

# 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 OSPF 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 10 日

# 浙江大学实验报告

## 一、实验目的

1. 理解链路状态路由协议的工作原理。
2. 理解 OSPF 协议的工作机制。
3. 掌握配置和调试 OSPF 协议的方法。

## 二、实验内容

实验分为 3 部分：

- 1) 配置 RIP 路由协议，作为与 OSPF 路由协议的比较。
- 2) 配置单域 OSPF 路由协议
  - 在 Area 0 的路由器上启用 OSPF 动态路由协议，学习基本的配置方法；
  - 验证 OSPF 和 RIP 协议的路由选择的不同特点。
  - 通过改变网络拓扑连接，观察 OSPF 事件和路由表变化。
- 3) 配置多域 OSPF 路由协议
  - 区域间路由：在与 Area 0 直连的 Area 1 和 Area 2 的路由器上启用 OSPF 动态路由协议，观察区域内和区域间路由的不同特点；
  - NBMA 路由：在 NBMA（非广播多路访问）网络拓扑上配置 OSPF 协议；
  - 虚链路：在不与 Area 0 直接连接的 Area 3 的路由器上启用 OSPF 动态路由协议，在边界路由器上建立虚链路，让 Area 3 的路由器能够学习到其他区域的路由信息；
  - 路由聚合：在 Area 边界路由器上配置路由聚合。

## 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。

物理设备不足时，本实验可使用 GNS3 模拟完成，具体操作请参考《使用 GNS3 软件模拟 IOS 指南》（以下简称 GNS3 指南）。

## 四、操作方法与实验步骤

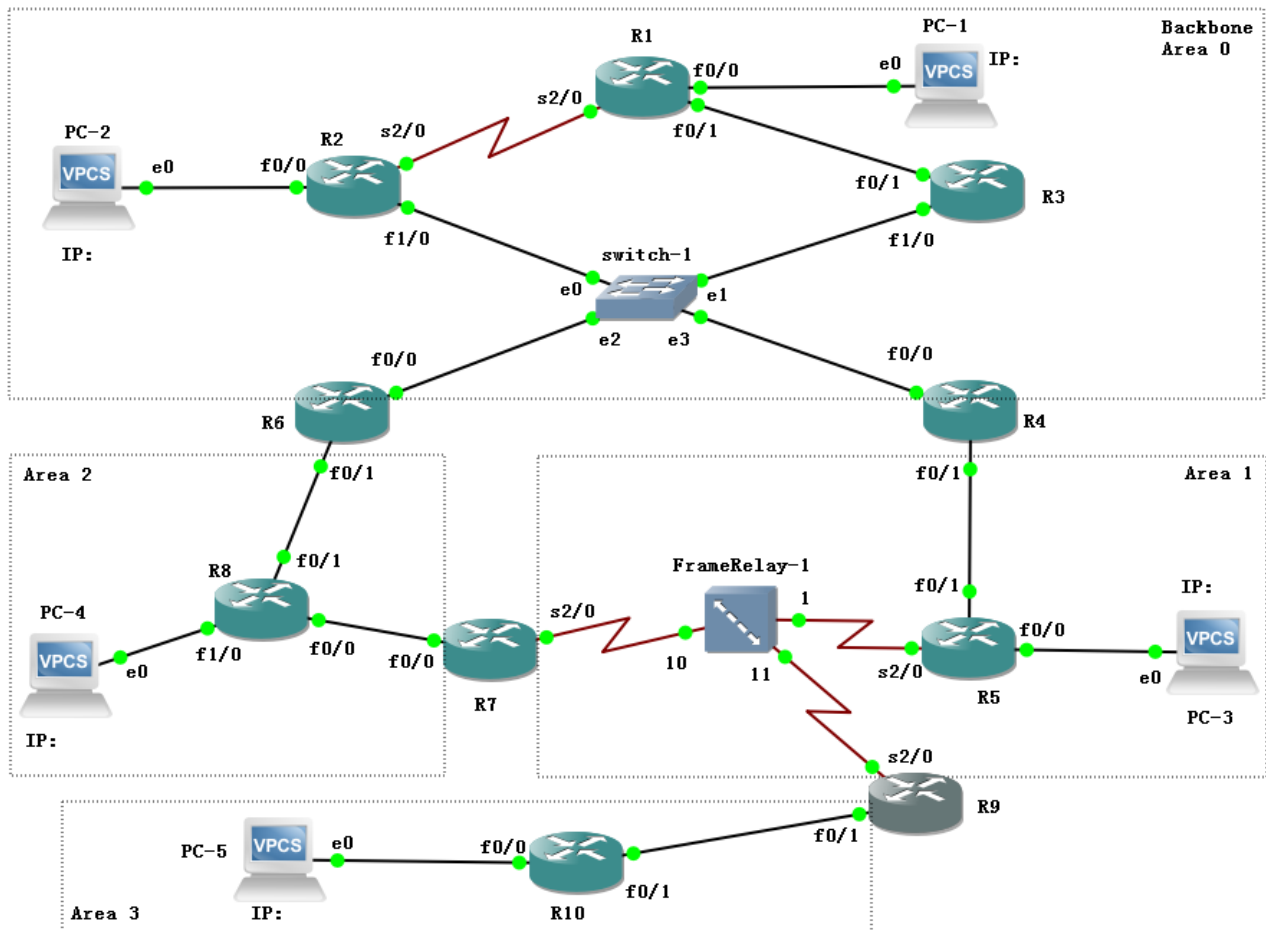
- 按照拓扑图连接 PC 和路由器，其中 R1-R2 之间采用串口连接，数据链路层协议使用 HDLC；R5、R7、R9 之间采用 ATM 或帧中继交换机连接（交换机的配置请参考 GNS3 指南）。
- 设计好 PC 和路由器各端口的 IP 地址、子网掩码。**分配地址时请遵循下面的规则：**
  - a) Area 0 使用 S.0.0.0/16 的网络地址进行扩展（其中 S 为 1+学号的最后 1 位，例如某学生的学号最后 1 位为 2，则 S=12；最后 1 位为 0，则 S=10，模版使用 S=10 作为示范），每个子网分别使用 S.0.0.0/24、S.0.1.0/24、S.0.2.0/24 等子网地址。其中路由器互联的子网使用 S.0.123.240/28 进行扩展，可以最大程度的节约地址，例如每个点对点连接的 2 台路由器之间的子网只需要 2 个主机地址，那么主机地址部分占 2 位，刚好有 2 个可用主机地址（去掉 1 个主机地址部分全 0 的和 1 个主机地址部分全 1 的），网络地址部分则占 30 位（也称为串行掩码），可以按如下方式进行分配：

R1-R2 互联接口: S. 0. 123. 241/30、S. 0. 123. 242/30, 子网地址: S. 0. 123. 240/30;

R1-R3 互联接口: S. 0. 123. 245/30、S. 0. 123. 246/30, 子网地址: S. 0. 123. 244/30;

而 R2、R3、R4、R6 之间的子网只需要 4 个地址, 则主机部分只需要 3 位(去掉全 0 全 1 地址后, 还有 6 个地址可用), 网络地址占 29 位, 可分配 S. 0. 123. 248/29 作为子网地址。

b) Area 1、Area 2、Area 3 使用 S. X. 0. 0/16 的网络地址进行扩展, 其中 **S 为 1+学号的最后 1 位**, X 为 Area 编号, 例如 Area 1 的 3 个子网分别使用 S. 1. 0. 0/24、S. 1. 1. 0/24、S. 1. 2. 0/24 等子网地址 (同一个交换机上的多台路由器的接口属于同一个子网)。



- 配置各 PC 的默认网关, 分别设置为所连路由器的相应端口 IP 地址;
- 配置各路由器互联端口的 IP 地址, 使直连的 2 个路由器能相互 Ping 通;
- 先后给路由器 R1、R2、R3 配置 RIP 协议和 OSPF 协议, 比较两者选择的路由差别 (RIP 不考虑线路带宽, 只考虑经过的路由器个数, OSPF 考虑线路 cost, 带宽越大, cost 越小);
- 给 Area 1、Area 2 的路由器配置 OSPF 协议, 观察区域间路由信息交换;
- 给 Area 3 的路由器配置 OSPF 协议。由于 Area 3 没有物理上直接与 Area 0 连接, 所以需要利用 Area 1 作为中介, 在 R4 和 R9 之间为 Area 3 建立一个虚链路。
- 观察各路由器的路由表, 查看路由器做出的选择是否符合预期; 检查各 PC 之间的联通性;
- 实时显示路由器之间交换的路由信息事件, 理解 OSPF 协议交互过程;
- 断开某些网络连接, 查看 OSPF 的数据变化以及路由表的变化, 并测试 PC 间的联通性;

## RIP 相关命令参考

- 在路由器上启用 RIP 协议

```
Router(config)# router rip
```

将路由器各接口（子网）加入路由宣告：

```
Router(config-router)# network <ip_net>
```

## OSPF 相关命令参考

- 给路由器的回环接口配置地址

```
Router(config)# interface loopback 0
```

```
Router(config-if)# ip address <ip> <mask>
```

- 在路由器上启用 OSPF 协议

```
Router(config)# router ospf <process-id>
```

- 配置路由器接口（子网）所属 Area ID

```
Router(config-router)# network <ip_net> <mask> area <area-id>
```

- 查看路由器的 OSPF 数据库（可以查看 Router ID）

```
Router# show ip ospf database
```

- 手工指定 Router ID

```
Router(config-router)# router-id x.x.x.x
```

更换 Router ID 需要重启路由器或清除 OSPF 状态才能生效，其中

重启路由器命令：

```
Router# reload
```

清除 OSPF 状态命令：

```
Router# clear ip ospf process
```

- 观察各路由器的 OSPF 邻居关系，在广播网络中，为减少通信量，会自动选出一个 DR (Designated Router) 和一个 BDR (Backup Designated Router)，其他路由器只与 DR、BDR 成为邻接关系。

```
Router# show ip ospf neighbor detail
```

- 观察路由器的 OSPF 接口状态（可以查看 cost 值）

```
Router# show ip ospf interface
```

- 打开事件调试，实时显示路由器之间交换的路由信息事件

```
Router# debug ip ospf events
```

观察完毕后，可以关闭调试信息显示：

```
Router# no debug ip ospf events
```

- 在两个区域边界路由器之间建立虚链路，<area-id>填写用于传递数据的区域 ID，<router ID> 分别设为对方的 Router ID：

```
Router(config-router)# area <area-id> virtual-link <router ID>
```

- 在区域边界路由器上手工进行路由合并：

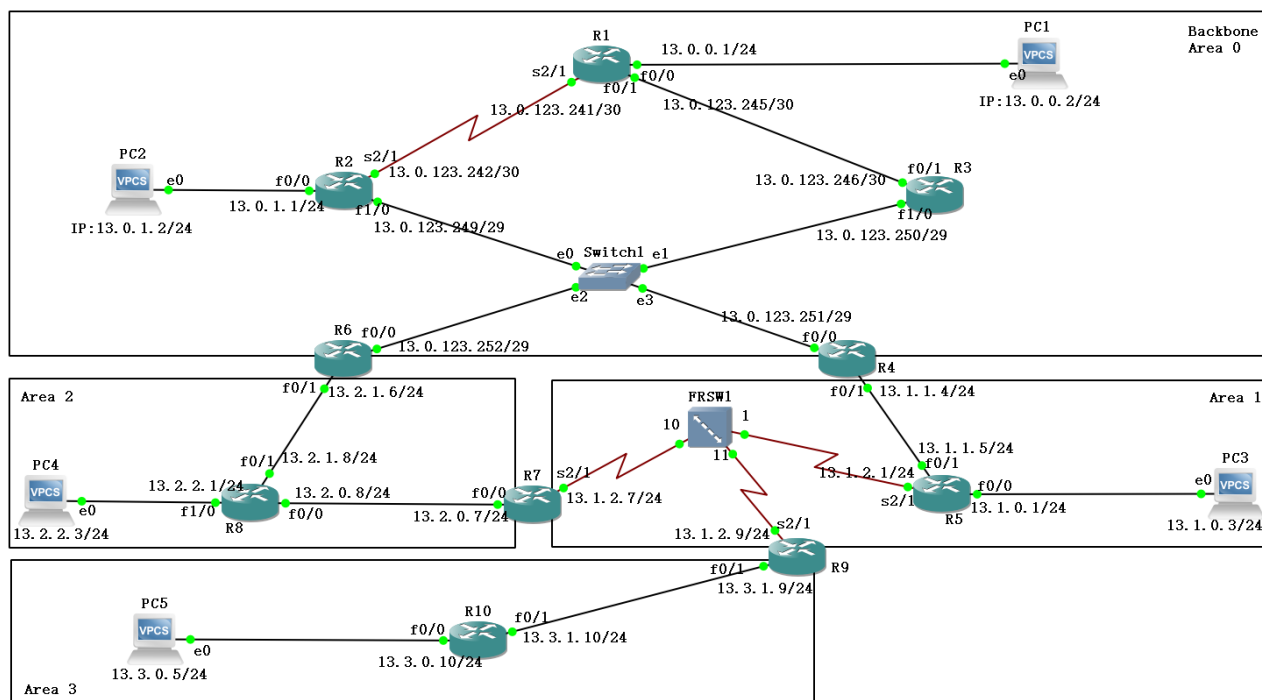
```
Router(config-router)# area <area-id> range <ip_net> <mask>
```

## 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，直接粘贴文字即可（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，并标注在拓扑图上（可以先按照实验步骤一步步完成，最后将完整的图贴在此处）。

设计的拓扑图（参考 GNS3 指南，在 FrameRelay 交换机上配置 R5-R7，R5-R9 之间的数据链路，每路由器 1 个物理端口）：



- 给路由器 R1、R2、R3 各接口配置 IP 地址并激活。配置 PC1、PC2 的 IP 地址和默认网关，使得 PC1 能 ping 通与 R1 的 f0/0 接口、PC2 能 ping 通 R2 的 f0/0 接口。

R1 配置命令：

R1(config)# <u>int fa0/0</u>	(进入 f0/0 接口配置模式)
R1(config-if)# <u>ip addr 13.0.0.1 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R1(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R1(config)# <u>int fa0/1</u>	(进入 f0/1 接口配置模式)
R1(config-if)# <u>ip addr 13.0.123.245 255.255.255.252</u>	(配置 IP 地址，使用 30 位子网掩码)
R1(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R1(config)# <u>int s2/1</u>	(进入 serial 2/0 接口配置模式)
R1(config-if)# <u>ip addr 13.0.123.241 255.255.255.252</u>	(配置 IP 地址，使用 30 位子网掩码)
R1(config-if)# <u>en hdlc</u>	(配置数据链路层协议为 HDLC)
R1(config-if)# <u>clock rate 128000</u>	(配置时钟速率)
R1(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)

R2 配置命令：

R2(config)# <u>int f0/0</u>	(进入 f0/0 接口配置模式)
R2(config-if)# <u>ip addr 13.0.1.1 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R2(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R2(config)# <u>int f1/0</u>	(进入 f1/0 接口配置模式)
R2(config-if)# <u>ip addr 13.0.123.249 255.255.255.248</u>	(配置 IP 地址, 使用 29 位子网掩码)
R2(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R2(config)# <u>int s2/1</u>	(进入 serial 2/0 接口配置模式)
R2(config-if)# <u>ip addr 13.0.123.242 255.255.255.252</u>	(配置 IP 地址, 使用 30 位子网掩码)
R2(config-if)# <u>en hdlc</u>	(配置数据链路层协议为 HDLC)
R2(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)

#### R3 配置命令:

R3(config)# <u>int f0/1</u>	(进入 f0/1 接口配置模式)
R3(config-if)# <u>ip addr 13.0.123.246 255.255.255.252</u>	(配置 IP 地址, 使用 30 位子网掩码)
R3(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R3(config)# <u>int f1/0</u>	(进入 f1/0 接口配置模式)
R3(config-if)# <u>ip addr 13.0.123.250 255.255.255.248</u>	(配置 IP 地址, 使用 29 位子网掩码)
R3(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)

#### PC1 地址和默认网关配置截图:

```
PC1> ip 13.0.0.2 255.255.255.0 13.0.0.1
Checking for duplicate address...
PC1 : 13.0.0.2 255.255.255.0 gateway 13.0.0.1
```

#### PC2 地址和默认网关配置截图:

```
PC2> ip 13.0.1.2 255.255.255.0 13.0.1.1
Checking for duplicate address...
PC1 : 13.0.1.2 255.255.255.0 gateway 13.0.1.1
```

## --- Part 1: 配置 RIP (用于和 OSPF 进行比较) ---

目标: 验证 RIP 只选择跳数最少的路径, 而忽略接口带宽

- 在 R1、R2、R3 上启用 RIP 动态路由协议, 并宣告各接口所在子网地址 (版本要设置成 2);

#### 示例 (看完请删除):

```
R1(config)#router rip
R1(config-router)#network 10.0.0.0
R1(config-router)#version 2
```

```
R2(config)#router rip
R2(config-router)#version 2
R2(config-router)#network 10.0.0.0
```

```
R3(config)#router rip
R3(config-router)#version 2
R3(config-router)#network 10.0.0.0
```

**R1 配置命令：**

R1(config)# <u>router rip</u>	(启用并进入 RIP 路由协议配置模式)
R1(config-router)# <u>network 13.0.0.0</u>	(宣告子网地址)
R1(config-router)# <u>version 2</u>	(设置版本号)

**R2 配置命令：**

R2(config)# <u>router rip</u>	(启用并进入 RIP 路由协议配置模式)
R2(config-router)# <u>network 13.0.0.0</u>	(宣告子网地址)
R2(config-router)# <u>version 2</u>	(设置版本号)

**R3 配置命令：**

R3(config)# <u>router rip</u>	(启用并进入 RIP 路由协议配置模式)
R3(config-router)# <u>network 13.0.0.0</u>	(宣告子网地址)
R3(config-router)# <u>version 2</u>	(设置版本号)

4. 查看 R1、R2、R3 的路由表（命令：[show ip route](#)），跟踪 PC1 到 PC2 的路由（命令：[trace ip 地址](#)）；

**R3 路由表：**

```
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

    13.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 3 masks
R       13.0.1.0/24 [120/1] via 13.0.123.249, 00:00:02, FastEthernet1/0
R       13.0.0.0/24 [120/1] via 13.0.123.245, 00:00:11, FastEthernet0/1
C       13.0.123.244/30 is directly connected, FastEthernet0/1
R       13.0.123.240/30 [120/1] via 13.0.123.245, 00:00:11, FastEthernet0/1
        [120/1] via 13.0.123.249, 00:00:02, FastEthernet1/0
C       13.0.123.248/29 is directly connected, FastEthernet1/0
```

到 PC1 子网，R3 选择的下一跳地址是： 13.0.123.245 ，为路由器 R1 的 f0/1 接口。

到 PC2 子网，R3 选择的下一跳地址是： 13.0.123.249 ，为路由器 R2 的 f1/0 接口。

**R1 路由表（标出到 PC2 子网的路由，下一跳是哪个路由器）：**

```

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

    13.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 3 masks
R       13.0.1.0/24 [120/1] via 13.0.123.242, 00:00:02, Serial2/1
C       13.0.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C       13.0.123.244/30 is directly connected, FastEthernet0/1
C       13.0.123.240/30 is directly connected, Serial2/1
R       13.0.123.248/29 [120/1] via 13.0.123.242, 00:00:02, Serial2/1
        [120/1] via 13.0.123.246, 00:00:18, FastEthernet0/1

```

到 PC2 子网，R1 选择的下一跳地址是： 13.0.123.242 ，为路由器 R2 的 s2/1 接口。

虽然 R1-R3-R2 这条路径带宽更高，但 R1-R2 这条路径经过的路由器（Hop Count）更少。

R2 路由表（标出到 PC1 子网的路由，下一跳是哪个路由器）：

```

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

    13.0.0.0/8 is variably subnetted, 5 subnets, 3 masks
C       13.0.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
R       13.0.0.0/24 [120/1] via 13.0.123.241, 00:00:06, Serial2/1
R       13.0.123.244/30 [120/1] via 13.0.123.250, 00:00:14, FastEthernet1/0
        [120/1] via 13.0.123.241, 00:00:06, Serial2/1
C       13.0.123.240/30 is directly connected, Serial2/1
C       13.0.123.248/29 is directly connected, FastEthernet1/0

```

同理，到 PC1 子网，R2 选择的下一跳地址是： 13.0.123.241 ，为路由器 R1 的 s2/1 接口。

PC1→PC2 的路由跟踪：

```

PC1> trace 13.0.1.2
trace to 13.0.1.2, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  13.0.0.1    14.295 ms  17.755 ms  13.722 ms
 2  13.0.123.242 51.701 ms  48.676 ms  51.484 ms
 3  *13.0.1.2   65.303 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

```

经过的路由器顺序是（填路由器名字） R1 、 R2

## --- Part 2: 配置单域 OSPF（Area 0） ---

目标：配置单个区域（Area 0）的 OSPF 协议，使路由器能自动建立路由表，区域内网络之间能互通



R1、R2、R3 分别采用三种方式配置 Router ID，以观察各自受网络拓扑改变的影响。

5. 启用路由器 R1 的 OSPF 动态路由协议（不指定 Router ID），并配置各接口所属区域（为 Area 0），其中进程 ID 请设置为学号的后 2 位（全 0 者往前取值）。

```
R1#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#router ospf
R1(config)#router ospf 73
R1(config-router)#net
R1(config-router)#network 13.0.0.0 0.0.255.255 ar
R1(config-router)#network 13.0.0.0 0.0.255.255 area 0
R1(config-router)#end
R1#
*Mar  1 00:45:03.287: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

R1 配置命令：

R1(config)# <u>router ospf 73</u>	(启用并进入 OSPF 路由协议配置模式)
R1(config-router)# <u>network 13.0.0.0 0.0.255.255 area 0</u>	(宣告子网地址、通配码、区域)

6. 先给 R2 的回环接口配置 IP 地址（该地址将会成为 Router ID）。然后再启用路由器 R2 的 OSPF 动态路由协议，设置包括回环接口在内的各接口所属区域（为 Area 0）。

```
R2#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#int loopback 0
R2(config-if)#ip addr 13.0.20.1 255.255.255.252
R2(config-if)#router ospf 73
R2(config-router)#network 13.0.0.0 0.0.255.255 area 0
R2(config-router)#end
```

R2 配置命令：

R2(config)# <u>int loopback 0</u>	(进入 Loopback 接口配置模式)
R2(config-if)# <u>ip addr 13.0.20.1 255.255.255.252</u>	(配置 IP 地址、掩码)
R2(config)# <u>router ospf 73</u>	(启用并进入 OSPF 路由协议配置模式)
R2(config-router)# <u>network 13.0.0.0 0.0.255.255 area 0</u>	(宣告子网地址、通配码、区域)

7. 启用路由器 R3 的 OSPF 动态路由协议（手工指定 Router ID），并设置各接口所属区域为 Area 0。

```
R3#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R3(config)#router ospf 73
R3(config-router)#router-id 13.0.30.1
R3(config-router)#network 13.0.0.0 0.0.255.255 area 0
R3(config-router)#end
```

R3 配置命令：

R3(config)# <u>router ospf 73</u>	(启用并进入 OSPF 路由协议配置模式)
R3(config-router)# <u>router-id 13.0.30.1</u>	(配置 router id)
R3(config-router)# <u>network 13.0.0.0 0.0.255.255 area 0</u>	(宣告子网地址、通配码、区域)

8. 查看 OSPF 数据库（命令：[show ip ospf database](#)），并标出各路由器的 Router ID。

R1 的 OSPF 数据库（请替换成你自己的）:

```
R1#sh ip ospf database

      OSPF Router with ID (10.0.123.245) (Process ID 12)

      Router Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router    Age          Seq#          Checksum Link count
10.0.20.1    10.0.20.1      195          0x80000003   0x003364 5
10.0.30.1    10.0.30.1      195          0x80000003   0x004587 2
10.0.123.245 10.0.123.245   234          0x80000009   0x00A4C2 4

      Net Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router    Age          Seq#          Checksum
10.0.123.245 10.0.123.245   264          0x80000001   0x00DFC1
10.0.123.250 10.0.30.1      195          0x80000001   0x0084CA
```

```
R1#show ip ospf database

      OSPF Router with ID (13.0.123.245) (Process ID 73)

      Router Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router    Age          Seq#          Checksum Link count
13.0.20.1    13.0.20.1     45           0x80000003   0x001472 5
13.0.30.1    13.0.30.1     44           0x80000002   0x00A025 2
13.0.123.245 13.0.123.245  44           0x80000003   0x00C2A4 4

      Net Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router    Age          Seq#          Checksum
13.0.123.245 13.0.123.245  44           0x80000001   0x00D3C1
13.0.123.249 13.0.20.1     45           0x80000001   0x00F05D
```

从上图可知，R1 的 Router ID 为 13.0.123.245（取自接口 f0/1 的 IP）；与 R1 连接的有 2 个路由器，其 ID 分别是 13.0.20.1、13.0.30.1，有 2 条网络链路，其 ID 分别是 13.0.123.245、13.0.123.249。

R2 的 OSPF 数据库（请替换成你自己的）:

```
R2#show ip ospf database

      OSPF Router with ID (13.0.20.1) (Process ID 73)

      Router Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router    Age          Seq#          Checksum Link count
13.0.20.1    13.0.20.1     213          0x80000003   0x001472 5
13.0.30.1    13.0.30.1     214          0x80000002   0x00A025 2
13.0.123.245 13.0.123.245  214          0x80000003   0x00C2A4 4

      Net Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router    Age          Seq#          Checksum
13.0.123.245 13.0.123.245  214          0x80000001   0x00D3C1
13.0.123.249 13.0.20.1     213          0x80000001   0x00F05D
```

从上图可知，R2 的 Router ID 为 13.0.20.1（取自接口 loopback 0 的 IP）；与 R2 连接的有 2 个路由器，其 ID 分别是 13.0.30.1、13.0.123.245，有 2 条链路，其 ID 分别是 13.0.123.245、13.0.123.249。

R3 的 OSPF 数据库（请替换成你自己的）:

```

R3#show ip ospf database

      OSPF Router with ID (13.0.30.1) (Process ID 73)

      Router Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router    Age      Seq#          Checksum Link count
13.0.20.1    13.0.20.1     376      0x80000003   0x001472 5
13.0.30.1    13.0.30.1     375      0x80000002   0x00A025 2
13.0.123.245 13.0.123.245  375      0x80000003   0x00C2A4 4

      Net Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router    Age      Seq#          Checksum
13.0.123.245 13.0.123.245  376      0x80000001   0x00D3C1
13.0.123.249 13.0.20.1     376      0x80000001   0x00F05D

```

从上图可知，R3 的 Router ID 为 13.0.30.1，非接口 IP 地址；与 R3 连接的有 2 个路由器，其 ID 分别是 13.0.20.1、13.0.123.245，有 2 条链路，其 ID 分别是 13.0.123.245、13.0.123.249。

- 在路由器 R1 上显示 OSPF 接口数据（命令：show ip ospf interface），标记各接口的 cost 值，网络类型，邻接关系及其 Router ID，广播类型的网络再标出 DR（Designed Router）或者 BDR（Backup Designed Router）角色。cost 值可以通过修改接口的 bandwidth 间接改变，10M 的 cost=10，100M 的 cost=1，使用 GNS3 模拟时，FastEthernet 接口默认的 bandwidth 是 10M。

R1 的 OSPF 接口数据（请替换成你自己的）：

```

R1#show ip ospf interface
Serial2/1 is up, line protocol is up
Internet Address 13.0.123.241/30, Area 0
Process ID 73, Router ID 13.0.123.245, 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 00:00:02
Index 3/3, 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 13.0.20.1
Suppressed hello for 0 neighbor(s)

FastEthernet0/1 is up, line protocol is up
Internet Address 13.0.123.245/30, Area 0
Process ID 73, Router ID 13.0.123.245, Network Type BROADCAST, Cost: 1
Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
Designated Router (ID) 13.0.123.245, Interface address 13.0.123.245
Backup Designated router (ID) 13.0.30.1, Interface address 13.0.123.246
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
  oob-resync timeout 40
  Hello due in 00:00:01
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 13.0.30.1 (Backup Designated Router)

```

```

FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
Internet Address 13.0.0.1/24, Area 0
Process ID 73, Router ID 13.0.123.245, Network Type BROADCAST, Cost: 1
Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
Designated Router (ID) 13.0.123.245, Interface address 13.0.0.1
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 00:00:06
Index 1/1, 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)

```

s2/0 连接的网络类型为 POINT TO POINT , Cost=64 , 邻居 Router ID=13.0.20.1

f0/1 连接的网络类型为 BROADCAST , Cost=1 , 邻居 Router ID=13.0.30.1 , DR 的 Router ID 是 13.0.123.245 ,

接口 IP 是 13.0.123.245 , BDR 的 Router ID 是 13.0.30.1 , 接口 IP 是 13.0.123.246

f0/0 连接的网络类型为 BROADCAST , Cost=1 , DR 的 Router ID 是 13.0.123.245 , 接口 IP 是 13.0.0.1

验证 OSPF 会优先选择带宽高的路径

10. 查看 R1、R2、R3 的路由表，与 RIP 比较，OSPF 所选择的路由有何不同，谁的优先级高？跟踪 PC1 到 PC2 的路由。

R1 路由表（请更换为你自己的）:

```

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 7 subnets, 4 masks
C    10.0.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O    10.0.1.0/24 [110/21] via 10.0.123.246, 01:13:36, FastEthernet0/1
R    10.0.20.0/30 [120/1] via 10.0.123.242, 00:00:14, Serial2/0
O    10.0.20.1/32 [110/12] via 10.0.123.246, 01:13:36, FastEthernet0/1
C    10.0.123.240/30 is directly connected, Serial2/0
C    10.0.123.244/30 is directly connected, FastEthernet0/1
O    10.0.123.248/29 [110/11] via 10.0.123.246, 01:13:42, FastEthernet0/1
R1#

```

```

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

```

13.0.0.0/8 is variably subnetted, 7 subnets, 4 masks
O    13.0.1.0/24 [110/3] via 13.0.123.246, 00:21:38, FastEthernet0/1
C    13.0.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O    13.0.20.1/32 [110/3] via 13.0.123.246, 00:21:38, FastEthernet0/1
R    13.0.20.0/30 [120/1] via 13.0.123.242, 00:00:02, Serial2/1
C    13.0.123.244/30 is directly connected, FastEthernet0/1
C    13.0.123.240/30 is directly connected, Serial2/1
O    13.0.123.248/29 [110/2] via 13.0.123.246, 00:21:38, FastEthernet0/1

```

从 R1 路由表可知，对于 PC2 的网络，OSPF 选择的下一跳 IP 地址是 13.0.123.246，是路由器 R3 的 f0/1 接口。因为 R1-R3-R2-PC2 这条路径的 Cost(各路由器的出口 Cost 累加) = 22，比 R1-R2-PC2 这条路径的 Cost = 74 更短。

此外，由于 OSPF 的路由管理距离为 110，比 RIP 的管理距离 120 优先级更高，所以把之前 RIP 选择的路由替换了。

R2 路由表（请更换为你自己的）：

```
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

    13.0.0.0/8 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
C       13.0.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O       13.0.0.0/24 [110/3] via 13.0.123.250, 00:28:14, FastEthernet1/0
C       13.0.20.0/30 is directly connected, Loopback0
O       13.0.123.244/30 [110/2] via 13.0.123.250, 00:28:14, FastEthernet1/0
C       13.0.123.240/30 is directly connected, Serial2/1
C       13.0.123.248/29 is directly connected, FastEthernet1/0
```

从 R2 路由表可知，对于 PC1 的网络，OSPF 选择的下一跳 IP 地址是 13.0.123.250，是路由器 R3 的 f1/0 接口。

R3 路由表（请更换为你自己的）：

```
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

    13.0.0.0/8 is variably subnetted, 7 subnets, 4 masks
O       13.0.1.0/24 [110/2] via 13.0.123.249, 00:31:07, FastEthernet1/0
O       13.0.0.0/24 [110/2] via 13.0.123.245, 00:31:07, FastEthernet0/1
O       13.0.20.1/32 [110/2] via 13.0.123.249, 00:31:07, FastEthernet1/0
R       13.0.20.0/30 [120/1] via 13.0.123.249, 00:00:10, FastEthernet1/0
C       13.0.123.244/30 is directly connected, FastEthernet0/1
O       13.0.123.240/30 [110/65] via 13.0.123.245, 00:31:07, FastEthernet0/1
        [110/65] via 13.0.123.249, 00:31:08, FastEthernet1/0
C       13.0.123.248/29 is directly connected, FastEthernet1/0
```

从 R3 路由表可知，对于 PC1 的网络，OSPF 选择的下一跳 IP 地址是 13.0.123.245，是路由器 R1 的 f0/1 接口。

对于 PC2 的网络，OSPF 选择的下一跳 IP 地址是 13.0.123.249，是路由器 R2 的 f1/0 接口。

PC1→PC2 的路由跟踪（请更换为你自己的）：

```
PC1> trace 13.0.1.2
Trace to 13.0.1.2, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  13.0.0.1    20.252 ms  10.388 ms  20.012 ms
 2  13.0.123.246 30.500 ms  40.732 ms  31.182 ms
 3  13.0.123.249 52.365 ms  51.494 ms  41.645 ms
 4  *13.0.1.2   72.263 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
```

经过的路由器顺序是 R1、R3、R2

验证 OSPF 能否自动适应网络拓扑的变化

11. 断开 R1 和 R3 的接口（在 R1 或 R3 上 shutdown 该接口），再次显示 R1 的路由表，标记到达 PC2 所在子网的下一跳。

R1 的路由表（请更换为你自己的）：

```
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

    13.0.0.0/8 is variably subnetted, 6 subnets, 4 masks
O    13.0.1.0/24 [110/65] via 13.0.123.242, 00:00:13, Serial2/1
C    13.0.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O    13.0.20.1/32 [110/65] via 13.0.123.242, 00:00:13, Serial2/1
R    13.0.20.0/30 [120/1] via 13.0.123.242, 00:00:23, Serial2/1
C    13.0.123.240/30 is directly connected, Serial2/1
O    13.0.123.248/29 [110/65] via 13.0.123.242, 00:00:13, Serial2/1
```

对于 PC2 的网络，此时只有 1 条路径可达，OSPF 选择的下一跳 IP 地址是 13.0.123.242，是路由器 R2 的 s2/1 接口。

观察 OSPF 的 Router ID 的变化

12. 保存 R1 配置后（在 R1 上输入命令：write）重启路由器（右键菜单 reload），查看 R1 的 Router ID 是否发生变化（命令：show ip ospf database），变成了 13.0.123.241，取自 s2/1 接口的 IP 地址。原因是由于接口 f0/1 断开了，故其上的 IP 地址也暂时不可用，OSPF 于是选择了另一个可用 IP 地址作为 Router ID，而原来的 Router ID 也未消失，看上去是来自另一台不存在的路由器。而 R2 配置了回环接口，OSPF 会优先选择不会断开的回环接口的 IP 地址作为 Router ID，就不会出现上述情况。

R1 的 OSPF 数据库（请更换为你自己的截图，并标出 Router ID）：



```
R1#show ip ospf database

      OSPF Router with ID (13.0.123.241) (Process ID 73)

      Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age      Seq#          Checksum Link count
13.0.20.1      13.0.20.1     14       0x80000006   0x0085D1 5
13.0.30.1      13.0.30.1     155      0x80000004   0x000343 2
13.0.123.241   13.0.123.241  13       0x80000002   0x00532A 3
13.0.123.245   13.0.123.245  192      0x80000005   0x000D65 3

      Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age      Seq#          Checksum
13.0.123.249   13.0.20.1     501      0x80000002   0x00EE5E
```

观察 OSPF 邻居关系

13. 在 R1 上打开 OSPF 事件调试（命令：debug ip ospf events），然后重新连接 R1 和 R3 的接口（在 R1 或 R3 上 no shutdown 该接口），等与 R3 的邻居关系为 Full 后关闭 debug（命令：no debug ip ospf events），最后查看邻居关系（命令：show ip ospf neighbor detail）。

R1 和 R3 重新建立邻接关系的事件记录（请更换成你自己的截图，并标出状态）：

```
opt 0x52 flag 0x7 len 32
*Mar 1 00:03:20.183: OSPF: Retransmitting DBD to 13.0.30.1 on FastEthernet0/1 [
1]
*Mar 1 00:03:20.199: OSPF: Rcv DBD from 13.0.30.1 on FastEthernet0/1 seq 0x13D1
opt 0x52 flag 0x7 len 32 mtu 1500 state EXSTART
*Mar 1 00:03:20.199: OSPF: First DBD and we are not SLAVE
*Mar 1 00:03:20.211: OSPF: Rcv DBD from 13.0.30.1 on FastEthernet0/1 seq 0x1480
opt 0x52 flag 0x2 len 132 mtu 1500 state EXSTART
*Mar 1 00:03:20.211: OSPF: NBR Negotiation Done. We are the MASTER
*Mar 1 00:03:20.211: OSPF: Send DBD to 13.0.30.1 on FastEthernet0/1 seq 0x148D
opt 0x52 flag 0x3 len 132
*Mar 1 00:03:20.231: OSPF: Rcv DBD from 13.0.30.1 on FastEthernet0/1 seq 0x148D
opt 0x52 flag 0x0 len 32 mtu 1500 state EXCHANGE
*Mar 1 00:03:20.231: OSPF: Send DBD to 13.0.30.1 on FastEthernet0/1 seq 0x148E
opt 0x52 flag 0x1 len 32
*Mar 1 00:03:20.263: OSPF: Rcv DBD from 13.0.30.1 on FastEthernet0/1 seq 0x148E
opt 0x52 flag 0x0 len 32 mtu 1500 state EXCHANGE
*Mar 1 00:03:20.263: OSPF: Exchange Done with 13.0.30.1 on FastEthernet0/1
*Mar 1 00:03:20.263: OSPF: Synchronized with 13.0.30.1 on FastEthernet0/1, stat
e FULL
*Mar 1 00:03:20.263: %OSPF-5-ADJCHG: Process 73, Nbr 13.0.30.1 on FastEthernet0
/1 from LOADING to FULL, Loading Done
```

从事件记录可知，邻接关系建立经历了 5 个状态，分别是：

INIT、2WAY、EXSTART、EXCHANGE、DONE

R1 的 OSPF 邻居详细信息（请更换成你自己的截图）：

```

R1#show ip ospf neighbor detail
Neighbor 13.0.20.1, interface address 13.0.123.242
In the area 0 via interface Serial2/1
Neighbor priority is 0, State is FULL, 6 state changes
DR is 0.0.0.0 BDR is 0.0.0.0
Options is 0x52
LLS Options is 0x1 (LR)
Dead timer due in 00:00:39
Neighbor is up for 00:12:41
Index 1/1, 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
Neighbor 13.0.30.1, interface address 13.0.123.246
In the area 0 via interface FastEthernet0/1
Neighbor priority is 1, State is FULL, 6 state changes
DR is 13.0.123.246 BDR is 13.0.123.245
Options is 0x52
LLS Options is 0x1 (LR)
Dead timer due in 00:00:32
Neighbor is up for 00:09:37
Index 2/2, retransmission queue length 0, number of retransmission 0
First 0x0(0)/0x0(0) Next 0x0(0)/0x0(0)
Last retransmission scan length is 0, maximum is 0
Last retransmission scan time is 0 msec, maximum is 0 msec

```

从邻居信息可知，R1 有 2 个邻居，分别是：

接口 s2/0 连接的对方 IP 地址是： 13.0.123.242 ，已上线时间： 00:12:41 ，

接口 f0/1 连接的对方 IP 地址是： 13.0.123.246 ，已上线时间： 00:09:37 ，

14. 给 R4、R6 的回环接口、f0/0 接口配置 IP 地址并激活，启用 OSPF 协议，接口均属于 Area 0。过一会儿查看 R4 和 R6 的邻居信息（由于 R2、R3、R4、R6 在同一个广播网络中，四台路由器并不会都成为邻接关系，而是选出 DR、BDR，然后各路由器与 DR、BDR 进行路由信息交换）。

#### R4 配置命令：

R4(config)# <u>int f0/0</u>	(进入 f0/0 接口配置模式)
R4(config-if)# <u>ip addr 13.0.123.251 255.255.255.248</u>	(配置 IP 地址)
R4(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R4(config)# <u>int loopback 0</u>	(进入回环接口配置模式)
R4(config-if)# <u>ip addr 13.0.40.1 255.255.255.252</u>	(配置 IP 地址)
R4(config)# <u>router ospf 73</u>	(启动并进入 OSPF 路由协议配置模式)
R4(config-router)# <u>network 13.0.0.0 0.0.255.255 area 0</u>	(宣告 f0/0 接口所在的子网属于区域 0)

#### R6 配置命令：

R6(config)# <u>int f0/0</u>	(进入 f0/0 接口配置模式)
R6(config-if)# <u>ip addr 13.0.123.252 255.255.255.248</u>	(配置 IP 地址)
R6(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R6(config)# <u>int loopback 0</u>	(进入回环接口配置模式)
R6(config-if)# <u>ip addr 13.0.60.1 255.255.255.252</u>	(配置 IP 地址)
R6(config)# <u>router ospf 73</u>	(启动并进入 OSPF 路由协议配置模式)



R6(config-router)# network 13.0.0.0 0.0.255.255 area 0 (宣告 f0/0 接口所在的子网属于区域 0)

R4 上查看邻居关系 (请更换成你自己的截图):

```
R4#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
13.0.20.1	1	FULL/DR	00:00:37	13.0.123.249	FastEthernet0/0
13.0.30.1	1	FULL/BDR	00:00:30	13.0.123.250	FastEthernet0/0
13.0.60.1	1	2WAY/DROTHER	00:00:34	13.0.123.252	FastEthernet0/0

R6 上查看邻居关系 (请更换成你自己的截图):

```
R6#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
13.0.20.1	1	FULL/DR	00:00:38	13.0.123.249	FastEthernet0/0
13.0.30.1	1	FULL/BDR	00:00:32	13.0.123.250	FastEthernet0/0
13.0.40.1	1	2WAY/DROTHER	00:00:33	13.0.123.251	FastEthernet0/0

从邻居关系信息中可知, 指定路由器 (DR) 是: 13.0.20.1, 备用指定路由器 (BDR) 是: 13.0.30.1, 是邻居但不是邻接关系的路由器是 R4 和 R6。

### --- Part 3: 配置多域 OSPF ---

配置 Area 1 的 OSPF, 使之与 Area 0 进行路由信息交换

15. 给 R4 的 f0/1 接口、R5 的回环接口、f0/1 和 f0/0 接口配置 IP 地址、激活端口, 并启用 OSPF 协议, 各接口均属于 Area 1。配置 PC3 的 IP 地址和默认路由。过一会儿, 查看 R2、R5 上的路由表, 标出区域间路由 (IA), 测试 PC3 与 PC1 的连通性。

示例 (看完请删除):

```
R4(config)#interface f0/1
R4(config-if)#ip address 10.1.0.1 255.255.255.0
R4(config-if)#no shutdown
R4(config)#router ospf 73
R4(config-router)#network 10.1.0.0 0.0.255.255 area 1
```

R4 配置命令:

R4(config)# <u>int f0/1</u>	(进入 f0/1 接口配置模式)
R4(config-if)# <u>ip addr 13.1.1.4 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R4(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R4(config)# <u>router ospf 73</u>	(进入 OSPF 路由协议配置模式)
R4(config-router)# <u>network 13.1.0.0 0.0.255.255 area 1</u>	(宣告 f0/1 接口所在的子网属于区域 1)

R5 配置命令:

R5(config)# <u>int f0/1</u>	(进入 f0/1 接口配置模式)
R5(config-if)# <u>ip addr 13.1.1.5 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R5(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R5(config)# <u>int f0/0</u>	(进入 f0/0 接口配置模式)
R5(config-if)# <u>ip addr 13.1.0.1 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R5(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R5(config)# <u>int loopback 0</u>	(进入回环接口配置模式)
R5(config-if)# <u>ip addr 13.1.50.1 255.255.255.252</u>	(配置 IP 地址)
R5(config)# <u>router ospf 73</u>	(启动并进入 OSPF 路由协议配置模式)
R5(config-router)# <u>network 13.1.0.0 0.0.255.255 area 1</u>	(宣告各接口所在的子网属于区域 1)

PC3 配置截图（请换成你自己的）：

```
PC3> ip 13.1.0.3 255.255.255.0 13.1.0.1
Checking for duplicate address...
PC3 : 13.1.0.3 255.255.255.0 gateway 13.1.0.1
```

R2 的路由表（请换成你自己的）：

```

13.0.0.0/8 is variably subnetted, 11 subnets, 4 masks
O IA 13.1.0.0/24 [110/3] via 13.0.123.251, 00:01:36, FastEthernet1/0
C     13.0.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA 13.1.1.0/24 [110/2] via 13.0.123.251, 00:01:41, FastEthernet1/0
O     13.0.0.0/24 [110/3] via 13.0.123.250, 00:03:41, FastEthernet1/0
C     13.0.20.0/30 is directly connected, Loopback0
O     13.0.40.1/32 [110/2] via 13.0.123.251, 00:03:41, FastEthernet1/0
O     13.0.60.1/32 [110/2] via 13.0.123.252, 00:03:43, FastEthernet1/0
O IA 13.1.50.1/32 [110/3] via 13.0.123.251, 00:01:38, FastEthernet1/0
O     13.0.123.244/30 [110/2] via 13.0.123.250, 00:03:43, FastEthernet1/0
C     13.0.123.240/30 is directly connected, Serial2/1
C     13.0.123.248/29 is directly connected, FastEthernet1/0

```

观察区域间路由（IA）可知，目标为 Area 1 中的子网的下一跳 IP 地址均为 13.0.123.251，从 f1/0 接口发出。

R5 的路由表（请换成你自己的）：

```

13.0.0.0/8 is variably subnetted, 11 subnets, 4 masks
C     13.1.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA 13.0.1.0/24 [110/3] via 13.1.1.4, 00:03:02, FastEthernet0/1
C     13.1.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
O IA 13.0.0.0/24 [110/4] via 13.1.1.4, 00:03:02, FastEthernet0/1
O IA 13.0.20.1/32 [110/3] via 13.1.1.4, 00:03:02, FastEthernet0/1
O IA 13.0.40.1/32 [110/2] via 13.1.1.4, 00:03:02, FastEthernet0/1
O IA 13.0.60.1/32 [110/3] via 13.1.1.4, 00:03:04, FastEthernet0/1
C     13.1.50.0/30 is directly connected, Loopback0
O IA 13.0.123.244/30 [110/3] via 13.1.1.4, 00:03:04, FastEthernet0/1
O IA 13.0.123.240/30 [110/66] via 13.1.1.4, 00:03:04, FastEthernet0/1
O IA 13.0.123.248/29 [110/2] via 13.1.1.4, 00:03:04, FastEthernet0/1

```

观察区域间路由（IA）可知，目标为 Area 0 中的子网的下一跳 IP 地址均为 13.1.1.4，从 f0/1 接口发出。

PC3→PC1 的连通性（请替换成你自己的）：

```
PC3> ping 13.0.1.2

84 bytes from 13.0.1.2 icmp_seq=1 ttl=61 time=144.542 ms
84 bytes from 13.0.1.2 icmp_seq=2 ttl=61 time=51.222 ms
84 bytes from 13.0.1.2 icmp_seq=3 ttl=61 time=49.530 ms
84 bytes from 13.0.1.2 icmp_seq=4 ttl=61 time=72.521 ms
84 bytes from 13.0.1.2 icmp_seq=5 ttl=61 time=60.072 ms
```

16. 分别在 R2、R4、R5 上显示 OSPF 数据库信息，关注是否出现其他 Area 的信息。

R2（请替换成你自己的）：

```
R2#show ip ospf database

        OSPF Router with ID (13.0.20.1) (Process ID 73)

        Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum Link count
13.0.20.1      13.0.20.1     510         0x80000008   0x00B1D3 5
13.0.30.1      13.0.30.1     524         0x80000007   0x00AC13 2
13.0.40.1      13.0.40.1     468         0x80000005   0x009CD6 2
13.0.60.1      13.0.60.1     1777        0x80000004   0x000137 2
13.0.123.241   13.0.123.241  506         0x80000006   0x001F4C 4

        Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum
13.0.123.246   13.0.30.1     524         0x80000003   0x0022C6
13.0.123.249   13.0.20.1     1777        0x80000005   0x007849

        Summary Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum
13.1.0.0       13.0.40.1     338         0x80000001   0x0053A3
13.1.1.0       13.0.40.1     342         0x80000003   0x003ABA
13.1.50.1      13.0.40.1     338         0x80000001   0x0021A2
```

R2 没有 Area 1 的具体信息，但是该区域的子网地址 13.1.0.0、13.1.1.0、13.1.50.1 由路由器 R4 汇聚后以区域间链路的形式进行通告。

R5（请替换成你自己的）：

```

R5#show ip ospf database

      OSPF Router with ID (13.1.50.1) (Process ID 73)

      Router Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum Link count
13.0.40.1      13.0.40.1     448          0x80000002   0x00603E 1
13.1.50.1      13.1.50.1     448          0x80000002   0x009D79 3

      Net Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum
13.1.1.4       13.0.40.1     449          0x80000001   0x002752

      Summary Net Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum
13.0.0.0       13.0.40.1     564          0x80000001   0x00698D
13.0.1.0       13.0.40.1     564          0x80000001   0x0054A2
13.0.20.1      13.0.40.1     564          0x80000001   0x00786A
13.0.40.1      13.0.40.1     564          0x80000001   0x00913E
13.0.60.1      13.0.40.1     564          0x80000001   0x00BEFB
13.0.123.240   13.0.40.1     564          0x80000001   0x000E41
13.0.123.244   13.0.40.1     564          0x80000001   0x006D1D
13.0.123.248   13.0.40.1     567          0x80000001   0x002368

```

R3 没有 Area 0 的具体信息，但是该区域的子网地址全部由路由器 R4 汇聚后以区域间链路的形式进行通告。

R4（请替换成你自己的）：

```

R4#show ip ospf database

        OSPF Router with ID (13.0.40.1) (Process ID 73)

        Router Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age      Seq#           Checksum Link count
13.0.20.1      13.0.20.1      689      0x80000008    0x00B1D3 5
13.0.30.1      13.0.30.1      702      0x80000007    0x00AC13 2
13.0.40.1      13.0.40.1      644      0x80000005    0x009CD6 2
13.0.60.1      13.0.60.1      1955     0x80000004    0x000137 2
13.0.123.241   13.0.123.241   684      0x80000006    0x001F4C 4

        Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age      Seq#           Checksum
13.0.123.246   13.0.30.1      702      0x80000003    0x0022C6
13.0.123.249   13.0.20.1      1956     0x80000005    0x007849

        Summary Net Link States (Area 0)

Link ID        ADV Router    Age      Seq#           Checksum
13.1.0.0       13.0.40.1     514      0x80000001    0x0053A3
13.1.1.0       13.0.40.1     519      0x80000003    0x003ABA
13.1.50.1      13.0.40.1     514      0x80000001    0x0021A2

        Router Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age      Seq#           Checksum Link count
13.0.40.1      13.0.40.1     531      0x80000002    0x00603E 1
13.1.50.1      13.1.50.1     535      0x80000002    0x009D79 3

        Net Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age      Seq#           Checksum
13.1.1.4       13.0.40.1     535      0x80000001    0x002752

        Summary Net Link States (Area 1)

Link ID        ADV Router    Age      Seq#           Checksum
13.0.0.0       13.0.40.1     652      0x80000001    0x00698D
13.0.1.0       13.0.40.1     653      0x80000001    0x0054A2
13.0.20.1      13.0.40.1     653      0x80000001    0x00786A
13.0.40.1      13.0.40.1     653      0x80000001    0x00913E
13.0.60.1      13.0.40.1     653      0x80000001    0x00BEFB
13.0.123.240   13.0.40.1     653      0x80000001    0x000E41
13.0.123.244   13.0.40.1     653      0x80000001    0x006D1D
13.0.123.248   13.0.40.1     653      0x80000001    0x002368

```

R4 有 Area 1 和 Area 0 的具体信息，由于 R4 是区域边界路由器（ABR），所以对区域内的链路进行了汇聚，然后以区域间路由的形式向其他区域进行链路状态通告（LSA），其中：

向 Area 0 通告的属于 Area 1 的链路有 13.1.0.0、13.1.1.0、13.1.50.1；

向 Area 1 通告的属于 Area 0 的链路有 13.0.0.0、13.0.1.0、13.0.20.1、13.0.40.1、  
13.0.60.1、13.0.123.240、13.0.123.244、13.0.123.248。

17. 分别在 R1、R5 上查看区域边界路由器（ABR）信息（命令：show ip ospf border-routers）

R1（请替换成你自己的）:

```
R1#show ip ospf border-routers

OSPF Process 73 internal Routing Table

Codes: i - Intra-area route, I - Inter-area route

i 13.0.40.1 [2] via 13.0.123.246, FastEthernet0/1, ABR, Area 0, SPF 9
```

R1 当前已知的区域 0 内的 ABR 的 IP 地址为 13.0.123.246，下一跳 IP 地址为 13.0.40.1。

R5（请替换成你自己的）:

```
R5#show ip ospf border-routers

OSPF Process 73 internal Routing Table

Codes: i - Intra-area route, I - Inter-area route

i 13.0.40.1 [1] via 13.1.1.4, FastEthernet0/1, ABR, Area 1, SPF 2
```

R5 当前已知的区域 1 内的 ABR 的 IP 地址为 13.0.40.1，下一跳 IP 地址为 13.1.1.4。

配置 Area 2 的 OSPF，使之与 Area 0 进行路由信息交换

18. 给 R6 的 f0/1、R8 的各接口配置 IP 地址并激活，启用 OSPF 协议，各接口均属于 Area 2。配置 PC4 的 IP 地址和默认路由。过一会，查看 R8 上的路由表，标出 Area 1 的区域间路由，测试 PC4 与 PC1、PC3 的连通性。

R6 配置命令:

R6(config)# <u>int f0/1</u>	(进入 f0/1 接口配置模式)
R6(config-if)# <u>ip addr 13.2.1.6 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R6(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R6(config)# <u>router ospf 73</u>	(进入 OSPF 路由协议配置模式)
R6(config-router)# <u>network 13.2.0.0 0.0.255.255 area 2</u>	(宣告 f0/1 接口所在的子网属于区域 2)

R8 配置命令:

R8(config)# <u>int f0/0</u>	(进入 f0/0 接口配置模式)
R8(config-if)# <u>ip addr 13.2.0.8 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R8(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R8(config)# <u>int f0/1</u>	(进入 f0/1 接口配置模式)
R8(config-if)# <u>ip addr 13.2.1.8 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R8(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R8(config)# <u>int f1/0</u>	(进入 f1/0 接口配置模式)
R8(config-if)# <u>ip addr 13.2.2.1 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R8(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R8(config)# <u>int loopback 0</u>	(进入回环接口配置模式)
R8(config-if)# <u>ip addr 13.2.80.1 255.255.255.252</u>	(配置 IP 地址)
R8(config)# <u>router ospf 73</u>	(启动并进入 OSPF 路由协议配置模式)

R8(config-router)# network 13.2.0.0 0.0.255.255 area 2 (宣告各接口所在的子网属于区域 2)

R8 的路由表 (请替换成你自己的, 并标出 Area 1 的子网):

```
13.0.0.0/8 is variably subnetted, 15 subnets, 4 masks
O IA 13.1.0.0/24 [110/4] via 13.2.1.6, 00:00:18, FastEthernet0/1
O IA 13.0.1.0/24 [110/3] via 13.2.1.6, 00:00:18, FastEthernet0/1
C 13.2.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
O IA 13.1.1.0/24 [110/3] via 13.2.1.6, 00:00:18, FastEthernet0/1
O IA 13.0.0.0/24 [110/4] via 13.2.1.6, 00:00:18, FastEthernet0/1
C 13.2.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C 13.2.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA 13.0.20.1/32 [110/3] via 13.2.1.6, 00:00:21, FastEthernet0/1
O IA 13.0.40.1/32 [110/3] via 13.2.1.6, 00:00:21, FastEthernet0/1
O IA 13.0.60.1/32 [110/2] via 13.2.1.6, 00:00:21, FastEthernet0/1
O IA 13.1.50.1/32 [110/4] via 13.2.1.6, 00:00:21, FastEthernet0/1
C 13.2.80.0/30 is directly connected, Loopback0
O IA 13.0.123.244/30 [110/3] via 13.2.1.6, 00:00:22, FastEthernet0/1
O IA 13.0.123.240/30 [110/66] via 13.2.1.6, 00:00:23, FastEthernet0/1
O IA 13.0.123.248/29 [110/2] via 13.2.1.6, 00:00:23, FastEthernet0/1
```

R8 的区域间路由 (IA) 包含了 Area 1 和 Area 0 的地址, 其中 Area 1 的子网地址有 13.1.0.0、

13.1.1.0、13.1.50.1。

PC4→PC1 的连通性 (请替换成你自己的):

```
PC4> ping 13.0.0.2

13.0.0.2 icmp_seq=1 timeout
84 bytes from 13.0.0.2 icmp_seq=2 ttl=60 time=47.667 ms
84 bytes from 13.0.0.2 icmp_seq=3 ttl=60 time=65.287 ms
84 bytes from 13.0.0.2 icmp_seq=4 ttl=60 time=52.766 ms
84 bytes from 13.0.0.2 icmp_seq=5 ttl=60 time=134.545 ms
```

PC4→PC3 的连通性 (请替换成你自己的):

```
PC4> ping 13.1.0.3

84 bytes from 13.1.0.3 icmp_seq=1 ttl=60 time=89.949 ms
84 bytes from 13.1.0.3 icmp_seq=2 ttl=60 time=75.194 ms
84 bytes from 13.1.0.3 icmp_seq=3 ttl=60 time=55.107 ms
84 bytes from 13.1.0.3 icmp_seq=4 ttl=60 time=82.049 ms
84 bytes from 13.1.0.3 icmp_seq=5 ttl=60 time=44.281 ms
```

配置非广播多路访问网络 (NBMA) 上的 OSPF

19. 如果之前未配置 Frame Relay 数据链路, 请在此时进行配置 (参考 GNS3 指南)。将 R5 作为中心, 分别与 R7、R9 建立点对点的虚链路连接。

FR 交换机的虚链路配置表截图:



Node properties

### FRSW1 configuration

General

Name:

Source

Port:

DLCI:

Destination

Port:

DLCI:

Mapping

Port:DLCI	Port:DLCI
1:101	10:202
1:102	11:203

20. 给 R5 的 s2/0 接口配置封装协议为 Frame Relay (命令: `encapsulation frame-relay`), 由于 GNS3 自带的 FR 交换机本地管理接口 (LMI) 类型只支持 ANSI (路由器默认是 Cisco), 所以需再加一句 `frame-relay lmi-type ANSI`, 激活端口, 创建 2 个子接口 (各配一个 IP 地址和 DLCI, 命令: `frame-relay interface-dlci <dlci>`, dlci 值等于 Frame Relay 交换机上定义的数据链路相关 DLCI 值), 最后配置 R5 的 s2/0 接口属于 Area 1。

示例 (看完请删除):

```
R5(config)#interface s2/0
R5(config-if)#encapsulation frame-relay
R5(config-if)#frame-relay lmi-type ANSI
R5(config-if)#no shutdown
R5(config-if)#exit
R5(config)#interface s2/0.1
R5(config-subif)#ip address 10.1.2.5 255.255.255.0
R5(config-subif)#frame-relay interface-dlci 101
R5(config-fr-dlci)#exit
R5(config-subif)#exit
R5(config)#interface s2/0.2
R5(config-subif)#ip address 10.1.2.6 255.255.255.0
R5(config-subif)#frame-relay interface-dlci 102
R5(config-fr-dlci)#exit
R5(config-subif)#exit
```

R5 配置命令:

R5(config)# int s2/1

(进入 s2/0 接口配置模式)



R5(config-if)# <u>en frame-relay</u>	(配置封装协议为帧中继)
R5(config-if)# <u>frame-relay lmi-type ANSI</u>	(配置帧中继 LMI 类型为 ANSI)
R5(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R5(config)# <u>int s2/1.1 multipoint</u>	(创建并进入 s2/0 第一个子接口配置模式)
R5(config-subif)# <u>ip addr 13.1.2.51 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R5(config-subif)# <u>frame-relay interface-dlci 101</u>	(配置子接口绑定的帧中继 DLCI)
R5(config)# <u>int s2/1.2 multipoint</u>	(创建并进入 s2/0 第二个子接口配置模式)
R5(config-subif)# <u>ip addr 13.1.2.52 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R5(config-subif)# <u>frame-relay interface dlci 102</u>	(配置子接口绑定的帧中继 DLCI)
R5(config)# <u>router ospf 73</u>	(进入 OSPF 配置模式)
R5(config-router)# <u>network 13.1.0.0 0.0.255.255 area 1</u>	(宣告 s2/0 接口的子网属于区域 1)

21. 给 R7 的各接口配置 IP 地址、激活，其中回环接口和 f0/0 接口属于 Area 2，s2/0 接口属于 Area 1，配置 s2/0 封装协议为 Frame Relay，DLCI 值设为 Frame Relay 交换机上 R5-R7 之间数据链路的相关 DLCI 值。

**R7 配置命令：**

R7(config)# <u>int f0/0</u>	(进入 f0/0 接口配置模式)
R7(config-if)# <u>ip addr 13.2.0.7 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R7(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R7(config)# <u>int s2/1</u>	(进入 s2/0 接口配置模式)
R7(config-if)# <u>ip addr 13.1.2.7 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R7(config-if)# <u>en frame-relay</u>	(配置封装协议为帧中继)
R7(config-if)# <u>frame-relay lmi-type ANSI</u>	(配置帧中继 LMI 类型为 ANSI)
R7(config-if)# <u>frame-relay interface-dlci 202</u>	(配置接口绑定的帧中继 DLCI)
R7(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R7(config)# <u>int loopback 0</u>	(进入回环接口配置模式)
R7(config-if)# <u>ip addr 13.2.70.1 255.255.255.252</u>	(配置 IP 地址)
R7(config)# <u>router ospf 73</u>	(进入 OSPF 配置模式)
R7(config-router)# <u>network 13.1.0.0 0.0.255.255 area 1</u>	(宣告 s2/0 接口的子网属于区域 1)
R7(config-router)# <u>network 13.2.0.0 0.0.255.255 area 2</u>	(宣告 f0/0 接口的子网属于区域 2)

在 R7 上查看 Frame Relay 映射 (命令: `show frame-relay map`):

```
R7#show frame-relay map
Serial2/1 (up): ip 13.1.2.51 dlci 202(0xCA,0x30A0), dynamic,
                broadcast,, status defined, active
```

在 R5 上查看 Frame Relay 映射 (命令: `show frame-relay map`):

```
R5#show frame-relay map
Serial2/1.1 (up): ip 13.1.2.7 dlci 101(0x65,0x1850), dynamic,
                broadcast,, status defined, active
```

在 R7 上测试到 R5 的连通性 (由于 R5-R7 采用的是点对点 Frame Relay 连接，只有 R5 的 1 个子接口地址可以通):

```
R7#ping 13.1.2.51
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 13.1.2.51, timeout is 2 seconds:
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 16/20/24 ms
```

22. 给 R9 的各接口配置 IP 地址、激活，其中回环接口和 f0/1 接口属于 Area 3，s2/0 接口属于 Area 1，配置 s2/0 封装协议为 Frame Relay，DLCI 值设为 Frame Relay 交换机上 R5-R9 之间数据链路的相关 DLCI 值。

#### R9 配置命令：

R9(config)# <u>int f0/1</u>	(进入 f0/1 接口配置模式)
R9(config-if)# <u>ip addr 13.3.1.9 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R9(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R9(config)# <u>int s2/1</u>	(进入 s2/0 接口配置模式)
R9(config-if)# <u>ip addr 13.1.2.9 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R9(config-if)# <u>en frame-relay</u>	(配置封装协议为帧中继)
R9(config-if)# <u>frame-relay lmi-type ANSI</u>	(配置帧中继 LMI 类型为 ANSI)
R9(config-if)# <u>frame-relay interface-dlci 203</u>	(配置接口绑定的帧中继 DLCI)
R9(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R9(config)# <u>int loopback 0</u>	(进入回环接口配置模式)
R9(config-if)# <u>ip addr 13.3.90.1 255.255.255.252</u>	(配置 IP 地址)
R9(config)# <u>router ospf 73</u>	(进入 OSPF 配置模式)
R9(config-router)# <u>network 13.1.0.0 0.0.255.255 area 1</u>	(宣告 s2/0 接口的子网属于区域 1)
R9(config-router)# <u>network 13.3.0.0 0.0.255.255 area 3</u>	(宣告 f0/1 接口的子网属于区域 3)

在 R9 上查看 Frame Relay 映射 (命令: show frame-relay map):

```
R9#show frame-relay map
Serial12/1 (up): ip 13.1.2.52 dlci 203(0xCB,0x30B0), dynamic,
                broadcast,, status defined, active
```

在 R9 上测试到 R5 的连通性 (由于 R5-R9 采用的是点对点 Frame Relay 连接，只有 R5 的 1 个子接口地址可以通):

```
R9#ping 13.1.2.52
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 13.1.2.52, timeout is 2 seconds:
!!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 20/25/36 ms
```

在 R9 上测试到 R7 的连通性 (R5、R7、R9 通过帧中继交换机连接的形式称为非广播式多路访问，虽然路由器在同一个 IP 子网，但由于数据链路不是广播式的，所以在没有建立点对点数据链路的情况下，是不能通信的):

```
R9#ping 13.1.2.7
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 13.1.2.7, timeout is 2 seconds:
.....
Success rate is 0 percent (0/5)
```

23. 分别在 R5、R7、R9 上查看 OSPF 邻居关系 (此时 OSPF 认为当前链路属于广播式，需要先竞选出 DR，

而实际网络为非广播式的，因此三者之间的邻居关系暂时不能建立)

在 R5 上查看邻居关系（输入命令 `show ip ospf neighbor` 后截图）：

```
R5#show ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address      Interface
13.0.40.1        1    FULL/DR         00:00:37   13.1.1.4     FastEthernet0/1
```

在 R7 上查看邻居关系:

```
R7#show ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address      Interface
13.2.80.1        1    FULL/DR         00:00:34   13.2.0.8     FastEthernet0/0
```

在 R9 上查看邻居关系:

```
R9#show ip ospf neighbor

R9#
```

24. 分别在 R5、R7、R9 上配置 s2/0 的接口为点对多点的网络类型（命令：`ip ospf network point-to-multipoint`），然后再次查看邻居关系（此时 R5 分别和 R7、R9 建立了邻接关系）：

R5 配置命令：

R5(config)# <u>int s2/1.1</u>	(进入 s2/0.1 子接口配置模式)
R5(config-subif)# <u>ip ospf network point-to-multipoint</u>	(配置网络类型为点对多点)
R5(config)# <u>int s2/1.2</u>	(进入 s2/0.2 子接口配置模式)
R5(config-subif)# <u>ip ospf network point-to-multipoint</u>	(配置网络类型为点对多点)

R7 配置命令：

R7(config)# <u>int s2/1</u>	(进入 s2/0 接口配置模式)
R7(config-if)# <u>ip ospf network point-to-multipoint</u>	(配置网络类型为点对多点)

R9 配置命令：

R9(config)# <u>int s2/1</u>	(进入 s2/0 接口配置模式)
R9(config-if)# <u>ip ospf network point-to-multipoint</u>	(配置网络类型为点对多点)

在 R5 上查看邻居关系（输入命令 `show ip ospf neighbor` 后截图）：

```
R5#show ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address      Interface
13.3.90.1        0    FULL/ -         00:01:56   13.1.2.9     Serial2/1.2
13.2.70.1        0    FULL/ -         00:01:56   13.1.2.7     Serial2/1.1
13.0.40.1        1    FULL/DR         00:00:39   13.1.1.4     FastEthernet0/1
```

在 R7 上查看邻居关系:

```
R7#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
13.1.50.1	0	FULL/ -	00:01:35	13.1.2.51	Serial2/1
13.2.80.1	1	FULL/DR	00:00:30	13.2.0.8	FastEthernet0/0

在 R9 上查看邻居关系:

```
R9#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
13.1.50.1	0	FULL/ -	00:01:57	13.1.2.52	Serial2/1

25. 分别在 R5、R8、R7 上查看 OSPF 数据库（命令: `show ip ospf database`），观察 Summary Net Link 部分，你发现了什么现象？

R5 的 OSPF 数据库（请替换成你自己的）:

```
R5#show ip ospf database
```

OSPF Router with ID (13.1.50.1) (Process ID 73)

Router Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
13.0.40.1	13.0.40.1	783	0x80000004	0x005C40	1
13.1.50.1	13.1.50.1	113	0x8000000E	0x002657	7
13.2.70.1	13.2.70.1	131	0x80000004	0x008A3B	2
13.3.90.1	13.3.90.1	113	0x80000004	0x005542	2

Net Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
13.1.1.4	13.0.40.1	783	0x80000003	0x002354

Summary Net Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
13.0.0.0	13.0.40.1	1031	0x80000003	0x00658F
13.0.1.0	13.0.40.1	1031	0x80000003	0x0050A4
13.0.20.1	13.0.40.1	1031	0x80000003	0x00746C
13.0.40.1	13.0.40.1	1031	0x80000003	0x008D40
13.0.60.1	13.0.40.1	1031	0x80000003	0x00BAFD
13.0.123.240	13.0.40.1	1034	0x80000003	0x000A43
13.0.123.244	13.0.40.1	1034	0x80000003	0x00691F
13.0.123.248	13.0.40.1	1034	0x80000003	0x001F6A
13.2.0.0	13.0.40.1	1488	0x80000003	0x004DA5
13.2.1.0	13.0.40.1	1034	0x80000004	0x0036BB
13.2.2.0	13.0.40.1	1034	0x80000002	0x0039B8
13.2.70.1	13.0.40.1	1490	0x80000001	0x004C60
13.2.80.1	13.0.40.1	1035	0x80000002	0x00D1D0

观察得知，Area 1 所有的聚合路由都是由区域边界路由器(ABR)R4宣告的，而 R7 作为 Area 1 和 Area 2 的 ABR，却没有向 Area 1 宣告 Area 2 的路由信息，是因为所有的 Area 都只和 Area 0 进行路由信息交换。

R8 的 OSPF 数据库（请替换成你自己的）:

```

R8#show ip ospf database

        OSPF Router with ID (13.2.80.1) (Process ID 73)

        Router Link States (Area 2)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum Link count
13.0.60.1      13.0.60.1    1364        0x80000003   0x003936 1
13.2.70.1      13.2.70.1    1594        0x80000002   0x00F4FB 2
13.2.80.1      13.2.80.1    1208        0x80000004   0x00E589 4

        Net Link States (Area 2)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum
13.2.0.8       13.2.80.1    1594        0x80000001   0x005FAC
13.2.1.6       13.0.60.1    1364        0x80000002   0x00C06D

        Summary Net Link States (Area 2)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum
13.0.0.0       13.0.60.1    1364        0x80000002   0x00DA07
13.0.1.0       13.0.60.1    1364        0x80000002   0x00C51C
13.0.20.1      13.0.60.1    1364        0x80000002   0x00E9E3
13.0.40.1      13.0.60.1    1364        0x80000002   0x000DAC
13.0.60.1      13.0.60.1    1364        0x80000002   0x002680
13.0.123.240   13.0.60.1    1366        0x80000002   0x007FBA
13.0.123.244   13.0.60.1    1366        0x80000002   0x00DE96
13.0.123.248   13.0.60.1    1367        0x80000002   0x0094E1
13.1.0.0       13.0.60.1    1367        0x80000002   0x00CE12
13.1.1.0       13.0.60.1    1367        0x80000002   0x00B927
13.1.2.7       13.0.60.1    216         0x80000001   0x00ECAC
13.1.2.9       13.0.60.1    196         0x80000001   0x00D8BE
13.1.2.51      13.0.60.1    283         0x80000001   0x00B0FC
13.1.2.52      13.0.60.1    267         0x80000001   0x00A606
13.1.50.1      13.0.60.1    1368        0x80000002   0x009C11

```

观察得知,Area 2所有的聚合路由都是由区域边界路由器(ABR) R6宣告的,而R7作为Area 1和Area 2的ABR,也没有向Area 2宣告Area 1的路由信息。

R7的OSPF数据库(请替换成你自己的):

R7#show ip ospf database

OSPF Router with ID (13.2.70.1) (Process ID 73)

Router Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
13.0.40.1	13.0.40.1	831	0x80000004	0x005C40	1
13.1.50.1	13.1.50.1	161	0x8000000E	0x002657	7
13.2.70.1	13.2.70.1	178	0x80000004	0x008A3B	2
13.3.90.1	13.3.90.1	162	0x80000004	0x005542	2

Net Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
13.1.1.4	13.0.40.1	831	0x80000003	0x002354

Summary Net Link States (Area 1)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
13.0.0.0	13.0.40.1	1080	0x80000003	0x00658F
13.0.1.0	13.0.40.1	1080	0x80000003	0x0050A4
13.0.20.1	13.0.40.1	1080	0x80000003	0x00746C
13.0.40.1	13.0.40.1	1080	0x80000003	0x008D40
13.0.60.1	13.0.40.1	1080	0x80000003	0x00BAFD
13.0.123.240	13.0.40.1	1082	0x80000003	0x000A43
13.0.123.244	13.0.40.1	1083	0x80000003	0x00691F
13.0.123.248	13.0.40.1	1083	0x80000003	0x001F6A
13.2.0.0	13.0.40.1	1537	0x80000003	0x004DA5
13.2.1.0	13.0.40.1	1083	0x80000004	0x0036BB
13.2.2.0	13.0.40.1	1083	0x80000002	0x0039B8
13.2.70.1	13.0.40.1	1539	0x80000001	0x004C60
13.2.80.1	13.0.40.1	1084	0x80000002	0x00D1D0

Router Link States (Area 2)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
13.0.60.1	13.0.60.1	1323	0x80000003	0x003936	1
13.2.70.1	13.2.70.1	1553	0x80000002	0x00F4FB	2
13.2.80.1	13.2.80.1	1168	0x80000004	0x00E589	4

Net Link States (Area 2)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
13.2.0.8	13.2.80.1	1554	0x80000001	0x005FAC
13.2.1.6	13.0.60.1	1327	0x80000002	0x00C06D

Summary Net Link States (Area 2)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
13.0.0.0	13.0.60.1	1327	0x80000002	0x00DA07
13.0.1.0	13.0.60.1	1328	0x80000002	0x00C51C
13.0.20.1	13.0.60.1	1328	0x80000002	0x00E9E3
13.0.40.1	13.0.60.1	1328	0x80000002	0x000DAC
13.0.60.1	13.0.60.1	1328	0x80000002	0x002680
13.0.123.240	13.0.60.1	1328	0x80000002	0x007FBA
13.0.123.244	13.0.60.1	1328	0x80000002	0x00DE96
13.0.123.248	13.0.60.1	1329	0x80000002	0x0094E1
13.1.0.0	13.0.60.1	1329	0x80000002	0x00CE12
13.1.1.0	13.0.60.1	1329	0x80000002	0x00B927
13.1.2.7	13.0.60.1	178	0x80000001	0x00ECAC
13.1.2.9	13.0.60.1	158	0x80000001	0x00D8BE
13.1.2.51	13.0.60.1	245	0x80000001	0x00B0FC
13.1.2.52	13.0.60.1	228	0x80000001	0x00A606
13.1.50.1	13.0.60.1	1330	0x80000002	0x009C11

观察得知，Area 1 所有的聚合路由都是由区域边界路由器(ABR)R4宣告的，

Area 2 所有的聚合路由都是由区域边界路由器(ABR)R6宣告的。

26. 在 R8 上查看去往 PC3 所在网络的路由信息（命令：`show ip route <ip network>`）

R8 的路由信息（请替换成你自己的）：

```
R8#show ip route 13.1.0.0
Routing entry for 13.1.0.0/24
  Known via "ospf 73", distance 110, metric 4, type inter area
  Last update from 13.2.1.6 on FastEthernet0/1, 00:34:53 ago
  Routing Descriptor Blocks:
    * 13.2.1.6, from 13.0.60.1, 00:34:53 ago, via FastEthernet0/1
      Route metric is 4, traffic share count is 1
```

观察得知，在 R8 上，前往子网 13.1.0.0/24 的下一跳 IP 地址是 13.2.1.6，是路由器 R6。

27. 断开路由器 R6 的 f0/0 接口（命令：`shutdown`），等候片刻，在 R8 上再次查看路由信息：

R8 的路由信息（输入命令 `show ip route` 后截图）：

```
R8#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

    13.0.0.0/8 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
C       13.2.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
C       13.2.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C       13.2.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA    13.0.60.1/32 [110/2] via 13.2.1.6, 00:37:14, FastEthernet0/1
O       13.2.70.1/32 [110/2] via 13.2.0.7, 00:37:14, FastEthernet0/0
C       13.2.80.0/30 is directly connected, Loopback0
```

观察得知，R8 的前往子网 13.0.0.0/16 的路由已经不存在。

看看 R7 有没有 PC3 的路由信息（输入命令 `show ip route` 后截图）：



```

R7#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

    13.0.0.0/8 is variably subnetted, 20 subnets, 4 masks
O       13.1.2.9/32 [110/128] via 13.1.2.51, 00:15:36, Serial2/1
O       13.1.0.0/24 [110/65] via 13.1.2.51, 00:15:36, Serial2/1
O IA    13.0.1.0/24 [110/67] via 13.1.2.51, 00:01:32, Serial2/1
O       13.2.2.0/24 [110/2] via 13.2.0.8, 00:38:36, FastEthernet0/0
O       13.1.1.0/24 [110/65] via 13.1.2.51, 00:15:36, Serial2/1
O IA    13.0.0.0/24 [110/68] via 13.1.2.51, 00:01:32, Serial2/1
O       13.2.1.0/24 [110/2] via 13.2.0.8, 00:38:36, FastEthernet0/0
C       13.1.2.0/24 is directly connected, Serial2/1
C       13.2.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA    13.0.20.1/32 [110/67] via 13.1.2.51, 00:01:33, Serial2/1
O IA    13.0.40.1/32 [110/66] via 13.1.2.51, 00:01:33, Serial2/1
O IA    13.0.60.1/32 [110/3] via 13.2.0.8, 00:00:57, FastEthernet0/0
O       13.1.2.52/32 [110/64] via 13.1.2.51, 00:15:39, Serial2/1
O       13.1.2.51/32 [110/64] via 13.1.2.51, 00:15:40, Serial2/1
O       13.1.50.1/32 [110/65] via 13.1.2.51, 00:15:41, Serial2/1
C       13.2.70.0/30 is directly connected, Loopback0
O       13.2.80.1/32 [110/2] via 13.2.0.8, 00:38:42, FastEthernet0/0
O IA    13.0.123.244/30 [110/67] via 13.1.2.51, 00:01:38, Serial2/1
O IA    13.0.123.240/30 [110/130] via 13.1.2.51, 00:01:38, Serial2/1
O IA    13.0.123.248/29 [110/66] via 13.1.2.51, 00:01:38, Serial2/1

```

观察得知，R7 的前往子网 13.1.0.0/24 的路由是存在的，但是由于 Area 2 和 Area 1 不直接交换路由信息，R7 没有向 Area 2 宣告路由的存在。

重新打开 R6 的 f0/0 接口，稍候再次查看 R8 的路由信息是否恢复。



```

R8#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

    13.0.0.0/8 is variably subnetted, 20 subnets, 4 masks
O IA   13.1.2.9/32 [110/67] via 13.2.1.6, 00:00:34, FastEthernet0/1
O IA   13.1.2.7/32 [110/67] via 13.2.1.6, 00:00:34, FastEthernet0/1
O IA   13.1.0.0/24 [110/4] via 13.2.1.6, 00:00:34, FastEthernet0/1
O IA   13.0.1.0/24 [110/3] via 13.2.1.6, 00:00:34, FastEthernet0/1
C       13.2.2.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
O IA   13.1.1.0/24 [110/3] via 13.2.1.6, 00:00:34, FastEthernet0/1
O IA   13.0.0.0/24 [110/4] via 13.2.1.6, 00:00:36, FastEthernet0/1
C       13.2.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C       13.2.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA   13.0.20.1/32 [110/3] via 13.2.1.6, 00:00:36, FastEthernet0/1
O IA   13.0.40.1/32 [110/3] via 13.2.1.6, 00:00:36, FastEthernet0/1
O IA   13.0.60.1/32 [110/2] via 13.2.1.6, 00:40:33, FastEthernet0/1
O IA   13.1.2.52/32 [110/3] via 13.2.1.6, 00:00:38, FastEthernet0/1
O IA   13.1.2.51/32 [110/3] via 13.2.1.6, 00:00:38, FastEthernet0/1
O IA   13.1.50.1/32 [110/4] via 13.2.1.6, 00:00:39, FastEthernet0/1
O       13.2.70.1/32 [110/2] via 13.2.0.7, 00:40:36, FastEthernet0/0
C       13.2.80.0/30 is directly connected, Loopback0
O IA   13.0.123.244/30 [110/3] via 13.2.1.6, 00:00:42, FastEthernet0/1
O IA   13.0.123.240/30 [110/66] via 13.2.1.6, 00:00:42, FastEthernet0/1
O IA   13.0.123.248/29 [110/2] via 13.2.1.6, 00:00:37, FastEthernet0/1

```

配置虚链路，实现 Area3 跨区域与 Area 0 交换路由信息

28. 给 R10 的 f0/0、f0/1 接口配置 IP 地址并激活，启用 OSPF 协议，各接口均属于 Area 3。配置 PC5 的 IP 地址和默认路由。过一会，查看 R10 上的路由表和 OSPF 数据库。

**R10 配置命令：**

R10(config)# <u>int f0/0</u>	(进入 f0/0 接口配置模式)
R10(config-if)# <u>ip addr 13.3.0.10 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R10(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R10(config)# <u>int f0/1</u>	(进入 f0/1 接口配置模式)
R10(config-if)# <u>ip addr 13.3.1.10 255.255.255.0</u>	(配置 IP 地址)
R10(config-if)# <u>no shutdown</u>	(激活端口)
R10(config)# <u>int loopback 0</u>	(进入回环接口配置模式)
R10(config-if)# <u>ip addr 13.3.100.1 255.255.255.252</u>	(配置 IP 地址)
R10(config)# <u>router ospf 73</u>	(进入 OSPF 配置模式)
R10(config-router)# <u>network 13.3.0.0 0.0.255.255 area 3</u>	(宣告各接口的子网属于区域 3)

**R10 的 OSPF 数据库（输入命令 show ip ospf database 后截图）：**

```
R10#show ip ospf database

      OSPF Router with ID (13.3.100.1) (Process ID 73)

      Router Link States (Area 3)

Link ID      ADV Router    Age      Seq#          Checksum Link count
13.3.90.1    13.3.90.1     21       0x80000002   0x00D8D1 2
13.3.100.1   13.3.100.1    20       0x80000002   0x004B1F 3

      Net Link States (Area 3)

Link ID      ADV Router    Age      Seq#          Checksum
13.3.1.9     13.3.90.1     21       0x80000001   0x00E5ED
```

观察可知，R10 的数据库中没有其他 Area 的信息，因为 Area 3 和 Area 1 不直接交换信息

R10 的路由表（输入命令 `show ip route` 后截图）：

```
R10#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

 13.0.0.0/8 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks
C       13.3.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C       13.3.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
O       13.3.90.1/32 [110/2] via 13.3.1.9, 00:00:31, FastEthernet0/1
C       13.3.100.0/30 is directly connected, Loopback0
```

观察可知，R10 的路由表中没有其他 Area 的信息，因为 OSPF 数据库中缺乏相关数据。

29. 在 Area 1 上的两个边界路由器 R9、R4 之间为 Area 3 和 Area 0 创建虚链路（命令：`area <area-id> virtual-link RID`），这样 Area 3 就能和 Area 0 进行路由信息交换了。其中，area-id 写 1，RID 写对方的 Router ID，稍候查看虚链路建立情况（命令：`show ip ospf virtual-links`）和邻居信息（命令：`show ip ospf neighbor`）。

R4 配置命令：

```
R4(config)# router ospf 73 (进入 OSPF 配置模式)
R4(config-router)# area 1 virtual-link 13.3.90.1 (创建虚链路)
```

R9 配置命令：

```
R9(config)# router ospf 73 (进入 OSPF 配置模式)
R9(config-router)# area 1 virtual-link 13.0.40.1 (创建虚链路)
```

查看 R4 虚链路（输入命令 `show ip ospf virtual-links` 后截图）：

```

R4#show ip ospf virtual-links
Virtual Link OSPF_VL0 to router 13.3.90.1 is up
  Run as demand circuit
  DoNotAge LSA allowed.
  Transit area 1, via interface FastEthernet0/1, Cost of using 65
  Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
    Hello due in 00:00:03
  Adjacency State FULL (Hello suppressed)
  Index 3/4, 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

```

观察得知，R4 通过区域1的接口 f0/1 与 R9（RID 是 13.3.90.1）建立了虚链路，使用的 Cost 值为 65。

查看 R9 虚链路（输入命令 show ip ospf virtual-links 后截图）：

```

R9#show ip ospf virtual-links
Virtual Link OSPF_VL0 to router 13.0.40.1 is up
  Run as demand circuit
  DoNotAge LSA allowed.
  Transit area 1, via interface Serial2/1, Cost of using 65
  Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
    Hello due in 00:00:06
  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

```

观察得知，R9 通过区域1的接口 s2/1 与 R4（RID 是 13.0.40.1）建立了虚链路，使用的 Cost 值为 65。

查看 R4 邻居信息（输入命令 show ip ospf neighbor 后截图）：

```

R4#show ip ospf neighbor

```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
13.3.90.1	0	FULL/ -	-	13.1.2.9	OSPF_VL0
13.0.20.1	1	FULL/DR	00:00:33	13.0.123.249	FastEthernet0/0
13.0.30.1	1	FULL/BDR	00:00:37	13.0.123.250	FastEthernet0/0
13.0.60.1	1	2WAY/DROTHER	00:00:38	13.0.123.252	FastEthernet0/0
13.1.50.1	1	FULL/BDR	00:00:36	13.1.1.5	FastEthernet0/1

观察得知，R4 通过接口 OSPF\_VL0 与 R9（RID 是 13.3.90.1）建立了邻接关系。

查看 R9 邻居信息（输入命令 show ip ospf neighbor 后截图）：

```

R9#show ip ospf neighbor

```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
13.0.40.1	0	FULL/ -	-	13.1.1.4	OSPF_VL0
13.1.50.1	0	FULL/ -	00:01:53	13.1.2.52	Serial2/1
13.3.100.1	1	FULL/BDR	00:00:38	13.3.1.10	FastEthernet0/1

观察得知，R9 通过接口 OSPF VLO 与 R4（RID 是 13.0.40.1）建立了邻接关系。

30. 再次显示 R10 的路由表和 OSPF 数据库，标出 PC1、PC2、PC3 所在的子网相关记录。

R10 的路由表（输入命令 `show ip route` 后截图，并标出 PC1、PC2、PC3 所在的子网）：

```
R10#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

    13.0.0.0/8 is variably subnetted, 24 subnets, 4 masks
O IA   13.1.2.9/32 [110/1] via 13.3.1.9, 00:05:10, FastEthernet0/1
O IA   13.1.2.7/32 [110/129] via 13.3.1.9, 00:05:10, FastEthernet0/1
O IA   13.1.0.0/24 [110/66] via 13.3.1.9, 00:05:10, FastEthernet0/1
O IA   13.0.1.0/24 [110/68] via 13.3.1.9, 00:04:51, FastEthernet0/1
O IA   13.2.2.0/24 [110/69] via 13.3.1.9, 00:04:51, FastEthernet0/1
O IA   13.1.1.0/24 [110/66] via 13.3.1.9, 00:05:10, FastEthernet0/1
O IA   13.0.0.0/24 [110/69] via 13.3.1.9, 00:04:53, FastEthernet0/1
C       13.3.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA   13.2.1.0/24 [110/68] via 13.3.1.9, 00:04:53, FastEthernet0/1
C       13.3.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
O IA   13.2.0.0/24 [110/69] via 13.3.1.9, 00:04:53, FastEthernet0/1
O IA   13.0.20.1/32 [110/68] via 13.3.1.9, 00:04:53, FastEthernet0/1
O IA   13.0.40.1/32 [110/67] via 13.3.1.9, 00:04:54, FastEthernet0/1
O IA   13.0.60.1/32 [110/68] via 13.3.1.9, 00:04:54, FastEthernet0/1
O IA   13.1.2.52/32 [110/65] via 13.3.1.9, 00:05:13, FastEthernet0/1
O IA   13.1.2.51/32 [110/65] via 13.3.1.9, 00:05:14, FastEthernet0/1
O IA   13.1.50.1/32 [110/66] via 13.3.1.9, 00:05:14, FastEthernet0/1
O IA   13.2.70.1/32 [110/70] via 13.3.1.9, 00:04:56, FastEthernet0/1
O       13.3.90.1/32 [110/2] via 13.3.1.9, 00:05:15, FastEthernet0/1
O IA   13.2.80.1/32 [110/69] via 13.3.1.9, 00:04:56, FastEthernet0/1
C       13.3.100.0/30 is directly connected, Loopback0
O IA   13.0.123.244/30 [110/68] via 13.3.1.9, 00:04:57, FastEthernet0/1
O IA   13.0.123.240/30 [110/131] via 13.3.1.9, 00:04:58, FastEthernet0/1
O IA   13.0.123.248/29 [110/67] via 13.3.1.9, 00:04:58, FastEthernet0/1
```

R10 的 OSPF 数据库（输入命令 `show ip ospf database` 后截图）：

```

R10#show ip ospf database

        OSPF Router with ID (13.3.100.1) (Process ID 73)

        Router Link States (Area 3)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum Link count
13.3.90.1      13.3.90.1     427          0x80000004   0x00D7CF 2
13.3.100.1     13.3.100.1    638          0x80000002   0x004B1F 3

        Net Link States (Area 3)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum
13.3.1.9       13.3.90.1     639          0x80000001   0x00E5ED

        Summary Net Link States (Area 3)

Link ID        ADV Router    Age          Seq#          Checksum
13.0.0.0       13.3.90.1     403          0x80000001   0x007E02
13.0.1.0       13.3.90.1     403          0x80000001   0x006917
13.0.20.1      13.3.90.1     403          0x80000001   0x008DDE
13.0.40.1      13.3.90.1     403          0x80000001   0x00A6B2
13.0.60.1      13.3.90.1     403          0x80000001   0x00D370
13.0.123.240   13.3.90.1     403          0x80000001   0x0023B5
13.0.123.244   13.3.90.1     403          0x80000001   0x008291
13.0.123.248   13.3.90.1     405          0x80000001   0x0038DC
13.1.0.0       13.3.90.1     430          0x80000001   0x00542E
13.1.1.0       13.3.90.1     430          0x80000001   0x004938
13.1.2.7       13.3.90.1     430          0x80000001   0x0070C9
13.1.2.9       13.3.90.1     430          0x80000001   0x005761
13.1.2.51      13.3.90.1     431          0x80000001   0x00341A
13.1.2.52      13.3.90.1     431          0x80000001   0x002A23
13.1.50.1      13.3.90.1     431          0x80000001   0x00222D
13.2.0.0       13.3.90.1     407          0x80000001   0x006618
13.2.1.0       13.3.90.1     407          0x80000001   0x00512D
13.2.2.0       13.3.90.1     407          0x80000001   0x00502C
13.2.70.1      13.3.90.1     407          0x80000001   0x0061D4
13.2.80.1      13.3.90.1     407          0x80000001   0x00E844

```

观察得知，所有其他区域路由信息均由区域边界路由器 R9 宣告。

31. 在 R9 上手工合并 Area 0 上的子网路由（命令：area 0 range <ip\_net> <mask>，其中 ip\_net 写成 S.0.0.0，mask 写成 255.255.0.0，表示 S.0.x.x 这些网络都在 area 0 上），然后显示 R9 和 R10 的路由表，看看所指定的子网是否合并了路由

R9 的路由表（输入命令 show ip route 后截图，并标出合并的那条路由）：

```

R9#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

    13.0.0.0/8 is variably subnetted, 25 subnets, 5 masks
O       13.1.2.7/32 [110/128] via 13.1.2.52, 00:00:17, Serial2/1
O       13.1.0.0/24 [110/65] via 13.1.2.52, 00:00:17, Serial2/1
O       13.0.1.0/24 [110/67] via 13.1.2.52, 00:00:17, Serial2/1
O IA    13.2.2.0/24 [110/68] via 13.1.2.52, 00:00:17, Serial2/1
O       13.1.1.0/24 [110/65] via 13.1.2.52, 00:00:17, Serial2/1
O       13.0.0.0/24 [110/68] via 13.1.2.52, 00:00:17, Serial2/1
O       13.0.0.0/16 is a summary, 00:00:17, Null0
O       13.3.0.0/24 [110/2] via 13.3.1.10, 00:00:19, FastEthernet0/1
O IA    13.2.1.0/24 [110/67] via 13.1.2.52, 00:00:19, Serial2/1
C       13.1.2.0/24 is directly connected, Serial2/1
C       13.3.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
O IA    13.2.0.0/24 [110/68] via 13.1.2.52, 00:00:19, Serial2/1
O       13.0.20.1/32 [110/67] via 13.1.2.52, 00:00:20, Serial2/1
O       13.0.40.1/32 [110/66] via 13.1.2.52, 00:00:21, Serial2/1
O       13.0.60.1/32 [110/67] via 13.1.2.52, 00:00:21, Serial2/1
O       13.1.2.52/32 [110/64] via 13.1.2.52, 00:00:21, Serial2/1
O       13.1.2.51/32 [110/64] via 13.1.2.52, 00:00:21, Serial2/1
O       13.1.50.1/32 [110/65] via 13.1.2.52, 00:00:22, Serial2/1
O IA    13.2.70.1/32 [110/69] via 13.1.2.52, 00:00:22, Serial2/1
C       13.3.90.0/30 is directly connected, Loopback0
O IA    13.2.80.1/32 [110/68] via 13.1.2.52, 00:00:22, Serial2/1
O       13.3.100.1/32 [110/2] via 13.3.1.10, 00:00:22, FastEthernet0/1
O       13.0.123.244/30 [110/67] via 13.1.2.52, 00:00:22, Serial2/1
O       13.0.123.240/30 [110/130] via 13.1.2.52, 00:00:23, Serial2/1
O       13.0.123.248/29 [110/66] via 13.1.2.52, 00:00:23, Serial2/1

```

这条路由采用了特殊的接口 Null0 作为下一跳。

R10 的路由表（输入命令 `show ip route` 后截图，并标出合并的那条路由）：



```

R10#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

    13.0.0.0/8 is variably subnetted, 17 subnets, 4 masks
O IA   13.1.2.9/32 [110/1] via 13.3.1.9, 00:11:00, FastEthernet0/1
O IA   13.1.2.7/32 [110/129] via 13.3.1.9, 00:11:00, FastEthernet0/1
O IA   13.1.0.0/24 [110/66] via 13.3.1.9, 00:11:00, FastEthernet0/1
O IA   13.2.2.0/24 [110/69] via 13.3.1.9, 00:10:41, FastEthernet0/1
O IA   13.1.1.0/24 [110/66] via 13.3.1.9, 00:11:00, FastEthernet0/1
O IA   13.0.0.0/16 [110/67] via 13.3.1.9, 00:01:29, FastEthernet0/1
C       13.3.0.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA   13.2.1.0/24 [110/68] via 13.3.1.9, 00:10:42, FastEthernet0/1
C       13.3.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
O IA   13.2.0.0/24 [110/69] via 13.3.1.9, 00:10:42, FastEthernet0/1
O IA   13.1.2.52/32 [110/65] via 13.3.1.9, 00:11:01, FastEthernet0/1
O IA   13.1.2.51/32 [110/65] via 13.3.1.9, 00:11:01, FastEthernet0/1
O IA   13.1.50.1/32 [110/66] via 13.3.1.9, 00:11:02, FastEthernet0/1
O IA   13.2.70.1/32 [110/70] via 13.3.1.9, 00:10:44, FastEthernet0/1
O       13.3.90.1/32 [110/2] via 13.3.1.9, 00:11:03, FastEthernet0/1
O IA   13.2.80.1/32 [110/69] via 13.3.1.9, 00:10:44, FastEthernet0/1
C       13.3.100.0/30 is directly connected, Loopback0

```

这条路由下一跳的 IP 地址是 13.3.1.9，是路由器 R9 的接口

32. 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 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：

- 在一个网络中各路由器的 OSPF 进程号是否一定要相同？一个路由器上可以配置多个进程号吗？  
一个网络中各路由器的 OSPF 进程号并不需要相同,每个路由器可以有不同的 OSPF 进程号，这样可以在同一台路由器上运行多个 OSPF 实例，每个进程号可以独立地管理其自己的路由信息和邻接关系。因此，一个路由器上可以配置多个 OSPF 进程号，各个进程之间不会互相干扰
- 未手工指定 Router ID 时，如果没有给回环接口配置 IP 地址，会从哪一个接口选取地址作为 Router ID？如果给回环接口配置了 IP 地址，又会从哪一个接口选取地址作为 Router ID？  
默认从串口选取地址作为路由器 ID，路由器上最高的 IP 地址称为路由器的 ID，如果给回环接口配置了 IP，就会选择回环地址
- 如果 Router ID 对应的接口 down 了，路由器会自动重新选择另一个接口地址作为新的

Router ID 吗？

会自动重新选择

- 宣告网络属于哪个 area 的命令中，网络地址后面的参数是子网掩码吗？为什么要写成 0.0.255.255，而不是 255.255.0.0？

是反向子网掩码，用来指定哪些网络地址可以匹配到该区域

反向子网掩码中的非零部分表示网络部分，而 1 部分表示主机部分

- 是不是所有其他 Area 上的路由器都只和 Area 0 上的路由器进行路由信息交换？虚链路的作用是什么？

是的

虚链路两端的路由器被点对点链路连接到一起，属于域内路由，可以用于模拟邻居节点传递路由表

- 为什么要在区域边界路由器上进行路由合并？

区域边界路由器上进行路由合并能够减少路由表信息，便于路由寻找

## 七、讨论、心得

在完成本实验后，你可能会有很多待解答的问题，你可以把它们记在这里，接下来的学习中，你也许会逐渐得到答案的，同时也可以让老师了解到你有哪些困惑，老师在课堂可以安排针对性地解惑。等到课程结束后，你再回头看看这些问题时你或许会有不同的见解：

无

在实验过程中你可能会遇到的困难，并得到了宝贵的经验教训，请把它们记录下来，提供给其他人参考吧：

无

你对本实验安排有哪些更好的建议呢？欢迎献计献策：

好多内容啊啊啊啊啊