

实验十 OSPF 动态路由

一、实验目的

1. 深入掌握动态路由原理；
2. 掌握动态路由 OSPF 配置方法；
3. 掌握 OSPF 路由工作原理。

二、应用背景

OSPF (Open Shortest Path First, OSPF) 动态路由, 英文名称的意思是最短路径优先协议, 它是一种典型的链路状态路由协议, 它是一个内部网关协议。OSPF 网络中的每个路由器维护一个相同的链路状态数据库 (LSDB), 即每台路由器都保存了整个网络的拓扑结构。依据链路状态数据库, 利用 SPF 算法, 路由器就能构造路由表。

OSPF 路由协议有以下特点:

- (1) 可适应大规模网络, 不受物理跳数的限制。对于小规模网络, RIP 是首先路由协议, 当网络规模扩大, 具有 10 台以上路由器时, 就需要 OSPF 路由协议了。
- (2) OSPF 路由变化收敛速度快, 协议自身网络开销较小。
- (3) 最短路径采用 SPF 算法, 避免了路由环路。
- (4) 以开销作为度量值, 带宽越高, 开销越小。
- (5) 支持区域划分。

OSPF 划分区域的目的是为了控制链路状态信息 LSA 泛洪的范围、减小链路状态数据库 LSDB 的大小、改善网络的可扩展性、快速地收敛。当网络包含多个区域时, OSPF 协议规定, 必须有一个 Area 0 区域, 通常也叫做骨干区域, 其他所有区域都必须与骨干区域物理或逻辑上相连。

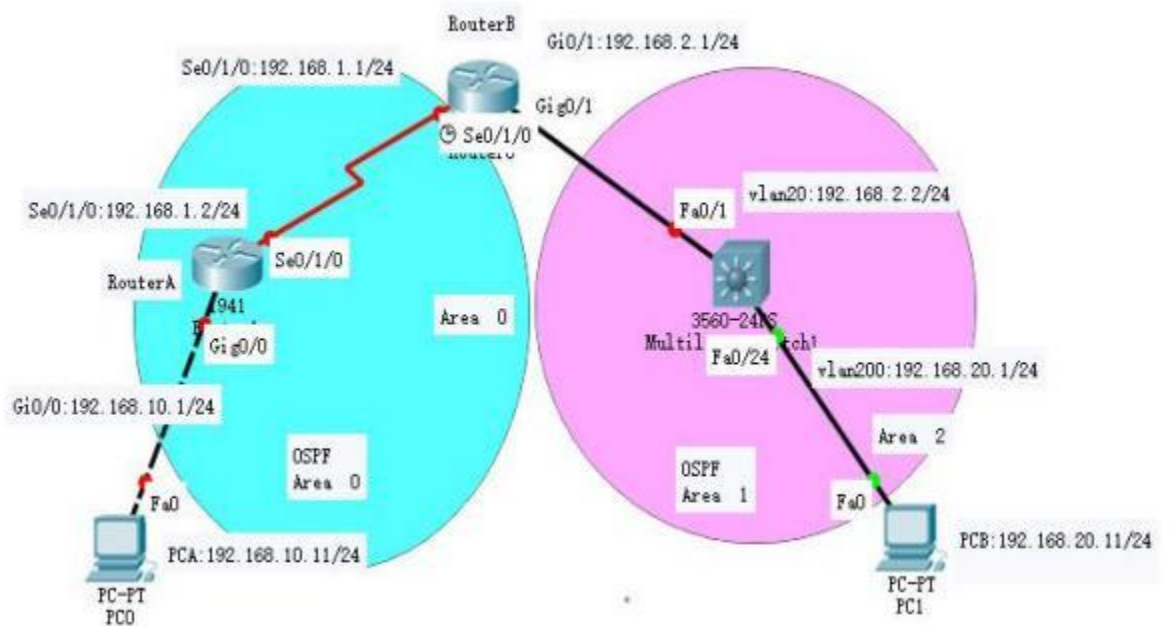
配置 OSPF 路由, (1) 创建一个 OSPF 路由进程, 每个路由器创建一个自身的进程号, 范围是 1-65535。(2) 配置 Router ID, RID 是一个 32 比特无符号整数, 用于标识路由器, 要求全局唯一, RID 可以手工配置, 也可以自动生成。(3) 定义关联的 IP 地址范围及区域。

查看邻居表, 特权模式下使用 show ip ospf neighbor; 使用命令 show ip ospf database, 查看链路状态数据库。

三、实验设备

Router 路由器 (2 台)、主机 (2 台)、三层交换机 (1 台)。

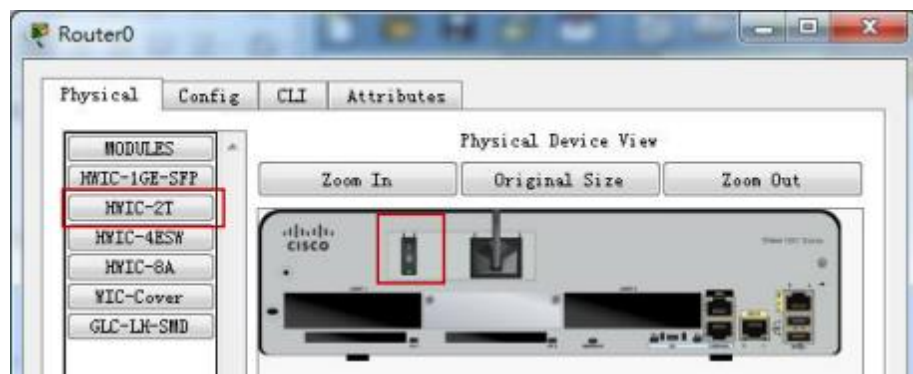
四、实验拓扑



五、实验步骤

第 1 步 线缆连接

为路由器添加串口模块，按照拓扑图正确组网。RouterA 和 RouterB 之间采用串口连接，关闭路由器电源，将 HWIC-2T 模块拖拽到空卡槽，为路由器添加串口模块，开启电源，并连线组网。



第 2 步 配置路由器接口地址

路由器 RouterA 的 Gi0/0 以太网口地址为 192.168.10.1 255.255.255.0;

路由器 RouterA 的串口 Se0/1/0 地址为 192.168.1.2 255.255.255.0;

路由器 RouterB 的配置与 RouterA 类似。

配置完成后，使用 show ip interface brief 命令进行检查。

RouterA> enable

RouterA# configure terminal

RouterA (config)# interface Gi 0/0

RouterA (config-if)# ip address 192.168.10.1 255.255.255.0

```
RouterA (config-if)# no shutdown
RouterA (config)# interface Se0/1/0
RouterA (config-if)# ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
RouterA(config-if)#clock rate 64000
RouterA (config-if)# no shutdown
```

第3步 三层交换机的配置

```
Switch(config)#interface f0/1
Switch(config-if)#switchport access vlan 20
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#interface f0/24
Switch(config-if)#switchport access vlan 200
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#interface vlan 20
Switch(config-if)#ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
Switch(config-if)#no shut
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#interface vlan 200
Switch(config-if)#ip address 192.168.20.1 255.255.255.0
Switch(config-if)#no shut
```

配置完成后，使用命令 show vlan、show ip interface brief 命令进行检查。

第4步 PC 机IP 地址配置

配置PC0 的IP 地址为192.168.10.11/24，网关接口为192.168.10.1；
配置PC1 的IP 地址为192.168.20.11/24，网关接口为192.168.20.1；
在PC 机的命令行状态下执行 ipconfig 命令查看配置是否生效。

第5步 动态路由协议 OSPF 的设置。

路由器RouterA 上的2 个网段都在Area0 区域。

```
RouterA(config)#router ospf 10
RouterA(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
RouterA(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 0
```

路由器RouterB 左侧在Area0 区域，右侧在Area1 区域。

```
Router(config)#router ospf 10
Router(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
Router(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 1
```

交换机上的2 个网段都在Area1 区域。

```
Switch(config)#router ospf 10
Switch(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 1
Switch(config-router)#network 192.168.20.0 0.0.0.255 area 1
Switch(config-router)#end
```

第6步 查看路由表

LSDB 数据库同步之后，会出现下面的提示信息。

```
Router#
00:07:04: %OSPF-5-ADJCHG: Process 10, Nbr 192.168.2.1 on
Serial0/1/0 from LOADING to FULL, Loading Done
```

路由器或交换机上使用 show ip route 命令，查看路由器或交换机上的路由表，截图显示。如果配置成功，每台设备上的路由表都有 4 个网段。下图是 RouterA 上的路由表，192.168.2.0 网段和 192.168.20.0 网段，是 RouterA 的非直连网段，它是通过 OSPF 路由协议学习到的。

```
Router#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B -
BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, 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

    192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/1/0
L       192.168.1.2/32 is directly connected, Serial0/1/0
O IA    192.168.2.0/24 [110/65] via 192.168.1.1, 00:02:24, Serial0/1/0
    192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L       192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
O IA    192.168.20.0/24 [110/66] via 192.168.1.1, 00:02:24, Serial0/1/0
```

第 7 步 查看 OSPF 信息

在 RouterA 上查看 OSPF 邻居，使用命令 show ip ospf neighbor，在区域 Area0 里面，RouterA 只有一个邻居，那就是 RouterB，邻居的状态为 full，因为两个路由器之间是点对点的链路，所以没有选举 DR 和 BDR，邻居存活时间为 35 秒，邻居 IP 地址和 RouterA 的连接端口也列出来了。

```
RouterA#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.2.1	0	FULL/-	00:00:35	192.168.1.1	Serial0/1/0

在 RouterA 上查看 OSPF 数据库，使用命令 show ip ospf database，RouterA 的 ID 为 192.168.10.1，RouterB 的 ID 为 192.168.2.1，因为没有配置 OSPF ID，路由器选择活动中端口地址中 IP 最大的作为自己的 ID。

Router Link States (Area0) 发布的是 5 类 LSA 中的第 1 类，路由器 LSA，描述自己的链路状态和开销。下图中第 1 行表示 RouterA 的通告路由器是它自己，它连接 3 个网段；第 2 行表示 RouterB 的通告路由器也是它自己，它连接 2 个网段，这部分信息告诉我们，Area0 区域一共有 2 台路由器，连接 5 个网段。

```
RouterA#show ip ospf database
OSPF Router with ID (192.168.10.1) (Process ID 10)

Router Link States (Area 0)

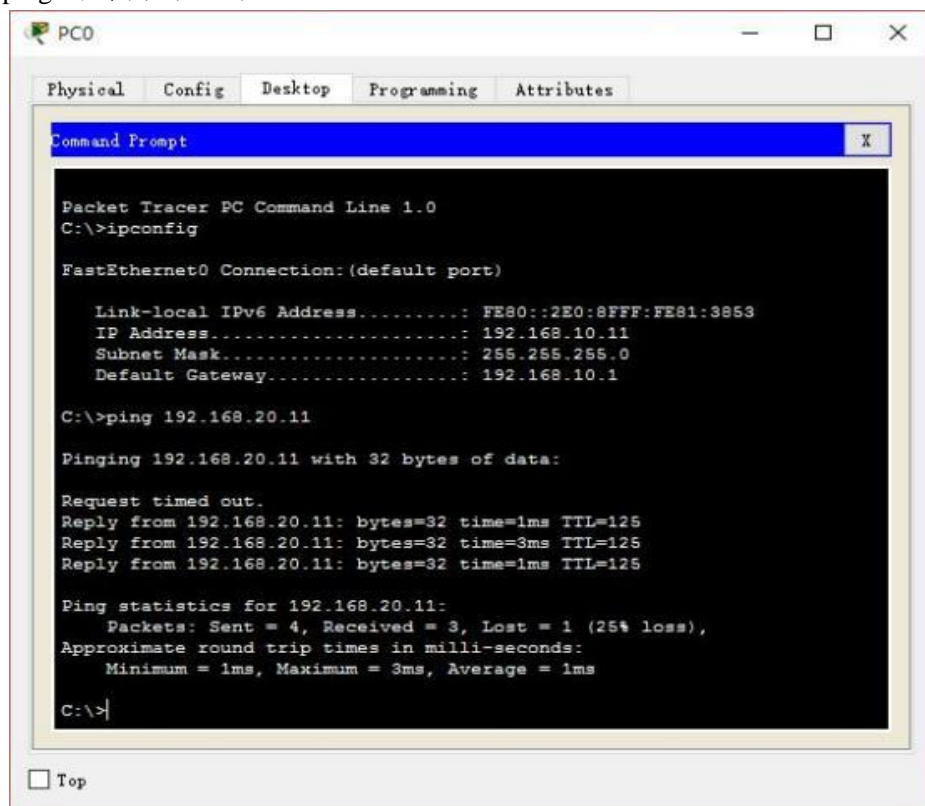
Link ID      ADV Router   Age         Seq#         Checksum Link count
192.168.10.1  192.168.10.1 301         0x80000006  0x00e927  3
192.168.2.1   192.168.2.1  301         0x80000006  0x001885  2

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router   Age         Seq#         Checksum
192.168.2.0   192.168.2.1 301         0x80000001  0x00abda
192.168.20.0  192.168.2.1 281         0x80000002  0x00ec85
```

Summary Net Link States (Area 0), 发布的是5类LSA中的第3类, 由边界路由ABR发出, 用于通告不同区域之间的路由, 本实验中RouterB为边界路由器, 它发出2行路由信息, 192.168.2.0和192.168.20.0, 这两个网段通过边界路由器RouterB可以到达。

第8步 ping 命令测试连通性



六、总结与分析

1. 本实验拓扑图一共包含4个网段, 划分了Area0和Area1两个区域, 尝试修改OSPF路由配置, 将4个网段同时划入一个区域, 看看PC0和PC1是否能够连通? 注意清除前面的配置命令, 需要在命令行前面加no。
2. 怎样理解和验证, 同一网络中的路由器拥有一个相同的链路状态数据库(LSDB)?
3. 二层交换机是普通交换机, 不能识别IP地址, 只具备在端口之间进行数据转发功能; 三层交换机具备路由功能, 可以配置IP地址, 可以根据IP地址进行数据转发。

三层交换机开启路由功能有2种模式, 一种模式是划分VLAN, 为VLAN添加端口, 然后为VLAN配置IP地址, 步骤3给出了详细配置指令。另外一种模式, 直接开启端口的路由功能, 指令为:

```
Switch(config)#int vlan 20
Switch(config-if)#no ip address !去掉 VLAN20 的 IP 地址, 防止 IP 地址冲突
Switch(config-if)#exit
Switch(config)#int f 0/ 1
Switch(config-if)#no switchport ! 关闭交换模式
Switch(config-if)#ip routing !开启路由功能
Switch(config-if)#ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
Switch(config-if)#no shutdown
```

请尝试删除 VLAN200 的 IP 地址，将 F0/24 端口直接开启路由功能，将 VLAN200 的 IP 地址，赋给端口 F0/24。

实验十一 基于思科模拟器的路由重分布实验

一、实验目的

1. 掌握路由配置方法
2. 掌握不同路由协议之间转换的原则
3. 掌握静态路由或直连路由在动态路由重分布的方法

二、应用背景

某企业拥有 3 台路由器和 1 台三层交换机，企业内部采用了 RIP 和 OSPF 两种动态路由协议，同时网络中有去往 192.168.5.0/24 网段的静态路由，PC1 所在末梢网络，有去往外部网络的默认路由，请正确配置网络设备，使得网络内部的每台设备都能通信。

路由重分布能让路由器交换路由信息，从而实现多种路由协议之间的路由信息共享。实施路由重分布的路由器为边界路由器（ASBR），该路由器上启用了多种路由协议，它们位于 2 个或多个自治系统的边界上。因路由协议自身的差异，在路由重分布时需要考虑不同路由协议的度量值和管理距离，度量值主要用于确定最佳路径，管理距离主要确定路由的来源。RIP 路由以跳数作为路径的度量值，OSPF 路由以链路状态作路径的度量值，路由重分布的原则，就是度量值要进行合理的转换。OSPF 在 RIP 中重分布时，要用 metric 折合成跳数，RIP 在 OSPF 中重分布时，跳数也折合成链路状态的度量值。如果度量值分配不正确，路由重分布将会失败。

静态路由在 RIP 中重分布时，如果不指定度量值，默认是 1 跳。直连路由在 RIP 中重分布时，如果不指定度量值，默认也是 1 跳。静态路由和直连路由在 OSPF 中重分布时，如果不指定度量值，默认是 20，类型为 2，默认子网不进行重分布，所以一般要加上参数 subnets，子网也可以重分布。

➤ 静态重分布到 RIP 默认种子度量为 1；

```
R(config)#router rip
```

```
R(config-router)#redistribute static
```

➤ 直连重分布到 RIP 默认种子度量为 1；

```
R(config-router)#redistribute connected
```

➤ 静态重分布到 ospf

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

```
R(config-router)#redistribute static subnets
```

➤ 直连路由重分布到 ospf

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

```
R(config-router)#redistribute connected subnets
```

➤ OSPF 重分布到 RIP

OSPF 路由重分布到 RIP，默认 metric 为无穷大，需要指定度量值。全局配置模式下，打开 RIP 路由，指定 OSPF 10 进程度量值为 3，折合成 3 跳，命令为：

```
R(config)# router rip
```

```
R(config-router)# redistribute ospf 10 metric 3
```

➤ RIP 重分布到 OSPF，

RIP 路由在 OSPF 中重分布时，默认度量值为 20，默认度量值类型为 2，默认不重分布子网。全局配置模式下，打开 OSPF 路由，指定 RIP 度量类型为 1，重分布子网。命令为：

```
R(config)# router ospf 10
```

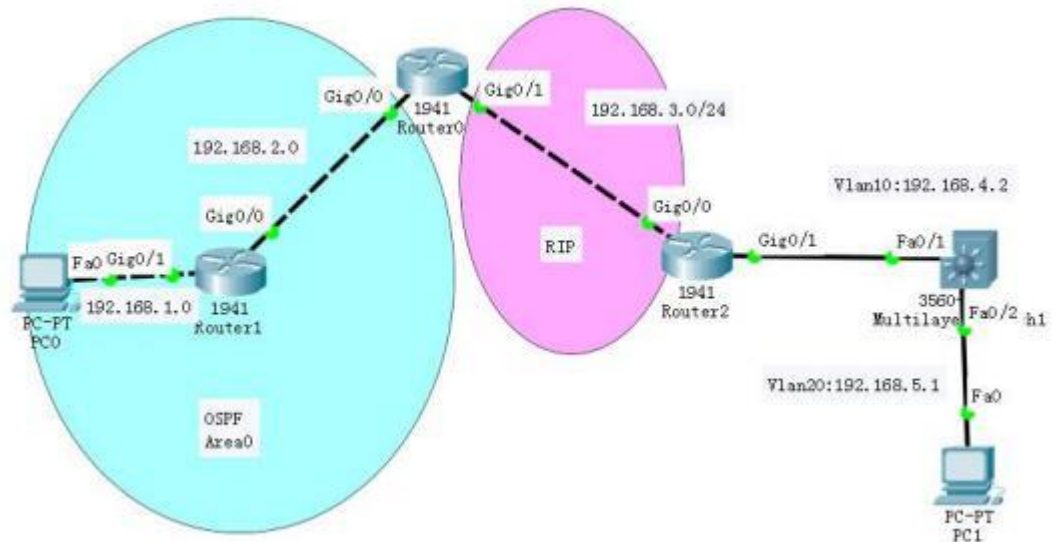


```
R(config-router)# redistribute rip subnets metric-type 1
```

三、实验设备

路由器 3 台， 三层交换机 1 台， 直连线若干， 主机 2 台。

四、实验拓扑



五、实验步骤

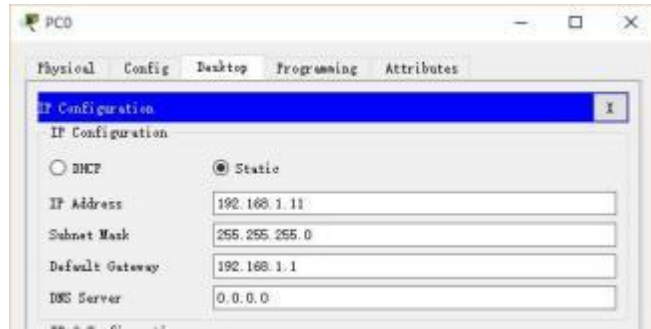
第 1 步连线

选择路由器和交换机，按照实验拓扑图正确连线。

第 2 步 配置主机网卡地址，选择 Desktop，采用静态地址。

配置 PC0 网卡的 IP 地址为：192.168.1.11，掩码 255.255.255.0，网关为 192.168.1.1； 配置 PC1 网卡的 IP 地址为：192.168.5.11，掩码 255.255.255.0，网关为 192.168.5.1。





第 3 步 路由器的端口地址配置，R0、R2 参照进行配置

```
R1 (config)#interface Gi0/1
R1 (config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
R1 (config-if)#no shutdown
R1 (config-if)#exit
R1 (config)#interface Gi0/0
R1 (config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
R1 (config-if)#no shutdown
R1 (config-if)#exit
```

第 4 步 交换机的端口地址配置

```
switch(config)#interface F0/1
switch(config-if)#no switchport    !关闭交换功能
switch(config-if)#ip address 192.168.4.2 255.255.255.0
switch(config-if)#no shutdown
switch(config-if)#exit
switch(config)#vlan 20
switch(config-vlan)#exit
switch(config)#interface F0/2
switch(config-if)#switchpor access vlan 20
switch(config)#interface vlan 20
switch(config-if)#ip address 192.168.5.1 255.255.255.0
switch(config-if)#no shutdown
switch(config-if)#exit
switch(config)#ip routing          !开启交换机路由功能
switch#show ip route               !查看交换机上的路由表，只有直连网段
```

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 192.168.4.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1

C 192.168.5.0/24 is directly connected, Vlan20

第 5 步 路由配置（重分布之前）

```
Router1(config)#router ospf 100
Router1(config-router)#network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
Router1(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
Router1 (config-router)#exit
```

```
Router0(config)#router ospf 100
Router0(config-router)#network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
Router0(config-router)#exit
Router0(config)#router rip
Router0(config-router)#no auto-summary
Router0(config-router)#version 2
Router0(config-router)#network 192.168.3.0
Router0(config-router)#exit
```

```
Router2(config)#router rip
Router2(config-router)#no auto-summary
Router2(config-router)#version 2
Router2(config-router)#network 192.168.3.0
Router2(config-router)#exit
Router2(config)#ip route 192.168.5.0 255.255.255.0 192.168.4.2
```

```
Switch(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.4.1
```

```
Router1#show ip route          ! 查看R1 路由表，有2 个网段
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, 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
192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L       192.168.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L       192.168.2.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
```

```
Router0#show ip route          ! 查看R0 路由表，有3 个网段
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, 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       192.168.1.0/24 [110/2] via 192.168.2.1, 00:07:21, GigabitEthernet0/0
192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L       192.168.2.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
192.168.3.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L       192.168.3.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
```

Router2#show ip route ! 查看R2 路由表, 有3 个网段
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, 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
192.168.3.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C 192.168.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L 192.168.3.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
192.168.4.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C 192.168.4.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L 192.168.4.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
S 192.168.5.0/24 [1/0] via 192.168.4.2

Switch#show ip route ! 查看交换机路由表, 存在默认路由
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 192.168.4.1 to network 0.0.0.0
C 192.168.4.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C 192.168.5.0/24 is directly connected, Vlan20
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.4.1

第6步 路由重分布

```

Router0(config)#router rip
Router0(config-router)#redistribute ospf 100 metric 1
Router0(config-router)#exit
Router0(config)#router ospf 100
Router0(config-router)#redistribute rip metric 10 metric-type 1 subnets
Router0(config-router)#exit

Router2(config)#router rip
Router2(config-router)#redistribute static metric 2   ! 重分布静态路由
Router2(config-router)#redistribute connected metric 1   ! 重分布直连网段

```

Router1#show ip route ! 查看R1 的路由表, 有5 个网段
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, 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
192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

```
C      192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L      192.168.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L      192.168.2.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
O E1 192.168.3.0/24 [110/11] via 192.168.2.2, 00:06:05, GigabitEthernet0/0
O E1 192.168.4.0/24 [110/11] via 192.168.2.2, 00:00:58, GigabitEthernet0/0
O E1 192.168.5.0/24 [110/11] via 192.168.2.2, 00:03:13, GigabitEthernet0/0
```

Router0#show ip route ! 查看R0 的路由表, 有5 个网段
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, 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      192.168.1.0/24 [110/2] via 192.168.2.1, 00:21:19, GigabitEthernet0/0
192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L      192.168.2.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
192.168.3.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L      192.168.3.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
R      192.168.4.0/24 [120/1] via 192.168.3.2, 00:00:22, GigabitEthernet0/1
R      192.168.5.0/24 [120/2] via 192.168.3.2, 00:00:22, GigabitEthernet0/1
```

Router2#show ip route ! 查看R0 的路由表, 有5 个网段
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, 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
R      192.168.1.0/24 [120/1] via 192.168.3.1, 00:00:19, GigabitEthernet0/0
R      192.168.2.0/24 [120/1] via 192.168.3.1, 00:00:19, GigabitEthernet0/0
192.168.3.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L      192.168.3.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
192.168.4.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C      192.168.4.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
L      192.168.4.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
S      192.168.5.0/24 [1/0] via 192.168.4.2
```

Switch#show ip route ! 查看交换机的路由表, 有默认路由
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 192.168.4.1 to network 0.0.0.0
C 192.168.4.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
C 192.168.5.0/24 is directly connected, Vlan20
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.4.1

第 7 步 测试连通性

在R1 进行，按照从左到右的顺序进行，每一个节点都能连通。

Router1#ping 192.168.1.11

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.1.11, timeout is 2 seconds:

.!!!!

Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 0/0/1 ms

Router1#ping 192.168.2.2

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.2.2, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/1 ms

Router1#ping 192.168.3.1

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.3.1, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/1 ms

Router1#ping 192.168.3.2

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.3.2, timeout is 2 seconds:

.!!!!

Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 0/0/0 ms

Router1#ping 192.168.4.1

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.4.1, timeout is 2 seconds:

!!!!

Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 0/0/1 ms

Router1#ping 192.168.5.1

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.5.1, timeout is 2 seconds:

.!!!!

Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 0/0/1 ms

Router1#ping 192.168.5.22

Type escape sequence to abort.

Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.5.22, timeout is 2 seconds:

.!!!!

Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/max = 0/1/4 ms

第 8 步 debug 命令测试

```
Router0#debug ip ospf events
OSPF events debugging is on
Router0#
01:10:41: OSPF: Rcv hello from 192.168.2.1 area 0 from GigabitEthernet0/0 192.168.2.1
01:10:41: OSPF: End of hello processing
01:10:51: OSPF: Rcv hello from 192.168.2.1 area 0 from GigabitEthernet0/0 192.168.2.1
01:10:51: OSPF: End of hello processing
01:11:01: OSPF: Rcv hello from 192.168.2.1 area 0 from GigabitEthernet0/0 192.168.2.1
01:11:01: OSPF: End of hello processing

Router0# debug ip ospf adj
OSPF adjacency events debugging is on
Router0#
01:12:42: OSPF: Build AS External LSA router ID 192.168.3.1, seq 0xffffffff80000001
01:12:42: OSPF: Build router LSA for area 0, router ID 192.168.3.1, seq 0xffffffff80000005
01:12:42: OSPF: Build AS External LSA router ID 192.168.3.1, seq 0xffffffff80000001
01:12:42: OSPF: Build router LSA for area 0, router ID 192.168.3.1, seq 0xffffffff80000005
01:13:10: OSPF: Build AS External LSA router ID 192.168.3.1, seq 0xffffffff80000001
01:13:10: OSPF: Build router LSA for area 0, router ID 192.168.3.1, seq 0xffffffff80000005

Router0#debug ip rip events
RIP event debugging is on
Router0#RIP: sending v2 update to 224.0.0.9 via GigabitEthernet0/1 (192.168.3.1)
RIP: build update entries
192.168.1.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
192.168.2.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
RIP: received v2 update from 192.168.3.2 on GigabitEthernet0/1
192.168.4.0/24 via 0.0.0.0 in 1 hops
192.168.5.0/24 via 0.0.0.0 in 2 hops
RIP: sending v2 update to 224.0.0.9 via GigabitEthernet0/1 (192.168.3.1)
RIP: build update entries
192.168.1.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
192.168.2.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
```

六、思考题

1、实验是否实现了全网全通？遇到了哪些问题，你是怎样解决的？

实验十二 基于思科模拟器的 NAT 实验

一、实验目的

1. 掌握如何向外网发布内网的服务器；
2. 掌握 NAT 源地址转换和目的地址转换的区别；

二、应用背景

网络地址转换 NAT（Network Address Translation），能帮助解决 IP 地址资源紧缺的问题，而且使得内外网隔离，提高一定的网络安全保障。NAT 将网络划分为内部网络（inside）和 外部网络（outside）两部分。局域网主机利用 NAT 访问网络时，是将局域网内部的本地地址转换为了全局地址（互联网合法 IP 地址）后转发数据包。

NAT 分为两种类型：网络地址转换 NAT 和网络地址端口转换 NAPT（Network Address Port Translation）。NAT 是实现转换后一个本地 IP 地址对应一个全局地址。NAPT 是实现转换后多个本地 IP 地址对应一个全局 IP 地址，并用不同的端口号进行区分。

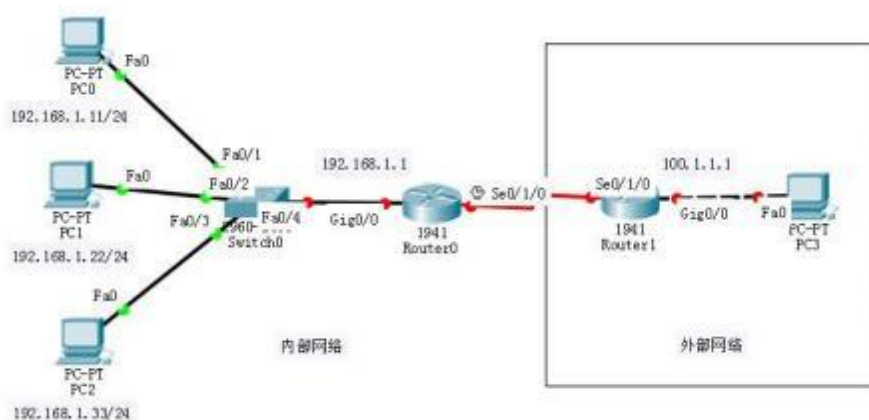
在传统的路由交换网络中可以使用路由器实现 NAT 转换，近年来大多使用防火墙来完成。使用路由器实现 NAT 时，常常会发现路由器的性能下降，这是因为每一个经过路由器的数据包都要进行 NAT 地址转换，这必然消耗系统的 CPU 资源，而且转换的中间结果还要暂时保存在内存中以便于回应数据的恢复。防火墙的主要功能就是完成这种复杂任务，它的性能不像路由器那样下降明显。

本实验要实现内网网段 192.168.1.0/24 的地址转换，假设只有 50 个公网地址，地址池是 200.1.1.100/24-200.1.1.150/24，假设外网服务器地址为 100.1.1.X/16。

三、实验设备

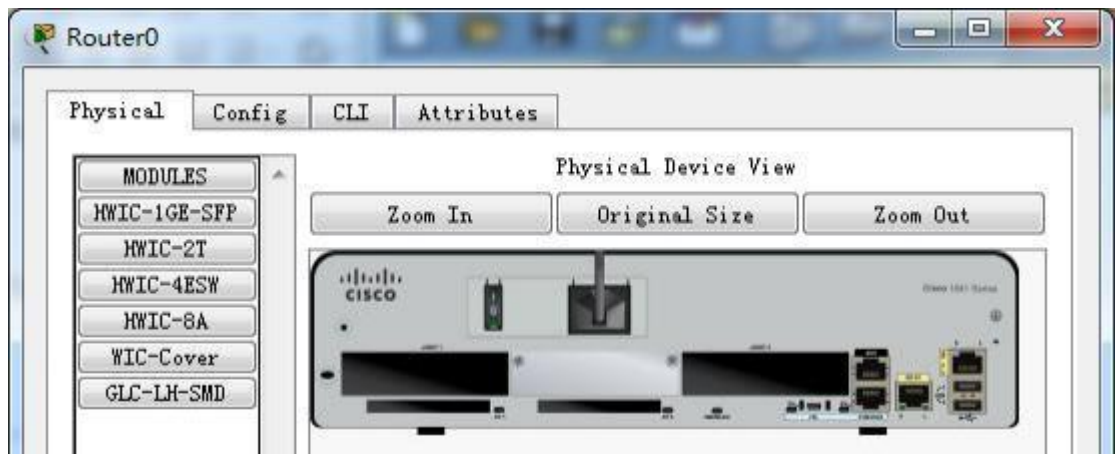
路由器（R1762）2 台，二层交换机 1 台，V.35 线缆（DTE/DCE）1 对，主机 4 台。

四、实验拓扑



五、实验步骤

第 1 步 关闭电源，将 HWIC-2T 模块拖拽到空卡槽，为路由器添加串口，并连线组网。



路由器 R1 和 R2 之间的串口，用 V.35 线缆连结，思科模拟器可以采用自动连线模式；将内网主机所在交换机与路由器 R1 的 Gi0/0 口相连；将另一台主机和 R2 的 Gi0/0 相连。

第 2 步 配置网卡地址

内网主机配置网卡地址为 192.168.1.0/24，网关设为 192.168.1.1；

外网服务器网卡地址设为 100.1.1.5/16，网关设为 100.1.1.1。

第 3 步 路由器的基本配置

```
R0(config)#  
R0 (config)#interface Gi0/0  
R0 (config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.0  
R0 (config-if)#no shutdown  
R0 (config-if)#exit  
R0 (config)#interface serial 0/1/0  
R0 (config-if)#ip address 200.1.1.1 255.255.255.0  
R0 (config-if)#clock rate 64000  
R0 (config-if)#no shutdown  
R0 (config-if)#exit
```

另一台路由器上的配置

```
R1 (config)#interface Gi0/0  
R1 (config-if)#ip address 100.1.1.1 255.0.0.0  
R1 (config-if)#no shutdown  
R1 (config-if)#exit  
R1 (config)#interface serial 0/1/0  
R1 (config-if)#ip address 200.1.1.2 255.255.255.0  
R1 (config-if)#clock rate 64000  
R1 (config-if)#no shutdown  
R1 (config-if)#end
```

查看 R0 的端口状态

```
R0#show ip interface brief
```

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
GigabitEthernet0/0	192.168.1.1	YES	manual	up	up
GigabitEthernet0/1	unassigned	YES	unset	administratively down	down
Serial0/1/0	200.1.1.1	YES	manual	up	up
Serial0/1/1	unassigned	YES	unset	administratively down	down
Vlan1	unassigned	YES	unset	administratively down	down

查看 R1 的端口状态

R1#show ip interface brief

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
GigabitEthernet0/0	100.1.1.1	YES	manual	up	up
GigabitEthernet0/1	unassigned	YES	unset	administratively down	down
Serial0/1/0	200.1.1.2	YES	manual	up	up
Serial0/1/1	unassigned	YES	unset	administratively down	down
Vlan1	unassigned	YES	unset	administratively down	down

第 4 步: R0 上配置默认路由, 注意 R1 为外部路由器, 它不知道企业内部网络结构以及企业内部使用的 IP 地址, 因此 R1 上不需要配置任何路由。

R0(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 200.1.1.2

查看 R1 上的路由表

R0#show ip route

Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, 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 200.1.1.2 to network 0.0.0.0

192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

C 192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0

L 192.168.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0

200.1.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

C 200.1.1.0/24 is directly connected, Serial0/1/0

L 200.1.1.1/32 is directly connected, Serial0/1/0

S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 200.1.1.2

查看 R1 上的路由表

R1#show ip route

! 只有直连网段

Router#show ip route

Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, 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

100.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

C 100.1.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0

```
L          100.1.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
200.1.1.0/24 is variably sub netted, 2 subnets, 2 masks
C          200.1.1.0/24 is directly connected, Serial0/ 1/0
L          200.1.1.2/32 is directly connected, Serial0/ 1/0
```

第 5 步：在路由器 R0 上配置 NAT

```
R0(config)#interface Gi 0/0
R0(config-if)#ip nat inside      ! 定义内部接口
R0(config-if)#exit
R0(config)#interface serial 0/1/0
R0(config-if)#ip nat outside     ! 定义外部接口
R0(config-if)#exit
R0(config)# ip nat pool net50  200.1.1.100  200.1.1.150  netmask  255.255.255.0
! 定义转换的地址池范围，并命名为 net50
R0(config)#access-list 1  permit 192.168.1.0   0.0.0.255      ! 定义内部地址网段，使用
ACI
表示
R0(config)#ip nat inside source list 1 pool net50  ! 定义内部源地址调用公网地址池
```

第 6 步：验证测试

如果从 PC 上进行测试，首先保证 PC 机能连通自己的网关，再从网关 出发，由近及远地进行测试。本实验内部主机能访问外部网络和外部服务器，但是外部服务器并不能访问内部网络。

```
R0#ping 200.1.1.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 200.1.1.2, timeout is 2 seconds :
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/ max = 2/7/27 ms
R0#ping 100.1.1.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 100.1.1.1, timeout is 2 seconds :
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/ max = 2/2/5 ms
```

```
R0#ping 100.1.1.5
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 100.1.1.5, timeout is 2 seconds :
..!!!
Success rate is 80 percent (4/5), round-trip min/avg/ max = 1/2/3 ms
```

```
R2#ping 192.168.1.1      ! 不能连通
Sending 5, 100-byte ICMP Echoes to 192.168.1.1, timeout is 2 seconds :
< press Ctrl+C to break >
```

```
.....
Success rate is 0 percent (0/5)
```

```
R1#ping 192.168.1.22     ! 不能连通
Sending 5, 100-byte ICMP Echoes to 192.168.1.22, timeout is 2 seconds :
< press Ctrl+C to break >
```

```
.....
Success rate is 0 percent (0/5)
```

第 7 步：查看配置

PC 端 ping 外部服务器之后，在 3 分钟内查看地址转换的情况。

R0#show ip nat translations

Pro	Inside global	Inside local	Outside local	Outside global
icmp	200.1.1.100:1	192.168.1.11:1	100.1.1.5:1	100.1.1.5:1
icmp	200.1.1.100:2	192.168.1.11:2	100.1.1.5:2	100.1.1.5:2
icmp	200.1.1.100:3	192.168.1.11:3	100.1.1.5:3	100.1.1.5:3
icmp	200.1.1.100:4	192.168.1.11:4	100.1.1.5:4	100.1.1.5:4
icmp	200.1.1.101:1	192.168.1.22:1	100.1.1.5:1	100.1.1.5:1
icmp	200.1.1.101:2	192.168.1.22:2	100.1.1.5:2	100.1.1.5:2
icmp	200.1.1.101:3	192.168.1.22:3	100.1.1.5:3	100.1.1.5:3
icmp	200.1.1.101:4	192.168.1.22:4	100.1.1.5:4	100.1.1.5:4
icmp	200.1.1.102:1	192.168.1.33:1	100.1.1.5:1	100.1.1.5:1
icmp	200.1.1.102:2	192.168.1.33:2	100.1.1.5:2	100.1.1.5:2
icmp	200.1.1.102:3	192.168.1.33:3	100.1.1.5:3	100.1.1.5:3
icmp	200.1.1.102:4	192.168.1.33:4	100.1.1.5:4	100.1.1.5:4

第 8 步：查看地址转换的统计情况

R0#show ip nat statistics （思科路由器指令）

Total translations: 0 (0 static, 0 dynamic, 0 extended)

Outside Interfaces: Serial0/ 1/0

Inside Interfaces: GigabitEthernet0/0

Hits: 12 Misses: 41

Expired translations: 12

Dynamic mappings:

-- Inside Source

access-list 1 pool net50 refCount 0

pool net50: netmask 255.255.255.0

start 200.1.1.100 end 200.1.1.150

type generic, total addresses 51 , allocated 0 (0%), misses 0

第 9 步：路由 R0 上的参考配置

R0#show running

Ruijie#show running-config

Building configuration...

Current configuration : 983 bytes

!

version 15.1

no service timestamps log datetime msec

no service timestamps debug datetime msec

no service password-encryption

!

hostname Router

!

no ip cef

no ipv6 cef

license udi pid CISCO1941/ K9 sn FTX15244582

!

spanning-tree mode pvst

!

interface GigabitEthernet0/0

ip address 192.168.1.1 255.255.255.0

ip nat inside

```

duplex auto
speed auto
!
interface GigabitEthernet0/ 1
no ip address
duplex auto
speed auto
shutdown
!
interface Serial0/ 1/0
ip address 200.1.1.1 255.255.255.0
ip nat outside
clock rate 64000
!
interface Serial0/ 1/ 1
no ip address
clock rate 2000000
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
shutdown
!
ip nat pool net50 200.1.1.100 200.1.1. 150 netmask 255.255.255.0
ip nat inside source list 1 pool net50
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 200.1.1.2
!
ip flow-export version 9
!
access-list 1 permit 192.168.1.0 0.0.0.255
!
line con 0
!
line aux 0
!
line vty 0 4
login
!
End

```

六、思考题

1. 什么情况下使用静态 NAT? 什么情况下使用动态 NAT? 为什么?
2. 是否需要将内网所在网段或路由在外部网络的边界路由器上共享? 为什么?