



# 第五单元 网络层

## -路由协议

- 有类网的IP路由选择
- 无类网的IP路由选择
- 路由协议
- 自治系统
- 路由算法



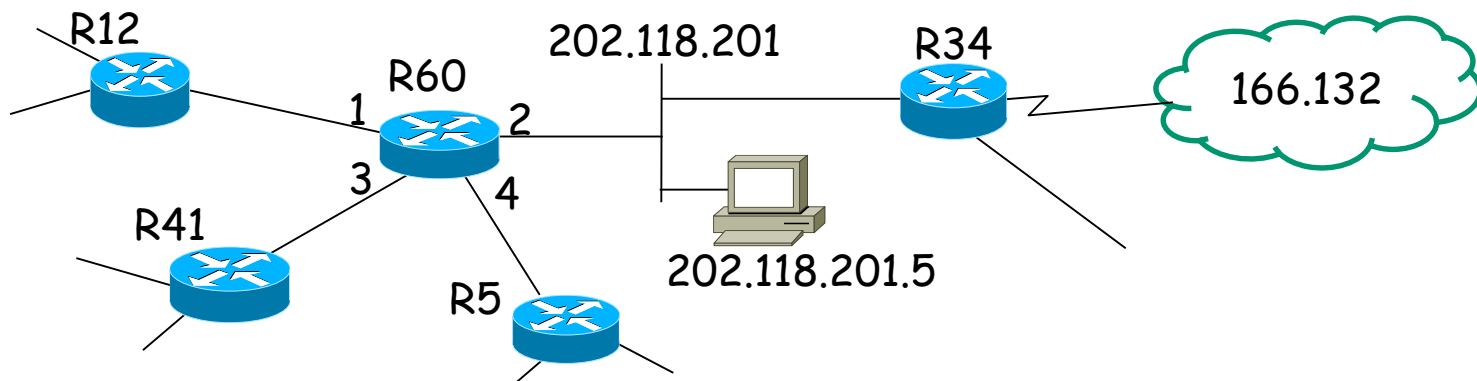
2019.4.25 13:40 isszym

# 有类网的IP路由选择

默认路由、

R60's 路由表		
目的网络号	下一跳	接口
10	R12	1
166.132	R34	2
195.42.21	R41	3
202.118.201	-	2
default	R5	4

166.132.1.1 ?  
202.118.201.5 ?  
211.1.2.3 ?



如果目的网络为直连网络，则下一跳(next hop)为空。路由表(routing table)有时也被称为转发表(forwarding table)。

## 有类网的路由选择算法：

利用数据包中的目的地址得到目的网络号，然后查询路由表：

如果查询的结果为直连网，

则直接把数据包从查出的接口转发到目的主机。

否则，如果查询得到下一跳(路由器)，则把数据包转发给下一跳，

如果没有查到任何匹配项，则把数据包转发给默认路由器，

如果没有设置默认路由，则丢弃该数据包。

# 无类网的IP路由选择

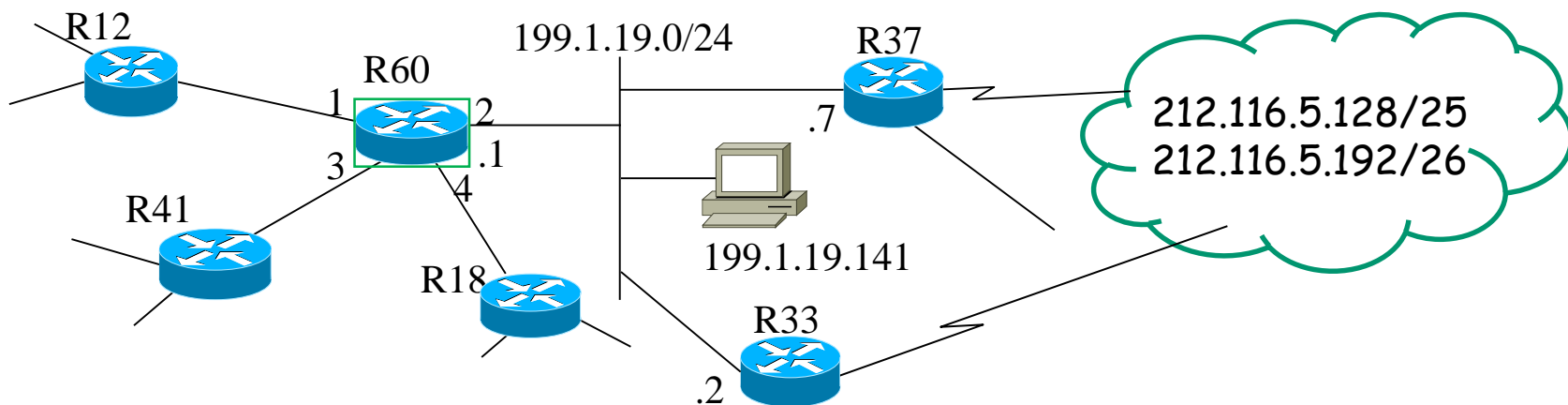
路由表			
子网号	子网掩码	下一跳	接口
212.116.5.128	255.255.255.128	R37	2
199.1.19.0	255.255.255.0	-	2
212.116.5.192	255.255.255.192	R33	2
0.0.0.0	0.0.0.0	R18	4

QA: how to forward packets with the following dest addr:

199.1.19.141  
212.116.5.131  
66.5.10.100  
212.116.5.221

default route

- ◆ 匹配方法: 目的IP地址 and 子网掩码 = 子网号?
- ◆ 最长匹配原则(The longest match rule): 当有多条路由都匹配时选择子网掩码最长的路由。



## 无类网的路由选择算法:

; 路由器收到一个IP数据报之后将用这个数据报的IP地址查询路由表:

```
for each forwarding table entry <SubnetNumber, SubnetMask, NextHop>
  if SubnetMask & dest. IP address = SubnetNumber
    if NextHop is an interface
      deliver datagram directly to destination
    else
      deliver datagram to NextHop (a router)
```

\* 这里省略了封装成帧和发送帧的过程

## Windows 7 的路由表

网卡没连接时相应的路由会被删除

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\Administrator>route PRINT
IPv4 Route Table
=====
Interface List
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x10003 ...00 18 8b b6 3a c8 ..... Broadcom 440x 10/100 Integrated Controller
0x10004 ...00 19 d2 2c dd 40 ..... Intel(R) PRO/Wireless 3945ABG Network Connec
=====
Active Routes:
Network Destination        Netmask          Gateway          Interface        Metric
0.0.0.0                    0.0.0.0          192.168.2.1      192.168.2.101    25
127.0.0.0                  255.0.0.0        127.0.0.1        127.0.0.1        1
192.168.2.0                255.255.255.0    192.168.2.101    192.168.2.101    25
192.168.2.101              255.255.255.255  127.0.0.1        127.0.0.1        25
192.168.2.255              255.255.255.255  192.168.2.101    192.168.2.101    25
224.0.0.0                  240.0.0.0        192.168.2.101    192.168.2.101    25
255.255.255.255            255.255.255.255  192.168.2.101    192.168.2.101    1
255.255.255.255            255.255.255.255  192.168.2.101    10003            1
Default Gateway:          192.168.2.1
=====
Persistent Routes: None
C:\Documents and Settings\Administrator>_
微软拼音 半:
```

If more than one entries match and the lengths of their subnet mask are equal, the route with the least metric will be selected. If the metrics are the same, all the routes are selected, e.g. the last two routes will match the broadcast addr. at the same time.

## Windows 8 的路由表

```
管理员: 命令提示符

C:\temp>route PRINT
=====
接口列表
16...84 a6 c8 c0 bb cf .....Microsoft Wi-Fi Direct 虚拟适配器
15...84 a6 c8 c0 bb d2 .....Bluetooth 设备(个人区域网)
13...84 a6 c8 c0 bb ce .....Intel(R) Centrino(R) Wireless-N 2230
12...5c f9 dd 50 84 36 .....Qualcomm Atheros AR8161 PCI-E 千兆以太网控制器 (ND
IS 6.30)
1.....Software Loopback Interface 1
18...00 00 00 00 00 00 00 e0 Teredo Tunneling Pseudo-Interface
23...00 00 00 00 00 00 00 e0 Microsoft ISATAP Adapter #5
=====

IPv4 路由表
=====
活动路由:
网络目标      网络掩码      网关      接口      跃点数
0.0.0.0        0.0.0.0        10.37.10.95  10.37.10.132  25
10.37.10.0      255.255.255.0      在链路上      10.37.10.132  281
10.37.10.132    255.255.255.255    在链路上      10.37.10.132  281
10.37.10.255    255.255.255.255    在链路上      10.37.10.132  281
127.0.0.0       255.0.0.0       在链路上      127.0.0.1     306
127.0.0.1       255.255.255.255    在链路上      127.0.0.1     306
127.255.255.255 255.255.255.255    在链路上      127.0.0.1     306
224.0.0.0       240.0.0.0       在链路上      127.0.0.1     306
224.0.0.0       240.0.0.0       在链路上      10.37.10.132  281
255.255.255.255 255.255.255.255    在链路上      127.0.0.1     306
255.255.255.255 255.255.255.255    在链路上      10.37.10.132  281
=====
永久路由:
无
```

# Windows 10 的路由表

```
C:\Users\isszym>route PRINT
=====
接口列表
18...36 68 95 ed fd 65 .....Microsoft Wi-Fi Direct Virtual Adapter
9...36 68 95 ed f5 65 .....Microsoft Wi-Fi Direct Virtual Adapter #2
6...9c eb e8 24 29 06 .....Realtek USB GbE Family Controller
7...34 68 95 ed fd 65 .....Broadcom 802.11ac 网络适配器
21...34 68 95 ed fd 66 .....Bluetooth Device (Personal Area Network)
1.....Software Loopback Interface 1
=====

IPv4 路由表
=====
活动路由:
网络目标      网络掩码      网关      接口      跃点数
0.0.0.0      0.0.0.0      0.0.0.0      192.168.1.1      55
0.0.0.0      0.0.0.0      0.0.0.0      192.168.1.1      35
127.0.0.0      255.0.0.0      在链路上      127.0.0.1      331
127.0.0.1      255.255.255.255      在链路上      127.0.0.1      331
127.255.255.255      255.255.255.255      在链路上      127.0.0.1      331
192.168.1.0      255.255.255.0      在链路上      192.168.1.100      311
192.168.1.0      255.255.255.0      在链路上      192.168.1.136      291
192.168.1.100      255.255.255.255      在链路上      192.168.1.100      311
192.168.1.136      255.255.255.255      在链路上      192.168.1.136      291
192.168.1.255      255.255.255.255      在链路上      192.168.1.100      311
192.168.1.255      255.255.255.255      在链路上      192.168.1.136      291
224.0.0.0      240.0.0.0      在链路上      127.0.0.1      331
224.0.0.0      240.0.0.0      在链路上      192.168.1.100      311
224.0.0.0      240.0.0.0      在链路上      192.168.1.136      291
255.255.255.255      255.255.255.255      在链路上      127.0.0.1      331
255.255.255.255      255.255.255.255      在链路上      192.168.1.100      311
255.255.255.255      255.255.255.255      在链路上      192.168.1.136      291
=====
永久路由:
无
```

192.168.1.136--USB GbE    192.168.1.100--802.11ac



## win10 只有无线网（有线网未连接）

```
C:\Users\isszym>route PRINT
```

### 接口列表

```
18...36 68 95 ed fd 65 .....Microsoft Wi-Fi Direct Virtual Adapter
 7...34 68 95 ed fd 65 .....Broadcom 802.11ac 网络适配器
21...34 68 95 ed fd 66 .....Bluetooth Device (Personal Area Network)
 1.....Software Loopback Interface 1
```

### IPv4 路由表

#### 活动路由:

网络目标	网络掩码	网关	接口	跃点数
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.1.1	192.168.1.100	55
127.0.0.0	255.0.0.0	在链路上	127.0.0.1	331
127.0.0.1	255.255.255.255	在链路上	127.0.0.1	331
127.255.255.255	255.255.255.255	在链路上	127.0.0.1	331
192.168.1.0	255.255.255.0	在链路上	192.168.1.100	311
192.168.1.100	255.255.255.255	在链路上	192.168.1.100	311
192.168.1.255	255.255.255.255	在链路上	192.168.1.100	311
224.0.0.0	240.0.0.0	在链路上	127.0.0.1	331
224.0.0.0	240.0.0.0	在链路上	192.168.1.100	311
255.255.255.255	255.255.255.255	在链路上	127.0.0.1	331
255.255.255.255	255.255.255.255	在链路上	192.168.1.100	311

#### 永久路由:

无

# win10 只有有线网（无线网未连接）

```
C:\Users\isszym>route PRINT
=====
接口列表
 6...9c eb e8 24 29 06 .....Realtek USB GbE Family Controller
21...34 68 95 ed fd 66 .....Bluetooth Device (Personal Area Network)
1.....Software Loopback Interface 1
=====

IPv4 路由表
=====
活动路由:
网络目标      网络掩码      网关      接口      跃点数
      0.0.0.0      0.0.0.0      192.168.1.1      192.168.1.136      35
      127.0.0.0      255.0.0.0      在链路上      127.0.0.1      331
      127.0.0.1      255.255.255.255      在链路上      127.0.0.1      331
127.255.255.255      255.255.255.255      在链路上      127.0.0.1      331
192.168.1.0      255.255.255.0      在链路上      192.168.1.136      291
192.168.1.136      255.255.255.255      在链路上      192.168.1.136      291
192.168.1.255      255.255.255.255      在链路上      192.168.1.136      291
      224.0.0.0      240.0.0.0      在链路上      127.0.0.1      331
      224.0.0.0      240.0.0.0      在链路上      192.168.1.136      291
255.255.255.255      255.255.255.255      在链路上      127.0.0.1      331
255.255.255.255      255.255.255.255      在链路上      192.168.1.136      291
=====
永久路由:
无
```

## Win 10 断开所有网络:

```
C:\Users\isszym>route PRINT
```

### 接口列表

```
18...36 68 95 ed fd 65 .....Microsoft Wi-Fi Direct Virtual Adapter
 9...36 68 95 ed f5 65 .....Microsoft Wi-Fi Direct Virtual Adapter #2
 7...34 68 95 ed fd 65 .....Broadcom 802.11ac 网络适配器
21...34 68 95 ed fd 66 .....Bluetooth Device (Personal Area Network)
 1.....Software Loopback Interface 1
```

### IPv4 路由表

#### 活动路由:

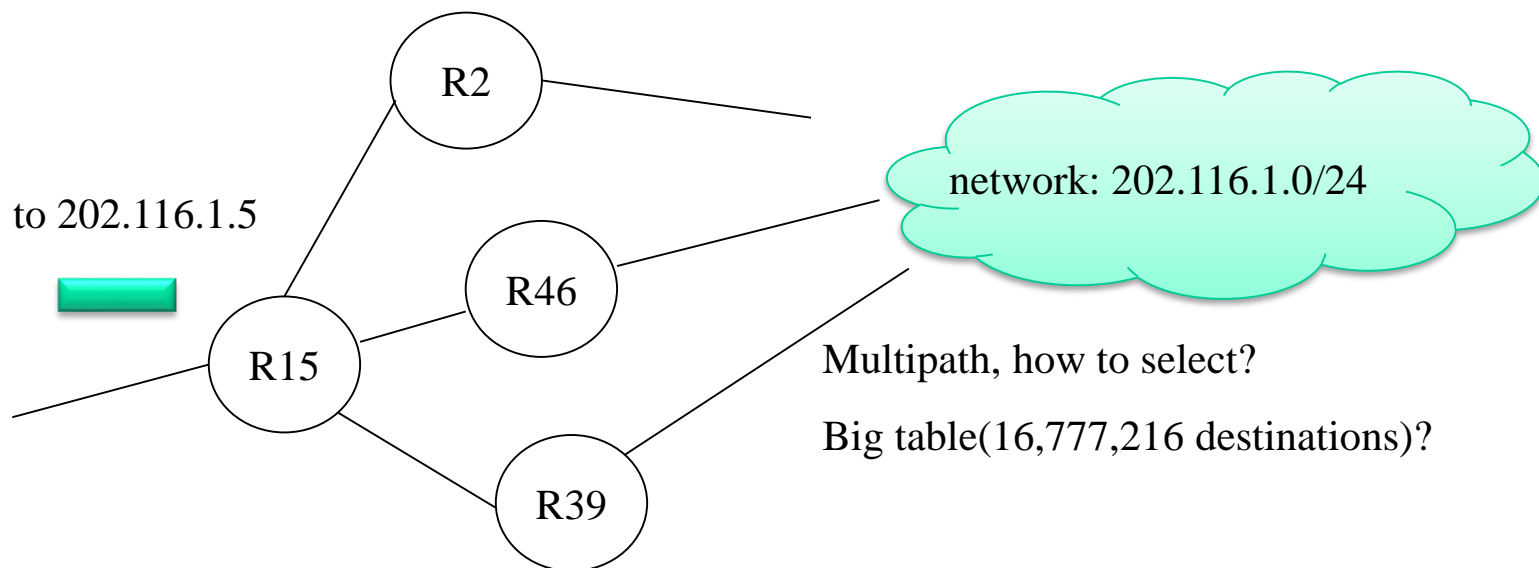
网络目标	网络掩码	网关	接口	跃点数
127.0.0.0	255.0.0.0		在链路上	127.0.0.1 331
127.0.0.1	255.255.255.255		在链路上	127.0.0.1 331
127.255.255.255	255.255.255.255		在链路上	127.0.0.1 331
224.0.0.0	240.0.0.0		在链路上	127.0.0.1 331
255.255.255.255	255.255.255.255		在链路上	127.0.0.1 331

#### 永久路由:

无

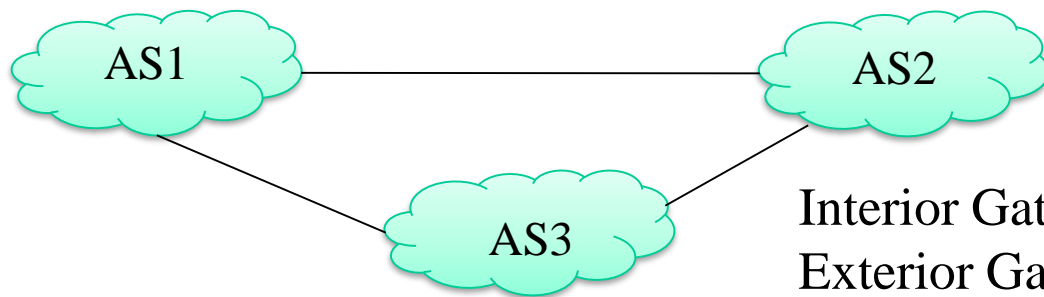
# 路由协议

- ❑ 路由器在收到一个数据报之后用其目的地址查找路由表(**routing tables**)得到下一跳，再把该数据报转发给下一跳。
- ❑ 路由表可以由管理员手工建立，也可以由**路由协议(routing protocols)**自动建立。所建立的路由分别称为**静态路由**和**动态路由**。默认路由和直连路由都是静态路由。



如何找路？如何建立路由表？

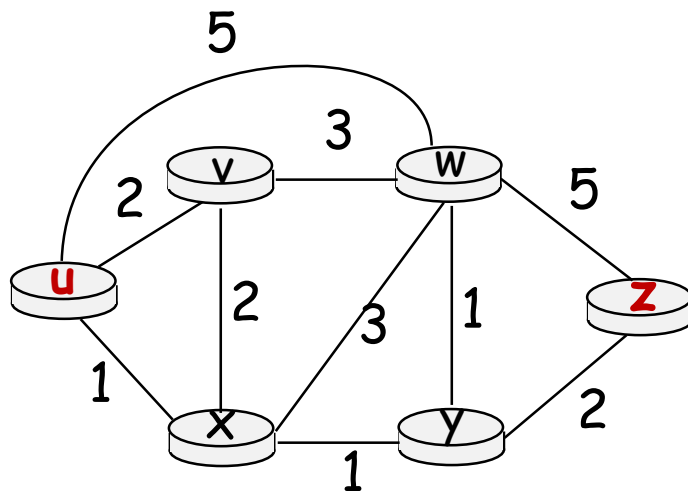
# 自治系统



- 整个因特网实际上由很多机构进行管理。每个机构管理自己的网络，它们有权决定采用什么协议和网络控制策略。这样在同一个机构管理下的网络称为一个**自治系统** (autonomous systems, AS)。也就是说因特网实际上是由很多自治系统构成的。
- 用于在AS内 (Intra-AS) 建立动态路由的路由协议称为**内部网关协议** (Interior Gateway Protocols, IGP)。例如，RIP协议和OSPF协议。一个AS通常运行单一IGP。
- 用于在AS之间 (Inter-AS) 建立动态路由的路由协议称为**外部网关协议** (Exterior Gateway Protocol, EGP)。例如，BGP协议。
- 运行同一个IGP协议的连通区域也称为**路由选择域** (routing domain)。一个AS可以运行多个IGP协议，形成多个路由选择域。

# 路由算法

图  $G = (N, E)$



- 结点集合  $N = \{\text{routers}\} = \{u, v, w, x, y, z\}$
- 边集合  $E = \{\text{links}\} = \{(u,v), (u,x), (v,x), (v,w), (x,w), (x,y), (w,y), (w,z), (y,z)\}$
- $c(x_i, x_j)$  为链路  $(x_i, x_j)$  的开销 (cost), 其中,  $x_i \in N, x_j \in N$ 。
- 路径  $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_p)$  的开销  $= c(x_1, x_2) + c(x_2, x_3) + \dots + c(x_{p-1}, x_p)$

问题: 结点  $u$  和  $z$  之间具有最小开销的路径 (最短路径) 是什么?

路由算法 (Routing algorithm): 找最短路径的算法

link state 和 distance vector

# 总结

- 有类网的**IP**路由选择
- 无类网的**IP**路由选择
- 路由协议
- 自治系统
- 路由算法