via 192.73.34.3, 00:00:45, FastEthernet0/0
C    192.73.45.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
O    192.73.25.0/24 [110/2] via 192.73.45.5, 00:00:45, FastEthernet0/1
C    192.73.4.0/24 is directly connected, Loopback0
     192.73.5.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       192.73.5.1 [110/2] via 192.73.45.5, 00:00:45, FastEthernet0/1
C    192.73.34.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
     192.73.3.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       192.73.3.1 [110/2] via 192.73.34.3, 00:00:46, FastEthernet0/0

```

R5 路由表:

```

R5#show 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

O    192.73.13.0/24 [110/3] via 192.73.45.4, 00:01:08, FastEthernet0/1
C    192.73.45.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C    192.73.25.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
     192.73.4.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       192.73.4.1 [110/2] via 192.73.45.4, 00:01:08, FastEthernet0/1
C    192.73.5.0/24 is directly connected, Loopback0
O    192.73.34.0/24 [110/2] via 192.73.45.4, 00:01:08, FastEthernet0/1
     192.73.3.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       192.73.3.1 [110/3] via 192.73.45.4, 00:01:10, FastEthernet0/1

```

R3→R5 的 Ping 结果（输入命令：ping 目标 IP source loopback 0，截图请替换成你自己的）:

```

R3#ping 192.73.4.1 source loopback 0

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.73.4.1, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 192.73.3.1
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 20/29/40 ms
R3#ping 192.73.5.1 source loopback 0

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.73.5.1, timeout is 2 seconds:
Packet sent with a source address of 192.73.3.1
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 44/63/96 ms

```

4. 启动 R3、R5 上的 BGP 协议（配置成同一个 AS），宣告直连网络，然后把对方增加为 AS 内部的邻居（命令：`neighbor <IP-Address> remote-as <AS-Number>`），IP-Address 为对方回环接口的 IP，AS-Number 设置为相同的 AS 号。

#### R3 配置命令：

```

R3(config)# router bgp 65003 (启动 BGP 协议，设置 AS 编号)
R3(config-router)# network 192.73.34.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f0/0 接口的子网)
R3(config-router)# network 192.73.13.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f1/0 接口的子网)
R3(config-router)# neighbor 192.73.5.1 remote-as 65003 (添加 R5 为邻居，地址为 R5 的回环口地址)

```

#### R5 配置命令：

```

R5(config)# router bgp 65003 (启动 BGP 协议，设置相同的 AS 编号)
R5(config-router)# network 192.73.45.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f0/1 接口的子网)
R5(config-router)# network 192.73.25.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f1/0 接口的子网)
R5(config-router)# neighbor 192.73.3.1 remote-as 65003 (添加 R3 为邻居，地址为 R3 的回环口地址)

```

5. 分别在 R3、R5 上查看 BGP 邻居关系（命令：`show ip bgp neighbors`），标出 Link 类型和对方的 IP、连接状态。如果没有活动的 TCP 连接，打开调试开关（命令：`debug ip bgp`），查看错误原因。观察完毕关掉调试（命令：`no debug ip bgp`）。

R3 的邻居关系（输入命令：`show ip bgp neighbors` 后截图，换成你自己的）：



```

R3#show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 192.73.5.1, remote AS 65003, internal link
  BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0
  BGP state = Active
  Last read 00:01:02, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
  Message statistics:
    InQ depth is 0
    OutQ depth is 0

    Sent      Rcvd
  Opens:      0      0
  Notifications: 0      0
  Updates:    0      0
  Keepalives: 0      0
  Route Refresh: 0      0
  Total:      0      0
  Default minimum time between advertisement runs is 5 seconds

For address family: IPv4 Unicast
  BGP table version 1, neighbor version 0
  Index 1, Offset 0, Mask 0x2

    Sent      Rcvd
Prefix activity:
  Prefixes Current:    0      0
  Prefixes Total:      0      0
  Implicit Withdraw:   0      0
  Explicit Withdraw:   0      0
  Used as bestpath:    n/a      0
  Used as multipath:    n/a      0

    Outbound   Inbound
Local Policy Denied Prefixes:
  Total:      0      0
Number of NLRI in the update sent: max 0, min 0

Connections established 0; dropped 0
Last reset never
No active TCP connection

```

观察得知，邻居的 IP 是 192.73.5.1，链路类型属于 internal link，状态是 active，但没有活动的 TCP 连接。

R5 的邻居关系（输入命令：show ip bgp neighbors 后截图）：

```

R5#show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 192.73.3.1, remote AS 65003, internal link
BGP version 4, remote router ID 0.0.0.0
BGP state = Active
Last read 00:03:59, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
Message statistics:
  InQ depth is 0
  OutQ depth is 0

              Sent          Rcvd
Opens:             0          0
Notifications:    0          0
Updates:           0          0
Keepalives:        0          0
Route Refresh:     0          0
Total:             0          0
Default minimum time between advertisement runs is 5 seconds

For address family: IPv4 Unicast
BGP table version 3, neighbor version 0
Index 1, Offset 0, Mask 0x2

              Sent          Rcvd
Prefix activity: ----
Prefixes Current:    0          0
Prefixes Total:      0          0
Implicit Withdraw:    0          0
Explicit Withdraw:    0          0
Used as bestpath:    n/a          0
Used as multipath:    n/a          0

              Outbound      Inbound
Local Policy Denied Prefixes: -----
Total:                0          0
Number of NLRI in the update sent: max 0, min 0

Connections established 0; dropped 0
Last reset never
No active TCP connection

```

观察得知，邻居的 IP 是 192.168.3.1，链路类型属于 internal link，状态是 active，但没有活动的 TCP 连接。

打开 debug 后的消息（请换成你自己的，截取部分关键内容）：

```

R3#
*Mar  1 00:29:33.987: BGP: 192.73.5.1 open active, local address 192.73.34.3
*Mar  1 00:29:34.039: BGP: 192.73.5.1 open failed: Connection refused by remote
host

```

错误原因是被对方拒绝连接，是因为 R3 默认使用了物理接口的 IP 地址作为源地址，而 R5 配置的邻居地址是 R3 的 loopback 0 接口地址，因邻居地址不符被拒绝。

- 在 R3、R5 上设置 BGP 更新源为回环接口（命令：`neighbor <IP-Addr> update-source loopback 0`），IP-Addr 输入对方的回环地址，等待一会儿，再次查看邻居关系，标记连接状态是否已建立（ESTAB）。

R3 配置命令：

```

R3(config)# router bgp 65003 （进入 BGP 路由协议配置模式）
R3(config-router)# neighbor 192.73.5.1 update-source loopback 0 （设置更新源为回环接口）

```

### R5 配置命令:

R5(config)# router bgp 65003 (进入 BGP 路由协议配置模式)  
R5(config-router)# neighbor 192.73.3.1 update-source loopback 0 (设置更新源为回环接口)

### R3 的邻居关系 (选取关键信息进行截图):

```
R3#show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 192.73.5.1, remote AS 65003, internal link
  BGP version 4, remote router ID 192.73.5.1
  BGP state = Established, up for 00:00:06
  Last read 00:00:06, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
  Neighbor capabilities:
    Route refresh: advertised and received(old & new)
    Address family IPv4 Unicast: advertised and received

Connections established 1; dropped 0
Last reset never
Connection state is ESTAB, I/O status: 1, unread input bytes: 0
Local host: 192.73.3.1, Local port: 13932
Foreign host: 192.73.5.1, Foreign port: 179
```

观察得知, 与 R5 的邻居关系已经建立, 本地的 TCP 端口是 13932, 对方的 TCP 端口是 179。

### R5 的邻居关系请自行查看, 无需截图:

观察得知, 与 R3 的邻居关系已经建立, 本地的 TCP 端口是 13932, 对方的 TCP 端口是 179。

## 7. 在 R3、R5 上查看 BGP 数据库 (命令: `show ip bgp`), 并查看路由表信息。

### R3 的 BGP 数据库 (请替换成你自己的, 并标出 iBGP 路由 (带有 i 标记的)):

```
R3#show ip bgp
BGP table version is 7, local router ID is 192.73.3.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*> 192.73.13.0    0.0.0.0          0         32768 i
r>i192.73.25.0    192.73.5.1        0         100      0 i
*> 192.73.30.0    0.0.0.0          0         32768 i
r>i192.73.45.0    192.73.5.1        0         100      0 i
```

观察得知, R3 存在 2 条状态码=r 的 BGP 路由 (r 表示没有成功写入路由表)。

### R3 的路由表 (请替换成你自己的, 并标出在 BGP 数据库中存在, 但优先级更高的 OSPF 路由):

```

R3#show 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

C    192.73.13.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
O    192.73.45.0/24 [110/2] via 192.73.34.4, 00:32:27, FastEthernet0/0
O    192.73.25.0/24 [110/3] via 192.73.34.4, 00:32:27, FastEthernet0/0
     192.73.4.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       192.73.4.1 [110/2] via 192.73.34.4, 00:32:27, FastEthernet0/0
     192.73.5.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       192.73.5.1 [110/3] via 192.73.34.4, 00:32:27, FastEthernet0/0
C    192.73.34.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.73.3.0/24 is directly connected, Loopback0

```

观察得知，网络地址 192.73.45.0、192.73.25.0 在 R3 路由表中已存在比 BGP 优先级高的 OSPF 路由，所以 BGP 的路由信息没有成功写入。

R5 的 BGP 数据库（标出 iBGP 路由）：

```

R5#show ip bgp
BGP table version is 7, local router ID is 192.73.5.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop           Metric LocPrf Weight Path
r>i192.73.13.0    192.73.3.1             0      100      0  i
*> 192.73.25.0    0.0.0.0                 0           32768  i
r>i192.73.34.0    192.73.3.1             0      100      0  i
*> 192.73.45.0    0.0.0.0                 0           32768  i

```

观察得知，R5 存在 2 条状态码=r 的 BGP 路由（r 表示没有成功写入路由表）。

R5 的路由表（标出在 BGP 数据库中存在，但优先级更高的 OSPF 路由）：

```

R5#show 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

O    192.73.13.0/24 [110/3] via 192.73.45.4, 00:34:59, FastEthernet0/1
C    192.73.45.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C    192.73.25.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
     192.73.4.0/32 is subnetted, 1 subnets
O     192.73.4.1 [110/2] via 192.73.45.4, 00:34:59, FastEthernet0/1
C    192.73.5.0/24 is directly connected, Loopback0
O    192.73.34.0/24 [110/2] via 192.73.45.4, 00:34:59, FastEthernet0/1
     192.73.3.0/32 is subnetted, 1 subnets
O     192.73.3.1 [110/3] via 192.73.45.4, 00:35:01, FastEthernet0/1

```

观察得知，网络地址 192.73.13.0、192.73.34.0 在 R5 路由表中已存在比 BGP 优先级高的 OSPF 路由，所以 BGP 的路由信息没有成功写入。

## ----Part 2. 配置 eBGP-----

目标：配置自治系统（AS）间的 BGP 路由

8. 在 R1、R2、R6、R7、R8 上激活路由器互联的接口，配置 IP 地址，启用 BGP 协议，每个路由器使用不同的 AS 号，宣告所有直连网络，把直接连接的对方增加为 AS 间的邻居（命令：neighbor <IP-Address> remote-as <AS-Number>），IP-Address 为对方的 IP，AS-Number 设置为对方的 AS 号。

### R1 的配置命令：

```
R1(config)#interface f1/0
R1(config-if)# ip addr 192.73.13.1 255.255.255.0      (配置 IP 地址)
R1(config-if)# no shutdown                             (激活接口)
R1(config)#interface f2/0
R1(config-if)# ip addr 192.73.16.1 255.255.255.0      (配置 IP 地址)
R1(config-if)# no shutdown                             (激活接口)
R1(config)# router bgp 65001                           (启用 BGP 路由协议)
R1(config-router)# network 192.73.13.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f1/0 接口的子网)
R1(config-router)# network 192.73.16.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f2/0 接口的子网)
R1(config-router)# neighbor 192.73.13.3 remote-as 65003 (设置 R3 为外部邻居)
R1(config-router)# neighbor 192.73.16.6 remote-as 65006 (设置 R6 为外部邻居)
```

### R2 的配置命令：

```
R2(config)#interface f1/0
R2(config-if)# ip addr 192.73.25.2 255.255.255.0      (配置 IP 地址)
R2(config-if)# no shutdown                             (激活接口)
R2(config)#interface f2/0
R2(config-if)# ip addr 192.73.28.2 255.255.255.0      (配置 IP 地址)
R2(config-if)# no shutdown                             (激活接口)
R2(config)# router bgp 65002                           (启用 BGP 路由协议)
R2(config-router)# network 192.73.25.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f1/0 接口的子网)
R2(config-router)# network 192.73.28.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f2/0 接口的子网)
R2(config-router)# neighbor 192.73.25.5 remote-as 65003 (设置 R5 为外部邻居)
R2(config-router)# neighbor 192.73.28.8 remote-as 65008 (设置 R8 为外部邻居)
```

### R6 的配置命令：

```
R6(config)#interface f0/0
R6(config-if)# ip addr 192.73.67.6 255.255.255.0      (配置 IP 地址)
R6(config-if)# no shutdown                             (激活接口)
R6(config)#interface f2/0
R6(config-if)# ip addr 192.73.16.6 255.255.255.0      (配置 IP 地址)
R6(config-if)# no shutdown                             (激活接口)
R6(config)# router bgp 65006                           (启用 BGP 路由协议)
R6(config-router)# network 192.73.67.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f0/0 接口的子网)
R6(config-router)# network 192.73.16.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f2/0 接口的子网)
R6(config-router)# neighbor 192.73.16.1 remote-as 65001 (设置 R1 为外部邻居)
R6(config-router)# neighbor 192.73.67.7 remote-as 65007 (设置 R7 为外部邻居)
```

#### R7 的配置命令：

```
R7(config)#interface f0/0
R7(config-if)# ip addr 192.73.67.7 255.255.255.0      (配置 IP 地址)
R7(config-if)# no shutdown                            (激活接口)
R7(config)#interface f0/1
R7(config-if)# ip addr 192.73.78.7 255.255.255.0      (配置 IP 地址)
R7(config-if)# no shutdown                            (激活接口)
R7(config)# router bgp 65007                            (启用 BGP 路由协议)
R7(config-router)# network 192.73.67.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f0/0 接口的子网)
R7(config-router)# network 192.73.78.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f0/1 接口的子网)
R7(config-router)# neighbor 192.73.67.6 remote-as 65006 (设置 R6 为外部邻居)
R7(config-router)# neighbor 192.73.78.8 remote-as 65008 (设置 R8 为外部邻居)
```

#### R8 的配置命令：

```
R8(config)#interface f0/1
R8(config-if)# ip addr 192.73.78.8 255.255.255.0      (配置 IP 地址)
R8(config-if)# no shutdown                            (激活接口)
R8(config)#interface f2/0
R8(config-if)# ip addr 192.73.28.8 255.255.255.0      (配置 IP 地址)
R8(config-if)# no shutdown                            (激活接口)
R8(config)# router bgp 65008                            (启用 BGP 路由协议)
R8(config-router)# network 192.73.78.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f0/1 接口的子网)
R8(config-router)# network 192.73.28.0 mask 255.255.255.0 (宣告 f2/0 接口的子网)
R8(config-router)# neighbor 192.73.28.2 remote-as 65002 (设置 R2 为外部邻居)
R8(config-router)# neighbor 192.73.78.7 remote-as 65007 (设置 R7 为外部邻居)
```

9. 在 R3、R5 上分别配置 R1、R2 为外部 BGP 邻居。

R3 的配置命令：

```
R3(config)# router bgp 65003 (进入 BGP 路由协议配置模式)
R3(config-router)# neighbor 192.73.13.1 remote-as 65001 (设置 R1 为外部邻居)
```

R5 的配置命令：

```
R5(config)# router bgp 65003 (进入 BGP 路由协议配置模式)
R5(config-router)# neighbor 192.73.25.2 remote-as 65002 (设置 R2 为外部邻居)
```

10. 在各路由器上查看邻居关系，标出 Link 类型和对方的 IP、连接状态（找出关键信息进行截图）。

R1 的邻居关系截图（输入命令 `show ip bgp neighbors` 后截取关键信息，请更换成你自己的）：

```
R1#show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 192.73.13.3, remote AS 65003, external link
  BGP version 4, remote router ID 192.73.3.1
  BGP state = Established, up for 00:00:07
  Last read 00:00:07, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
  Neighbor capabilities:
```

```
BGP neighbor is 192.73.16.6, remote AS 65006, external link
  BGP version 4, remote router ID 192.73.67.6
  BGP state = Established, up for 00:06:58
  Last read 00:00:02, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
  Neighbor capabilities:
    Route refresh: advertised and received(old & new)
    Address family IPv4 Unicast: advertised and received
```

如图所示，R1 的两个邻居的 IP 分别为 192.73.13.3、192.73.16.6，链路类型均为 external link

R2 的邻居关系截图（输入命令 `show ip bgp neighbors` 后截取关键信息）：

```
R2#show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 192.73.25.5, remote AS 65003, external link
  BGP version 4, remote router ID 192.73.5.1
  BGP state = Established, up for 00:06:06
  Last read 00:00:06, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
```

```
BGP neighbor is 192.73.28.8, remote AS 65008, external link
  BGP version 4, remote router ID 192.73.78.8
  BGP state = Established, up for 00:09:10
  Last read 00:00:08, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
```



如图所示，R2 邻居的 IP 分别为 192.73.25.5、192.73.28.8，链路类型均为 external link

R3 的邻居关系截图：

```
R3#show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 192.73.5.1, remote AS 65003, internal link
  BGP version 4, remote router ID 192.73.5.1
  BGP state = Established, up for 00:51:22
  Last read 00:00:22, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds

BGP neighbor is 192.73.13.1, remote AS 65001, external link
  BGP version 4, remote router ID 192.73.16.1
  BGP state = Established, up for 00:08:58
  Last read 00:00:58, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
```

如图所示，R3 的 iBGP 邻居的 IP 为 192.73.5.1，eBGP 邻居的 IP 为 192.73.13.1

R5 的邻居关系截图：

```
R5#show ip bgp neighbors
BGP neighbor is 192.73.3.1, remote AS 65003, internal link
  BGP version 4, remote router ID 192.73.3.1
  BGP state = Established, up for 00:53:36
  Last read 00:00:35, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds

BGP neighbor is 192.73.25.2, remote AS 65002, external link
  BGP version 4, remote router ID 192.73.28.2
  BGP state = Established, up for 00:10:58
  Last read 00:00:57, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
```

如图所示，R5 的 iBGP 邻居的 IP 为 192.73.3.1，eBGP 邻居的 IP 为 192.73.25.2。

R6、R7、R8 的邻居关系请自行查看，无需截图。

11. 等待一会儿，在路由器 R1 显示 BGP 数据库，查看到达 R2-R5 间子网、R6-R7 间子网、R7-R8 间子网以及 R2-R8 间子网的最佳路由及其经过的 AS 路径。查看路由表中路由是否与 BGP 数据库中的最佳路由一致。

R1 的 BGP 数据库（输入命令 `show ip bgp`，截图请更换成你自己的）：

```

R1#show ip bgp
BGP table version is 11, local router ID is 192.73.16.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop           Metric LocPrf Weight Path
* 192.73.13.0      192.73.13.3           0             0 65003 i
*>                 0.0.0.0               0           32768 i
* 192.73.16.0      192.73.16.6           0             0 65006 i
*>                 0.0.0.0               0           32768 i
*> 192.73.25.0      192.73.13.3           0             0 65003 i
*> 192.73.28.0      192.73.13.3           0             0 65003 65002 i
*                  192.73.16.6           0             0 65006 65007 65008 i
*> 192.73.34.0      192.73.13.3           0             0 65003 i
*> 192.73.45.0      192.73.13.3           0             0 65003 i
*> 192.73.67.0      192.73.16.6           0             0 65006 i
* 192.73.78.0      192.73.13.3           0             0 65003 65002 65008 i
*>                 192.73.16.6           0             0 65006 65007 i

```

R1 的路由表（输入命令 show ip route）:

```

R1#show 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

B    192.73.28.0/24 [20/0] via 192.73.13.3, 00:14:31
C    192.73.13.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
B    192.73.45.0/24 [20/0] via 192.73.13.3, 00:14:59
B    192.73.25.0/24 [20/0] via 192.73.13.3, 00:14:59
B    192.73.78.0/24 [20/0] via 192.73.16.6, 00:17:43
B    192.73.67.0/24 [20/0] via 192.73.16.6, 00:20:06
B    192.73.34.0/24 [20/0] via 192.73.13.3, 00:14:59
C    192.73.16.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0

```

观察得知:

到达 R2-R5 间子网的下一跳是 192.73.13.3，经过的 AS 路径为 65003；

到达 R6-R7 间子网的下一跳是 192.73.16.6，经过的 AS 路径为 65006；

到达 R7-R8 间子网的路由有 2 条，其中最佳路由的下一跳是 192.73.16.6，经过的 AS 路径最短，AS 号依次为 65006 65007；

到达 R2-R8 间子网的路由有 2 条，其中最佳路由的下一跳是 192.73.13.3，经过的 AS 路径最短，AS 号依次为 65003 65002。

路由表中的路由是否与 BGP 数据库的最佳路由一致？ 是（是/否）

12. 在路由器 R2 显示 BGP 数据库，查看到达 R1-R3 间子网、R1-R6 间子网、R6-R7 间子网以及 R7-R8

间子网的最佳路由及其经过的 AS 路径。查看路由表中路由是否与 BGP 数据库中的最佳路由一致。

R2 的 BGP 数据库（输入命令 show ip bgp）:

```
R2#show ip bgp
BGP table version is 13, local router ID is 192.73.28.2
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
*> 192.73.13.0       192.73.25.5                0 65003 i
*> 192.73.16.0       192.73.25.5                0 65003 65001 i
*                   192.73.28.8                0 65008 65007 65006 i
* 192.73.25.0        192.73.25.5                0                0 65003 i
*>                   0.0.0.0                    0                32768 i
* 192.73.28.0        192.73.28.8                0                0 65008 i
*>                   0.0.0.0                    0                32768 i
*> 192.73.34.0       192.73.25.5                0 65003 i
*> 192.73.45.0       192.73.25.5                0 65003 i
* 192.73.67.0        192.73.25.5                0 65003 65001 65006 i
*>                   192.73.28.8                0 65008 65007 i
*> 192.73.78.0       192.73.28.8                0                0 65008 i
```

R2 的路由表（输入命令 show ip route）:

```
R2#show 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

C    192.73.28.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
B    192.73.13.0/24 [20/0] via 192.73.25.5, 00:17:57
B    192.73.45.0/24 [20/0] via 192.73.25.5, 00:17:57
C    192.73.25.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
B    192.73.78.0/24 [20/0] via 192.73.28.8, 00:20:37
B    192.73.67.0/24 [20/0] via 192.73.28.8, 00:20:37
B    192.73.34.0/24 [20/0] via 192.73.25.5, 00:17:57
B    192.73.16.0/24 [20/0] via 192.73.25.5, 00:17:57
```

观察得知:

到达 R1-R3 间子网的下一跳是 192.73.25.5，经过的 AS 路径为 65003；

到达 R7-R8 间子网的下一跳是 192.73.28.8，经过的 AS 路径为 65008；

到达 R1-R6 间子网的路由有 2 条，其中最佳路由的下一跳是 192.73.25.5，经过的 AS 路径最短，AS 号依次为 65003 65001；

到达 R6-R7 间子网的路由有 2 条，其中最佳路由的下一跳是 192.73.28.8，经过的 AS 路径最短，AS 号依

次为 65008 65007。

路由表中的路由是否与 BGP 数据库的最佳路由一致？ 是 （是/否）

13. 在路由器 R6 显示 BGP 数据库，查看到达 R2-R5 间子网的最佳路由及其经过的 AS 路径。然后断开 R1-R3 互联端口后，在 R6 上观察到达 R2-R5 间子网的最佳路由有无变化。

断开 R1-R3 互联端口前 R6 的 BGP 数据库（标出到达 R2-R5 间子网的最佳路由）：

```
R6#show ip bgp
BGP table version is 10, local router ID is 192.73.67.6
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop           Metric LocPrf Weight Path
*> 192.73.13.0     192.73.16.1         0             0 65001 i
* 192.73.16.0     192.73.16.1         0             0 65001 i
*>                0.0.0.0             0           32768 i
*> 192.73.25.0     192.73.16.1         0             0 65001 65003 i
*                  192.73.67.7         0             0 65007 65008 65002 i
* 192.73.28.0     192.73.16.1         0             0 65001 65003 65002 i
*>                192.73.67.7         0             0 65007 65008 i
*> 192.73.34.0     192.73.16.1         0             0 65001 65003 i
*> 192.73.45.0     192.73.16.1         0             0 65001 65003 i
* 192.73.67.0     192.73.67.7         0             0 65007 i
*>                0.0.0.0             0           32768 i
*> 192.73.78.0     192.73.67.7         0             0 65007 i
```

断开前，到达 R2-R5 间子网的最佳路由的下一跳为 192.73.16.1。

断开 R1-R3 互联端口后 R6 的 BGP 数据库（标出到达 R2-R5 间子网的最佳路由）：

```
R6#show ip bgp
BGP table version is 15, local router ID is 192.73.67.6
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop           Metric LocPrf Weight Path
*> 192.73.13.0     192.73.16.1         0             0 65001 i
* 192.73.16.0     192.73.16.1         0             0 65001 i
*>                0.0.0.0             0           32768 i
*> 192.73.25.0     192.73.67.7         0             0 65007 65008 65002 i
*> 192.73.28.0     192.73.67.7         0             0 65007 65008 i
*> 192.73.34.0     192.73.67.7         0             0 65007 65008 65002 6
5003 i
*> 192.73.45.0     192.73.67.7         0             0 65007 65008 65002 6
5003 i
* 192.73.67.0     192.73.67.7         0             0 65007 i
*>                0.0.0.0             0           32768 i
*> 192.73.78.0     192.73.67.7         0             0 65007 i
```

观察得知，到达 R2-R5 间子网的最佳路由的下一跳变为 192.73.67.7。

### ----Part 3. 路由重分发----

#### 一、路由黑洞问题

14. 重新连接 R1-R3 之间的端口，等待 R1 重新选择 R3 作为到达 R2-R8 间子网的最佳 BGP 路由（通过查看 R1 的 BGP 数据库和路由表确定）。然后测试 R1 是否能 Ping 通 R2-R8 互联端口，并跟踪 R1 到该子网的路由（命令：tracert ip-addr，如果要提前终止，可按 Ctrl+C）。

Ping 结果（应该不通）：

```
R1#ping 192.73.28.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.73.28.2, timeout is 2 seconds:
UUUUU
Success rate is 0 percent (0/5)
```

路由跟踪结果：

```
R1#tracert 192.73.28.2
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.73.28.2

 0 192.73.13.3 8 msec 24 msec 20 msec
 1 192.73.34.4 [AS 65003] 36 msec 16 msec 44 msec
 2 192.73.34.4 [AS 65003] !H !H !H
```

观察得知，在路由器（填路由器名字）R4处中断了。

15. 显示 R3 的 BGP 数据库，查看到达 R2-R8 间子网的 BGP 最佳路由。查看 R3、R4 的路由表是否存在 R2-R8 间子网的路由信息。

R3 的 BGP 数据库（自行查看，无需截图）：

观察得知，R3 上到达 R2-R8 间子网的最佳路由的下一跳 IP 地址是 192.73.25.2，是路由器 R2 的接口地址。

R3 的路由表（标记到达 R2-R8 间子网的路由、以及下一跳所在子网的路由）：

```

R3#show 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

B 192.73.28.0/24 [200/0] via 192.73.25.2, 01:00:58
C 192.73.13.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
O 192.73.45.0/24 [110/2] via 192.73.34.4, 00:37:07, FastEthernet0/0
O 192.73.25.0/24 [110/3] via 192.73.34.4, 00:37:07, FastEthernet0/0
B 192.73.78.0/24 [200/0] via 192.73.25.2, 01:00:58
  192.73.4.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    192.73.4.1 [110/2] via 192.73.34.4, 00:37:07, FastEthernet0/0
  192.73.5.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    192.73.5.1 [110/3] via 192.73.34.4, 00:37:08, FastEthernet0/0
B 192.73.67.0/24 [20/0] via 192.73.13.1, 00:05:17
C 192.73.34.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
B 192.73.16.0/24 [20/0] via 192.73.13.1, 00:05:17
C 192.73.3.0/24 is directly connected, Loopback0

```

观察得知，R3 上到达 R2-R8 间子网的下一跳 IP 地址是 192.73.25.2（属于路由器 R2）是由 BGP 路由协议写入的。而到达该地址子网的下一跳 IP 地址是 192.73.34.4（属于路由器 R4）是由 OSPF 路由协议写入的。

**R4 的路由表（查看是否存在 R2-R8 间子网的路由）：**

```

R4#show 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

O 192.73.13.0/24 [110/2] via 192.73.34.3, 00:39:25, FastEthernet0/0
C 192.73.45.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
O 192.73.25.0/24 [110/2] via 192.73.45.5, 00:39:25, FastEthernet0/1
C 192.73.4.0/24 is directly connected, Loopback0
  192.73.5.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    192.73.5.1 [110/2] via 192.73.45.5, 00:39:25, FastEthernet0/1
C 192.73.34.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
  192.73.3.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    192.73.3.1 [110/2] via 192.73.34.3, 00:39:27, FastEthernet0/0

```

观察得知，R4 上 无（有/无）R2-R8 间子网的路由。

提示：如果缺少相关路由，数据到达路由器之后，无法继续传递，导致不能 Ping 通。BGP 无法了解 AS 内部是否存在相关路由，导致路由黑洞。

## 二、路由同步

同步功能使得 BGP 能够了解 AS 内部是否存在相关路由，如果不存在，则不选择该 AS 作为下一跳，从而避免路由黑洞。

16. 打开 R3、R5 的 BGP 同步功能（命令：[synchronization](#)），等一会儿查看 R3、R1 到达 R2-R8 间子网的 BGP 最佳路由是否发生变化。用 Ping 测试 R1 到达 R2-R8 互联端口的联通性，并跟踪路由。

R3 的配置命令：

```
R3(config)# router bgp 65003 (进入 BGP 路由协议配置模式)
R3(config-router)# synchronization (打开同步功能)
```

R5 的配置命令：

```
R5(config)# router bgp 65003 (进入 BGP 路由协议配置模式)
R5(config-router)# synchronization (打开同步功能)
```

R3 的 BGP 数据库（标出到达 R2-R8 间子网的 BGP 最佳路由）：

```
R3#show ip bgp
BGP table version is 31, local router ID is 192.73.3.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
* i192.73.13.0    192.73.25.2          0    100      0 65002 65008 65007 6
5006 65001 i
*                 192.73.13.1          0          0 65001 i
*>                0.0.0.0          0        32768 i
* i192.73.16.0    192.73.25.2          0    100      0 65002 65008 65007 6
5006 i
*>                192.73.13.1          0          0 65001 i
*> 192.73.25.0    192.73.13.1          0          0 65001 65006 65007 6
5008 65002 i
* i               192.73.5.1          0    100      0 i
*> 192.73.28.0    192.73.13.1          0          0 65001 65006 65007 6
5008 i
* i               192.73.25.2          0    100      0 65002 i
*> 192.73.34.0    0.0.0.0          0        32768 i
* i192.73.45.0    192.73.5.1          0    100      0 i
* i192.73.67.0    192.73.25.2          0    100      0 65002 65008 65007 i
*>                192.73.13.1          0          0 65001 65006 i
*> 192.73.78.0    192.73.13.1          0          0 65001 65006 65007 i
* i               192.73.25.2          0    100      0 65002 65008 i
```

观察得知，R3 上到达 R2-R8 间子网的路由有 2 条，其中最佳路由的下一跳已修改为 192.73.13.1（属于路由器 R1 的接口），经过的 AS 依次为：65001 65006 65007 65008。

R3 的路由表（标出到达 R2-R8 间子网的路由）：



```

R3#show 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

B    192.73.28.0/24 [20/0] via 192.73.13.1, 00:02:13
C    192.73.13.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
O    192.73.45.0/24 [110/2] via 192.73.34.4, 00:44:26, FastEthernet0/0
B    192.73.25.0/24 [20/0] via 192.73.13.1, 00:01:44
B    192.73.78.0/24 [20/0] via 192.73.13.1, 00:02:13
     192.73.4.0/32 is subnetted, 1 subnets
O     192.73.4.1 [110/2] via 192.73.34.4, 00:44:26, FastEthernet0/0
     192.73.5.0/32 is subnetted, 1 subnets
O     192.73.5.1 [110/3] via 192.73.34.4, 00:44:26, FastEthernet0/0
B    192.73.67.0/24 [20/0] via 192.73.13.1, 00:12:36
C    192.73.34.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
B    192.73.16.0/24 [20/0] via 192.73.13.1, 00:12:36
C    192.73.3.0/24 is directly connected, Loopback0

```

R3 上到达 R2-R8 间子网的下一跳 IP 已修改为 192.73.13.1，属于路由器 R1 的接口。

R1 的 BGP 数据库（标出到达 R2-R8 间子网的 BGP 最佳路由）：

```

R1#show ip bgp
BGP table version is 31, local router ID is 192.73.16.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*   192.73.13.0      192.73.13.3          0             0 65003 i
*>   192.73.16.0      192.73.16.6          0             0 65006 i
*>   192.73.25.0      192.73.16.6          0             0 65006 65007 65008 6
5002 i
*> 192.73.28.0      192.73.16.6          0             0 65006 65007 65008 i
*> 192.73.34.0      192.73.13.3          0             0 65003 i
*> 192.73.45.0      192.73.16.6          0             0 65006 65007 65008 6
5002 65003 i
*> 192.73.67.0      192.73.16.6          0             0 65006 i
*> 192.73.78.0      192.73.16.6          0             0 65006 65007 i

```

观察得知，R1 上到达 R2-R8 间子网的最佳路由的下一跳变为 192.73.16.6，属于路由器 R6 的接口，经过的 AS 依次为：65006 65007 65008。

提示：由于使用了水平分裂方式，对于某个子网，如果 R3 选的下一跳是 R1，则 R3 不会向 R1 报告这个子网的路由，避免路由循环。

在 R1 上 ping 路由器 R2-R8 互联接口的结果（请换成你自己的）：



```
R1#ping 192.73.28.2

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.73.28.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 92/113/128 ms
```

在 R1 上对路由器 R2-R8 互联接口的 IP 地址进行路由跟踪的结果：

```
R1#traceroute 192.73.28.2

Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.73.28.2

 0 192.73.16.6 12 msec 16 msec 24 msec
 1 192.73.67.7 [AS 65006] 40 msec 40 msec 20 msec
 2 192.73.78.8 [AS 65007] 88 msec 40 msec 20 msec
 3 192.73.28.2 [AS 65008] 108 msec 36 msec 76 msec
```

观察得知，依次经过了这些路由器： R6 R7 R8 R2。

### 三、BGP 路由重分发

进一步的，可以让 OSPF 学习 BGP 路由，让 AS 内部的路由器具有外部 AS 的路由信息。

17. 在 R3、R5 的 OSPF 协议中启用 BGP 重分发功能（命令：`redistribute bgp <AS-number> subnets`），AS-Number 填写 BGP 协议的 AS 号。等一会儿，查看 R3、R5 的 OSPF 数据库，以及 R4 的路由表是否出现了 AS 外部的路由信息。

**R3 的配置命令：**

```
R3(config)# router ospf 173 (进入 OSPF 路由协议配置模式)
R3(config-router)# redistribute bgp 65003 subnets (启用 BGP 重分发功能)
```

**R5 的配置命令：**

```
R5(config)# router ospf 173 (进入 OSPF 路由协议配置模式)
R5(config-router)# redistribute bgp 65003 subnets (启用 BGP 重分发功能)
```

**R3 的 OSPF 数据库**（输入命令 `show ip ospf database`，截图请更换成你自己的）：

```
R3#show ip ospf database

OSPF Router with ID (192.173.3.1) (Process ID 173)

Router Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router   Age         Seq#         Checksum Link count
192.173.3.1  192.173.3.1  29         0x8000000A  0x00D0CC  3
192.173.4.1  192.173.4.1  600        0x80000008  0x00CD71  3
192.173.5.1  192.173.5.1  13         0x80000008  0x003341  3

Net Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router   Age         Seq#         Checksum
192.73.34.3  192.173.3.1  973        0x80000005  0x00FFAE
192.73.45.4  192.173.4.1  863        0x80000005  0x008B14

Type-5 AS External Link States

Link ID      ADV Router   Age         Seq#         Checksum Tag
192.73.13.0  192.173.5.1  12         0x80000001  0x007F9A  65002
192.73.16.0  192.173.3.1  28         0x80000001  0x00AF77  65001
192.73.16.0  192.173.5.1  12         0x80000001  0x005EB8  65002
192.73.25.0  192.173.3.1  28         0x80000001  0x004CD1  65001
192.73.28.0  192.173.3.1  28         0x80000001  0x002BEF  65001
192.73.28.0  192.173.5.1  15         0x80000001  0x00D931  65002
192.73.67.0  192.173.3.1  37         0x80000001  0x007C77  65001
192.73.67.0  192.173.5.1  21         0x80000001  0x002BB8  65002
192.73.78.0  192.173.3.1  37         0x80000001  0x0003E5  65001
192.73.78.0  192.173.5.1  21         0x80000001  0x00B127  65002
```

R5 的 OSPF 数据库（自行查看 AS 外部链路状态信息，无需截图）：

观察得知，由 R3 发布了 5 条外部网络链路，由 R5 发布了 5 条外部网络链路。

R4 的路由表（输入命令 show ip route，截图请更换成你自己的）：

```
Gateway of last resort is not set

0 E2 192.73.28.0/24 [110/1] via 192.73.34.3, 00:02:28, FastEthernet0/0
    [110/1] via 192.73.45.5, 00:02:28, FastEthernet0/1
0 192.73.13.0/24 [110/2] via 192.73.34.3, 00:02:28, FastEthernet0/0
C 192.73.45.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
0 192.73.25.0/24 [110/2] via 192.73.45.5, 00:02:28, FastEthernet0/1
0 E2 192.73.78.0/24 [110/1] via 192.73.34.3, 00:02:28, FastEthernet0/0
    [110/1] via 192.73.45.5, 00:02:28, FastEthernet0/1
C 192.73.4.0/24 is directly connected, Loopback0
192.73.5.0/32 is subnetted, 1 subnets
0 192.73.5.1 [110/2] via 192.73.45.5, 00:02:30, FastEthernet0/1
0 E2 192.73.67.0/24 [110/1] via 192.73.34.3, 00:02:30, FastEthernet0/0
    [110/1] via 192.73.45.5, 00:02:30, FastEthernet0/1
C 192.73.34.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
0 E2 192.73.16.0/24 [110/1] via 192.73.34.3, 00:02:31, FastEthernet0/0
    [110/1] via 192.73.45.5, 00:02:31, FastEthernet0/1
192.73.3.0/32 is subnetted, 1 subnets
0 192.73.3.1 [110/2] via 192.73.34.3, 00:02:34, FastEthernet0/0
```

观察得知，R4 上出现了 4 条 AS 外部子网的路由信息。其中，到达 R2-R8 间子网的下一跳为 192.73.34.3

和 192.73.45.5 (距离相同)。

18. 在 R3 上清除 BGP 信息 (命令: `clear ip bgp *`)，等待一段时间后，在 R1 上查看到达 R2-R8 间子网的最佳 BGP 路由，以及 R1 的路由表，并在 R1 上跟踪到达 R2-R8 间子网的路由。

R1 的 BGP 数据库：

```
R1#show ip bgp
BGP table version is 16, local router ID is 192.73.16.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
*> 192.73.13.0       0.0.0.0              0         32768 i
* 192.73.16.0       192.73.16.6          0           0 65006 i
*> 192.73.25.0       192.73.16.6          0         32768 i
*> 192.73.28.0       192.73.16.6          0 65006 65007 65008 65002 i
*> 192.73.45.0       192.73.16.6          0 65006 65007 65008 65003 i
*> 192.73.67.0       192.73.16.6          0           0 65006 i
*> 192.73.78.0       192.73.16.6          0 65006 65007 i
```

观察得知，到达 R2-R8 间子网的路由有 1 条，其中最佳路由的下一跳为 192.73.16.6 (属于路由器 R6)。

R1 的路由表：

```
3 192.73.28.0/24 [20/0] via 192.73.16.6, 00:10:02
C 192.73.13.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
B 192.73.45.0/24 [20/0] via 192.73.16.6, 00:10:02
B 192.73.25.0/24 [20/0] via 192.73.16.6, 00:10:02
B 192.73.78.0/24 [20/0] via 192.73.16.6, 00:10:02
B 192.73.67.0/24 [20/0] via 192.73.16.6, 00:10:02
B 192.73.34.0/24 [20/0] via 192.73.13.3, 00:00:29
C 192.73.16.0/24 is directly connected, FastEthernet2/0
```

到达 R2-R8 间子网的下一跳 IP 为 192.73.16.6，属于路由器 R6。

路由跟踪结果：

```
R1#traceroute 192.168.28.2
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.168.28.2
 0 192.168.13.3 40 msec 20 msec 24 msec
 1 192.168.34.4 [AS 65003] 28 msec 100 msec 56 msec
 2 192.168.45.5 [AS 65003] 112 msec 64 msec 64 msec
 3 192.168.25.2 [AS 65003] 44 msec 80 msec *
R1#
```

观察得知，依次经过了这些路由器：R3、R4、R5、R2。

#### 四、OSPF 路由重分发

R3、R4、R5 的回环口是在 OSPF 协议配置的，并没有在 R3、R5 的 BGP 协议进行宣告。通过在 BGP 中启用 OSPF 路由重分发功能，使得 BGP 学习到 OSPF 路由，并在 BGP 路由器之间分发。其他路由器能够学习到这些回环口地址。

19. 首先在 R8 上查看路由表，是否存在 AS65003 内部路由器回环口的地址。然后在 R3 上的 BGP 中启用 OSPF 路由重分发功能（命令：`redistribute ospf <pid>`），查看 R3 的 BGP 数据库，标记新增的路由信息。等待一会，在 R8 上再次查看 AS 65003 的内部相关路由信息是否存在。

R3 的配置命令：

```
R3(config)# router bgp 65003 (进入 BGP 路由配置模式)
R3(config-router)# redistribute ospf 173 (启用 OSPF 路由重分发功能)
```

R3 的 BGP 数据库（标出 AS65003 内部路由器回环口的路由）：

```
R3#show ip bgp
BGP table version is 23, local router ID is 192.173.3.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*> 192.73.3.0      0.0.0.0          0           32768 ?
*> 192.73.4.1/32   192.73.34.4       2           32768 ?
*> 192.73.5.1/32   192.73.34.4       3           32768 ?
* 192.73.13.0      192.73.13.1       0           0 65001 i
*>                0.0.0.0          0           32768 i
*> 192.73.16.0      192.73.13.1       0           0 65001 i
* i               192.73.25.2       0          100      0 65002 65008 65007 65006 i
*> 192.73.25.0      192.73.13.1       0           0 65001 65006 65007 65008 65002
i
* i               192.73.5.1       0          100      0 i
*> 192.73.28.0      192.73.13.1       0           0 65001 65006 65007 65008 i
* i               192.73.25.2       0          100      0 65002 i
*> 192.73.34.0      0.0.0.0          0           32768 i
*> 192.73.45.0      192.73.34.4       2           32768 ?
* i               192.73.5.1       0          100      0 i
*> 192.73.67.0      192.73.13.1       0           0 65001 65006 i
* i               192.73.25.2       0          100      0 65002 65008 65007 i
*> 192.73.78.0      192.73.13.1       0           0 65001 65006 65007 i
* i               192.73.25.2       0          100      0 65002 65008 i
```

观察得知，新增的路由分别是：192.73.3.0 192.73.4.1 192.73.5.1。因为重分发后，BGP 将在 AS 之间传播

OSPF 的内部路由信息。

R8 的 BGP 数据库（标出 AS65003 内部路由器回环口的路由）：

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*> 192.73.3.0	192.73.78.7			0	65007 65006 65001
5003 ?					
*> 192.73.4.1/32	192.73.78.7			0	65007 65006 65001
5003 ?					
*> 192.73.5.1/32	192.73.78.7			0	65007 65006 65001
5003 ?					
* 192.73.13.0	192.73.78.7			0	65007 65006 65001
*>	192.73.28.2			0	65002 65003 i
*> 192.73.16.0	192.73.78.7			0	65007 65006 i
*> 192.73.25.0	192.73.28.2	0		0	65002 i
* 192.73.28.0	192.73.28.2	0		0	65002 i
*>	0.0.0.0	0		32768	i
*> 192.73.34.0	192.73.28.2			0	65002 65003 i
*> 192.73.45.0	192.73.28.2			0	65002 65003 i
*> 192.73.67.0	192.73.78.7	0		0	65007 i
* 192.73.78.0	192.73.78.7	0		0	65007 i
*>	0.0.0.0	0		32768	i

观察得知，到达 R3 的回环口的最佳路由的下一跳为 192.73.78.7，到达 R4 的回环口的最佳路由的下一跳为 192.73.78.7。

提示：对于 R4 的回环口，目前只有 R3 进行了重分发，因此 R8 选择的是通过 R3 这条路径，而不是 R5 这条路径。可以尝试在 R5 上也启用路由重分发，看看结果是否有不同。

## 五、验证环节

20. 激活 R1、R2 的 f0/0 端口，配置 IP 地址，宣告 BGP 直连网络。配置 PC1、PC3 的 IP 地址和默认网关。测试 PC1-PC3 之间的连通性。

### R1 的配置命令：

```
R1(config)#interface f0/0
R1(config-if)# ip addr 10.3.1.11 255.255.255.0 (配置 IP 地址)
R1(config)# router bgp 65001 (进入 BGP 路由协议配置模式)
R1(config-router)# network 10.3.1.0 mask 255.255.255.0 (宣告网络)
```

### PC1 的配置命令：

```
PC1> ip 10.3.1.1 255.255.255.0 10.3.1.11 (配置 IP 地址和网关)
```

### R2 的配置命令：

```
R2(config)#interface f0/0
R2(config-if)# ip addr 10.3.3.23 255.255.255.0 (配置 IP 地址)
R2(config)# router bgp 65002 (进入 BGP 路由协议配置模式)
R2(config-router)# network 10.3.3.0 mask 255.255.255.0 (宣告网络)
```

### PC3 的配置命令：

```
PC3> ip 10.3.3.3 255.255.255.0 10.3.3.23 (配置 IP 地址和网关)
```

### Ping 结果截图 (PC1->PC3)：

```
PC1> ping 10.3.3.3

84 bytes from 10.3.3.3 icmp_seq=1 ttl=59 time=102.197 ms
84 bytes from 10.3.3.3 icmp_seq=2 ttl=59 time=149.106 ms
84 bytes from 10.3.3.3 icmp_seq=3 ttl=59 time=86.038 ms
84 bytes from 10.3.3.3 icmp_seq=4 ttl=59 time=98.452 ms
84 bytes from 10.3.3.3 icmp_seq=5 ttl=59 time=120.431 ms
```

#### ----Part 4. 路由过滤-----

通过在路由器上设置 BGP 路由过滤功能，可以使得某些特定网络的路由不经过本 AS。

21. 查看 R7 的 BGP 数据库中 PC3 所在子网的最佳路由。

R7 的 BGP 数据库（输入命令 `show ip bgp` 目标子网）：

```
R7#show ip bgp 10.3.3.0
BGP routing table entry for 10.3.3.0/24, version 44
Paths: (1 available, best #1, table Default-IP-Routing-Table)
Advertised to non peer-group peers:
192.73.67.6
65008 65002
192.73.78.8 from 192.73.78.8 (192.73.78.8)
Origin IGP, localpref 100, valid, external, best
```

当前，到达 PC3 子网的最佳路由的下一跳是 192.73.78.8，经过的 AS 列表：65008 65002。

22. 在 R8 上创建访问列表（命令：`access-list <id> deny <subnet> <mask>`），subnet 填写 PC3 所在子网地址，mask 写 0.0.0.255。配置路由过滤（命令：`neighbor <router id> distribute-list <access-list-id> out`），用于抑制向 R7 传播关于 PC3 子网的更新（这样可以实现前往 PC3 子网的数据不经过 AS 65008），router-id 填写 R7 的 f0/1 接口地址，等待一段时间后再次查看 R7、R8 的 BGP 数据库中 PC3 所在子网的最佳路由（可以通过命令 `clear ip bgp *` 强制更新）。

配置命令示例（看完请删除）：

```
R8(config)#access-list 1 deny 10.3.3.0 0.0.0.255
R8(config)#access-list 1 permit 0.0.0.0 255.255.255.255
R8(config)#router bgp 65008
R8(config-router)#neighbor 192.168.78.7 distribute-list 1 out
```

R8 的配置命令：

```
R8(config)# access-list 1 deny 10.3.3.0 0.0.0.255 （配置拒绝的访问列表）
R8(config)# access-list 1 permit 0.0.0.0 255.255.255.255 （配置允许的访问列表）
R8(config)# router bgp 65008 （进入 BGP 路由协议配置模式）
R8(config-router)# neighbor 192.73.78.7 distribute-list 1 out （配置路由过滤）
```

查看 R8 生效的访问列表（输入命令：`show access-list`）：

```
R8#show access-lists
Standard IP access list 1
 10 deny 10.3.3.0, wildcard bits 0.0.0.255
 20 permit any
```

提示：访问列表是有顺序的，前面优先。如需修改，请全部删除后（命令前面加no）重新按顺序添加。

稍后查看 R8 的 BGP 数据库（输入命令 show ip bgp 目标子网）：

```
R8#show ip bgp 10.3.3.0
BGP routing table entry for 10.3.3.0/24, version 48
Paths: (1 available, best #1, table Default-IP-Routing-Table)
  Advertised to non peer-group peers:
    192.73.78.7
    65002
    192.73.28.2 from 192.73.28.2 (192.73.28.2)
      Origin IGP, metric 0, localpref 100, valid, external, best
```

稍后查看 R7 的 BGP 数据库（输入命令 show ip bgp 目标子网）：

```
R7#show ip bgp 10.3.3.0
BGP routing table entry for 10.3.3.0/24, version 44
Paths: (1 available, best #1, table Default-IP-Routing-Table)
  Advertised to non peer-group peers:
    192.73.67.6
    65008 65002
    192.73.78.8 from 192.73.78.8 (192.73.78.8)
      Origin IGP, localpref 100, valid, external, best
```

在 R8 上，到达 PC3 子网的最佳路由的下一跳是 192.73.28.2，经过的 AS 列表：65002。但是该路由被过滤，没有传递给 R7，因此，R7 上到达 PC3 子网的最佳路由的下一跳是 192.73.78.8，经过的 AS 列表：65008 65002，数据不再经过 AS 65008 了。



## ----Part 5. IPv6 双栈路由-----

目标：通过在路由器上设置 IPv6 隧道，可以使得 IPv6 的数据经过 IPv4 网络传送。

### 一、IPv6 地址分配

Site-local 地址形式为：FEC0::X:Y:Z，掩码长度均为 112。其中 X 为 65+学号后 2 位，为方便记忆，可设 Y 为互联设备的编号组合，如 R1-R6 之间为 16，Z 为设备编号，如 R1 为 1、R6 为 6。路由器和 PC 之间的子网按类似原则设置。

23. 激活 R1 上的 f0/1 端口，配置 IPv6 的 site-local 地址（命令：ipv6 address 地址/掩码长度）；给 f2/0 口配置 IPv6 的 site-local 地址，查看 IPv6 接口，标记自动分配的 link-local 地址。

R1 的配置命令：

```
R1(config)# int f0/1 (进入接口 f0/1 配置模式)
R1(config-if)# ipv6 addr fec0::6573:12:1/112 (配置 IPv6 地址和掩码)
R1(config-if)# no shutdown (激活接口)
R1(config)# int f2/0 (进入接口 f2/0 配置模式)
R1(config-if)# ipv6 addr fec0::6573:16:1/112 (配置 IPv6 地址和掩码)
```

查看 R1 的 IPv6 接口(输入命令 show ipv6 interface，标记自动分配的 link-local 地址，更换成你自己的)：

```
R1#show ipv6 interface
FastEthernet0/1 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C001:3FF:FEDC:1
Global unicast address(es):
FEC0::6573:12:1, subnet is FEC0::6573:12:0/112
Joined group address(es):
FF02::1
FF02::1:FF12:1
FF02::1:FFDC:1
MTU is 1500 bytes
ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
ICMP redirects are enabled
ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
ND reachable time is 30000 milliseconds
FastEthernet2/0 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C001:3FF:FEDC:20
Global unicast address(es):
FEC0::6573:16:1, subnet is FEC0::6573:16:0/112
Joined group address(es):
```

观察得知：系统为 f0/1 端口自动分配的链路本地地址为 FE80::C001:3FF:FEDC:1。

系统为 f2/0 端口自动分配的链路本地地址为 FE80::C001:3FF:FEDC:20。

24. 给 R6 的 f2/0、f0/1 端口配置 IPv6 的 site-local 地址，查看 IPv6 接口，标记自动分配的 link-local 地址。

在 R1 上分别测试到 R6 的 site-local 和 link-local 地址的连通性。

R6 的配置命令：

```
R6(config)# int f0/1 (进入接口 f0/1 配置模式)
R6(config-if)# ipv6 addr fec0::6573:56:6/112 (配置 IPv6 地址和掩码)
R6(config-if)# no shutdown (激活接口)
R6(config)# int f2/0 (进入接口 f2/0 配置模式)
```



R6(config-if)# ipv6 addr fec0::6573:16:6/112 (配置 IPv6 地址和掩码)

查看 R6 的 IPv6 接口 (请更换成你自己的):

```
R6#show ipv6 interface
FastEthernet0/1 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C006:4FF:FE2C:1
Global unicast address(es):
FE80::6573:56:6, subnet is FEC0::6573:56:0/112
Joined group address(es):
FF02::1
FF02::1:FF2C:1
FF02::1:FF56:6
MTU is 1500 bytes
ICMP error messages limited to one every 100 milliseconds
ICMP redirects are enabled
ND DAD is enabled, number of DAD attempts: 1
ND reachable time is 30000 milliseconds
FastEthernet2/0 is up, line protocol is up
IPv6 is enabled, link-local address is FE80::C006:4FF:FE2C:20
Global unicast address(es):
FE80::6573:16:6, subnet is FEC0::6573:16:0/112
Joined group address(es):
```

观察得知: 系统为 f0/1 端口自动分配的链路本地地址为 FE80::C006:4FF:FE2C:1。

系统为 f2/0 端口自动分配的链路本地地址为 FE80::C006:4FF:FE2C:20。

Ping 测试结果 (R1-->R6, IPv6 地址, 截图请更换成你自己的):

```
R1#ping FEC0::6573:16:6

Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to FEC0::6573:16:6, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 8/12/24 ms
R1#ping FE80::C006:4FF:FE2C:20
Output Interface: f2/0
% Bad interface
R1#ping FE80::C006:4FF:FE2C:20
Output Interface: fastEthernet2/0
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to FE80::C006:4FF:FE2C:20, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 20/21/24 ms
```

## 二、IPv6 的 BGP 单播路由

25. 分别在 R1、R6 上启用 IPv6 单播路由 (命令: `ipv6 unicast-routing`), 进入 BGP 路由协议的 IPv6 配置模式 (命令: `address-family ipv6`), 宣告 IPv6 直连网络 (命令: `network <IPv6 地址>/子网掩码长度`), 互相设置对方为 IPv6 邻居 (命令: `neighbor <对方 IPv6 地址> remote-as <AS-Number>`)。然后查看 IPv6 单播邻居信息 (命令: `show ip bgp ipv6 unicast neighbors`)。

配置示例 (看好请删除):

```

R1(config)#ipv6 unicast-routing
R1(config)#router bgp 65001
R1(config-router)#address-family ipv6
R1(config-router-af)#network fec0::6500:101:0/112
R1(config-router-af)#network fec0::6500:16:0/112
R1(config-router-af)#neighbor fec0::6500:16:6 remote-as 65006
R1(config-router-af)#exit
R1(config-router)#exit

```

R1 的配置命令：

R1(config)# <u>ipv6 unicast-routing</u>	(启用 IPv6 单播路由)
R1(config)# <u>router bgp 65001</u>	(进入 BGP 路由协议配置)
R1(config-router)# <u>address-family ipv6</u>	(进入 IPv6 地址族配置模式)
R1(config-router-af)# <u>network fec0::6573:12:0/112</u>	(宣告 f0/1 接口的 IPv6 直连网络)
R1(config-router-af)# <u>network fec0::6573:16:0/112</u>	(宣告 f2/0 接口的 IPv6 直连网络)
R1(config-router-af)# <u>neighbor fec0::6573:16:6 remote-as 65006</u>	(设置 IPv6 邻居关系)

R6 的配置命令：

R6(config)# <u>ipv6 unicast-routing</u>	(启用 IPv6 单播路由)
R6(config)# <u>router bgp 65006</u>	(进入 BGP 路由协议配置)
R6(config-router)# <u>address-family ipv6</u>	(进入 IPv6 地址族配置模式)
R6(config-router-af)# <u>network fec0::6573:56:0/112</u>	(宣告 f0/1 接口的 IPv6 直连网络)
R6(config-router-af)# <u>network fec0::6573:16:0/112</u>	(宣告 f2/0 接口的 IPv6 直连网络)
R6(config-router-af)# <u>neighbor fec0:6573:16:1 remote-as 65001</u>	(设置 IPv6 邻居关系)

查看 R6 的 IPv6 邻居信息：

```

BGP neighbor is FEC0::6573:16:1 remote AS 65001, external link
BGP version 4, remote router ID 192.73.16.1
BGP state = Established, up for 00:01:06
Last read 00:00:06, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
Neighbor capabilities:
  Route refresh: advertised and received(old & new)
  Address family IPv6 Unicast: advertised and received

```

R6 与 IPv6 地址 FEC0::6573:16:1 的邻居状态关系已为 Established。

查看 R1 的 IPv6 邻居信息：

```

BGP neighbor is FEC0::6573:16:6 remote AS 65006, external link
BGP version 4, remote router ID 192.73.67.6
BGP state = Established, up for 00:02:57
Last read 00:00:57, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
Neighbor capabilities:
  Route refresh: advertised and received(old & new)
  Address family IPv6 Unicast: advertised and received

```

R1 与 IPv6 地址 FEC0::6573:16:6 的邻居状态关系已为 Established。

26. 给 PC2 配置 IPv6 的 site-local 地址（系统会自动配置链路本地的地址，并发现本地链路上的默认路由器，因此不需要配置默认路由器）。查看 IPv6 信息（命令：show ipv6），标出链路本地地址及路由器的 MAC 地址。测试下与 R1 的连通性。

PC2 的配置命令截图：（请更换成你自己的）

```
PC2> ip fec0::6573:12:2/112
PC1 : fec0::6573:12:2/112
```

查看 PC2 的 IPv6 配置：（请更换成你自己的，标出链路本地地址及路由器的 MAC 地址）

```
PC2> show ipv6

NAME                : PC2[1]
LINK-LOCAL SCOPE    : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE        : fec0::6573:12:2/112
DNS                 :
ROUTER LINK-LAYER   : c2:01:03:dc:00:01
MAC                 : 00:50:79:66:68:01
LPORT               : 20070
RHOST:PORT          : 127.0.0.1:20071
MTU                 : 1500
```

链路本地地址为： fe80::250:79ff:fe66:6801/64 ，路由器的 MAC 地址为： c2:01:03:dc:00:01 。

在 PC2 上 ping 路由器 R1 的 IPv6 地址（site-local）的测试结果（请更换成你自己的）：

```
PC2> ping fec0::6573:12:1

fec0::6573:12:1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=9.667 ms
fec0::6573:12:1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=1.380 ms
fec0::6573:12:1 icmp6_seq=3 ttl=64 time=6.378 ms
fec0::6573:12:1 icmp6_seq=4 ttl=64 time=0.971 ms
fec0::6573:12:1 icmp6_seq=5 ttl=64 time=5.518 ms
```

27. 给 PC5 配置 IPv6 地址。查看 IPv6 信息，标出链路本地地址及路由器的 MAC 地址。测试下与 R6 的连通性（site-local 地址，确保连通再进入下一步）。

PC2 的配置命令截图：

```
PC5> ip fec0::6573:56:5/112
PC1 : fec0::6573:56:5/112
```

查看 PC5 的 IPv6 配置：

```
PC5> show ipv6

NAME                : PC5[1]
LINK-LOCAL SCOPE    : fe80::250:79ff:fe66:6804/64
GLOBAL SCOPE        : fec0::6573:56:5/112
DNS                 :
ROUTER LINK-LAYER   : c2:06:04:2c:00:01
MAC                 : 00:50:79:66:68:04
LPORT               : 20076
RHOST:PORT          : 127.0.0.1:20077
MTU                 : 1500
```

链路本地地址为： fe80::250:79ff:fe66:6804/64 ，路由器的 MAC 地址为： c2:06:04:2c:00:01 。

28. 查看 R1 的 IPv6 路由表（命令：show ipv6 route），标出 BGP 路由，并测试 PC2 到 PC5 的连通性。

R1 的 IPv6 路由表（请更换成你自己的，标出 BGP 路由）：

```
R1#show ipv6 route
IPv6 Routing Table - 7 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
       U - Per-user Static route
       I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary
       O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
       ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
L   FE80::/10 [0/0]
    via ::, Null0
C   FEC0::6573:12:0/112 [0/0]
    via ::, FastEthernet0/1
L   FEC0::6573:12:1/128 [0/0]
    via ::, FastEthernet0/1
C   FEC0::6573:16:0/112 [0/0]
    via ::, FastEthernet2/0
L   FEC0::6573:16:1/128 [0/0]
    via ::, FastEthernet2/0
B   FEC0::6573:56:0/112 [20/0]
    via FE80::C006:4FF:FE2C:20, FastEthernet2/0
L   FF00::/8 [0/0]
    via ::, Null0
```

PC2→PC5 的 Ping 测试结果（IPv6 地址为 site-local，请更换成你自己的）：

```
PC2> ping fec0::6573:56:5

fec0::6573:56:5 icmp6_seq=1 ttl=60 time=99.552 ms
fec0::6573:56:5 icmp6_seq=2 ttl=60 time=66.921 ms
fec0::6573:56:5 icmp6_seq=3 ttl=60 time=63.703 ms
fec0::6573:56:5 icmp6_seq=4 ttl=60 time=97.543 ms
fec0::6573:56:5 icmp6_seq=5 ttl=60 time=70.448 ms
```

29. 激活 R2 上的 f0/1 端口，配置 IPv6 的 site-local 地址；启用 IPv6 单播路由。给 PC4 配置 IPv6 地址，并使用 IPv6 地址测试下 PC4 和 R2、PC2 的连通性。PC2 暂无法连通，因为 R2 上没有相应 IPv6 路由。

R2 的配置命令：

```
R2(config)# int f0/1                                （进入接口 f0/1 配置模式）
R2(config-if)# ipv6 addr fec0::6573:24:2/112         （配置 IPv6 地址和掩码）
R2(config-if)# no shutdown                          （激活接口）
R2(config)# ipv6 unicast-routing                    （启用 IPv6 单播路由）
```

PC4 的配置命令：

```
PC4> ip fec0::6573:24:4/112
```

PC4→R2 的 Ping 测试结果（IPv6 地址为 site-local）：

```
PC4> ping fec0::6573:24:2

fec0::6573:24:2 icmp6_seq=1 ttl=64 time=19.974 ms
fec0::6573:24:2 icmp6_seq=2 ttl=64 time=2.577 ms
fec0::6573:24:2 icmp6_seq=3 ttl=64 time=2.662 ms
fec0::6573:24:2 icmp6_seq=4 ttl=64 time=6.336 ms
fec0::6573:24:2 icmp6_seq=5 ttl=64 time=7.191 ms
```

PC4→PC2 的 Ping 测试结果 (IPv6 地址为 site-local):

```
PC4> ping fec0::6573:12:2

*fec0::6573:24:2 icmp6_seq=1 ttl=64 time=2.061 ms (ICMP type:1, code:0, No route
to destination)
*fec0::6573:24:2 icmp6_seq=2 ttl=64 time=1.072 ms (ICMP type:1, code:0, No route
to destination)
*fec0::6573:24:2 icmp6_seq=3 ttl=64 time=7.205 ms (ICMP type:1, code:0, No route
to destination)
*fec0::6573:24:2 icmp6_seq=4 ttl=64 time=6.561 ms (ICMP type:1, code:0, No route
to destination)
*fec0::6573:24:2 icmp6_seq=5 ttl=64 time=7.161 ms (ICMP type:1, code:0, No route
to destination)
```

此时由于路由器 R2 没有 R2 R8 R7 R6 的 IPv6 路由, 无法 Ping 通。

### 三、IPv6 over IPv4 隧道

30. 分别在 R1 和 R2 上创建 IPv6 隧道 (命令: `interface Tunnel <id>`), 设置隧道 IPv6 地址 (命令: `ipv6 address <address>/mask_length`), 设置隧道源接口 (命令: `tunnel source <interface number>`), 设置隧道的目标 IPv4 地址 (命令: `tunnel destination <ipv4 address>`), 设置隧道模式为 ipv6ip (命令: `tunnel mode ipv6ip`)。两路由器隧道的 IPv6 地址要在同一个子网, 目标地址设置为对方的 IPv4 接口地址。隧道源接口必须使用配置了 IPv4 地址的接口。

R1 的配置命令:

```
R1(config)# int tunnel 0 (进入隧道接口 Tunnel 0 配置模式)
R1(config-if)# ipv6 addr fec0::1020:10/112 (配置 IPv6 地址和掩码)
R1(config-if)# tunnel source f1/0 (设置隧道源接口为 f1/0)
R1(config-if)# tunnel destination 192.73.25.2 (设置隧道目标 IPv4 地址为 R2 的 f1/0 接口地址)
R1(config-if)# tunnel mode ipv6ip (设置隧道模式为 ipv6ip)
```

R2 的配置命令:

```
R2(config)# int tunnel 0 (进入隧道接口 Tunnel 0 配置模式)
R2(config-if)# ipv6 addr fec0::1020:20/112 (配置 IPv6 地址和掩码)
R2(config-if)# tunnel source f1/0 (设置隧道源接口为 f1/0)
R2(config-if)# tunnel destination 192.73.13.1 (设置隧道目标 IPv4 地址为 R1 的 f1/0 接口地址)
R2(config-if)# tunnel mode ipv6ip (设置隧道模式为 ipv6ip)
```

31. 在 R1、R2 上为对方的 IPv6 子网设置静态路由（命令：`ipv6 route <ipv6 network>/掩码长度 下一跳`），下一跳为隧道接口（Tunnel 0）。然后在 PC2 上测试到 PC4 之间的连通性。

配置示例（看完请删除）：

```
R1(config)#ipv6 route fec0::6500:202:0/112 tunnel 0
```

R1 的配置命令：

```
R1(config)# ipv6 route fec0::6573:24:0/112 tunnel 0 （设置 IPv6 静态路由）
```

R2 的配置命令：

```
R2(config)# ipv6 route fec0::6573:12:0/112 tunnel 0 （设置 IPv6 静态路由）
```

PC2→PC4 的 Ping 测试结果（IPv6 地址为 site-local，请更换成你自己的）：

```
PC2> ping fec0::6573:24:4

fec0::6573:24:4 icmp6_seq=1 ttl=60 time=151.079 ms
fec0::6573:24:4 icmp6_seq=2 ttl=60 time=143.102 ms
fec0::6573:24:4 icmp6_seq=3 ttl=60 time=150.540 ms
fec0::6573:24:4 icmp6_seq=4 ttl=60 time=151.675 ms
fec0::6573:24:4 icmp6_seq=5 ttl=60 time=141.363 ms
```

#### 四、IPv6 路由重分发

32. 在 R2 上为 PC5 的子网设置静态路由，下一跳为隧道接口。然后在 PC5 上测试到 PC4 之间的连通性。如果不通，查看 R6 上的路由信息，思考下为什么。

R2 的配置命令：

```
R2(config)# ipv6 route fec0::6573:56:5/112 tunnel 0 （设置 PC5 的静态路由）
```

PC5→PC4 的 Ping 测试结果（IPv6 地址为 site-local，由于缺乏 IPv6 路由，应该不通）：

```
PC5> ping fec0::6573:24:4

*fec0::6573:56:6 icmp6_seq=1 ttl=64 time=34.245 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*fec0::6573:56:6 icmp6_seq=2 ttl=64 time=9.557 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*fec0::6573:56:6 icmp6_seq=3 ttl=64 time=9.267 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*fec0::6573:56:6 icmp6_seq=4 ttl=64 time=6.237 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*fec0::6573:56:6 icmp6_seq=5 ttl=64 time=7.260 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
```

R6 的 IPv6 路由表：

```

R6#show ipv6 route
IPv6 Routing Table - 7 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
       U - Per-user Static route
       I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary
       O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
       ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
L   FE80::/10 [0/0]
    via ::, Null0
B   FEC0::6573:12:0/112 [20/0]
    via FE80::C001:3FF:FEDC:20, FastEthernet2/0
C   FEC0::6573:16:0/112 [0/0]
    via ::, FastEthernet2/0
L   FEC0::6573:16:6/128 [0/0]
    via ::, FastEthernet2/0
C   FEC0::6573:56:0/112 [0/0]
    via ::, FastEthernet0/1
L   FEC0::6573:56:6/128 [0/0]
    via ::, FastEthernet0/1
L   FF00::/8 [0/0]
    via ::, Null0

```

观察得知，R6 上没有 fec0::6573:24:0/112 的路由。

33. 在 R1 的 BGP 中启用重分发 IPv6 的静态路由（命令：`redistribute static`），然后查看 R6 的 BGP 数据库，标记新出现的 R2 的 IPv6 网络路由。再次在 PC5 上测试到 PC4 之间的连通性。

R1 的配置命令：

```

R1(config)# router bgp 65001 (进入 BGP 路由协议配置模式)
R1(config-router)# address-family ipv6 (进入 IPv6 配置模式)
R1(config-router-af)# redistribute static (启用重分发静态路由)

```

R6 的 BGP 数据库(输入命令：`show ip bgp ipv6 unicast`，标记 R2 的 IPv6 网络路由。请更换成你自己的)：

```

R6#show ip bgp ipv6 unicast
      ^
% Invalid input detected at '^' marker.

R6#

```

R6 的路由表（标记 R2 的 IPv6 网络路由，请更换成你自己的）：



```

R6#show ipv6 route
IPv6 Routing Table - 8 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
       U - Per-user Static route
       I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary
       O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
       ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
L   FE80::/10 [0/0]
    via ::, Null0
B   FEC0::6573:12:0/112 [20/0]
    via FE80::C001:3FF:FEDC:20, FastEthernet2/0
C   FEC0::6573:16:0/112 [0/0]
    via ::, FastEthernet2/0
L   FEC0::6573:16:6/128 [0/0]
    via ::, FastEthernet2/0
B   FEC0::6573:24:0/112 [20/0]
    via FE80::C001:3FF:FEDC:20, FastEthernet2/0
C   FEC0::6573:56:0/112 [0/0]
    via ::, FastEthernet0/1
L   FEC0::6573:56:6/128 [0/0]
    via ::, FastEthernet0/1
L   FF00::/8 [0/0]
    via ::, Null0

```

PC5→PC4 的 Ping 测试结果（应该是通的，IPv6 地址为 site-local，请更换成你自己的）：

```

PC5> ping fec0::6573:24:4

fec0::6573:24:4 icmp6_seq=1 ttl=58 time=139.100 ms
fec0::6573:24:4 icmp6_seq=2 ttl=58 time=144.438 ms
fec0::6573:24:4 icmp6_seq=3 ttl=58 time=63.736 ms
fec0::6573:24:4 icmp6_seq=4 ttl=58 time=101.417 ms
fec0::6573:24:4 icmp6_seq=5 ttl=58 time=91.850 ms

```

34. 整理各路由器的当前运行配置，选择与本实验相关的内容记录在文本文件中，每个设备一个文件，分别命名为 R1.txt、R2.txt、PC1.txt、PC2.txt 等，随实验报告一起打包上传。

## 六、实验结果与分析

根据你观察到的实验数据和对实验原理的理解，分别解答以下问题：

- 在 AS 内部两个 BGP 邻居是否一定要直接连接？如果不直接连接，它们之间是如何获得到达对方的路由的？需要和 OSPF 那样建立虚链路吗？

不一定需要直接连接，而且广泛的是不直接连接，因为这样可以减少配置复杂性。如果两个 iBGP 邻居之间不是直接连接的，通常会通过 OSPF、IS-IS 或 RIP 等 IGP（内部网关协议）协议，确保两者之间的 IP 地址是路由可达的。这是通过 TCP（通常使用端口 179）建立会话来交换路由信息。不需要建立 OSPF 虚链路，它作用是连接一个非骨干区域到骨干区域，或者修复分裂的骨干区域，在 BGP 中，iBGP 邻居不需要类似虚链路的机制。



- 默认情况下，BGP 根据什么条件决定最佳路由？

CiscoBGP 路由器会将权重作为决定最佳路由的第一标准。默认情况下，如果到达同一目的地具有多条路由，BGP 将选择优先级最高的，而对到达同一目的地具有多条 相同优先级的路由，则用更细的原则去选择一条最优的。

- 为什么未启用同步时，R1 选择 AS65003 作为到达 R2 的转发路径时，R3 和 R5 的路由表都存在去往 R2 的路由，但实际却不能 Ping 通？

因为从 R3 到 R2-R8 间子网的下一跳地址 192.168.25.2 是由 BGP 写入的，而去往该 地址的下一跳 192.168.34.4 是由 OSPF 协议写入的。默认情况下，未启用同步功能， BGP 就不会考虑 AS 内部是否存在相关路由，导致路由黑洞。由于 R4 上缺少相应 的路由，因此不能 Ping 通

- 为什么未启用路由重分发时，R4 没有外部网络的路由？

因为 R4 采用的是 OSPF 协议，处在 R3R4R5 的 AS 中，该 AS 采用的 BGP 协议的 BGP 发言人是 R3 和 R5，因此只需 BGP 发言人和外部网络交换即可，而无需关心 AS 内部的路由，因此在没启用路由重分发时，R4 没有外部网络路由。

- 为什么 PC 可以不设置 IPv6 的默认路由器？路由器可以吗？

IPv6 具有自我配置的能力，PC 可以通过接收到的路由器广告消息自动生成自己的 IPv6 地址，并且在同一网络内的设备可以直接进行通信，而不需要明确配置默认路由器。

路由器在 IPv6 网络中也可以不设置默认路由器，尤其在小型网络或特定的环境中。路由器可以通过发送 RA 消息来告诉网络中的终端设备如何配置其地址和网络信息

- R1 和 R2 两边的 IPv6 网络是采用什么技术通过 IPv4 的网络进行通信的？R6 的 IPv6 网络又是如何实现与 R2 的 IPv6 网络通信的？

采用隧道技术

## 七、 讨论、心得

请从以下四个方面进行讨论：

- 1) 实验完成后还有哪些待解答的问题。

`clear ip bgp *`的作用是什么

2) 在实验过程中遇到的困难以及如何解决的。

有些命令忘了就需要参考之前写的实验报告上面的指导

3) 对其他人有参考价值的经验和教训。

4) 对本实验内容和安排的建议。

实验内容比较多，需要花很多时间去专注完成