



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	电子与信息工程学院	班 级	通信工程 1 班	组长	刘渤
学号	16308073	16308161	16308091	16308015	
学生	刘渤	邹紫婧	彭肖文	陈瑞佳	
实验分工					
刘渤	OSPF 路由协议分析模块 贡献: _25%		邹紫婧	IPv6 的 OSPF3 协议分析模块 贡献: _25%	
彭肖文	OSPF 路由协议分析模块 贡献: _25%		陈瑞佳	IPv6 的 OSPF3 协议分析模块 贡献: _25%	

【实验题目】OSPF 路由协议实验

【实验目的】

掌握 OSPF 协议单区域的配置和使用方法。

【实验内容】

【实验内容】

(1) 第二版:

完成路由器 OSPF 配置实验, 实现两台 PC 到通 (可参考教材实例 7-3 (P252) 的“OSPF 单区域配置”);
完成路由器 IPv6 OSPFv3 单区域 配置实验, 实例 11-4 (P364/IPv6 OSPFv3.pdf)

(2)

- (a) 检查任意两个 PC 之间是否可以 Ping 通, 对一台主机 ping 其它主机的结果进行截屏。
- (b) 采用#debug ip ospf 显示上面 OSPF 协议的运行情况, 观察并保存 R1 发送和接收的 Update 分组 (可以改变链路状态来触发), 注意其中 LSA 类型。
- (c) 显示并记录路由器 R1 数据库的 Router LSA, Network LSA, LS 数据库信息汇总
show ip ospf database router ! 显示 router LSA
show ip ospf database network ! 显示 network LSA
show ip ospf database database ! 显示 OSPF 链路状态数据库信息。
- (d) 显示并记录邻居状态。
show ip ospf neighbor
- (e) 显示并记录 R1 的所有接口信息
#show ip ospf interface [接口名]

【实验要求】

重要信息需给出截图, 注意实验步骤的前后对比。

【实验记录】(如有实验拓扑请自行画出)

一、OSPF 配置实验 (IPv4)

步骤 1: 按照拓扑图上的标示, 配置 PC1 与 PC2 的 IP 地址、子网掩码、网关, 并且测试它们的连通性。

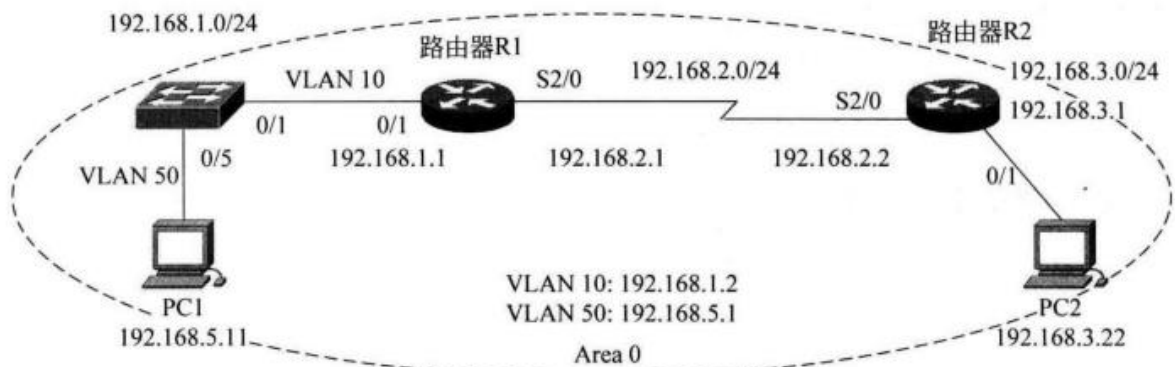


图 1-1 拓扑图

①检查连通性

```
C:\Users\Administrator>ping 192.168.5.11

正在 Ping 192.168.5.11 具有 32 字节的数据:
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。

192.168.5.11 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 0, 丢失 = 4 (100% 丢失),

C:\Users\Administrator>ping 192.168.3.22

正在 Ping 192.168.3.22 具有 32 字节的数据:
请求超时。
请求超时。
请求超时。
请求超时。

192.168.3.22 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 0, 丢失 = 4 (100% 丢失),
```

图 1-2 实验前 主机不连通

在实验前，因为路由没有邻居路由和交换机的信息，不知道其他子网的信息，所以不同 ping 通。

②在路由器 R2 上执行 show ip route 命令，记录路由信息。

```
2-RSR20-2>enable 14
assword:
2-RSR20-2#config
nter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
2-RSR20-2(config)#show ip route

odes:  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

ateway of last resort is no set
```

图 1-3 实验前 路由器 R2 的路由信息

在实验前，因为路由没有邻居路由和交换机的信息，所以路由表是空的。



步骤 2~4: 按照拓扑图分别配置好交换机的 VLAN 端口和地址, R1 的端口的子网和 R2 端口的子网。

步骤 5~7: 分别配置交换机和路由器的 OSPF 路由协议。

步骤 8: 查看验证 3 台路由设备的路由表是否自动学习了其他网段的路由信息, 请注意路由条目 O 项。

① 交换机 S5750 的路由表:

```
22-S5750-1#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, VLAN 10
C    192.168.1.2/32 is local host.
O    192.168.2.0/24 [110/51] via 192.168.1.1, 00:01:03, VLAN 10
O    192.168.3.0/24 [110/52] via 192.168.1.1, 00:00:25, VLAN 10
C    192.168.5.0/24 is directly connected, VLAN 50
C    192.168.5.1/32 is local host.
--
```

图 8-1 交换机路由表

交换机的路由表中显示了两条 O 条目:

第一条表示子网 192.168.2.0/24 经过路由器 R1 的端口地址 192.168.1.1 与 vlan10 端口连接。

第二条表示子网 192.168.3.0/24 经过路由器 R1 的端口地址 192.168.1.1 与 vlan10 端口连接。

② 路由器 R1 的路由表:

```
22-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, 00:00:22, Serial 2/0
O    192.168.5.0/24 [110/2] via 192.168.1.2, 00:00:59, GigabitEthernet 0/1
```

图 8-2 路由器 R1 路由表

路由器 R1 路由表中显示了两条 O 条目:

第一条表示子网 192.168.3.0/24 经过路由器 R2 的端口地址 192.168.2.2 与 Serial2/0 端口连接。

第二条表示子网 192.168.5.0/24 经过交换机的端口地址 192.168.1.2 与 GigabitEthernet 0/1 端口连接。



③路由器 R2 的路由表：

```
22-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
O    192.168.1.0/24 [110/51] via 192.168.2.1, 00:00:52, Serial 2/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial 2/0
C    192.168.2.2/32 is local host.
C    192.168.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/1
C    192.168.3.1/32 is local host.
O    192.168.5.0/24 [110/52] via 192.168.2.1, 00:00:52, Serial 2/0
```

图 8-2 路由器 R2 路由表

路由器 R2 路由表中显示了两条 O 条目：

第一条表示子网 192.168.1.0/24 经过路由器 R1 的端口地址 192.168.2.1 与 Serial2/0 端口连接。

第二条表示子网 192.168.5.0/24 经过路由器 R1 的端口地址 192.168.2.1 与 Serial2/0 端口连接。

如何产生 O 条目：

上面交换机和路由器均收到了 2 条 O 条目。在配置 OSPF 协议后，路由器和交换机之间通过发送 hello 数据报，发现并记录邻居关系。然后发送链路状态数据库描述数据包。交换所有的 LSA 数据包头部，通过请求、更新和确认将链路状态传送给邻居关系的路由和交换机，从而形成了 O 条目。

步骤 9：测试网络的连通性。

```
C:\Users\Administrator>ping 192.168.5.11

正在 Ping 192.168.5.11 具有 32 字节的数据:
来自 192.168.5.11 的回复: 字节=32 时间=38ms TTL=125
来自 192.168.5.11 的回复: 字节=32 时间=38ms TTL=125
来自 192.168.5.11 的回复: 字节=32 时间=40ms TTL=125
来自 192.168.5.11 的回复: 字节=32 时间=40ms TTL=125

192.168.5.11 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 4, 丢失 = 0 (0% 丢失),
    往返行程的估计时间(以毫秒为单位):
        最短 = 38ms, 最长 = 40ms, 平均 = 39ms

C:\Users\Administrator>
```

图 9-1 PC2 ping PC1 经过 3 跳



```
C:\Users\Administrator>ping 192.168.3.22

正在 Ping 192.168.3.22 具有 32 字节的数据:
来自 192.168.3.22 的回复: 字节=32 时间=40ms TTL=125
来自 192.168.3.22 的回复: 字节=32 时间=40ms TTL=125
来自 192.168.3.22 的回复: 字节=32 时间=37ms TTL=125
来自 192.168.3.22 的回复: 字节=32 时间=38ms TTL=125

192.168.3.22 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 4, 丢失 = 0 (0% 丢失),
    往返行程的估计时间(以毫秒为单位):
        最短 = 37ms, 最长 = 40ms, 平均 = 38ms
```

图 9-2 PC1 ping PC2 经过 3 跳

可以看到，PC1 和 PC2 之间能够连通，且 TTL 均为 125，表明双方均经过 $128-125=3$ 次跳转到达对方的网络。

(1) 将此时的路由表与步骤 0 的路由表比较，有什么结论？

```
2-RSR20-2>enable 14

assword:
2-RSR20-2#config
nter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
2-RSR20-2(config)#show ip route

odes: 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

ateway of last resort is no set
```

图 9-3 实验前 路由器 R2 的路由信息

```
22-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
O 192.168.1.0/24 [110/51] via 192.168.2.1, 00:00:52, Serial 2/0
C 192.168.2.0/24 is directly connected, Serial 2/0
C 192.168.2.2/32 is local host.
C 192.168.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet 0/1
C 192.168.3.1/32 is local host.
O 192.168.5.0/24 [110/52] via 192.168.2.1, 00:00:52, Serial 2/0
```

图 9-4 配置后的路由器 R2 路由表

比较路由器 R2 的实验前和配置后的路由表如上图所示。可以看到在实验前的路由表示空的。配置后的路由表有 C 条目和 O 条目。C 条目表示与其直接相连接的子网 192.168.2.0 和 192.168.3.0，以及其端口的 ip 地址分别为 192.168.2.2 和 192.168.3.1。两个 O 条目分别从交换机和路由器 R1 的 OSPF 协议学习到的。可以看到路由器 R1 获取了邻居路由器的路由表信息。



(2) 分析 traceroutePC1（或 PC2）的执行结果。

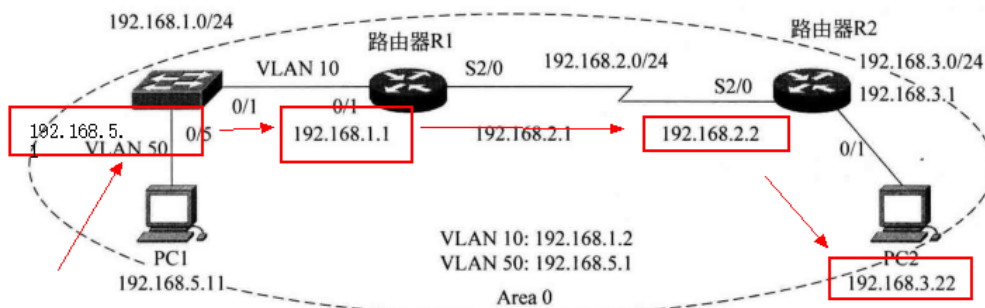
```
C:\Users\Administrator>tracert 192.168.3.22

通过最多 30 个跃点跟踪
到 STU65 [192.168.3.22] 的路由:

 1  <1 毫秒    <1 毫秒    2 ms    192.168.5.1
 2  <1 毫秒    <1 毫秒    <1 毫秒  192.168.1.1
 3  44 ms     42 ms     43 ms   192.168.2.2
 4  47 ms     48 ms     46 ms   STU65 [192.168.3.22]

跟踪完成。
```

图 9-5 treacert PC1



PC2 traceroute PC1 的结果如上图 9-5 所示。结合拓扑图可以看到分别经过交换机、路由器 R1、路由器 R2 到达 PC1。其经过的地址如上图方框显示。

(3) 捕获数据包，分析 OSPF 头部结构。OSPF 包在 PC1 和 PC2 上能捕获到吗？如果希望 2 台主机都能捕获到，请描述方法。

1	0.000000	192.168.3.1	224.0.0.5	OSPF	78	Hello Packet
2	6.775862	192.168.3.22	239.255.255.250	SSDP	179	M-SEARCH * HTTP/1.1
3	9.776122	192.168.3.22	239.255.255.250	SSDP	179	M-SEARCH * HTTP/1.1
4	10.000221	192.168.3.1	224.0.0.5	OSPF	78	Hello Packet
5	12.776396	192.168.3.22	239.255.255.250	SSDP	179	M-SEARCH * HTTP/1.1
6	15.778503	192.168.3.22	239.255.255.250	SSDP	179	M-SEARCH * HTTP/1.1
7	18.779037	192.168.3.22	239.255.255.250	SSDP	179	M-SEARCH * HTTP/1.1
8	20.000767	192.168.3.1	224.0.0.5	OSPF	78	Hello Packet
9	21.779073	192.168.3.22	239.255.255.250	SSDP	179	M-SEARCH * HTTP/1.1

[Header checksum status: Unverified]
Source: 192.168.3.1
Destination: 224.0.0.5

Open Shortest Path First

OSPF Header

- Version: 2
- Message Type: Hello Packet (1)
- Packet Length: 44
- Source OSPF Router: 192.168.3.1
- Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
- Checksum: 0x754b [correct]
- Auth Type: Null (0)
- Auth Data (none): 0000000000000000

OSPF Hello Packet

图 9-6 pc1 捕捉到的 OSPF 头部结构

Version:2 表示采用的是 OSPFv2 协议。

Message Type:表示这个协议的类型，这里是 hello 报文，用于发现邻居关系。

Source OSPF route:表示这个协议是从路由器 R2 发送出来的。



Area ID: 表示区域的 ID 号, 0 表示骨干区域。

Checksum: 为校验和字段, 后面的 correct 表示报文没有出错。

Auth Type: 是认证类型字段, 0 为认证, 1 为进行简单认证, 2 采用 MD5 方式认证。

Auth Data: 认证字段, 占 8 个字节, 具体值根据不同认证类型而定: 认证类型为不认证时, 此字段没有数据, 认证类型为简单认证时, 此字段为认证密码, 认证类型为 MD5 认证时, 此字段为 MD5 摘要消息。

②两个主机都能捕捉到 OSPF 报文:

1 0.000000	192.168.5.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
2 0.472877	RuijieNe_15:57:36	LLDP_Multicast	LLDP	390 TTL = 121 System Name = 22-S5750-1 System Description = Ruijie Layer 3
3 9.495921	192.168.5.11	192.168.3.22	ICMP	74 Echo (ping) request id=0x0001, seq=54/13824, ttl=128 (reply in 4)
4 9.534077	192.168.3.22	192.168.5.11	ICMP	74 Echo (ping) reply id=0x0001, seq=54/13824, ttl=125 (request in 3)
5 10.000220	192.168.5.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
6 10.509578	192.168.5.11	192.168.3.22	ICMP	74 Echo (ping) request id=0x0001, seq=55/14080, ttl=128 (reply in 7)
7 10.550118	192.168.3.22	192.168.5.11	ICMP	74 Echo (ping) reply id=0x0001, seq=55/14080, ttl=125 (request in 6)
8 11.524504	192.168.5.11	192.168.3.22	ICMP	74 Echo (ping) request id=0x0001, seq=56/14336, ttl=128 (reply in 9)
9 11.562007	192.168.3.22	192.168.5.11	ICMP	74 Echo (ping) reply id=0x0001, seq=56/14336, ttl=125 (request in 8)
10 12.536918	192.168.5.11	192.168.3.22	ICMP	74 Echo (ping) request id=0x0001, seq=57/14592, ttl=128 (reply in 11)
11 12.574686	192.168.3.22	192.168.5.11	ICMP	74 Echo (ping) reply id=0x0001, seq=57/14592, ttl=125 (request in 10)
12 19.000682	192.168.5.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
13 30.001611	192.168.5.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
14 30.473746	RuijieNe_15:57:36	LLDP_Multicast	LLDP	390 TTL = 121 System Name = 22-S5750-1 System Description = Ruijie Layer 3

图 9-7 pc2 捕捉到的 OSPF

可以看到, 图 9-6 为 PC1 捕捉到的报文, 来自路由器 R2。图 9-7 位 PC2 捕捉到的 OSPF 报文, 来自交换机。所以两台主机都能捕捉到 OSPF 报文。

(4) 使用 #debug ip ospf 命令显示上述 OSPF 协议的运行状况, 观察并保存路由器 R1 发送和接受的 update 分组 (可改变链路状态触发), 注意其中 LSA 类型, 观察有无 224.0.0.5、224.0.0.6 的 IP 地址, 如果有请说明这两个地址的作用。

```
*Jan 10 20:36:01: %7: Header
*Jan 10 20:36:01: %7: Version 2
*Jan 10 20:36:01: %7: Type 1 (Hello)
*Jan 10 20:36:01: %7: Packet Len 48
*Jan 10 20:36:01: %7: Router ID 192.168.2.1
*Jan 10 20:36:01: %7: Area ID 0.0.0.0
*Jan 10 20:36:01: %7: Checksum 0x7647
*Jan 10 20:36:01: %7: AuthType 0
*Jan 10 20:36:01: %7: Hello
*Jan 10 20:36:01: %7: NetworkMask 255.255.255.0
*Jan 10 20:36:01: %7: HelloInterval 10
*Jan 10 20:36:01: %7: Options 0x2 (-|-|-|-|-|E|-)
*Jan 10 20:36:01: %7: RtrPriority 1
*Jan 10 20:36:01: %7: RtrDeadInterval 40
*Jan 10 20:36:01: %7: DRouter 0.0.0.0
*Jan 10 20:36:01: %7: BDRouter 0.0.0.0
*Jan 10 20:36:01: %7: # Neighbors 1
*Jan 10 20:36:01: %7: Neighbor 192.168.3.1
*Jan 10 20:36:04: %7: IFSM[GigabitEthernet 0/1:192.168.1.1]: Hello timer expire
*Jan 10 20:36:04: %7: SEND[Hello]: To 224.0.0.5 via GigabitEthernet 0/1:192.168.1.1, length 48
*Jan 10 20:36:04: %7:
*Jan 10 20:36:04: %7: Header
*Jan 10 20:36:04: %7: Version 2
*Jan 10 20:36:04: %7: Type 1 (Hello)
*Jan 10 20:36:04: %7: Packet Len 48
*Jan 10 20:36:04: %7: Router ID 192.168.2.1
*Jan 10 20:36:04: %7: Area ID 0.0.0.0
*Jan 10 20:36:04: %7: Checksum 0xf0f2
*Jan 10 20:36:04: %7: AuthType 0
*Jan 10 20:36:04: %7: Hello
*Jan 10 20:36:04: %7: NetworkMask 255.255.255.0
*Jan 10 20:36:04: %7: HelloInterval 10
*Jan 10 20:36:04: %7: Options 0x2 (-|-|-|-|-|E|-)
*Jan 10 20:36:04: %7: RtrPriority 1
*Jan 10 20:36:04: %7: RtrDeadInterval 40
*Jan 10 20:36:04: %7: DRouter 192.168.1.2
*Jan 10 20:36:04: %7: BDRouter 192.168.1.1
*Jan 10 20:36:04: %7: # Neighbors 1
*Jan 10 20:36:04: %7: Neighbor 192.168.5.1
*Jan 10 20:36:04: %7:
*Jan 10 20:36:06: %7: LSA[MaxAge]: Maxage walker finished (0.000000 sec)
*Jan 10 20:36:06: %7: RECV[Hello]: From 192.168.5.1 via GigabitEthernet 0/1:192.168.1.1 (192.168.1.2 -> 224.0.0.5), len = 48, cksum = 0xf0f2
```

图 9-8 拔线和恢复的一部分 debug 的信息

上图只显示了一部分 debug 信息, 可以看到在拔线后, 地址为 192.168.2.1 对应的路由器 R1 的变化如上图所示, 在恢复连线后, 其 DR 和 BDR 路由器变回原来的交换机和路由器 R1. 以及其 LSA 类型可以看到其 hello 报文向 224.0.0.5 发送。能观察到 224.0.0.5 的地址, 但是整个 debug 观察不到 224.0.0.6 的地址。



224.0.0.6 和 224.0.0.5 的作用如下：

他们都是组播地址。对所有 DR/BDR 路由器的组播地址为 224.0.0.6，对所有非 DR/BDR 路由器的组播地址为 224.0.0.5；同时 OSPF 并不是周期性的广播路由表，节省了宝贵的带宽资源。OSPF 数据包包的 TTL 值被设置为 1，即 OSPF 数据包只能传输到一跳范围内的邻居路由器。

(5) 本实验有没有 DR/BDR（指派路由器/备份指派路由器）？如果有，请指出 DR 和 BDR 分别是哪个设备，讨论 DR/BDR 的选举规则和更新方法（通过拔线改变拓扑，观察 DR/BDR 的变化情况）。

```
*Jan 10 20:35:54: %7: LSA[MaxAge]: Maxage walker finished (0.000000 sec)
*Jan 10 20:35:54: %7: IFSM[GigabitEthernet 0/1:192.168.1.1]: Hello timer expire
*Jan 10 20:35:54: %7: SEND[Hello]: To 224.0.0.5 via GigabitEthernet 0/1:192.168.1.1, length 48
*Jan 10 20:35:54: %7: -----
*Jan 10 20:35:54: %7: Header
*Jan 10 20:35:54: %7:   Version 2
*Jan 10 20:35:54: %7:   Type 1 (Hello)
*Jan 10 20:35:54: %7:   Packet Len 48
*Jan 10 20:35:54: %7:   Router ID 192.168.2.1
*Jan 10 20:35:54: %7:   Area ID 0.0.0.0
*Jan 10 20:35:54: %7:   Checksum 0xf0f2
*Jan 10 20:35:54: %7:   AuType 0
*Jan 10 20:35:54: %7: Hello
*Jan 10 20:35:54: %7:   NetworkMask 255.255.255.0
*Jan 10 20:35:54: %7:   HelloInterval 10
*Jan 10 20:35:54: %7:   Options 0x2 (-|-|-|-|-|E|-)
*Jan 10 20:35:54: %7:   RtrPriority 1
*Jan 10 20:35:54: %7:   RtrDeadInterval 40
*Jan 10 20:35:54: %7:   DRouter 192.168.1.2
*Jan 10 20:35:54: %7:   BDRouter 192.168.1.1
*Jan 10 20:35:54: %7:   # Neighbors 1
*Jan 10 20:35:54: %7:     Neighbor 192.168.5.1
*Jan 10 20:35:54: %7: -----
*Jan 10 20:35:55: %7: RECV[Hello]: From 192.168.5.1 via GigabitEthernet 0/1:192.168.1.1 (192.168.1.2 -> 224.0.0.5), len = 48, cksum = 0xf0f2
*Jan 10 20:35:55: %7: -----
```

在路由器 R1 进行 debug 操作

从 debug 的信息中可以看到，DR 路由器的地址为 192.168.1.2，即：交换机为 DR 路由。
BDR 路由器的地址为 192.168.1.1，即：路由器 R1 为 BDR 路由器。

下面用 show ip ospf neighbor 查看邻居路由信息：

```
22-RSR20-1#show ip ospf neighbor
```

OSPF process 1, 2 Neighbors, 2 is Full:

Neighbor ID	Pri	State	BFD State	Dead Time	Address	Interface
192.168.5.1	1	Full/DR	-	00:00:32	192.168.1.2	GigabitEthernet 0/1
192.168.3.1	1	Full/-	-	00:00:32	192.168.2.2	Serial 2/0

拔线前的邻居信息

```
22-RSR20-1#show ip ospf neighbor
```

OSPF process 1, 1 Neighbors, 1 is Full:

Neighbor ID	Pri	State	BFD State	Dead Time	Address	Interface
192.168.3.1	1	Full/-	-	00:00:38	192.168.2.2	Serial 2/0

拔路由器 R1 和交换机之间的线后显示的 R1 邻居信息

可以看到，在拔线前交换机是 DR 路由，其 ID 为 192.168.5.1，地址为 192.168.1.2 是 VLAN10 的端口地址。而路由器 R2 的 ID 显示 192.168.3.1，其 state 显示 FULL/-，表示的路由器 R2 不是 BDR，推出 R1 是 BDR 路由器。

在拔掉路由器 R1 和交换机之间的连线后，交换机（192.168.5.1）不在显示的邻居关系中，只剩下路由器 R2。而路由器 R1 晋升为 DR 路由器。



(c) 显示并记录路由器 R1 数据库的 Router LSA, Network LSA, LS 数据库信息汇总

show ip ospf database router ! 显示 router LSA

```
21-RSR20-1#show ip ospf database router

OSPF Router with ID (192.168.2.1) (Process ID 1)
  Router Link States (Area 0.0.0.0)

LS age: 599
Options: 0x2 (-|-|-|-|-|E|-)
Flags: 0x0
LS Type: router-LSA
Link State ID: 192.168.2.1
Advertising Router: 192.168.2.1
LS Seq Number: 8000000d
Checksum: 0xeedf
Length: 60
Number of Links: 3

Link connected to: another Router (point-to-point)
(Link ID) Neighboring Router ID: 192.168.3.1
(Link Data) Router Interface address: 192.168.2.1
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 50

Link connected to: Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 192.168.2.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 50

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 192.168.1.2
(Link Data) Router Interface address: 192.168.1.1
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 1

LS age: 269
Options: 0x2 (-|-|-|-|-|E|-)
Flags: 0x0
LS Type: router-LSA
Link State ID: 192.168.3.1
Advertising Router: 192.168.3.1
LS Seq Number: 8000000f
Checksum: 0xa58f
Length: 60
Number of Links: 3

Link connected to: another Router (point-to-point)
(Link ID) Neighboring Router ID: 192.168.2.1
(Link Data) Router Interface address: 192.168.2.2
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 50

Link connected to: Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 192.168.2.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 50

Link connected to: Stub Network
```

show ip ospf database network ! 显示 network LSA

```
21-RSR20-1#show ip ospf database network

OSPF Router with ID (192.168.2.1) (Process ID 1)
  Network Link States (Area 0.0.0.0)

LS age: 636
Options: 0x2 (-|-|-|-|-|E|-)
LS Type: network-LSA
Link State ID: 192.168.1.2 (address of Designated Router)
Advertising Router: 192.168.5.1
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x930e
Length: 32
Network Mask: /24
Attached Router: 192.168.5.1
Attached Router: 192.168.2.1
```



show ip ospf database database ! 显示 OSPF 链路状态数据库信息。

```
21-RSR20-1#show ip ospf database database
```

```
OSPF process 1:
```

```
Area 0.0.0.0 database summary:
```

```
Router Link States      : 3
Network Link States     : 1
Summary Link States     : 0
ASBR-Summary Link States : 0
NSSA-external Link States: 0
Link-Local Opaque-LSA   : 0
Area-Local Opaque-LSA   : 0
Total LSA                : 4
```

```
Process 1 database summary:
```

```
Router Link States      : 3
Network Link States     : 1
Summary Link States     : 0
ASBR-Summary Link States : 0
AS External Link States : 0
NSSA-external Link States: 0
Link-Local Opaque-LSA   : 0
Area-Local Opaque-LSA   : 0
AS-Global Opaque-LSA    : 0
Total LSA                : 4
```

可以查看其骨干区域的 area 为 0.0.0.0，也可以看到这个区域内所有路由器的 ID。

(d) 显示并记录邻居状态。

show ip ospf neighbor

```
22-RSR20-1#show ip ospf neighbor
```

```
OSPF process 1, 2 Neighbors, 2 is Full:
```

Neighbor ID	Pri	State	BFD State	Dead Time	Address	Interface
192.168.5.1	1	Full/DR	-	00:00:32	192.168.1.2	GigabitEthernet 0/1
192.168.3.1	1	Full/-	-	00:00:32	192.168.2.2	Serial 2/0

交换机是 DR 路由，其 ID 为 192.168.5.1，地址为 192.168.1.2 是 VLAN10 的端口地址。而路由器 R2 的 ID 显示 192.168.3.1，其 state 显示 FULL/-，表示的路由器 R2 不是 BDR，推出 R1 是 BDR 路由器。

(e) 显示并记录 R1 的所有接口信息

#show ip ospf interface [接口名]

```
22-RSR20-1#show ip ospf interface
```

```
Serial 2/0 is up, line protocol is up
Internet Address 192.168.2.1/24, Ifindex 2, Area 0.0.0.0, MTU 1500
Matching network config: 192.168.2.0/24
Process ID 1, Router ID 192.168.2.1, Network Type POINTOPOINT, Cost: 50
Transmit Delay is 1 sec, State Point-To-Point
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
Hello due in 00:00:00
Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
Crypt Sequence Number is 0
Hello received 152 sent 152, DD received 3 sent 4
LS-Req received 1 sent 1, LS-Upd received 5 sent 5
LS-Ack received 4 sent 4, Discarded 0
GigabitEthernet 0/1 is up, line protocol is up
Internet Address 192.168.1.1/24, Ifindex 5, Area 0.0.0.0, MTU 1500
Matching network config: 192.168.1.0/24
Process ID 1, Router ID 192.168.2.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1
Transmit Delay is 1 sec, State Waiting, Priority 1
No designated router on this network
No backup designated router on this network
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
Hello due in 00:00:08
Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 0
Crypt Sequence Number is 0
Hello received 149 sent 151, DD received 3 sent 4
LS-Req received 1 sent 1, LS-Upd received 3 sent 9
LS-Ack received 7 sent 2, Discarded 0
```

Serial 2/0 的状态为 point to point，表示两个路由的接口通过 E1 或 T1 链路连接。cost=50 表示开销。

Giga 0/1 的状态为 Waiting，表示相关接口正在等待被申明为 DR。优先级为 1，cost=1 开销很小。



【实验思考】

(1) 如何查看 OSPF 协议发布的网段？

答：可以通过 show ip ospf database 命令查看其骨干区域的 area 为 0.0.0.0，也可以看到这个区域内所有路由器的 ID。

```
22-RSR20-1#show ip ospf interface
Serial 2/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 192.168.2.1/24, Ifindex 2, Area 0.0.0.0, MTU 1500
  Matching network config: 192.168.2.0/24
  Process ID 1, Router ID 192.168.2.1, Network Type POINTOPOINT, Cost: 50
  Transmit Delay is 1 sec, State Point-To-Point
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
  Hello due in 00:00:00
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
  Crypt Sequence Number is 0
  Hello received 152 sent 152, DD received 3 sent 4
  LS-Req received 1 sent 1, LS-Upd received 5 sent 5
  LS-Ack received 4 sent 4, Discarded 0
GigabitEthernet 0/1 is up, line protocol is up
  Internet Address 192.168.1.1/24, Ifindex 5, Area 0.0.0.0, MTU 1500
  Matching network config: 192.168.1.0/24
  Process ID 1, Router ID 192.168.2.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1
  Transmit Delay is 1 sec, State Waiting, Priority 1
  No designated router on this network
  No backup designated router on this network
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
  Hello due in 00:00:08
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 0
  Crypt Sequence Number is 0
  Hello received 149 sent 151, DD received 3 sent 4
  LS-Req received 1 sent 1, LS-Upd received 3 sent 9
  LS-Ack received 7 sent 2, Discarded 0
```

```
22-RSR20-1#show ip ospf database
```

OSPF Router with ID (192.168.2.1) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	CkSum	Link count
192.168.2.1	192.168.2.1	86	0x8000000a	0x943d	3
192.168.3.1	192.168.3.1	1559	0x80000005	0xb985	3
192.168.5.1	192.168.5.1	93	0x8000000a	0xf71b	2

Network Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	CkSum
192.168.1.2	192.168.5.1	87	0x80000002	0x930e

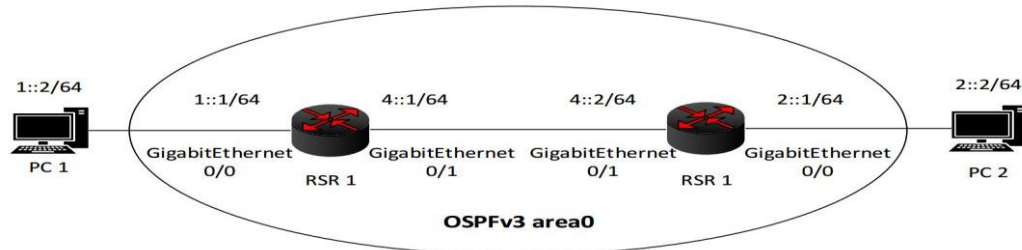
(2) 关于 OSPF 反掩码：反掩码可以简单的理解为掩码取反，而且不允许出现不连续的 1 和 0。反掩码总是奇数或 0，因为其最后一位总是 1，除非全部是 0。

(3) 255.255.255.255 减去子网掩码就得出反掩码。例如子网掩码 255.255.255.252，则反掩码为 0.0.0.3。请问：192.168.2.0/28 的反掩码是多少？

答：192.168.2.0/28 的掩码为 255.255.255.240 则反掩码为 0.0.0.15



二、OSPF 配置实验 (IPV6)



步骤 1: 在两台 PC 机上配置自动获得 IPV6 地址, 子网前缀长度, 默认网关

步骤 2: 验证路由器 RSR1, RSR2 的接口配置

```
22-RSR20-1(config)#show ipv6 interface
```

```
interface GigabitEthernet 0/0 is Up, ifindex: 4, vrf_id 0
address(es):
  Mac Address: 58:69:6c:27:b8:85
  INET6: 1::1, subnet is 1::/64
  INET6: FE80::5A69:6CFF:FE27:B885, subnet is FE80::/64
Joined group address(es):
  FF01::1
  FF02::1
  FF02::2
  FF02::1:FF00:1
  FF02::1:FF27:B885
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
ND advertised reachable time is 0 milliseconds
ND retransmit interval is 1000 milliseconds
ND advertised retransmit interval is 0 milliseconds
ND router advertisements are sent every 200 seconds<160--240>
ND router advertisements live for 600 seconds
```

RSR1 的 0/0 接口配置成功, 并且端口地址为 1::1/64

```
interface GigabitEthernet 0/1 is Up, ifindex: 5, vrf_id 0
address(es):
  Mac Address: 58:69:6c:27:b8:86
  INET6: 4::1 [ DUPLICATED ], subnet is 4::/64
  INET6: FE80::5A69:6CFF:FE27:B886, subnet is FE80::/64
Joined group address(es):
  FF01::1
  FF02::1
  FF02::2
  FF02::1:FF00:1
  FF02::1:FF27:B886
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
ND advertised reachable time is 0 milliseconds
ND retransmit interval is 1000 milliseconds
ND advertised retransmit interval is 0 milliseconds
ND router advertisements are sent every 200 seconds<160--240>
ND router advertisements live for 600 seconds
```

RSR1 的 0/1 接口配置成功, 并且端口地址为 4::1/64

步骤 3: 在 RSR1 和 RSR2 上配置 OSPFv3 路由协议

RSR1 上执行 show ip route 的结果如下:

```
22-RSR20-1(config)#show ipv6 route
IPv6 routing table name is - Default - 11 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
       I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary
       O - OSPF intra area, OI - OSPF inter area, OE1 - OSPF external type 1, OE2 - OSPF external type 2
       ON1 - OSPF NSSA external type 1, ON2 - OSPF NSSA external type 2
       .../128 via Loopback, local host
C 1::/64 via GigabitEthernet 0/0, directly connected
L 1::1/128 via GigabitEthernet 0/0, local host
O 2::/64 [110/2] via FE80::5A69:6CFF:FE27:BF26, GigabitEthernet 0/1
C 4::/64 via GigabitEthernet 0/1, directly connected
L 4::1/128 via GigabitEthernet 0/1, local host
L FE80::10 via ::1, Null0
C FE80::/64 via GigabitEthernet 0/0, directly connected
L FE80::5A69:6CFF:FE27:B885/128 via GigabitEthernet 0/0, local host
C FE80::/64 via GigabitEthernet 0/1, directly connected
L FE80::5A69:6CFF:FE27:B886/128 via GigabitEthernet 0/1, local host
22-RSR20-1(config)#*Jan 10 21:06:05: *IPV6-3-DAD_FAILED: Duplicate 4::1 was detected on interface GigabitEthernet
*Jan 10 21:07:06: *IPV6-3-DAD_FAILED: Duplicate 4::1 was detected on interface GigabitEthernet 0/1.
```




RSR1 的端口 0/0 与 0/1 都直接接入了网络，且配置了 ospf 协议。

RSR2 上执行 show ip route 的结果如下：

```
22-RSR20-2(config)#interface Gi
22-RSR20-2(config)#interface GigabitEthernet 0/0
22-RSR20-2(config-if-GigabitEthernet 0/0)#no ipv6 address 1::1/64
22-RSR20-2(config-if-GigabitEthernet 0/0)#exit
22-RSR20-2(config)#show ipv6 route
IPv6 routing table name is - Default - 11 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
       O - OSPF intra area, OI - OSPF inter area, OE1 - OSPF external type 1
       E2 - OSPF external type 2
       ON1 - OSPF NSSA external type 1, ON2 - OSPF NSSA external type 2
L       ::1/128 via Loopback, local host
O       1::/64 [110/2] via FE80::5A69:6CFF:FE27:B886, GigabitEthernet 0/1
C       2::/64 via GigabitEthernet 0/0, directly connected
L       2::1/128 via GigabitEthernet 0/0, local host
C       4::/64 via GigabitEthernet 0/1, directly connected
L       4::1/128 via GigabitEthernet 0/1, local host
L       FE80::/10 via ::1, Null0
C       FE80::/64 via GigabitEthernet 0/0, directly connected
L       FE80::5A69:6CFF:FE27:BF25/128 via GigabitEthernet 0/0, local host
C       FE80::/64 via GigabitEthernet 0/1, directly connected
L       FE80::5A69:6CFF:FE27:BF26/128 via GigabitEthernet 0/1, local host
22-RSR20-2(config)#
```

RSR2 的端口 0/0 与 0/1 都直接接入了网络，且配置了 ospf 协议。

步骤 4：实验验证与分析

1、在 PC 上查看获得的地址

```
C:\Users\Administrator>ipconfig

Windows IP 配置

以太网适配器 实验网:

    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :
    IPv6 地址 . . . . . : 1::20c1:197d:e2f7:9453
    临时 IPv6 地址. . . . . : 1::35ae:fc46:4b4c:9688
    本地链接 IPv6 地址. . . . . : fe80::20c1:197d:e2f7:9453%7
    IPv4 地址 . . . . . : 192.168.5.11
    子网掩码 . . . . . : 255.255.255.0
    默认网关 . . . . . : fe80::5a69:6c9f:fe27:b885%7
                        192.168.5.1
```

PC1 自动获得的 IP 地址如图所示，与子网号 1::/64 相同，说明了之前配置过程的正确。

```
以太网适配器 实验网:

    连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :
    IPv6 地址 . . . . . : 1::d4e1:d9f4:860e:c3f0
    临时 IPv6 地址. . . . . : 2::d4e1:d9f4:860e:c3f0
    本地链接 IPv6 地址. . . . . : 1::a932:b2bc:d603:4f00
    本地链接 IPv6 地址. . . . . : 2::a932:b2bc:d603:4f00
    本地链接 IPv6 地址. . . . . : fe80::d4e1:d9f4:860e:c3f0%7
    IPv4 地址 . . . . . : 192.168.3.22
    子网掩码 . . . . . : 255.255.255.0
    默认网关 . . . . . : fe80::5a69:6c9f:fe27:bf25%7
                        192.168.3.1
```

PC2 自动获得的 IP 地址如图所示，与子网号 2::/64 相同，说明了之前配置过程的正确。

2、在 PC 上测试两台主机的连通性

```
C:\Users\Administrator>ping 2::d4e1:d9f4:860e:c3f0

正在 Ping 2::d4e1:d9f4:860e:c3f0 具有 32 字节的数据:
来自 2::d4e1:d9f4:860e:c3f0 的回复: 时间=941ms
来自 2::d4e1:d9f4:860e:c3f0 的回复: 时间<1ms
来自 2::d4e1:d9f4:860e:c3f0 的回复: 时间<1ms
来自 2::d4e1:d9f4:860e:c3f0 的回复: 时间<1ms

2::d4e1:d9f4:860e:c3f0 的 Ping 统计信息:
    数据包: 已发送 = 4, 已接收 = 4, 丢失 = 0 (0% 丢失),
    往返行程的估计时间(以毫秒为单位):
        最短 = 0ms, 最长 = 941ms, 平均 = 235ms
```

根据自动获得的 ip 地址，使用 ping 命令，得到 ip 数据包的回复如图，可见网络搭建成功，并且 ospf 协议发挥作用。

3、在 PC 上通过 tracert 命令查看路由情况



```
C:\Users\Administrator>tracert 2::d4e1:d9f4:860e:c3f0

通过最多 30 个跃点跟踪到 2::d4e1:d9f4:860e:c3f0 的路由

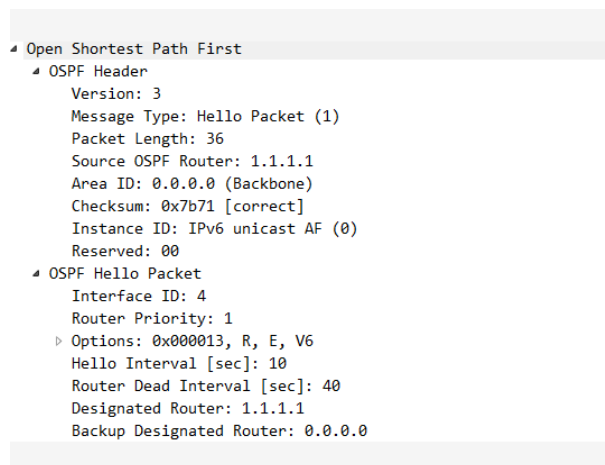
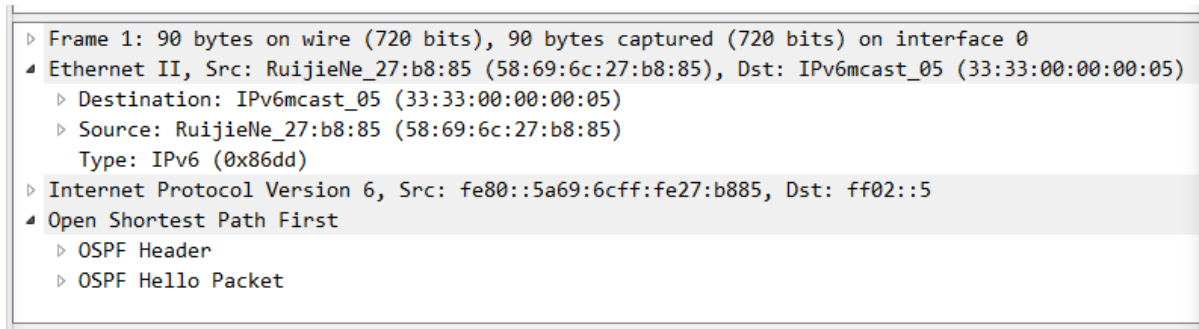
 1    <1 毫秒    <1 毫秒    <1 毫秒  1::1
 2    <1 毫秒    <1 毫秒    <1 毫秒  4::1
 3     2 ms      <1 毫秒    <1 毫秒  2::d4e1:d9f4:860e:c3f0

跟踪完成。
```

PC1 通过 3 次跳转到达 PC2，每一跳的地址分别是 1::1/64, 4::2/64, 2::d4e1:d9f4:860e:c3f0/64。根据上图的结果，可知网络中每一跳的地址正确。

4、启动抓包软件，分析 OSPFv3 的协议报文。

捕获的 ip 数据包如下：可以看到里面一项内容是 ospf 协议。



协议报文包括的信息有

报文头：Ospf 版本号为 v3

报文的类型：hello

报文的长度 36 字节

源路由器的 id:1.1.1.1

Ospf 协议划分的区域 0

校验字段

验证类型

验证码

Ospf data 的内容：

Interface ID 为 4

路径优先级为 1

失效间隔为 40



本次实验完成后，请根据组员在实验中的贡献，请实事求是，自评在实验中应得的分数。（按百分制）

学号	学生	自评分
16308073	刘渤	100
16308161	邹紫婧	100
16308091	彭肖文	100
16308015	陈瑞佳	100

【交实验报告】

上传实验报告：<ftp://222.200.181.161/>

截止日期（不迟于）：1 周之内

上传包括两个文件：

（1）小组实验报告。上传文件名格式：小组号_Ftp 协议分析实验.pdf （由组长负责上传）

例如：文件名“10_Ftp 协议分析实验.pdf”表示第 10 组的 Ftp 协议分析实验报告

（2）小组成员实验体会。每个同学单独交一份只填写了实验体会的实验报告。只需填写自己的学号和姓名。

文件名格式：小组号_学号_姓名_Ftp 协议分析实验.pdf （由组员自行上传）

例如：文件名“10_05373092_张三_Ftp 协议分析实验.pdf”表示第 10 组的 Ftp 协议分析实验报告。

注意：不要打包上传！