

第7章 路由协议及其配置

第6章介绍了路由器的基本配置方法，本章将进一步介绍路由器的配置。通过本章的学习，应该理解各种路由协议，掌握各种路由协议的配置方法，能够通过配置不同的路由协议来实现各子网间的通信。

7.1 路由协议概述

7.1.1 路由选择

如果将一个网络中的某个站点产生的数据包，经过网络发送到属于另一个网络的某个目的站，途中需要经过一个或多个中间节点，那么所有中间节点都必须知道如何传输这个数据包。路由选择是确定一个数据包怎样从源站传送到目的站的过程，即数据包的传送要经过路由选择才能到达目的站。如图 7.1 所示，如果子网 10.0.0.0 中的一台主机要与另一子网 172.17.0.0 中的主机进行通信，则中间网络中的路由器必须进行路由选择。

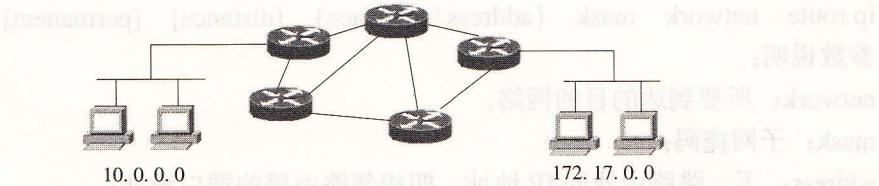


图 7.1 路由选择

7.1.2 路由协议

典型的路由选择方式有两种：静态路由和动态路由。

静态路由是指在路由器中设置固定路由表，即路由表中的数据由网络管理员手工写入。除非网络管理员干预，否则静态路由不会发生变化。通过配置静态路由，可以人为地指定访问某一网络时所要经过的路径。如果到达某一网络所经过的路径唯一，可以采用静态路由。由于静态路由不能对网络拓扑的改变作出反映，因此一般用于规模不大、拓扑结构固定的网络中。静态路由的优点是简单、高效、可靠。

动态路由是指通过网络中的路由器相互通信，传递路由信息，利用收到的路由信息更新路由表的过程。路由表中的数据是通过运行动态进程在网络上收集的，因此动态路由能

实时地适应网络结构的变化。如果路由更新信息表明发生了网络变化，则路由选择软件将会重新计算路由，并发出新的路由更新信息。这些信息通过各个网络，引起各路由器重新启动其路由算法，并更新各自的路由表来动态地反映网络拓扑变化。动态路由适用于规模较大、拓扑结构复杂的网络。当然，各种动态路由协议会不同程度地占用网络带宽和 CPU 资源。

静态路由和动态路由具有各自的特点和适用范围，因此在网络中动态路由通常作为静态路由的补充。在所有的路由中，静态路由优先级最高，当动态路由与静态路由发生冲突时，优先选择静态路由。一个分组在路由器中进行路由选择时，路由器首先查找静态路由，如果查找成功则根据相应的静态路由转发分组；否则，继续查找动态路由。

根据使用范围的不同，因特网把动态路由协议划分为内部网关协议(IGP)和外部网关协议(EGP)。内部网关协议在一个自治系统内部使用，这里的自治系统指一个具有统一管理机构、统一路由策略的网络。常用的内部网关协议有 RIP 和 OSPF；若源站和目的站处在不同的自治系统中，当数据报传到一个自治系统的边界时，就需要使用一种协议将路由选择信息传递到另一个自治系统中。这样的协议就是外部网关协议，常用的外部网关协议有 BGP 和 BGP-4。

7.2 配置静态路由

7.2.1 命令格式

配置静态路由的命令格式如下：

```
ip route network mask {address | interface} [distance] [permanent]
```

参数说明：

network：所要到达的目的网络；

mask：子网掩码；

address：下一跳路由器的 IP 地址，即相邻路由器的端口地址；

interface：本地网络接口；

distance：管理距离；

permanent：指定此路由在端口关闭时也不被移除。

下面举两个例子对静态路由的配置方法加以说明。

1) 设置静态路由

如图 7.2 所示，如果需要在路由器 A 中添加一条到达目的网络 172.17.0.0 的路由，可以使用下面的命令：

```
Router(config)# ip route 172.17.0.0 255.255.0.0 172.16.0.2
```

如果需要进行双向的信息交流，必须在路由器 B 中也配置一条相反的路由。

2) 设置默认路由

默认路由是一种特殊的静态路由。如果不清楚从源站到达目的站的路由，或者无法匹

配路由表中所有显式的表项，路由器将把数据包按默认路由转发。

如图 7.2 所示，可以用下面的命令在路由器 B 中设置静态路由：

```
Router(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.0.1
```

其中：前一个 0.0.0.0 表示把数据包发往一个未知的子网；后一个 0.0.0.0 是默认路由特殊的子网掩码；172.16.0.1 是默认的下一跳路由器的端口 IP 地址。

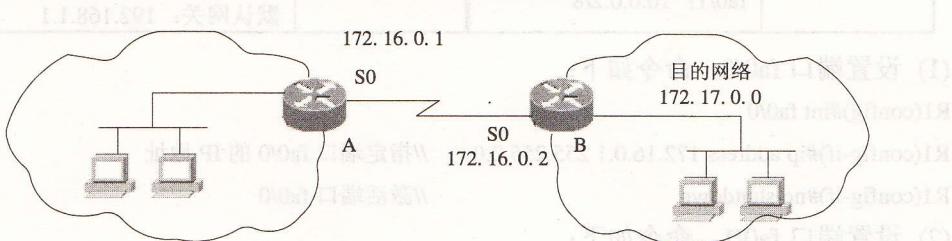


图 7.2 静态路由

7.2.2 实验 配置静态路由

1. 实验要求

- (1) 掌握静态路由的配置方法。
- (2) 验证静态路由的配置结果，加深对路由概念的理解。

2. 实验设备

- (1) 路由器 2 台。
- (2) 计算机 2 台。
- (3) 交换机 3 台。
- (4) console 线 2 根。
- (5) 直通双绞线 6 根。

3. 实验过程和主要步骤

1) 连接网络

按照图 7.3 所示的拓扑连接好网络，并将 PC1 和 R1，PC2 和 R2 分别用 console 线进行连接。

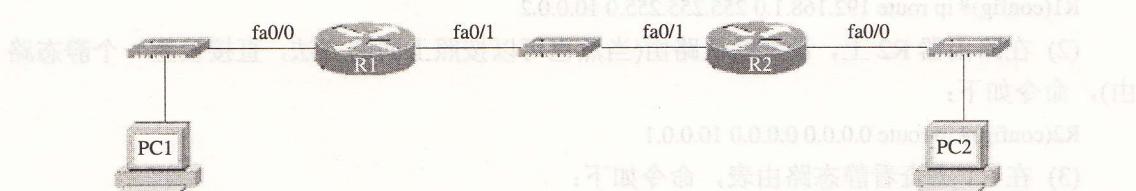


图 7.3 配置静态路由

2) 设置 PC 机的网络属性

按照表 7-1 中内容，填写 PC 机的网络连接参数。

3) 设置 R1 端口

按照表 7-1 中的内容，分别设置 R1 的两个端口。

表 7-1 设备参数设定

R1	fa0/0: 172.16.0.1/16 fa0/1: 10.0.0.1/8	PC1	IP 地址: 172.16.0.2 子网掩码: 255.255.0.0 默认网关: 172.16.0.1
R2	fa0/0: 192.168.1.1/24 fa0/1: 10.0.0.2/8	PC2	IP 地址: 192.168.1.2 子网掩码: 255.255.255.0 默认网关: 192.168.1.1

(1) 设置端口 fa0/0, 命令如下:

```
R1(config)#int fa0/0
R1(config-if)#ip address 172.16.0.1 255.255.0.0 //指定端口 fa0/0 的 IP 地址
R1(config-if)#no shutdown //激活端口 fa0/0
```

(2) 设置端口 fa0/1, 命令如下:

```
R1(config)#int fa0/1
R1(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.0.0.0 //指定端口 fa0/1 的 IP 地址
R1(config-if)#no shutdown //激活端口 fa0/1
```

4) 设置 R2 端口

按照表 7-1 的内容分别设置 R2 的两个端口。

(1) 设置端口 fa0/0, 命令如下:

```
R2(config)#int fa0/0
R2(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
```

(2) 设置端口 fa0/1, 命令如下:

```
R2(config)#int fa0/1
R2(config-if)#ip address 10.0.0.2 255.0.0.0
R2(config-if)#no shutdown
```

正确配置端口后使用 ping 命令进行测试, 可以发现 PC1 与端口 10.0.0.1 连通, PC2 与端口 10.0.0.2 连通, 但是 PC1 与 PC2 之间无法连通。

5) 设置静态路由

(1) 在路由器 R1 上, 设置到达子网 192.168.1.0 的静态路由, 命令如下:

```
R1(config)# ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.0.0.2
```

(2) 在路由器 R2 上, 设置默认路由(当然也可以按照上面的方法, 直接设置一个静态路由), 命令如下:

```
R2(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.0.0.1
```

(3) 在 R1 上查看静态路由表, 命令如下:

```
R1#show ip route
```

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area

* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
 P - periodic downloaded static route
 Gateway of last resort is not set
 C 10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
 C 172.16.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/0
 S 192.168.1.0/24 [1/0] via 10.0.0.2

(4) 在 R2 上查看静态路由表, 命令如下:

R2# show ip route

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
 i - IS-IS, 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 10.0.0.1 to network 0.0.0.0

C 10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
 C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
 S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 10.0.0.1

6) 测试 PC1 和 PC2 的连通性

如果配置正确, 则用 ping 命令进行测试可以发现 PC1 和 PC2 可以连通, 路由已生效。

可以通过比较配置静态路由前后的区别, 深入理解路由的作用。

7) 结束实验

为了不影响以后的实验, 需要清除本实验的路由设置。

(1) 清除 R1 上的静态路由, 命令如下:

R1(config)# no ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 10.0.0.2

(2) 清除 R2 上的静态路由, 命令如下:

R2(config)# no ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.0.0.1

7.3 配置 RIP 路由协议

7.3.1 路由协议 RIP 概述

路由信息协议(RIP)是以跳数(即到达目的网络所要经过的路由器个数)为度量的距离向量协议。RIP 广泛用于全球因特网的路由, 是一种内部网关协议(Interior Gateway Protocol), 即在自治系统内部执行路由功能。RIP 以规则的时间间隔或者在网络拓扑改变时发送路由

更新信息。当路由器收到包含更新某表项的路由信息时，就将其度量值加 1 后存入路由表，而发送者的 IP 地址作为下一跳地址。RIP 路由器只维护到达目的站的最佳路径，即具有最小度量值的路径。路由器更新了自己的路由表后，立刻发送路由更新信息通知相邻路由器。RIP 的主要限制在于源站和目的站之间经过的路由器最多为 15 个，如果路由器收到了路由更新信息，且把度量值加 1 后成为无穷大(即 16)，就认为该目的网络不可到达。在网络拓扑发生变化时，RIP 收敛很慢，只适用于小型网络。

7.3.2 命令格式

1. 指定使用 RIP 协议

指定使用 RIP 协议的命令格式如下：

```
router rip
```

2. 指定 RIP 协议的版本

指定 RIP 协议的版本的命令格式如下：

```
version {1|2}
```

默认情况下，Cisco 路由器接收 RIP 版本 1 和版本 2 的路由信息，但只发送版本 1 的路由信息。Cisco 的 RIP 版本 2 支持验证、密钥管理、路由汇总、无分类域间路由(CIDR)和变长子网掩码(VLSMs)。

3. 指定与该路由器直接相连的网络

指定与该路由直接相连的网络的命令格式如下：

```
network network
```

其中： network 是命令本身，后面的 network 是参数，这一参数表示与该路由器直接连接的网络地址。

7.3.3 实验 配置 RIP 路由协议

1. 实验要求

(1) 掌握 RIP 路由协议的基本配置过程。

(2) 理解动态路由，掌握用 RIP 协议实现不同子网间通信的方法。

2. 实验设备

(1) 路由器 2 台。

(2) 计算机 2 台。

(3) 交换机 3 台。

(4) console 线 2 根。

(5) 直通双绞线 6 根。

3. 实验过程和主要步骤

1) 连接网络

按照图 7.3 所示的拓扑连接好网络，并将 PC1 和 R1，PC2 和 R2 分别用 console 线进行连接。

2) 设置 PC 机的网络属性

按照表 7-1 中的内容，填写 PC 机的网络连接参数。

3) 设置 R1 端口

按照表 7-1 中的内容分别设置 R1 的两个端口。

(1) 设置端口 fa0/0, 命令如下:

```
R1(config)#int fa0/0
R1(config-if)#ip address 172.16.0.1 255.255.0.0 //指定端口 fa0/0 的 IP 地址
R1(config-if)#no shutdown //激活端口 fa0/0
```

(2) 设置端口 fa0/1, 命令如下:

```
R1(config)#int fa0/1
R1(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.0.0.0 //指定端口 fa0/1 的 IP 地址
R1(config-if)#no shutdown //激活端口 fa0/1
```

4) 设置 R2 端口

按照表 7-1 中的内容分别设置 R2 的两个端口。

(1) 设置端口 fa0/0, 命令如下:

```
R2(config)#int fa0/0
R2(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no shutdown
```

(2) 设置端口 fa0/1, 命令如下:

```
R2(config)#int fa0/1
R2(config-if)#ip address 10.0.0.2 255.0.0.0
R2(config-if)#no shutdown
```

正确配置端口后使用 ping 命令进行测试, 可以发现 PC1 与端口 10.0.0.1 连通, PC2 与端口 10.0.0.2 连通, 但是 PC1 与 PC2 之间无法连通。

5) 配置 RIP 协议

(1) 在 R1 上启用 RIP 协议, 命令如下:

```
R1(config)#router rip
R1(config-router)#network 172.16.0.0 //与 R1 直接连接的子网 172.16.0.0
R1(config-router)#network 10.0.0.0 //与 R1 直接连接的子网 10.0.0.0
```

(2) 在 R2 上启用 RIP 协议, 命令如下:

```
R2(config)#router rip
R2(config-router)#network 10.0.0.0
R2(config-router)#network 192.168.1.0
```

(3) 在 R1 上查看路由表, 命令如下:

```
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP
      i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
      * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
```

P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

- C 172.16.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/0
- C 10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
- R 192.168.1.0/24 [120/1] via 10.0.0.2, 00:00:08, FastEthernet0/1

(4) 在 R2 上查看路由表, 命令如下:

R2# show ip route

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area

* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR

P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

- C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
- C 10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/1
- R 172.16.0.0/16 [120/1] via 10.0.0.1, 00:00:09, FastEthernet0/1

6) 测试 PC1 和 PC2 的连通性

如果配置正确, 用 ping 命令进行测试可以发现 PC1 和 PC2 可以连通, 路由已生效。在这里我们可以比较静态路由和动态路由的不同。

7) 结束实验

为了不影响以后的实验, 需要清除本实验的路由设置。

(1) 清除 R1 上的路由设置, 命令如下:

R1(config)# no router rip

(2) 清除 R2 上的路由设置, 命令如下:

R2(config)# no router rip

7.4 配置 OSPF 路由协议

7.4.1 路由协议 OSPF 概述

OSPF 路由协议是一种典型的链路状态路由协议, 用于一个自治系统内部。在这个自治系统中, 所有的 OSPF 路由器都维护一个相同的描述这个自治系统结构的数据库, 其中存放路由域中相应链路的状态信息。OSPF 路由器正是通过这个数据库计算出 OSPF 路由表的。

作为一种链路状态的路由协议，OSPF 将链路状态广播数据包 LSA(Link State Advertisement)传送给区域内的所有路由器，这一点与距离向量路由协议不同。运行距离向量路由协议的路由器是将部分或全部的路由表传递给相邻的路由器。对于 OSPF 路由协议，度量与网络中链路的带宽等因素相关，也就是说，OSPF 路由信息不受物理跳数的限制。另外，OSPF 路由协议还支持 TOS(Type of Service)路由，因此 OSPF 适用于大型网络中。

1. 区域

在 RIP 协议中，网络是一个平面的概念，并无区域及边界的定义。在 OSPF 路由协议中，一个网络或者说是一个路由域可以划分为很多个区域(Area)，每一个区域通过 OSPF 边界路由器相连，区域间可以通过路由总结(Summary)来减少路由信息，减小路由表，提高路由器的运算速度。

在 OSPF 路由协议的定义中，可以将一个自治系统划分为几个区域，我们把按照一定的 OSPF 路由法则组合在一起的一组网络或路由器的集合称为区域(Area)。

在 OSPF 路由协议中，每一个区域中的路由器都按照该区域中定义的链路状态算法来计算网络拓扑结构，这意味着每一个区域都有该区域独立的网络拓扑数据库及网络拓扑图。对于每一个区域，其网络拓扑结构在区域外是不可见的，每一区域内部的路由器对域外的其余网络结构也不了解，这意味着 OSPF 路由域中的网络链路状态数据广播被区域的边界挡住了，这样有利于减少网络中链路状态数据包在全网范围内的广播，也是 OSPF 将一个自治系统划分成很多个区域的重要原因。

随着区域概念的引入，不再是在同一个自治系统内的所有路由器都有一个相同的链路状态数据库，路由器只具有与其相连的每一个区域的链路状态信息，即该区域的结构数据库。当一个路由器与多个区域相连时，我们称之为区域边界路由器。一个区域边界路由器具有与其相连的所有区域的网络结构数据，在同一个区域中的两个路由器有着相同的关于该区域结构的数据库。

2. 骨干区域

在 OSPF 路由协议中存在一个骨干区域(Backbone)，该区域包括属于这个区域的网络及相应的路由器。骨干区域必须是连续的，同时也要求其余区域必须与骨干区域直接相连。骨干区域一般设为区域 0，其主要工作是在其余区域间传递路由信息。所有的区域(包括骨干区域)之间的网络结构是互不可见的，当一个区域对外广播时，其路由信息首先传递至区域 0(骨干区域)，再由区域 0 将该路由信息向其余区域广播。骨干区域与其余区域的关系可以用图 7.4 来说明。

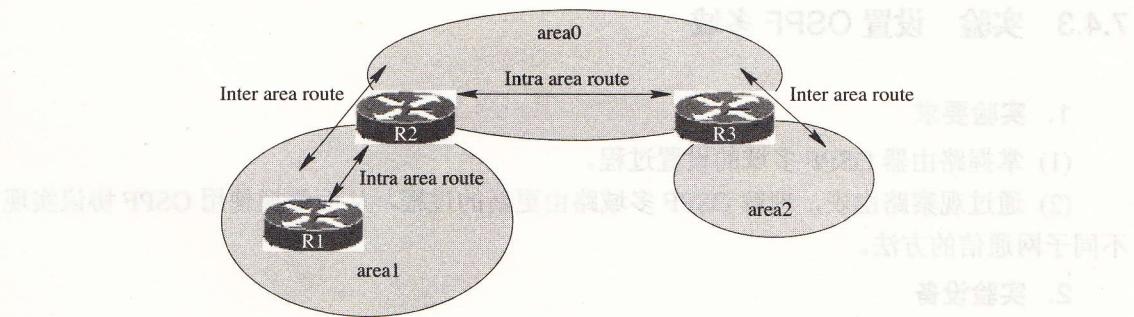


图 7.4 骨干区域传播域间路由

3. OSPF 路由器分类

当一个 AS 划分成几个 OSPF 区域时，根据路由器在相应区域内的作用，可以将 OSPF 路由器作如下分类：

(1) 内部路由器：当一个 OSPF 路由器上所有直连的链路都处于同一个区域时，我们称这种路由器为内部路由器。内部路由器仅运行其所属区域的 OSPF 运算法则。

(2) 区域边界路由器：当一个路由器与多个区域相连时，我们称之为区域边界路由器。区域边界路由器运行与其相连的所有区域定义的 OSPF 运算法则，具有相连的每一个区域的网络结构数据，并且了解如何将该区域的链路状态信息广播至骨干区域，再由骨干区域转发至其余区域。

在图 7.4 所示的网络中，R1 是内部路由器，R2 和 R3 是区域边界路由器。

7.4.2 命令格式

1. 指定使用 OSPF 协议

指定使用 OSPF 协议的命令格式如下：

```
router ospf process-id
```

OSPF 路由进程 process-id 的范围必须指定在 1~65 535。多个 OSPF 进程可以同时在一个路由器上运行，但不提倡这样做。多个 OSPF 进程需要多个 OSPF 数据库副本，必须运行多个最短路径算法的副本。process-id 只在路由器内部起作用，不同路由器的 process-id 可以相同。

2. 指定与该路由器直接相连的网络

指定与路由器直接相连的网络的命令格式如下：

```
network address wildcard-mask area area-id
```

其中：wildcard-mask 是子网掩码的反码，area-id(网络区域号)是在 0~4 294 967 295 内的十进制数，也可以是具有 IP 地址格式 x.x.x.x 的数据。当主干区域的网络区域号为 0 或 0.0.0.0 时，主干区域中不同的路由器通过主干区域学习路由信息。

3. 指定与路由器相邻的节点地址

指定与路由器相邻的节点地址的命令格式如下：

```
neighbor ip-address
```

7.4.3 实验 设置 OSPF 多域

1. 实验要求

- (1) 掌握路由器 OSPF 多域的设置过程。
- (2) 通过观察路由表，理解 OSPF 多域路由更新的过程，从而掌握使用 OSPF 协议实现不同子网通信的方法。

2. 实验设备

- (1) 路由器 3 台。

- (2) 计算机 3 台。
- (3) 交换机 4 台。
- (4) console 线 3 根。
- (5) 直通双绞线 8 根。

3. 实验过程和主要步骤

1) 连接网络

按照图 7.5 所示的拓扑连接好网络，并将 PC1 和 R1，PC2 和 R2，PC3 和 R3 分别用 console 线进行连接。

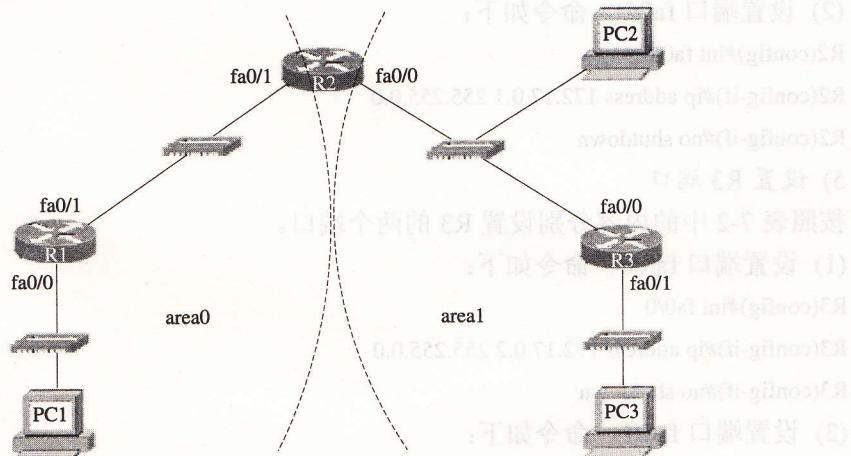


图 7.5 OSPF 多域的设置

2) 设置 PC 机的网络属性

按照表 7-2 中的内容，填写 PC 机的网络连接参数。

表 7-2 网络连接参数

R1	fa0/0: 10.0.0.1/8 fa0/1: 172.16.0.1/16	PC1	IP 地址: 10.0.0.2 子网掩码: 255.0.0.0 默认网关: 10.0.0.1
R2	fa0/0: 172.17.0.1/16 fa0/1: 172.16.0.2/16	PC2	IP 地址: 172.17.0.3 子网掩码: 255.255.0.0 默认网关: 172.17.0.1
R3	fa0/0: 172.17.0.2/16 fa0/1: 192.168.1.1/24	PC3	IP 地址: 192.168.1.2 子网掩码: 255.255.255.0 默认网关: 192.168.1.1

3) 设置 R1 端口

按照表 7-2 中的内容分别设置 R1 的两个端口。

(1) 设置端口 fa0/0，命令如下：

```
R1(config)#int fa0/0
R1(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.0.0.0
R1(config-if)#no shutdown
(2) 设置端口 fa0/1，命令如下：
R1(config)#int fa0/1
```

```
R1(config-if)#ip address 172.16.0.1 255.255.0.0
```

```
R1(config-if)#no shutdown
```

4) 设置 R2 端口

按照表 7-2 中的内容分别设置 R2 的两个端口。

(1) 设置端口 fa0/1, 命令如下:

```
R2(config)#int f0/1
```

```
R2(config-if)#ip address 172.16.0.2 255.255.0.0
```

```
R2(config-if)#no shutdown
```

(2) 设置端口 fa0/0, 命令如下:

```
R2(config)#int fa0/0
```

```
R2(config-if)#ip address 172.17.0.1 255.255.0.0
```

```
R2(config-if)#no shutdown
```

5) 设置 R3 端口

按照表 7-2 中的内容分别设置 R3 的两个端口。

(1) 设置端口 fa0/0, 命令如下:

```
R3(config)#int fa0/0
```

```
R3(config-if)#ip address 172.17.0.2 255.255.0.0
```

```
R3(config-if)#no shutdown
```

(2) 设置端口 fa0/1, 命令如下:

```
R3(config)#int fa0/1
```

```
R3(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

```
R3(config-if)#no shutdown
```

6) 设置 OSPF 协议

(1) 在 R1 上启用 OSPF 协议, 命令如下:

```
R1(config)#router ospf 1
```

```
R1(config-router)#network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
```

```
R1(config-router)#network 172.16.0.0 0.0.255.255 area 0
```

(2) 在 R2 上启用 OSPF 协议, 命令如下:

```
R2(config)#router ospf 1
```

```
R2(config-router)#network 172.16.0.0 0.0.255.255 area 0
```

```
R2(config-router)#network 172.17.0.1 0.0.255.255 area 1
```

(3) 在 R3 上启用 OSPF 协议, 命令如下:

```
R3(config)#router ospf 2
```

```
R3(config-router)#network 172.17.0.0 0.0.255.255 area 1
```

```
R3(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 1
```

(4) 在 R1 上查看路由表, 命令如下:

```
R1#show ip route
```

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area

* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR

P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

O IA 172.17.0.0/16 [110/2] via 172.16.0.2, 00:01:00, FastEthernet0/1

C 172.16.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/1

C 10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0

O E2 192.168.1.0/24 [110/20] via 172.16.0.2, 00:01:00, FastEthernet0/1

(5) 在 R2 上查看路由表, 命令如下:

R2# show ip route

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area

* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR

P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C 172.17.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/0

C 172.16.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/1

O E2 10.0.0.0/8 [110/1] via 172.16.0.1, 00:05:00, FastEthernet0/1

O E2 192.168.1.0/24 [110/20] via 172.17.0.2, 00:05:00, FastEthernet0/0

(6) 在 R3 上查看路由表, 命令如下:

R3# show ip route

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area

* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR

P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

- C 172.17.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/0
O IA 172.16.0.0/16 [110/2] via 172.17.0.1, 00:01:26, FastEthernet0/0 level 21-21-11,21-21-11

O E2 10.0.0.0/8 [110/1] via 172.17.0.1, 00:01:27, FastEthernet0/0 level 21-21-11,21-21-11

C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1 level 21-21-11,21-21-11

7) 测试 PC1 和 PC3 的连通性

如果配置正确，用 ping 命令进行测试可以发现 PC1 和 PC3 可以连通。

8) 结束实验

为了不影响以后的实验，需要清除本实验的路由设置。需要注意的是，命令中使用的 process-id 要与起初配置该路由器 OSPF 路由时涉及的 process-id 一致。

(1) 清除 R1 上的路由设置，命令如下：

R1(config)# no router ospf 1

(2) 清除 R2 上的路由设置，命令如下：

R2(config)# no router ospf 1

(3) 清除 R3 上的路由设置，命令如下：

R3(config)# no router ospf 2

7.5 路由重分配

7.5.1 路由重分配概述

在实际工作中，我们可能遇到使用多个 IP 路由协议的网络。为了使整个网络正常地工作，必须在多个路由协议之间成功地进行路由再分配。

路由重新分配涉及到如何将一个路由选择域(采用 RIP 协议)中的路由加入到另一个路由选择域(采用 OSPF 协议)中。通过前面章节的学习可知，每种路由选择协议确定最佳路径的方式不同，比如 RIP 使用跳数，而 OSPF 支持多种度量值(如吞吐量、延迟、费用和可靠性)。一种路由选择协议采用的度量值对于另一种路由选择协议是没有意义的，无法进行度量值之间的转换，因此在重新分配路由时，所有的度量值都将丢失，必须手工为每个路由选择域指定度量值。路由重新分配涉及的问题比较复杂，本节只作简单介绍。

7.5.2 命令格式

1. 重新分配直连路由

重新分配直连路由的命令格式如下：

redistribute connected subnet

2. 重新分配静态路由

重新分配静态路由的命令格式如下：

redistribute static

3. 重新分配 OSPF 路由

重新分配 OSPF 路由的命令格式如下：

```
redistribute ospf process-id metric metric-value
```

4. 重新分配 RIP 路由

重新分配 RIP 路由的命令格式如下：

```
redistribute rip metric metric-value
```

7.5.3 实验 路由重新分配的设置

1. 实验要求

(1) 掌握在使用不同路由协议的网络间进行路由重新分配的设置方法。

(2) 分析路由重新分配的结果，理解不同路由协议之间相互不可识别的问题。

2. 实验设备

(1) 路由器 3 台。

(2) 交换机 4 台。

(3) 计算机 3 台。

(4) console 线 3 根。

(5) 直通双绞线 8 根。

3. 实验过程和主要步骤

1) 连接网络

按照图 7.6 所示的拓扑连接好网络，并将 PC1 和 R1，PC2 和 R2，PC3 和 R3 分别用 console 线进行连接。

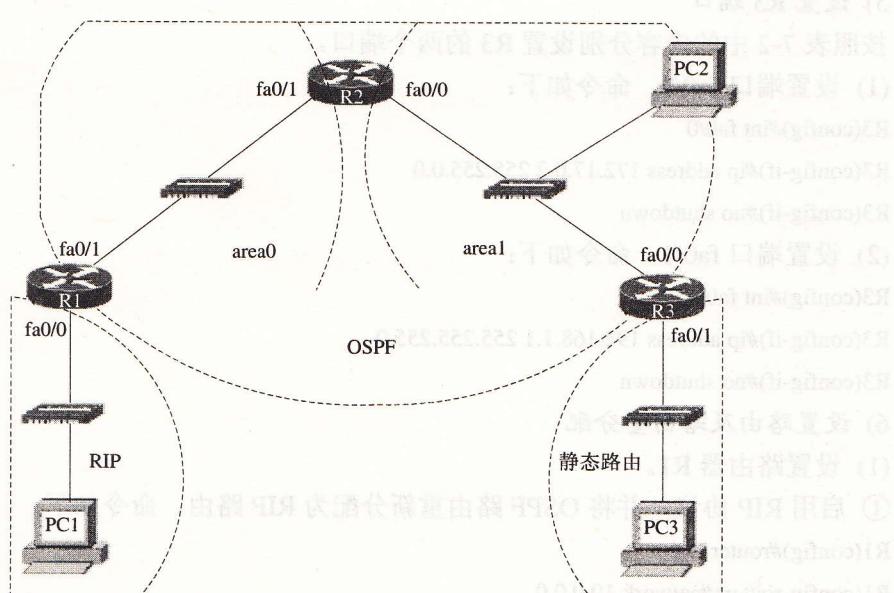


图 7.6 路由重分配

2) 设置 PC 机的网络属性

按照表 7-2 中内容，填写 PC 机的网络连接参数。

3) 设置 R1 端口

按照表 7-2 中的内容分别设置 R1 的两个端口。

(1) 设置端口 fa0/0，命令如下：

```
R1(config)#int fa0/0
R1(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.0.0.0
R1(config-if)#no shutdown
```

(2) 设置端口 fa0/1，命令如下：

```
R1(config)#int fa0/1
R1(config-if)#ip address 172.16.0.1 255.255.0.0
R1(config-if)#no shutdown
```

4) 设置 R2 端口

按照表 7-2 中的内容分别设置 R2 的两个端口。

(1) 设置端口 fa0/1，命令如下：

```
R2(config)#int f0/1
R2(config-if)#ip address 172.16.0.2 255.255.0.0
R2(config-if)#no shutdown
```

(2) 设置端口 fa0/0，命令如下：

```
R2(config)#int f0/0
R2(config-if)#ip address 172.17.0.1 255.255.0.0
R2(config-if)#no shutdown
```

5) 设置 R3 端口

按照表 7-2 中的内容分别设置 R3 的两个端口。

(1) 设置端口 fa0/0，命令如下：

```
R3(config)#int fa0/0
R3(config-if)#ip address 172.17.0.2 255.255.0.0
R3(config-if)#no shutdown
```

(2) 设置端口 fa0/1，命令如下：

```
R3(config)#int fa0/1
R3(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
R3(config-if)#no shutdown
```

6) 设置路由及路由重分配

(1) 设置路由器 R1。

① 启用 RIP 协议，并将 OSPF 路由重新分配为 RIP 路由，命令如下：

```
R1(config)#router rip
R1(config-router)#network 10.0.0.0
R1(config-router)#redistribute ospf 1 metric 1
R1(config-router)#exit
```

② 启用 OSPF 协议，并将 RIP 路由重新分配为 OSPF 路由，命令如下：

```
R1(config)#router ospf 1
```

```
R1(config-router)#network 172.16.0.0 0.0.255.255 area 0
```

```
R1(config-router)#redistribute rip metric 1
```

```
R1(config-router)#exit
```

③ 查看路由协议的相关信息，命令如下：

```
R1#show ip protocols
```

Routing Protocol is "rip"

Sending updates every 30 seconds, next due in 22 seconds

Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240

Outgoing update filter list for all interfaces is not set

Incoming update filter list for all interfaces is not set

Redistributing: rip, ospf 1 (internal, external 1 & 2, nssa-external 1 & 2)

Default version control: send version 1, receive any version

Interface	Send	Recv	Triggered RIP	Key-chain
FastEthernet0/0	1	1	2	

Automatic network summarization is in effect

Maximum path: 4

Routing for Networks:

10.0.0.0

Routing Information Sources:

Gateway	Distance	Last Update
---------	----------	-------------

Distance: (default is 120)

Routing Protocol is "ospf 1"

Outgoing update filter list for all interfaces is not set

Incoming update filter list for all interfaces is not set

Router ID 172.16.0.1

It is an autonomous system boundary router

Redistributing External Routes from,

rip with metric mapped to 1

Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa

Maximum path: 4

Routing for Networks:

172.16.0.0 0.0.255.255 area 0

Routing Information Sources:

Gateway	Distance	Last Update
---------	----------	-------------

172.17.0.1 110 00:09:37

```

172.16.0.1 由 R2 00:10:09 重由表中无路径，对等 0.0.0.0 距离 0
Distance: (default is 110)
(2) 在 R2 上启用 OSPF 协议，命令如下:
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#network 172.16.0.0 0.0.255.255 area 0
R2(config-router)#network 172.17.0.1 0.0.255.255 area 1
(3) 设置路由器 R3。
① 启用静态路由，命令如下:
R3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.17.0.1
② 启用 OSPF 协议，命令如下:
R3(config)#router ospf 2
R3(config-router)#network 172.17.0.0 0.0.255.255 area 1
③ 将静态路由分配为 OSPF 路由，命令如下:
R3(config-router)#redistribute connected subnets
R3(config-router)#redistribute static subnets
④ 查看路由协议的相关信息，命令如下:
R3#show ip protocol
Routing Protocol is "ospf 2"
    Outgoing update filter list for all interfaces is not set
    Incoming update filter list for all interfaces is not set
    Router ID 192.168.1.1
    It is an autonomous system boundary router
    Redistributing External Routes from,
        connected, includes subnets in redistribution
        static, includes subnets in redistribution
    Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
    Maximum path: 4
    Routing for Networks:
        172.17.0.0 0.0.255.255 area 1
    Routing Information Sources:
        Gateway          Distance      Last Update
        192.168.1.1      110          00:09:19
        172.17.0.1       110          00:08:09
        172.16.0.1       110          00:08:09
Distance: (default is 110)
7) 在 R1 上查看路由表
在 R1 上查看路由表的命令如下:
R1#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area

* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR

P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

O IA 172.17.0.0/16 [110/2] via 172.16.0.2, 00:21:49, FastEthernet0/1

C 172.16.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/1

C 10.0.0.0/8 is directly connected, FastEthernet0/0

O E2 192.168.1.0/24 [110/20] via 172.16.0.2, 00:20:45, FastEthernet0/1

8) 在 R3 上查看路由表

在 R3 上查看路由表的命令如下:

R3#show ip route

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, 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, E - EGP

i - IS-IS, 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 172.17.0.1 to network 0.0.0.0

C 172.17.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/0

O IA 172.16.0.0/16 [110/2] via 172.17.0.1, 00:18:49, FastEthernet0/0

O E2 10.0.0.0/8 [110/1] via 172.17.0.1, 00:18:49, FastEthernet0/0

C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1

S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 172.17.0.1

9) 测试 PC1 和 PC3 的连通性

如果配置正确, 用 ping 命令进行测试会发现 PC1 和 PC3 可以连通。

10) 结束实验

为了不影响以后的实验, 需要清除本实验的路由设置。

(1) 清除 R1 上的路由设置, 命令如下:

R1(config)#no router rip

R1(config)# no router ospf 1

(2) 清除 R2 上的路由设置, 命令如下:

```
R2(config)# no router ospf 1
```

(3) 清除 R3 上的路由设置, 命令如下:

```
R3(config)#no ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.17.0.1
```

```
R3(config)# no router ospf 2
```

```
*-- clearing static routes
```

```
OK
```

Gateway to peer is 172.17.0.1

O 172.17.0.0/16 [110/0] via 172.17.0.1, 00:18:48, FastEthernet0/0

C 172.17.0.10 is directly connected, FastEthernet0/0

C 10.0.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/0

O 172.17.0.14 [110/0] via 172.17.0.1, 00:18:48, FastEthernet0/0

路由表已更新

不显示命令的路由表

显示 R3 下面的路由表

路由表已更新

C 172.17.0.10 is directly connected, FastEthernet0/0

D 172.17.0.14 [110/0] via 172.17.0.1, 00:18:48, FastEthernet0/0

N 172.17.0.14 is OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E 172.17.0.14 [110/0] via 172.17.0.1, 00:18:48, FastEthernet0/0

E 172.17.0.14 [110/0] via 172.17.0.1, 00:18:48, FastEthernet0/0

* 0.0.0.0/0 via 172.17.0.1

Gateway to peer is 172.17.0.1

O 172.17.0.0/16 [110/0] via 172.17.0.1, 00:18:48, FastEthernet0/0

O 172.17.0.14 [110/0] via 172.17.0.1, 00:18:48, FastEthernet0/0

C 10.0.0.0/16 is directly connected, FastEthernet0/0

27

0.0.0.0/0 via 172.17.0.1

0) 配置 RCI 和 PC3 的连接线

1) 配置 RCI 端口，用 ping 命令验证连接线是否正常工作。

2) 配置 RCI 和 PC3 的连接线

3) 配置 RCI 端口，用 ping 命令验证连接线是否正常工作。

4) 配置 RCI 端口，用 ping 命令验证连接线是否正常工作。

5) 配置 RCI 端口，用 ping 命令验证连接线是否正常工作。

6) 配置 RCI 端口，用 ping 命令验证连接线是否正常工作。

7) 配置 RCI 端口，用 ping 命令验证连接线是否正常工作。

8) 配置 RCI 端口，用 ping 命令验证连接线是否正常工作。

9) 配置 RCI 端口，用 ping 命令验证连接线是否正常工作。

10) 配置 RCI 端口，用 ping 命令验证连接线是否正常工作。