



警示

- 1.实验报告如有雷同，雷同各方当次实验成绩均以 0 分计。
- 2.当次小组成员成绩只计学号、姓名登录在下表中的。
- 3.在规定时间内未上交实验报告的，不得以其他方式补交，当次成绩按 0 分计。
- 4.实验报告文件以 PDF 格式提交。

院系	计算机学院	班级	计科二班	组长	林隽哲
学号	21312450	22365043	22302056		
学生	林隽哲	江颢怡	刘彦凤		

OSPF 实验

【实验题目】OSPF 路由协议实验

【实验目的】

通过在路由器上配置 OSPF 多区域，实现不同网络的互联。

【实验内容】

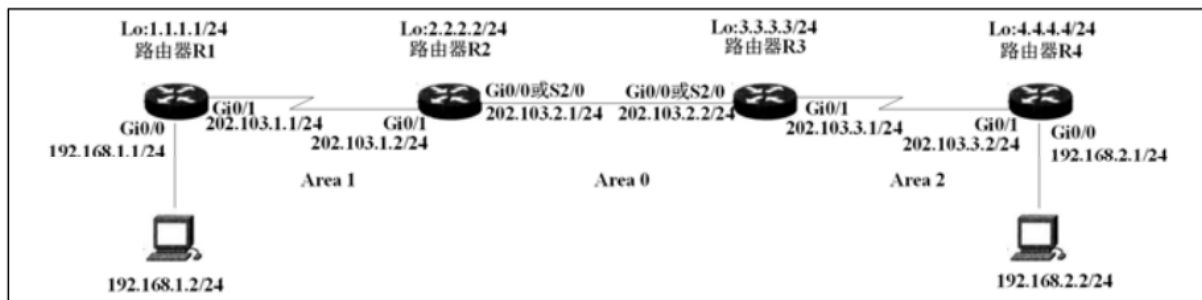


图 1 实验拓扑图

1. 阅读实验教程 P246-247,掌握 OSPF 路由协议基本概念。
2. 阅读实验教程 P247-P250,掌握 OSPF 数据包类型和工作过程。
3. 阅读实验教程 P251-P252，了解 OSPF 基本配置命令。
4. 按照如上图 1 实验拓扑图（两组组队）完成 OSPF 路由协议实验。具体实验步骤请参考(但不完全一致)教材 P255 的实验 7-4 “OSPF 多区域”。回答教材实验 7-4 步骤 1、步骤 7 和步骤 8 的问题。重要实验过程和结果请截图。

【实验原理】

OSPF 实现动态路由学习和更新的过程

1. 建立邻居关系 (Neighbor Discovery)
 - 路由器通过向其直接连接的网络发送 **Hello 包** 来发现其他 OSPF 路由器。
 - 如果配置一致（如区域 ID、Hello 间隔时间等），它们会建立邻居关系。
2. 建立邻接关系 (Adjacency Formation)
 - 部分邻居之间会建立更紧密的 **邻接关系 (Adjacency)**，这些路由器将交换完整的路由信息。
 - 邻接关系是通过交换以下信息建立的：
 - **Hello 包**：保持邻居关系的活跃性。
 - **LSA (链路状态广告)**：通告网络拓扑的具体信息。
 - **LSDB (链路状态数据库)**：每台路由器维护一个 LSDB，包含整个网络的拓扑信息。
3. 计算路由表 (Route Calculation)
 - OSPF 使用 **Dijkstra 最短路径算法** 计算从本路由器到其他网络的最优路径。
 - 计算结果存储在 **路由表 (Routing Table)** 中，用于实际数据转发。
4. 动态更新
 - 当网络拓扑发生变化（如链路断开或新增），OSPF 路由器会生成新的 LSA 并传播。
 - 路由器会更新 LSDB 并重新计算路由表，实现动态调整。

【实验步骤】

分析:本实验的预期目标是通过配置动态路由协议 OSPF,自动学习网段的路由信息,实现多区域间网络的互连互通。



步骤 1:

- (1) 按照拓扑图配置 PC1 和 PC2 的 IP 地址、子网掩码、网关,并测试它们的连通性。
- (2) 在路由器 R1、R2、R3、R4 上执行 show ip route 命令,记录各路由器的路由表信息。

R1 初始路由表:

R2 的初始路由表:

```
10-RSR20-1>enable 14
Password:
10-RSR20-1#show ip route

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

Gateway of last resort is no set
C    192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/1
C    192.168.1.1/32 is local host.
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial 2/0
C    192.168.2.1/32 is local host.
O    192.168.3.0/24 [110/51] via 192.168.2.2, 01:06:24, Serial 2/0
10-RSR20-1#
```

```
10-RSR20-2>en 14
Password:
10-RSR20-2#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
10-RSR20-2(config)#show ip route

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

Gateway of last resort is no set
10-RSR20-2(config)#
```

R4 的初始路由表:

```
11-RSR20-2#show ip route

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

Gateway of last resort is no set
C    192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/0
C    192.168.2.1/32 is local host.
C    192.168.3.0/24 is directly connected, Serial 2/0
C    192.168.3.2/32 is local host.
C    192.168.30.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/1
C    192.168.30.1/32 is local host.
11-RSR20-2#
```

步骤 2: 路由器 R1 的配置

```
R1#configure terminal
R1(config)#interface serial 2/0
R1(config-if)#ip add 202.103.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shut
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface gigabitethernet 0/0
R1(config-if)#ip add 192.168.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#no shut
R1(config-if)#exit
R1(config)#interface loopback 1
R1(config-if)#ip add 1.1.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)#end
```

```
10-RSR20-1>enable 14
Password:
10-RSR20-1#show ip route

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

Gateway of last resort is no set
C    192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/1
C    192.168.1.1/32 is local host.
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial 2/0
C    192.168.2.1/32 is local host.
O    192.168.3.0/24 [110/51] via 192.168.2.2, 01:06:24, Serial 2/0
10-RSR20-1#
```

步骤 3: 路由器 R2 的配置



```
R2#configure terminal
R2(config)#interface serial 2/0
R2(config-if)#ip add 202.103.1.2 255.255.255.0
R2(config-if)#no shut
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface serial 1/0
R2(config-if)#ip add 202.103.2.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no shut
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface loopback 1
R2(config-if)#ip add 2.2.2.2 255.255.255.0
R2(config-if)#end
```

R2 配置后的端口 IP 和状态表:

10-RSR20-2(config)#show ip in b				
Interface	IP-Address(Pri)	IP-Address(Sec)	Status	Protocol
Serial 2/0	no address	no address	up	down
Serial 3/0	no address	no address	down	down
GigabitEthernet 0/0	202.103.2.1/24	no address	down	down
GigabitEthernet 0/1	202.103.1.2/24	no address	down	down
Loopback 1	2.2.2.2/24	no address	up	up
VLAN 1	no address	no address	up	down
10-RSR20-2(config)#				

步骤 4: 路由器 R3 的配置

```
R3#configure terminal
R3(config)#interface serial 1/0
R3(config-if)#ip add 202.103.2.2 255.255.255.0
R3(config-if)#no shut
R3(config-if)#exit
R3(config)#interface serial 2/0
R3(config-if)#ip add 202.103.3.1 255.255.255.0
R3(config-if)#no shut
R3(config-if)#exit
R3(config)#interface loopback 1
R3(config-if)#ip add 3.3.3.3 255.255.255.0
R3(config-if)#end
```

配置之后的端口 IP 和状态:

11-RSR20-1#show ip interface brief			
Interface	IP-Address(Pri)	IP-Address(Sec)	Status
Serial 2/0	192.168.3.1/24	no address	up
SIC-3G-WCDMA 3/0	no address	no address	up
GigabitEthernet 0/0	202.103.2.2/24	no address	down
GigabitEthernet 0/1	202.103.3.1/24	no address	up
Loopback 1	3.3.3.3/24	no address	up
Loopback 10	no address	no address	up
VLAN 1	no address	no address	up

步骤 5: 路由器 R4 的配置



```
R4#configure terminal
R4 (config)#interface serial 2/0
R4 (config-if)#ip add 202.103.3.2 255.255.255.0
R4 (config-if)#no shut
R4 (config-if)#exit
R4 (config)#interface gigabitethernet 0/0
R4 (config-if)#ip add 192.168.2.1 255.255.255.0
R4 (config-if)#no shut
R4 (config-if)#exit
R4 (config)#interface loopback 1
R4 (config-if)#ip add 4.4.4.4 255.255.255.0
R4 (config-if)#end
```

配置后的端口 IP 和状态信息:

```
11-RSR20-2#show ip interface brief
Interface                               IP-Address(Pri)   IP-Address(Sec)   Status           Protocol
Serial 2/0                             192.168.3.2/24    no address         up               up
Serial 3/0                             no address        no address         down            down
GigabitEthernet 0/0                    192.168.2.1/24    no address         up              up
GigabitEthernet 0/1                    202.103.3.2/24    no address         up              up
Loopback 1                             4.4.4.4/24       no address         up              up
VLAN 1                                 no address        no address         up              down
11-RSR20-2#
```

步骤 6: 路由器 R1~R4 的路由配置

路由器 R1:

```
R1 (config)#router ospf 1
R1 (config-ospf)#net 192.168.1.0 0.0.0.255 area 1
R1 (config-ospf)#net 202.103.1.0 0.0.0.255 area 1
R1 (config-ospf)#net 1.1.1.0 0.0.0.255 area 1
```

路由器 R2:

```
R2 (config)#router ospf 2
R2 (config-ospf)#net 202.103.1.0 0.0.0.255 area 1
R2 (config-ospf)#net 202.103.2.0 0.0.0.255 area 0
R2 (config-ospf)#net 2.2.2.0 0.0.0.255 area 0
```

路由器 R3:

```
R3 (config)#router ospf 3
R3 (config-ospf)#net 202.103.2.0 0.0.0.255 area 0
R3 (config-ospf)#net 202.103.3.0 0.0.0.255 area 2
R3 (config-ospf)#net 3.3.3.0 0.0.0.255 area 0
```

路由器 R4:

```
R4 (config)#router ospf 4
R4 (config-ospf)#net 202.103.3.0 0.0.0.255 area 2
R4 (config-ospf)#net 192.168.2.0 0.0.0.255 area 2
R4 (config-ospf)#net 4.4.4.0 0.0.0.255 area 2
```

步骤 7: 实验验证

分析路由器 R1 的路由表, 表中有几个 O 条目? 是如何产生的?

```
R1#sh ip route
```



```
10-RSR20-1>en 14
```

```
Password:
```

```
10-RSR20-1#sh ip route
```

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

```
Gateway of last resort is no set
```

```
C 1.1.1.0/24 is directly connected, Loopback 1  
C 1.1.1.1/32 is local host.  
O IA 2.2.2.2/32 [110/1] via 202.103.1.2, 00:46:13, GigabitEthernet 0/1  
O IA 3.3.3.3/32 [110/2] via 202.103.1.2, 00:05:51, GigabitEthernet 0/1  
O IA 4.4.4.4/32 [110/3] via 202.103.1.2, 00:05:51, GigabitEthernet 0/1  
C 192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/0  
C 192.168.1.1/32 is local host.  
O IA 192.168.2.0/24 [110/4] via 202.103.1.2, 00:05:51, GigabitEthernet 0/1  
C 202.103.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/1  
C 202.103.1.1/32 is local host.  
O IA 202.103.2.0/24 [110/2] via 202.103.1.2, 00:06:47, GigabitEthernet 0/1  
O IA 202.103.3.0/24 [110/3] via 202.103.1.2, 00:05:51, GigabitEthernet 0/1
```

6 个 OSPF 条目，通过动态路由协议 OSPF 产生。相比于原来的路由表，新增了很多 O 条目，这些是通过动态路由协议 OSPF 学习到的。

请解读邻居信息，指出路由器 R2 的邻居。

```
R2#sh ip ospf nei
```

```
10-RSR20-2#sh ip ospf nei
```

```
OSPF process 2, 2 Neighbors, 2 is Full:
```

Neighbor ID	Pri	State	BFD State	Dead Time	Address	Interface
1.1.1.1	1	Full/DR	-	00:00:37	202.103.1.1	GigabitEthernet 0/1
3.3.3.3	1	Full/DR	-	00:00:33	202.103.2.2	GigabitEthernet 0/0

分析路由器 R3 的路由表，表中有几个 O 条目？是如何产生的？

```
R3#sh ip ospf nei
```

```
11-RSR20-1(config)#sh ip route
```

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

```
Gateway of last resort is no set
```

```
O IA 1.1.1.1/32 [110/2] via 202.103.2.1, 00:00:36, GigabitEthernet 0/0  
O 2.2.2.2/32 [110/1] via 202.103.2.1, 00:00:36, GigabitEthernet 0/0  
C 3.3.3.0/24 is directly connected, Loopback 1  
C 3.3.3.3/32 is local host.  
O IA 192.168.1.0/24 [110/3] via 202.103.2.1, 00:00:36, GigabitEthernet 0/0  
O IA 202.103.1.0/24 [110/2] via 202.103.2.1, 00:00:36, GigabitEthernet 0/0  
C 202.103.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/0  
C 202.103.2.2/32 is local host.  
C 202.103.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/1  
C 202.103.3.1/32 is local host.
```

```
11-RSR20-1(config)#sh ip ospf nei
```

```
OSPF process 3, 1 Neighbors, 1 is Full:
```

Neighbor ID	Pri	State	BFD State	Dead Time	Address	Interface
2.2.2.2	1	Full/DR	-	00:00:35	202.103.2.1	GigabitEthernet 0/0

有 4 个 OSPF 条目，是通过动态路由协议 OSPF 产生的。

解释路由表的 O 条目信息：O 代表区域内路由，O IA 代表区域间路由(inter-area)，[110/3]代表的是距离 110 和度量 3，度量越小优先级越高。从左往右第一个 IP 代表目的 IP，via ip 表示达到目的 IP 的路由器下一条地址。最后加端口，代表数据是从哪个端口转发出去的。

请解读邻居信息，指出路由器 R3 的邻居。

```
R3#sh ip ospf nei
```



```
C:\Users\D502>ipconfig /all
11-RSR20-1#sh ip ospf nei

OSPF process 3, 2 Neighbors, 2 is Full:
Neighbor ID    Pri   State           BFD State   Dead Time   Address        Interface
2.2.2.2        1     Full/BDR        -           00:00:37    202.103.2.1    GigabitEthernet 0/0
4.4.4.4        1     Full/BDR        -           00:00:34    202.103.3.2    GigabitEthernet 0/1
```

分析路由器 R4 的路由表，表中有几个 O 条目？是如何产生的？

R4#sh ip route

```
11-RSR20-2(config)#sh ip route

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

Gateway of last resort is no set

O IA 1.1.1.1/32 [110/3] via 202.103.3.1, 00:02:54, GigabitEthernet 0/1
O IA 2.2.2.2/32 [110/2] via 202.103.3.1, 00:02:54, GigabitEthernet 0/1
O IA 3.3.3.3/32 [110/1] via 202.103.3.1, 00:07:58, GigabitEthernet 0/1
C    4.4.4.0/24 is directly connected, Loopback 1
C    4.4.4.4/32 is local host.
O IA 192.168.1.0/24 [110/4] via 202.103.3.1, 00:02:54, GigabitEthernet 0/1
C    192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/0
C    192.168.2.1/32 is local host.
O IA 202.103.1.0/24 [110/3] via 202.103.3.1, 00:02:54, GigabitEthernet 0/1
O IA 202.103.2.0/24 [110/2] via 202.103.3.1, 00:03:41, GigabitEthernet 0/1
C    202.103.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/1
C    202.103.3.2/32 is local host.
```

有 6 个 O 条目，是通过动态路由协议 OSPF 产生的。

请解读邻居信息，指出路由器 R4 的邻居。

R4#sh ip ospf nei

```
11-RSR20-2(config)#sh ip ospf nei

OSPF process 4, 1 Neighbors, 1 is Full:
Neighbor ID    Pri   State           BFD State   Dead Time   Address        Interface
3.3.3.3        1     Full/DR        -           00:00:32    202.103.3.1    GigabitEthernet 0/1
```

步骤 8:连通性测试。

(1)将此时的路由表与步骤 1 的路由表进行比较,有什么结论?

(2)分析 traceroute PC1(或 PC2)的执行结果。



从 192.168.1.2 到 192.168.2.2 的 traceroute 执行结果如下图所示。注意这里的 traceroute,只显示了流经每个路由器的输入端口的 IP 地址，没有显示输出端口的。可以看到下面经过的路由器的路径，正确地实现了我们想要的搭建的网络。

```
PS C:\Users\D502> tracert 192.168.2.2

通过最多 30 个跃点跟踪
到 D52_33 [192.168.2.2] 的路由:

  1  <1 毫秒 <1 毫秒 <1 毫秒 192.168.1.1
  2  <1 毫秒 <1 毫秒 <1 毫秒 202.103.1.2
  3  <1 毫秒 <1 毫秒 <1 毫秒 202.103.2.2
  4  <1 毫秒 <1 毫秒 2 ms 202.103.3.2
  5  <1 毫秒 <1 毫秒 2 ms D52_33 [192.168.2.2]

跟踪完成。
PS C:\Users\D502>
```

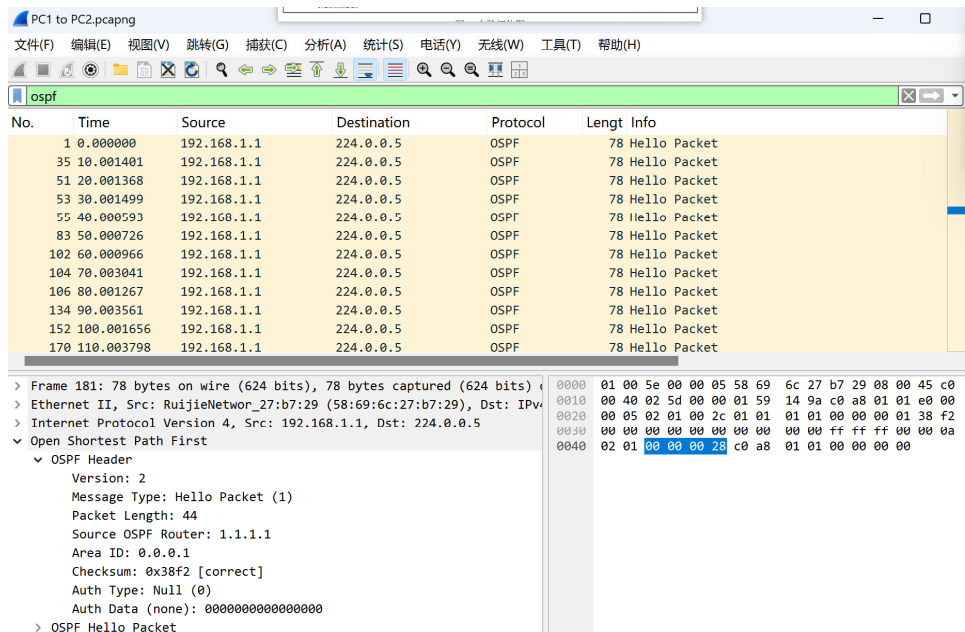



(3) 测试连通性。

```
PS C:\Users\D502> ping 192.168.2.2

正在 Ping 192.168.2.2 具有 32 字节的数据:
来自 192.168.2.2 的回复: 字节=32 时间=2ms TTL=124
来自 192.168.2.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=124
来自 192.168.2.2 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=124
来自 192.168.2.2 的回复: 字节=32 时间=2ms TTL=124
```

(4) 捕获数据包,分析 OSPF 头部结构。



OSPF 报文头部的关键字段如下:

版本号(Version):表示 OSPF 协议的版本号,此处为 OSPFv2,常用于 IPv4 网络。

数据报类型(Message Type):此处为 Hello Packet (1),说明 OSPF 报文是 Hello 报文,用于邻居发现与维护邻居关系。此外,还有 LSU(链路状态更新)、LSR(链路状态请求)等

包长度(Packet Length):表示整个 OSPF 报文的长度(单位:字节),包括头部和数据部分此处为 44 字节。

源 OSPF 路由器(Source OSPF Router):表示发送此 OSPF 报文的路由器的 Router ID,是路由器在 OSPF 域内的唯一标识。

区域 ID(Area ID):标识发送方所在的 OSPF 区域。

检验和(Checksum):用于验证 OSPF 报文的完整性,确保数据未被篡改。

身份认证类型(Auth Type):字段值: Null (0),表示当前 OSPF 报文未启用认证。

身份认证数据(Auth Data):由于未启用认证,此字段为空。

【实验反思和总结】

1、一开始经过 ping 测试各个端口的连通性的时候,排查了各种可能的问题,比如排查 show ip route,都没有找到原因。最后在执行了一键清命令之后,找到了原因,这说明可能的原因是网络本身的环境比较复杂,干扰了我们要搭建的网络。这提醒我们,在每次实验开始的时候,可以先清除上一组同学做实验搭建过的网络,避免对我们要搭建的网络产生干扰。

2、配置命令解读

1)



```
R3#configure terminal
R3(config)#interface serial 1/0
R3(config-if)#ip add 202.103.2.2 255.255.255.0
R3(config-if)#no shut
R3(config-if)#exit
R3(config)#interface serial 2/0
R3(config-if)#ip add 202.103.3.1 255.255.255.0
R3(config-if)#no shut
R3(config-if)#exit
R3(config)#interface loopback 1
R3(config-if)#ip add 3.3.3.3 255.255.255.0
R3(config-if)#end
```

No shut:在配置完 IP 之后，要加一个 no shut，保持端口的状态打开，否则端口的状态是关闭的。

Interface loopback:创建一个环回接口。这种接口和我们上面配置的物理接口(比如 Gi0/0)不同，它是一种纯软件的虚拟接口，它的接口状态永远是 up 的，这是一个很重要的特性。

2)ospf 路由配置命令

```
R3(config)#router ospf 3
R3(config-ospf)#net 202.103.2.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-ospf)#net 202.103.3.0 0.0.0.255 area 2
R3(config-ospf)#net 3.3.3.0 0.0.0.255 area 0
```

Router ospf 3:这段代码配置了一个 OSPF，指定编号为 3，用了反掩码机制。

Net 202.103.2.0 0.0.0.255 area 0:将 202.103.2.0/24 网段接口加入 OSPF 的 Area 0 区域，下同。

3、为什么要设置 loopback ，它有什么用处？

Router ID 在 OSPF 中的作用：OSPF 协议使用 Router ID 作为其邻居关系建立的基础。在 LSA(链路状态通告)中,Router ID 用来标识发布该通告的路由器。Router ID 的唯一性可以避免拓扑结构中路由信息的混淆。

- 一旦 Router ID 被选定，通常不会轻易改变，除非手动重新配置或设备重启。
- 通过手动配置或使用 Loopback 接口，可以确保 Router ID 的长期稳定。

学号	学生	自评分
21312450	林隽哲	100
22365043	江颢怡	100
22302056	刘彦凤	100