



计算机网络实验报告

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	计算机科学与技术	班 级	超级计算方向	组长	林天皓
学号	18324034				
学生					
实验分工					
林天皓	预习并完成实验		朱德鹏	预习并完成实验	
张钺奇	预习并完成实验				

【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】

- (1) 完成路由器配置实验实例 7-3（P252）的“OSPF 单区域配置”，回答步骤 1、步骤 9 问题。
- (2) 在（1）的基础上每台路由器上各加入一台电脑，画出新拓扑，然后：
 - (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；观察有无 224.0.0.5、224.0.0.6 IP 地址，如有说明这两地址的作用。
 - (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。

【实验原理】

OSPF 是一种动态路由协议，路由器通过在本地储存自己及其周围的路由器产生的链路信息进行汇总，然后通过最短路算法计算以自己为根的，到达其他各目的地节点最近的路径图，实现动态路由表的建立。

通过在路由器上配置 OSPF 路由协议，路由器可以自动的根据实际的网络情况创建路由表，使得网络设备互相联通。可以通过命令查看 ospf 协议本地数据库和邻居查看



路由协议的运行状态。

【实验过程和结果】

本次实验使用的网络拓扑与实验指导书中的一致，如下图

本实验拓扑结构如图 7-23 所示。

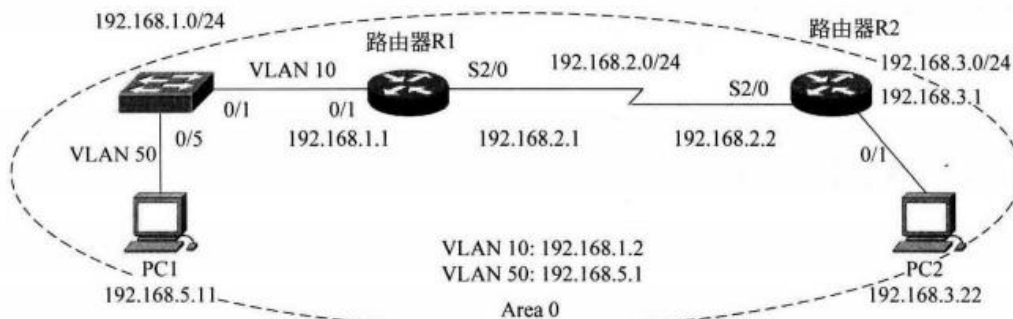


图 7-23 OSPF 单区域实验拓扑

图 1-实验网络拓扑

(1) 完成路由器配置实验实例 7-3 (P252) 的“OSPF 单区域配置”，回答步骤 1、步骤 9 问题。

1.配置 PC1 与 PC2，IP 地址，子网掩码，网关，并测试连通性。

以太网适配器 以太网 4:

```
连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :  
本地链接 IPv6 地址. . . . . : fe80::11a:72c0:a995:1bae%6  
IPv4 地址 . . . . . : 192.168.5.11  
子网掩码 . . . . . : 255.255.255.0  
默认网关. . . . . : 192.168.5.1
```

图 2-PC1 192.168.5.11

```
C:\Users\Administrator>ipconfig
```

Windows IP 配置

以太网适配器 以太网 4:

```
连接特定的 DNS 后缀 . . . . . :  
本地链接 IPv6 地址. . . . . : fe80::e5bc:2a2b:7a9a:934%6  
IPv4 地址 . . . . . : 192.168.3.22  
子网掩码 . . . . . : 255.255.255.0  
默认网关. . . . . : 192.168.3.1
```

图 3-PC1 192.168.3.22



```
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),

图 4-PC1 不连通 PC2

2.在路由器 R1 上执行 show ip route 命令，记录路由表信息。

```
14-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

```
14-RSR20-1#show ip route
```

图 5-查看路由器 1 路由表为空

步骤 2: 三层交换机的基本设置

```
Password:
14-S5750-1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
14-S5750-1(config)#vlan 10
14-S5750-1(config-vlan)#exit
14-S5750-1(config)#vlan 50
14-S5750-1(config-vlan)#exit
14-S5750-1(config)#interface gi
14-S5750-1(config)#interface gigabitEthernet 0/1
14-S5750-1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#swit
14-S5750-1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#switchport acc
14-S5750-1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#switchport access vlan 10
14-S5750-1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#exit
14-S5750-1(config)#interface gi
14-S5750-1(config)#interface gigabitEthernet 0/5
14-S5750-1(config-if-GigabitEthernet 0/5)#switch
14-S5750-1(config-if-GigabitEthernet 0/5)#switchport acc
14-S5750-1(config-if-GigabitEthernet 0/5)#switchport access vlan 50
14-S5750-1(config-if-GigabitEthernet 0/5)#exit
14-S5750-1(config)#interface v
14-S5750-1(config)#interface vlan 10
14-S5750-1(config-if-VLAN 10)#*Jun 2 16:44:35: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface VLAN 10, changed state to up.
14-S5750-1(config-if-VLAN 10)#ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
14-S5750-1(config-if-VLAN 10)#no shutdown
14-S5750-1(config-if-VLAN 10)#exit
14-S5750-1(config)#interface vlan 50
14-S5750-1(config-if-VLAN 50)#*Jun 2 16:45:11: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface VLAN 50, changed state to up.
14-S5750-1(config-if-VLAN 50)#ip address 192.168.5.1 255.255.255.0
14-S5750-1(config-if-VLAN 50)#no shutdown
14-S5750-1(config-if-VLAN 50)#exit
```

图 6-配置交换机

设置端口的 vlan 和 vlan 的虚拟端口 ip 地址。



步骤 3: 设置路由器 R1

```
14-RSR20-1#interfac
14-RSR20-1#configure terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
14-RSR20-1(config)#inter
14-RSR20-1(config)#interface gi
14-RSR20-1(config)#interface gigabitEthernet 0/1
14-RSR20-1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#2.168.1.1 255.255.255.0
14-RSR20-1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#no shutdown
14-RSR20-1(config-if-GigabitEthernet 0/1)#exit
14-RSR20-1(config)#interface se
14-RSR20-1(config)#interface serial 2/0
14-RSR20-1(config-if-Serial 2/0)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
14-RSR20-1(config-if-Serial 2/0)#n shutdown
14-RSR20-1(config-if-Serial 2/0)#
```

图 7-配置路由器 1

设置路由器的串口 ip 地址为 192.168.2.1, 子网掩码 255.255.255.0.设置端口 1 ip 192.168.1.1, 子网掩码 255.255.255.0。

步骤 4: 路由器 R2 的基本配置

```
02/06/2021 08:38:09 /home/mobaxterm telnet 172.16.14.5 2004
Trying 172.16.14.5...
Connected to 172.16.14.5.
Escape character is '^]'.

14-RSR20-2>enable 14
Password:
14-RSR20-2#conf ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
14-RSR20-2(config)#interf giga 0/1
14-RSR20-2(config-if-GigabitEthernet 0/1)#2.168.3.1 255.255.255.0
14-RSR20-2(config-if-GigabitEthernet 0/1)#no shutdown
14-RSR20-2(config-if-GigabitEthernet 0/1)#exit
14-RSR20-2(config)#interface serial 2/0
14-RSR20-2(config-if-Serial 2/0)#ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
14-RSR20-2(config-if-Serial 2/0)#no shutdown
14-RSR20-2(config-if-Serial 2/0)#
```

图 7-配置路由器 2

设置路由器的串口 ip 地址为 192.168.2.2, 子网掩码 255.255.255.0.设置端口 1 ip 192.168.3.1, 子网掩码 255.255.255.0。

步骤 5: 配置交换机 OSPF 协议

```
14-S5750-1(config)#router ospf 1
14-S5750-1(config-router)#network 192.168.5.0 0.0.0.255 area 0
14-S5750-1(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
14-S5750-1(config-router)#end
14-S5750-1#*Jun 2 16:49:26: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

图 8-配置路由器 1 OSPF 协议直连子网

交换机设置 OSPF 直连子网为 192.168.1.0 与 192.168.5.0 子网掩码均为 255.255.255.0



步骤 6: 配置路由器 R1 OSPF 协议

```
14-RSR20-1(config)#router ospf 1
14-RSR20-1(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
14-RSR20-1(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
*May 28 15:32:22: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.5.1-GigabitEthernet 0/1 from Down to Init, HelloReceived.
% Incomplete command.
14-RSR20-1(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
14-RSR20-1(config-router)#end
```

图 9-配置路由器 2 OSPF 协议直连子网

路由器 1 设置 OSPF 直连子网为 192.168.1.0 与 192.168.2.0 子网掩码均为 255.255.255.0

步骤 7: 配置路由器 R2 OSPF 协议

```
14-RSR20-2(config-if-Serial 2/0)#exit
14-RSR20-2(config)#router ospf 1
14-RSR20-2(config-router)#net
14-RSR20-2(config-router)#network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0
14-RSR20-2(config-router)#end
14-RSR20-2#*Jun 2 17:05:26: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
14-RSR20-2#

14-RSR20-2#conf ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
14-RSR20-2(config)#router ospf 1
14-RSR20-2(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
14-RSR20-2(config-router)#*Jun 2 17:12:40: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.2.1-Serial 2/0 from Down to Init, HelloReceived.
e*Jun 2 17:12:40: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.2.1-Serial 2/0 from Loading to Full, LoadingDone.
% Ambiguous command: "e"
14-RSR20-2(config-router)#end
```

图 10-配置路由器 2 OSPF 协议直连子网

路由器 2 设置 OSPF 直连子网为 192.168.3.0 与 192.168.2.0 子网掩码均为 255.255.255.0

步骤 7: 查看验证三台路由设备是否自动学习了其他网段的路由信息。

1. 查看交换机的路由表信息

```
14-S5750-1#ping 192.168.3.1
Sending 5, 100-byte ICMP Echoes to 192.168.3.1, timeout is 2 seconds:
< press Ctrl+C to break >
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 40/50/60 ms
14-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, 00:07:17, VLAN 10
O 192.168.3.0/24 [110/52] via 192.168.1.1, 00:01:12, VLAN 10
C 192.168.5.0/24 is directly connected, VLAN 50
C 192.168.5.1/32 is local host.
```

图 11-查看交换机 1 路由表

其中有两条 O 条目的路由信息，分别对应 192.168.2.0 与 192.168.3.0. 下一跳为



192.168.1.1.

2. 查看路由器 R1 路由表信息

```
14-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    192.168.5.0/24 [110/2] via 192.168.1.2, 00:03:03, GigabitEthernet 0/1
14-RSR20-1#show vlan
```

图 12-查看路由器 1 路由表

其中有一条 O 条目的路由信息，为 192.168.5.0.下一跳为 192.168.1.2

3. 查看路由器 R2 路由表信息

```
14-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, 00:00:02, 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, 00:00:02, Serial 2/0
14-RSR20-2#
```

图 13-查看路由器 2 路由表

分析：其中有两条 O 条目的路由信息，分别对应 192.168.1.0 与 192.168.5.0.下一跳为 192.168.2.1.

步骤 9：测试网络的联通性

(1) 将此时路由表与步骤 0 的路由表进行比较，有什么结论？

路由表中出现了 O 开头的条目，为 OSPF 协议动态生成的路由表。且都指向了对应的子网和网关，实现了局域网的互联。



(2) 分析 traceroute PC1 (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 DESKTOP-BVAQLT3 [192.168.3.22] 的路由:

 1  <1 毫秒    <1 毫秒    <1 毫秒  192.168.5.1
 2  <1 毫秒    <1 毫秒    <1 毫秒  192.168.1.1
 3   41 ms     41 ms      43 ms    192.168.2.2
 4   45 ms     45 ms      45 ms    DESKTOP-BVAQLT3 [192.168.3.22]

跟踪完成。
```

图 14- PC1 tracert PC2

使用 PC1 tracert PC2 可见通过网关 192.168.5.1 途径 192.168.1.1, 192.168.2.2, 最终到达 192.168.3.22.

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

使用 wireshark 可以查看到发送地址为 192.168.5.1 发送的 OSPF 协议数据包

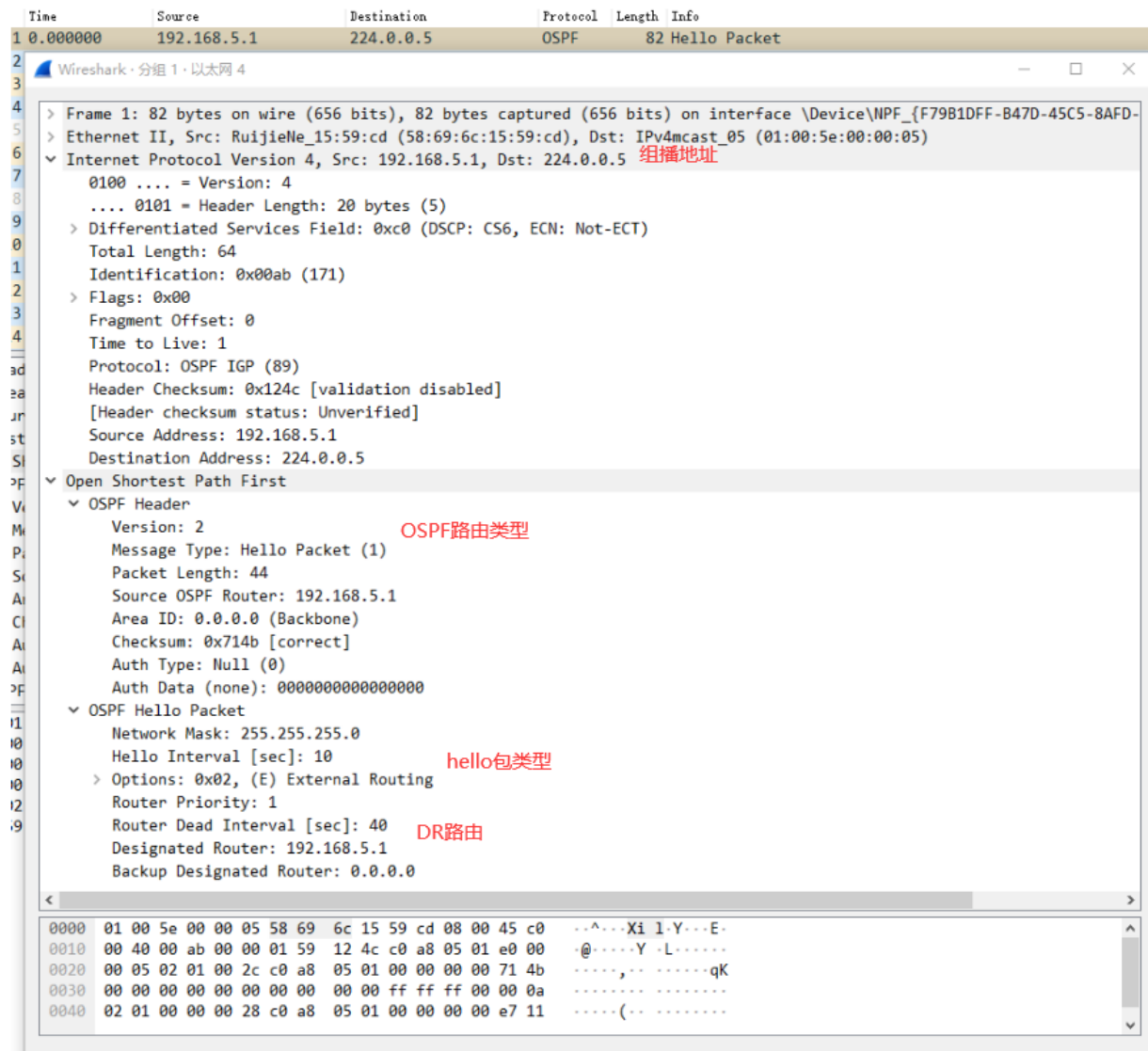


图 15- PC1 捕获 OSPF hello 数据包

分析:其中的数据包含了 OSPF 版本号 2,数据类型 hello packet,源路由:192.168.5.1。

其中 hello packet 包内含有类型: 外部路由, DR 路由为 192.168.5.1, 备用 DR 路由 0.0.0.0。

在 PC 中我们只能看到这一种 hello 数据包, 而使用路由器中的 debug 命令可以查看更多的 ospf 数据包。

(2) 在 (1) 的基础上每台路由器上各加入一台电脑, 画出新拓扑, 然后:
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。

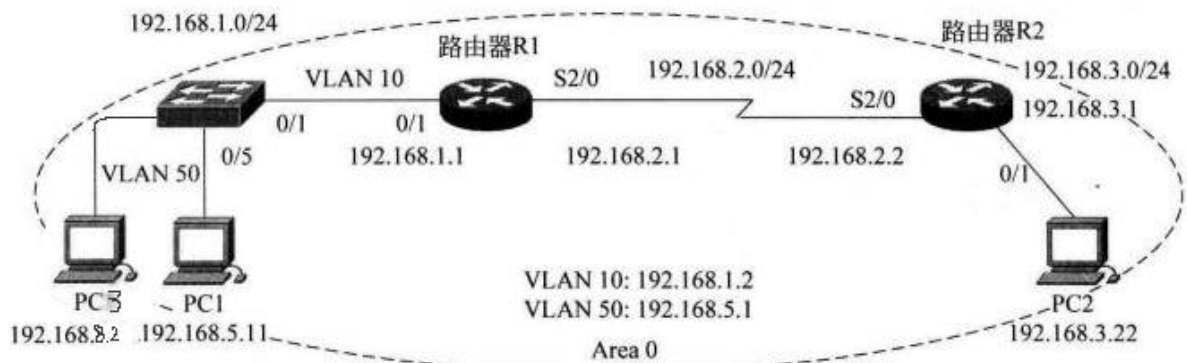


图 16- 加入 PC3 网络拓扑

新添加一台机器 IP 为 192.168.8.2，子网掩码 255.255.255.0.

```
C:\Users\Administrator>ping 192.168.8.2

正在 Ping 192.168.8.2 具有 32 字节的数据:
来自 192.168.8.2 的回复: 字节=32 时间=38ms TTL=62
来自 192.168.8.2 的回复: 字节=32 时间=39ms TTL=62
来自 192.168.8.2 的回复: 字节=32 时间=38ms TTL=62
来自 192.168.8.2 的回复: 字节=32 时间=37ms TTL=62

192.168.8.2 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 = 39ms, 平均 = 38ms
```

图 16- PC1 ping PC3，连通

```
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=62
来自 192.168.3.22 的回复: 字节=32 时间=37ms TTL=62
来自 192.168.3.22 的回复: 字节=32 时间=38ms TTL=62
来自 192.168.3.22 的回复: 字节=32 时间=37ms TTL=62

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 17-PC3 ping PC2



```
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<1ms TTL=62
来自 192.168.5.11 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=62
来自 192.168.5.11 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=62
来自 192.168.5.11 的回复: 字节=32 时间<1ms TTL=62

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 = 0ms, 最长 = 0ms, 平均 = 0ms
```

图 18 - PC2 ping PC1

经过测试三台 PC 均能互相连通,可见三个子网的情况 OSPF 也能选择对应的子网进行路由。

(a) 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;观察有无 224.0.0.5、224.0.0.6 IP 地址,如有说明这两地址的作用。

```
*Jun 2 17:49:38: %7: -----
*Jun 2 17:49:39: %7: Route[ASE]: ASE calculation starts
*Jun 2 17:49:39: %7: Route[ASE]: ASE calculation completed [0.000000 sec]
*Jun 2 17:49:40: %7: IFSM[Serial 2/0:192.168.2.2]: Hello timer expire
*Jun 2 17:49:40: %7: SEND[Hello]: To 224.0.0.5 via Serial 2/0:192.168.2.2, length 48
*Jun 2 17:49:40: %7: -----
*Jun 2 17:49:40: %7: Header
*Jun 2 17:49:40: %7:   Version 2
*Jun 2 17:49:40: %7:   Type 1 (Hello)
*Jun 2 17:49:40: %7:   Packet Len 48
*Jun 2 17:49:40: %7:   Router ID 192.168.3.1
*Jun 2 17:49:40: %7:   Area ID 0.0.0.0
*Jun 2 17:49:40: %7:   Checksum 0x7647
*Jun 2 17:49:40: %7:   AuType 0
*Jun 2 17:49:40: %7: Hello
*Jun 2 17:49:40: %7:   NetworkMask 255.255.255.0
*Jun 2 17:49:40: %7:   HelloInterval 10
*Jun 2 17:49:40: %7:   Options 0x2 (-|-|-|-|E|-)
*Jun 2 17:49:40: %7:   RtrPriority 1
*Jun 2 17:49:40: %7:   RtrDeadInterval 40
*Jun 2 17:49:40: %7:   DRouter 0.0.0.0
*Jun 2 17:49:40: %7:   BDRouter 0.0.0.0
*Jun 2 17:49:40: %7:   # Neighbors 1
*Jun 2 17:49:40: %7:     Neighbor 192.168.2.1
*Jun 2 17:49:40: %7: -----
*Jun 2 17:49:40: %7: RECV[Hello]: From 192.168.2.1 via Serial 2/0:192.168.2.2 (192.168.2.1 -> 224.0.0.5),
len = 48, cksum = 0x7647
*Jun 2 17:49:40: %7: -----
```

图 19 - 路由器 1 debug 查看 hello 数据包

分析: 图中为 hello 数据包,类型为 2 即为外部路由,可查看路由器 2 对应的邻居为 192.168.2.1.,对应的广播 IP 为 224.0.0.5



```
*Jun 2 17:49:33: %7: -----
*Jun 2 17:49:34: %7: Route[ASE]: ASE calculation starts
*Jun 2 17:49:34: %7: Route[ASE]: ASE calculation completed [0.000000 sec]
*Jun 2 17:49:37: %7: LSA[MaxAge]: Maxage walker finished (0.000000 sec)
*Jun 2 17:49:37: %7: RECV[LS-Upd]: From 192.168.2.1 via Serial 2/0:192.168.2.2 (192.168.2.1 -> 224.0.0.5),
len = 100, cksum = 0x69bd
*Jun 2 17:49:37: %7: -----
*Jun 2 17:49:37: %7: Header
*Jun 2 17:49:37: %7:   Version 2
*Jun 2 17:49:37: %7:   Type 4 (Link State Update)
*Jun 2 17:49:37: %7:   Packet Len 100
*Jun 2 17:49:37: %7:   Router ID 192.168.2.1
*Jun 2 17:49:37: %7:   Area ID 0.0.0.0
*Jun 2 17:49:37: %7:   Checksum 0x69bd
*Jun 2 17:49:37: %7:   AuType 0
*Jun 2 17:49:37: %7: Link State Update
*Jun 2 17:49:37: %7:   # LSAs 1
*Jun 2 17:49:37: %7:   LSA Header
*Jun 2 17:49:37: %7:     LS age 1
*Jun 2 17:49:37: %7:     Options 0x2
*Jun 2 17:49:37: %7:     LS type 1 (router-LSA)
*Jun 2 17:49:37: %7:     Link State ID 192.168.2.1
*Jun 2 17:49:37: %7:     Advertising Router 192.168.2.1
*Jun 2 17:49:37: %7:     LS sequence number 0x8000000f
*Jun 2 17:49:37: %7:     LS checksum 0xeec7
*Jun 2 17:49:37: %7:     length 72
*Jun 2 17:49:37: %7:   Router-LSA
*Jun 2 17:49:37: %7:     flags -|-|-
*Jun 2 17:49:37: %7:     # links 4
*Jun 2 17:49:37: %7:     Link ID 192.168.1.0
*Jun 2 17:49:37: %7:     Link Data 255.255.255.0
*Jun 2 17:49:37: %7:     Type 3, #TOS 0, metric 1
*Jun 2 17:49:37: %7:     Link ID 192.168.3.1
*Jun 2 17:49:37: %7:     Link Data 192.168.2.1
*Jun 2 17:49:37: %7:     Type 1, #TOS 0, metric 50
*Jun 2 17:49:37: %7:     Link ID 192.168.2.0
*Jun 2 17:49:37: %7:     Link Data 255.255.255.0
*Jun 2 17:49:37: %7:     Type 3, #TOS 0, metric 50
*Jun 2 17:49:37: %7:     Link ID 192.168.8.0
*Jun 2 17:49:37: %7:     Link Data 255.255.255.0
*Jun 2 17:49:37: %7:     Type 3, #TOS 0, metric 1
*Jun 2 17:49:37: %7: -----
*Jun 2 17:49:37: %7: NFSM[192.168.2.1-Serial 2/0]: Full (HelloReceived)
*Jun 2 17:49:37: %7: RECV[LS-Upd]: From 192.168.2.1 via Serial 2/0:192.168.2.2 (TwoWayMaintain)
```

图 20 – 路由器 1 debug 查看 OSPF 链路状态更新数据包

分析：图中为类型为 1 的 LSU 数据包，根据下图中 LSA 数据包类型定义

表 7-3 LSA 数据包类型

编号	类 型	生 成	描述和传递范围
1	路由器 LSA	每台路由器生成	描述路由器的链路状态和开销,传递到整个区域
2	网络 LSA	由 DR 生成	描述本网段的链路状态,传递到整个区域
3	网络汇总 LSA	由 ABR 生成	描述到区域内某一网段的路由,传递到相关区域
4	ASBR 汇总 LSA	由 ASBR 生成	描述到 ASBR 的路由,传递到相关区域
5	AS 扩展 LSA	由 ASBR 生成	描述到 AS 外部的路由,传递到整个 AS

图 21 – LSA 数据包类型

分析：为每台路由器生成的 LSA，描述了该路由器到四个子网的相邻的子网的跳数。可见图中的邻居网络为 192.168.3.1,192.168.2.0,192.168.8.0,192.168.1.0。



```
*Jun 2 17:49:38: %7: [ospfd] --> [NSM] -----end
*Jun 2 17:49:38: %7: SEND[LS-Ack]: To 224.0.0.5 via Serial 2/0:192.168.2.2, length 44
*Jun 2 17:49:38: %7: -----
*Jun 2 17:49:38: %7: Header
*Jun 2 17:49:38: %7:   Version 2
*Jun 2 17:49:38: %7:   Type 5 (Link State Acknowledgment)
*Jun 2 17:49:38: %7:   Packet Len 44
*Jun 2 17:49:38: %7:   Router ID 192.168.3.1
*Jun 2 17:49:38: %7:   Area ID 0.0.0.0
*Jun 2 17:49:38: %7:   Checksum 0x43b0
*Jun 2 17:49:38: %7:   AuType 0
*Jun 2 17:49:38: %7: Link State Acknowledgment
*Jun 2 17:49:38: %7:   # LSA Headers 1
*Jun 2 17:49:38: %7:   LSA Header
*Jun 2 17:49:38: %7:     LS age 1
*Jun 2 17:49:38: %7:     Options 0x2
*Jun 2 17:49:38: %7:     LS type 1 (router-LSA)
*Jun 2 17:49:38: %7:     Link State ID 192.168.2.1
*Jun 2 17:49:38: %7:     Advertising Router 192.168.2.1
*Jun 2 17:49:38: %7:     LS sequence number 0x8000000f
*Jun 2 17:49:38: %7:     LS checksum 0xec7
*Jun 2 17:49:38: %7:     length 72
*Jun 2 17:49:38: %7: -----
```

图 22 – 查看路由器 1 OSPF 链路状态确认数据包

分析：该图为 OSPF 协议中的类型 5 的数据包

表 7-2 OSPF 数据包类型

编号	类 型	用 途
1	Hello 报文	发现邻居、维持邻居关系、选举 DR/BDR
2	数据库描述报文	交换链路状态数据库 LSA 头
3	链路状态请求	请求一个指定的 LSA 数据细节
4	链路状态更新	发送被请求的 LSA 数据包
5	链路状态确认	对链路状态更新包的确认

图 23 – OSPF 数据包类型

分析：根据 OSPF 数据包类型，该数据包为一个对链路状态更新包的确认信息。发送的组播地址为 224.0.0.5。

OSPF 的计算过程如下



```
*Jun 2 17:49:32: %7: NFSM[192.168.2.1-Serial 2/0]: Full (HelloReceived)
*Jun 2 17:49:32: %7: RECV[LS-Upd]: From 192.168.2.1 via Serial 2/0:192.168.2.2 (TwoWayMaintain)
*Jun 2 17:49:32: %7: LSA[0.0.0.0:Type1:192.168.2.1:(self)]: Instance(0x1945ec38) created with Link State U
pdate
*Jun 2 17:49:32: %7: LSA[0.0.0.0:Type1:192.168.2.1:192.168.2.1]: flood started
*Jun 2 17:49:32: %7: LSA[0.0.0.0:Type1:192.168.2.1:192.168.2.1]: Flooding via interface[GigabitEthernet 0/
1:192.168.3.1]
*Jun 2 17:49:32: %7: LSA[0.0.0.0:Type1:192.168.2.1:192.168.2.1]: Flooding via interface[Serial 2/0:192.168
.2.2]
*Jun 2 17:49:32: %7: LSA[0.0.0.0:Type1:192.168.2.1:192.168.2.1]: Flooding to neighbor[192.168.2.1]
*Jun 2 17:49:32: %7: LSA[0.0.0.0:Type1:192.168.2.1:192.168.2.1]: Flooding via interface[GigabitEthernet 0/
0:192.168.9.1]
*Jun 2 17:49:32: %7: SPF[0.0.0.0]: Calculation timer scheduled (delay 1.000000 secs)
*Jun 2 17:49:32: %7: LSA[0.0.0.0:Type1:192.168.2.1:192.168.2.1]: Install router-LSA
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: SPF calculation (1st STAGE) for 192.168.3.1
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: Vertex[192.168.3.1] Router(root)
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: Link #0 (192.168.3.0): Stub Network
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: Link #1 (192.168.2.1): Point-to-Point
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: Calculate nexthop for (192.168.2.1)
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: Root: If_id[2], Nbr_id[192.168.2.1]
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: Link #2 (192.168.2.0): Stub Network
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: Link #3 (192.168.9.0): Stub Network
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: Vertex[192.168.2.1] Router
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: Link #0 (192.168.3.1): Point-to-Point
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: LSA[Type1:0.0.0.0:Type1:192.168.3.1:(self)] is already in SPF tree
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: Link #1 (192.168.2.0): Stub Network
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: Link #2 (192.168.8.0): Stub Network
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: SPF calculation (2nd STAGE) for 192.168.3.1
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: Calculating stub network for (192.168.2.1)
*Jun 2 17:49:33: %7: RT[Install:0.0.0.0]: 192.168.2.0/24, cost(100) stub network
*Jun 2 17:49:33: %7: RT[Install:0.0.0.0]: 192.168.8.0/24, cost(51) stub network
*Jun 2 17:49:33: %7: FRR[MODE:1]: Delete all nbr spt and connected network spt
*Jun 2 17:49:33: %7: Route[IA:0.0.0.0]: Cleanup IA route
*Jun 2 17:49:33: %7: SPF[0.0.0.0]: Calculation finished (0.000000 sec)
*Jun 2 17:49:33: %7: NSM[Route]: delete OSPF route [192.168.1.0/24] from vrf default
```

图 24 – OSPF 计算过程

分析：该图为 OSPF 协议计算路由的过程，逐步通过 SPF 算法将现有节点加入计算完毕的 OSPF 数据库中。

OSPF 中的组播 IP 地址对应了什么？

IP 地址为 224.0.0.5 的数据包为所有 OSPF 路由器发送的数据包，IP 地址为 224.0.0.6 的数据包为 OSPF 协议要发送报文给 DR 或者 BDR 路由器的相关的数据包。

(A) 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。 |

1.show ip ospf database router



```
14-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: 130
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: 80000012
Checksum: 0x390e
Length: 72
Number of Links: 4

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

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: Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 192.168.8.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 1

LS age: 474
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: 8000000a
Checksum: 0x2b8b
Length: 72
Number of Links: 4

Link connected to: Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 192.168.3.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 1
```

图 25- show ip ospf database router

分析：使用该命令可以查看路由器中储存的路由数据信息，可以查看有关 LSA 的特定信息，对于每种 LSA 类型，可以查看是哪个 IP 地址的路由器发布了该条 LSA 信息，以及该条 LSA 信息的年龄等等信息。



2. show ip ospf database network

```
14-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: 89
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: 80000003
Checksum: 0x910f
Length: 32
Network Mask: /24
    Attached Router: 192.168.5.1
    Attached Router: 192.168.2.1
```

图 26- show ip ospf database network

分析：使用该命令可以查看路由器接收到的 DR 正在连接的路由器，图中可见接收到的路由信息来自 DR 路由器 192.168.1.2，所相连的路由地址为 192.168.5.1，192.168.2.1。

3. show ip ospf database database

```
14-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
```

图 27- show ip ospf database database

分析：该命令可查看 ospf 数据的汇总情况，可见网络中接收到的路由器状态数量为 3，对应了我们设置的三个路由器地址，网络状态数据为 1，所有路由表中的出口只有一个地址，network 连接状态为 1，总共状态为 4。



(b) 显示并记录邻居状态。

show ip ospf neighbor

```
14-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         -          00:00:35    192.168.1.2    GigabitEthernet 0/1
192.168.3.1    1     Full/-          -          00:00:31    192.168.2.2    Serial 2/0
```

图 28- show ip ospf neighbor

分析：该命令可以查看路由器通过 OSPF 协议获取到的邻居地址，图中路由器 R1 的邻居地址为 192.168.1.2 与 192.168.2.2，对应的端口为网口 1 和串口 2。

(c) 显示并记录 R1 的所有接口信息

#show ip ospf interface [接口名]

```
14-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 256 sent 291, DD received 3 sent 4
LS-Req received 1 sent 1, LS-Upd received 11 sent 22
LS-Ack received 16 sent 11, Discarded 0
GigabitEthernet 0/0 is up, line protocol is up
Internet Address 192.168.8.1/24, Ifindex 4, Area 0.0.0.0, MTU 1500
Matching network config: 192.168.8.0/24
Process ID 1, Router ID 192.168.2.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1
Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
Designated Router (ID) 192.168.2.1, Interface Address 192.168.8.1
No backup designated router on this network
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
Hello due in 00:00:04
Neighbor Count is 0, Adjacent neighbor count is 0
Crypt Sequence Number is 0
Hello received 0 sent 138, DD received 0 sent 0
LS-Req received 0 sent 0, LS-Upd received 0 sent 0
LS-Ack received 0 sent 0, 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 BDR, Priority 1
Designated Router (ID) 192.168.5.1, Interface Address 192.168.1.2
Backup Designated Router (ID) 192.168.2.1, Interface Address 192.168.1.1
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
Hello due in 00:00:04
Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
Crypt Sequence Number is 0
Hello received 288 sent 292, DD received 11 sent 12
LS-Req received 3 sent 2, LS-Upd received 11 sent 23
LS-Ack received 21 sent 7, Discarded 0
14-RSR20-1#
```

图 29- show ip ospf interface



分析：该命令展示了每个参与 OSPF 协议的接口信息，收到的 LSA 与 hello 数据包的统计信息，接口 IP 与接收到的 DR 与 BDR 的 ip 地址等。

【实验感想】

本次实验使用了 OSPF 协议进行局域网中路由器之间的路由表建立过程，完成局域网中网络的互联。相比于以前使用的 RIP 协议，OSPF 协议发送和接收的是完整的路由信息，而 RIP 协议仅仅发送与自身相邻的路由信息。OSPF 的缺点是需要占用空间储存所有的网络连接链路情况，并在网络拓扑改变时候，每一台路由器都需要重新计算最短路由，较为消耗 CPU 资源。

例如针对 OSPF 路由协议进行的攻击行为，大量发送错误的链路广播状态，会形成网络路由表的混乱，消耗大量的路由器资源计算最短路由。同时对于网络管理员来说使用 OSPF 协议更容易发现网络中出错的地方，因为每一台路由器都储存了完整的路由信息，只需要在一台路由器上查看即可定位故障发生的位置，而 rip 协议则需要结合多台路由器的数据排查故障。