

IP 包格式、IP 地址、网络层协议

网络层功能：定义了基于 IP 协议的逻辑地址；连接不同的媒介类型；选择数据通过网络的最佳路径

IP 数据包头的格式



优先级与服务类型 (8 位)：优先级与服务类型

标识符、标志、段偏移量：这几个字段用来对数据包进行标识，使数据到达目的端重组的时候，不会乱序

首部长度:ip 包头首部长度最短 20 字节

总长度(16):

协议号： UDP 是 17，TCP 是 6

首部校验和:

TTL：生命周期字段，经过一个路由器 TTL 值减 1，为 0 时，数据包丢弃。为了防止一个数据包在网络中无限的循环下去。最多跨过 255 个路由器。

IP 地址规划：

IP 地址的组成：网络位+主机位

ip 地址的分类：

A 类 1~126 网+主+主+主

B 类 128~191 网+网+主+主

C 类 192~223 网+网+网+主

D 类 224~239 组播

E 类 240~254 科研

默认子网掩码：子网掩码用于区分 IP 的网络位及主机位，网络位用连续的 1 表示，主机位用连续 0

网络 ID：网络位的 IP 地址不变，主机位用连续的 0 表示

广播地址：**IP** 地址的广播地址计算：网络位的 **IP** 不变，主机位用连续的 **1** 表示。

IP 地址的广播地址：为 **IP** 地址网段的最后一个地址（即该网段的最大值）

子网划分（了解）：

例如给 **IP** 地址 **192.168.1.5/27**，要知道网络位向主机位借了三位，要能够算出这个划分子网的网络号、广播地址和有效主机位地址

网络协议：

ARP 协议：将一个已知的 **IP** 地址解析成 **MAC** 地址；

Windows 系统中的 **ARP -a**：查看 **ARP** 缓存表

RARP 协议：**MAC** 地址解析为 **IP** 地址

代理 **ARP**：**IP** 地址解析为网关接口的 **MAC** 地址

ICMP：**Internet** 控制消息协议【**ping** 命令】

1) 连接建立成功：

Reply from 192.168.1.1:bytes=32 time<1ms TTL=128

2) 目标主机不可达：

Destination host unreachable.

3) 请求时间超时：

Request timed out.

5) 未知主机名：

Unknown host abc.

Ping 命令的常用参数：

Ping -t 一直 ping

Ping -a 可以返回对方主机名(**windows** 主机之间有效)

Ping -l 字节数 修改 ping 包大小，默认 32 字节

路由器原理及静态路由

路由器可以理解为天生隔离广播的设备、连接不同网段

1、路由

跨越从源主机到目标主机的一个互联网络来转发数据包的过程

2、路由表

路由器根据路由表做路径选择

3、路由表的获得

1)、直连路由：配置 **IP** 地址，端口 **UP** 状态，形成直连路由。

2)、非直连网段：需要静态路由或动态路由，将网段添加到路由表中。

4、静态路由

1)、特点：

由管理员手工配置的，是单向的，因此需要在两个网络之间的边缘路由器上需要双方对指，否则就会造成流量有去无回，缺乏灵活性，适用于小型网络。

2)、配置

全局模式：

ip route 目标网络 ID 子网掩码 下一跳 **IP**

3)、浮动路由

配置浮动静态路由，需设置管理距离大于 **1**，从而成为备份路由，实现链路备份的作用。管理距离越小，优先级越高

缺省路由（默认路由）

缺省路由是一种特殊的静态路由

简单地说,缺省路由就是在没有找到任何匹配的具体路由条目的情况下才使用的路由,适用于只有一个出口的末节网络（比如企业的网关出口）,优先级最低,可以做为其他路由的补充。

全局:**ip route 0.0.0.0 0.0.0.0** 下一跳

（代表任意网络 ID 代表任意子网掩码）

路由器的端口 IP 地址就是网关,也就是相连的 PC 配置的网关,相同时才可以 ping 通

查看路由表

特权模式: **show ip route**

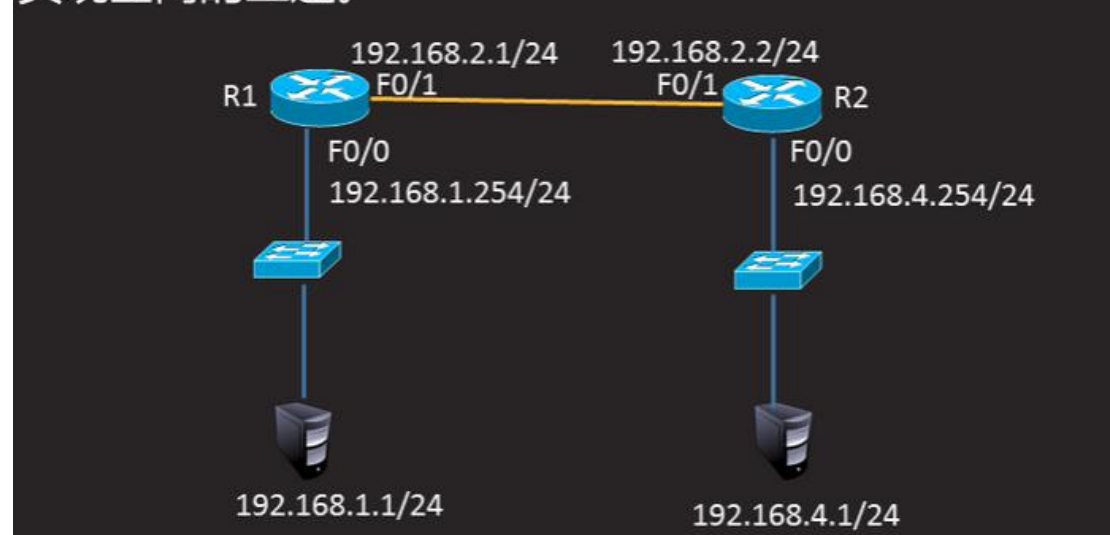
（C 直连路由; S 静态路由; S*默认路由）

实操

1 配置静态路由

Router(config)#ip route 目标网络ID 子网掩码 下一跳

按如下网络拓扑配置接口IP地址并通过静态路由的配置实现全网的互通。



1) R1上配置接口IP

```
01. R1(config)#interface FastEthernet 0/0
02. R1(config-if)#ip address 192.168.1.254 255.255.255.0
03. R1(config-if)#no shutdown
04. R1(config-if)#exit
05. R1(config)#interface FastEthernet 0/1
06. R1(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
07. R1(config-if)#no shutdown
```

2) R2上配置接口IP

```
01. R2(config)#interface FastEthernet 0/1
02. R2(config-if)#ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
03. R2(config-if)#no shutdown
04. R2(config-if)#exit
05. R2(config)#interface FastEthernet 0/0
06. R2(config-if)#ip address 192.168.4.254 255.255.255.0
07. R2(config-if)#no shutdown
```

3) R1上添加静态路由

```
01. R1(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 192.168.2.2
```

4) R1上查看路由表

```
01. R1#show ip route
02. Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
03.         D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
04.         N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
05.         E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
06.         i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
07.         * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
08.         P - periodic downloaded static route
09. Gateway of last resort is not set
10. C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
11. C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
12. S 192.168.4.0/24 [1/0] via 192.168.2.2 //S表示静态路由
```

4 配置默认路由

5) R2上添加静态路由

```
01. R2(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.2.1
```

6) R2上查看路由条目

```
01. R2#show ip route
02. Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
03.         D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
04.         N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
05.         E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
06.         i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
07.         * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
08.         P - periodic downloaded static route
09. Gateway of last resort is not set
10. S    192.168.1.0/24 [1/0] via 192.168.2.1           //S表示静态路由
11. C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
12. C    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

7) 配置PC1的IP地址为192.168.1.1，网关为192.168.1.254

8) 配置PC2的IP地址为192.168.4.1，网关为192.168.4.254

9) 测试网络连通性PC1 ping 192.168.4.1

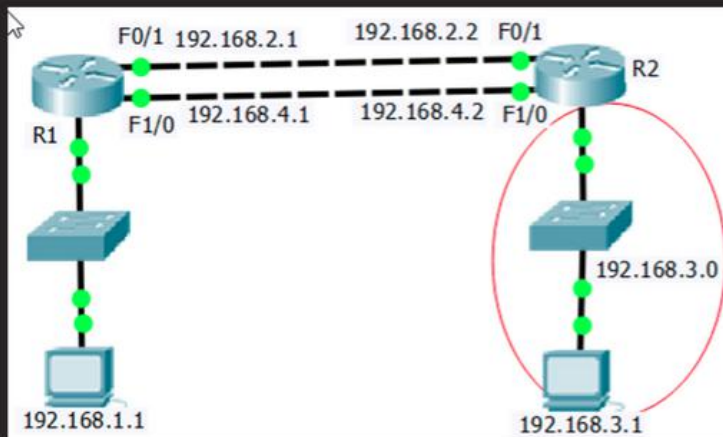
小结：数据包要想通过路由器到达另一个网段，必须设置静态路由，告诉路由器要想将数据包传到目的网段需要网哪个方向走，需要把数据包交给谁才可以到达

显示目标主机不可达：是第一个路由器没有设置静态路由，也就是没有告诉第一个路由器下一步到底交给谁

显示请求超时：第二个路由器没有设置回来的静态路由，也就是数据包可以送过去，但是收不到回包

2 浮动静态路由配置

• 浮动静态路由配置



R1(config)#ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 192.168.2.2

R1(config)#ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 192.168.4.2 50

//该实例在案例 1 的基础上，如果路由器是用的 2911，那么就不用添加物理接口模块，如果是 2811，需要先在特权模式下 write 保存，然后在添加物理接口模块

3) 配置R1的F1/0接口IP

01. R1(config)#interface FastEthernet 1/0
02. R1(config-if)#ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
03. R1(config-if)#no shutdown

4) 配置R2的F1/0接口IP

01. R2(config)#interface FastEthernet 1/0
02. R2(config-if)#ip address 192.168.3.2 255.255.255.0
03. R2(config-if)#no shutdown

5) R1上添加静态浮动路由

01. R1(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 192.168.3.2 50 //管理距离50

6) R2上添加静态浮动路由

01. R2(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.3.1 50 //管理距离50

7) R1上查看路由表

```
01. R1#show ip route
02. Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
03.         D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
04.         N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
05.         E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
06.         i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
07.         * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
08.         P - periodic downloaded static route
09. Gateway of last resort is not set
10. C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
11. C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
12. C    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
13. S    192.168.4.0/24 [1/0] via 192.168.2.2 //只有下一跳为192.168.2.2的静态路由
```

8) 禁用F/0/1接口

```
01. R1(config)#interface fastEthernet 0/1
02. R1(config-if)#shutdown
```

9) R1上查看路由表

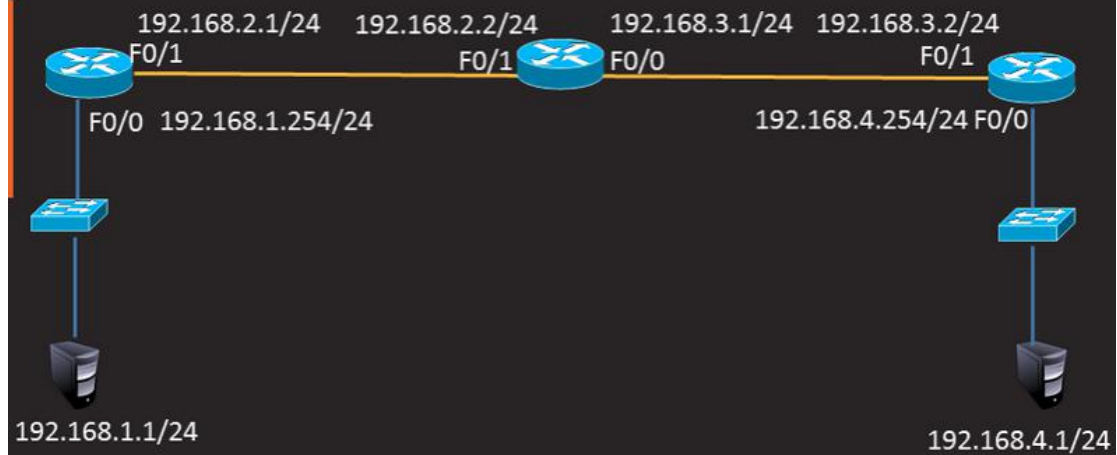
```
01. C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
02. S    192.168.4.0/24 [50/0] via 192.168.3.2//下一跳接口为192.168.4.2的路由生效
03. C    192.168.4.0/24 is directly connected, FastEthernet1/0
```

10) 测试网络连通性PC1 ping 192.168.4.1

```
01. PC>ping 192.168.4.1
02. Pinging 192.168.4.1 with 32 bytes of data:
03. Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=0ms TTL=126
04. Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=10ms TTL=126
05. Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=11ms TTL=126
06. Reply from 192.168.4.1: bytes=32 time=1ms TTL=126
07. Ping statistics for 192.168.4.1:
08.     Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
09.     Approximate round trip times in milli-seconds:
10.         Minimum = 0ms, Maximum = 11ms, Average = 5ms
```

3 配置多路由的静态路由

按如下网络拓扑配置接口IP地址并通过静态路由的配置实现全网的互通。



1) R1上配置接口IP

```
01. Router(config)#interface fastEthernet 0/0
02. R1(config-if)#ip address 192.168.1.254 255.255.255.0
03. R1(config-if)#no shutdown
04. R1(config-if)#exit
05. R1(config)#interface fastEthernet 0/1
06. R1(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
07. R1(config-if)#no shutdown
```

2) R2上配置接口IP

```
01. R2(config)#interface f0/1
02. R2(config-if)#ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
03. R2(config-if)#no shutdown
04. R2(config-if)#exit
05. R2(config)#interface fastEthernet 0/0
06. R2(config-if)#ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
07. R2(config-if)#no shutdown
```


3)R3上配置接口IP

```
01. R3(config)#interface FastEthernet 0/1
02. R3(config-if)#ip address 192.168.3.2 255.255.255.0
03. R3(config-if)#no shutdown
04. R3(config-if)#exit
05. R3(config)#interface FastEthernet 0/0
06. R3(config-if)#ip address 192.168.4.254 255.255.255.0
07. R3(config-if)#no shutdown
```

4) R1、R2、R3上分别添加静态路由

```
01. R1(config)#ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 192.168.2.2
02. R1(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 192.168.2.2
03. R2(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.2.1
04. R2(config)#ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 192.168.3.2
05. R3(config)#ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.3.1
06. R3(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.3.1
```

5) R1上查看路由表

```
01. R1#show ip route
02. Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
03.         D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
04.         N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
05.         E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
06.         i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
07.         * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
08.         P - periodic downloaded static route
09. Gateway of last resort is not set
10. C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
11. C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
12. S 192.168.3.0/24 [1/0] via 192.168.2.2 //静态路由
13. S 192.168.4.0/24 [1/0] via 192.168.2.2 //静态路由
```

6) R2上查看路由表

```
01. R2#show ip route
02. Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
03.         D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
04.         N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
05.         E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
06.         i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
07.         * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
08.         P - periodic downloaded static route
09. Gateway of last resort is not set
10. S 192.168.1.0/24 [1/0] via 192.168.2.1 //静态路由
11. C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
12. C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
13. S 192.168.4.0/24 [1/0] via 192.168.3.2 //静态路由
```

7) R3上查看路由表

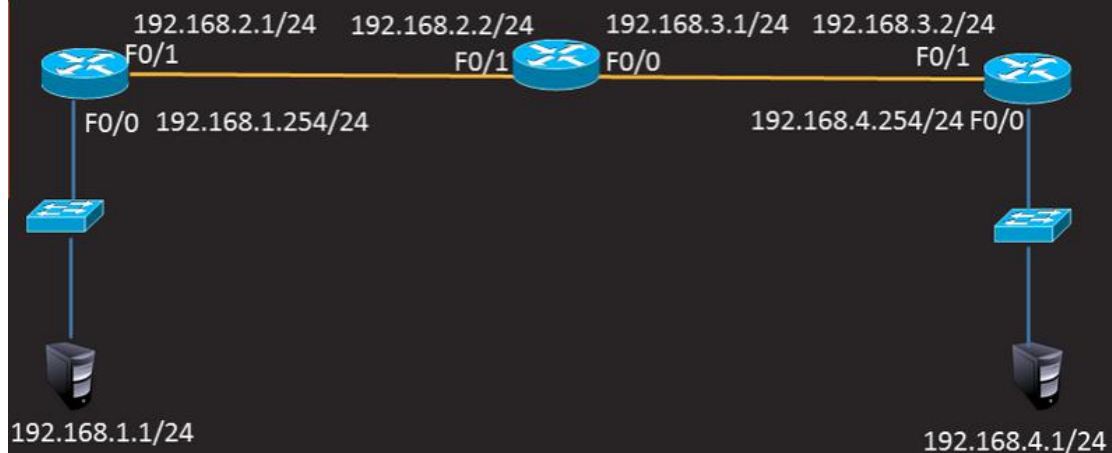
```
01. R3#show ip route
02. Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
03.         D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
04.         N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
05.         E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
06.         i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
07.         * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
08.         P - periodic downloaded static route
09. Gateway of last resort is not set
10. S 192.168.1.0/24 [1/0] via 192.168.3.1 //静态路由
11. S 192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.3.1 //静态路由
12. C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
13. C 192.168.4.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

8) 按图-4配置PC的IP地址

9) 测试网络连通性,PC1 ping 192.168.2.2、192.168.3.1、192.168.3.2、192.168.4.1

4 配置默认路由

按如下网络拓扑配置接口IP地址并通过静态路由、默认路由配置实现全网的互通。



1) 在案例3基础上删除R1与R3的静态路由

```
01. R1(config)#no ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 192.168.2.2
02. R1(config)#no ip route 192.168.4.0 255.255.255.0 192.168.2.2
03. R3(config)#no ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.3.1
04. R3(config)#no ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 192.168.3.1
```

2) R1、R3添加默认路由

```
01. R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.2.2
02. R3(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.3.1
03. 12) R1上查看路由表
04. R1#show ip route
05. Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
06.         D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
07.         N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
08.         E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
09.         i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
10.         * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
11.         P - periodic downloaded static route
12. Gateway of last resort is 192.168.2.2 to network 0.0.0.0
13. C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
14. C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
15. S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.2.2 //默认路由
```


3) R1、R3上查看路由表

```
01. R1#show ip route
02. Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
03.         D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
04.         N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
05.         E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
06.         i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
07.         * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
08.         P - periodic downloaded static route
09. Gateway of last resort is 192.168.3.1 to network 0.0.0.0
10. C    192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
11. C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
12. S*   0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.2.2    //默认路由

14. R3#show ip route
15. Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
16.         D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
17.         N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
18.         E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
19.         i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
20.         * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
21.         P - periodic downloaded static route
22. Gateway of last resort is 192.168.3.1 to network 0.0.0.0
23. C    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
24. C    192.168.4.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
25. S*   0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.3.1    //默认路由
```

4) 测试网络连通性,PC1 ping 192.168.4.1