



第五单元 网络层

-路由协议

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



2016.4.20 isszym

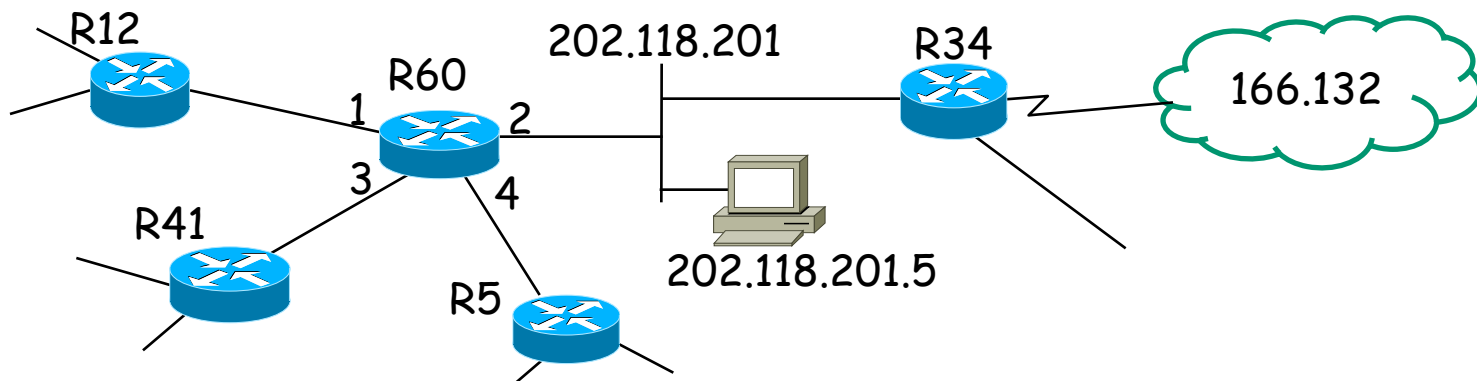
有类网中的IP路由选择

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 ?

查不到就丢包



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。

无类网络的IP路由选择

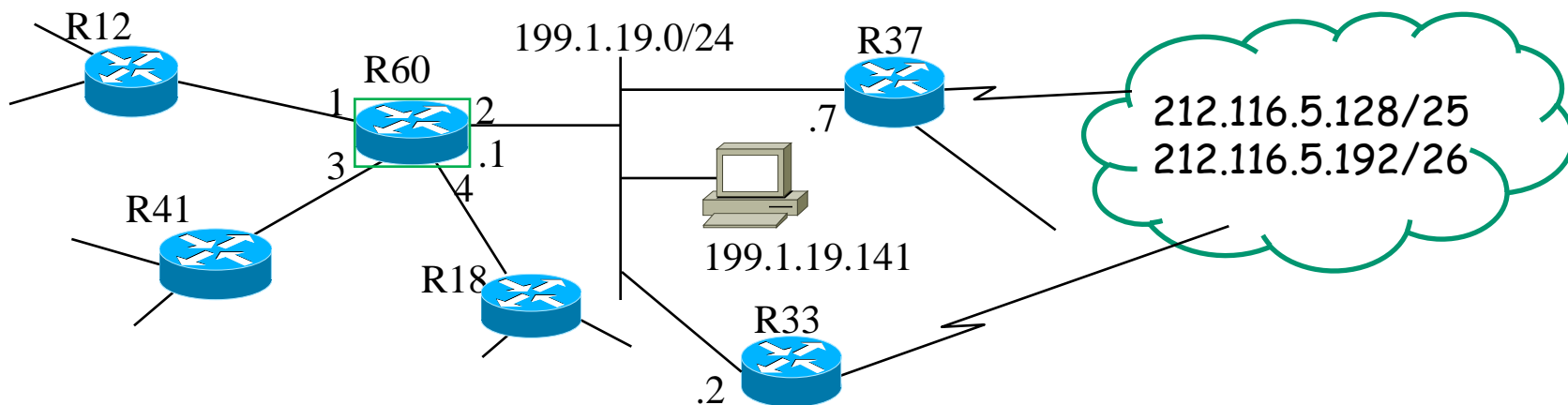
路由表			
子网号	子网掩码	下一跳	接口
212.116.5.128	255.255.255.128	R37	2
199.1.19.0	255.255.255.0	-	2
212.116.5.192	255.255.255.192	R33	2
0.0.0.0	0.0.0.0	R18	4

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。 **越长越详细**



无类网的路由选择算法:

```
; after a router receives a IP packet, it will query the routing table
;   with the dest. IP address:
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)
```

有下一跳，且是点到点网，直接发送；有下一跳，且是多路访问网，ARP协议得到下一跳的MAC地址，将之封装成帧，用CSMA/CD协议发送帧

没有下一跳，且是多路访问网，从IP数据报取出目的IP地址，用ARP协议转换为MAC地址，将之封装成帧，发送；没有下一跳，且是点到点网，直接发送。

默认网关有两个，采用先匹配的

Windows 7 的路由表

```
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

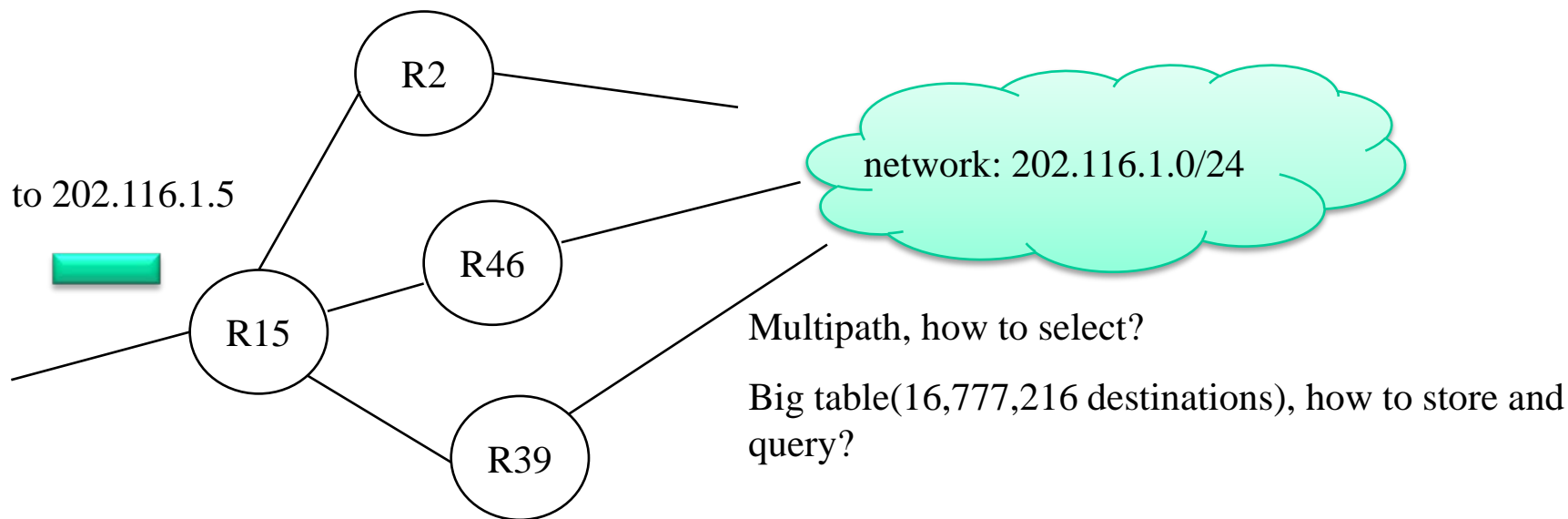
C:\temp>route PRINT
=====
接口列表
16...84 a6 c8 c0 bb cf .....Microsoft Wi-Fi Direct 虚拟适配器
15...84 a6 c8 c0 bb d2 .....Bluetooth 设备(个人区域网)
13...84 a6 c8 c0 bb ce .....Intel(R) Centrino(R) Wireless-N 2230
12...5c f9 dd 50 84 36 .....Qualcomm Atheros AR8161 PCI-E 千兆以太网控制器 (ND
IS 6.30)
1.....Software Loopback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

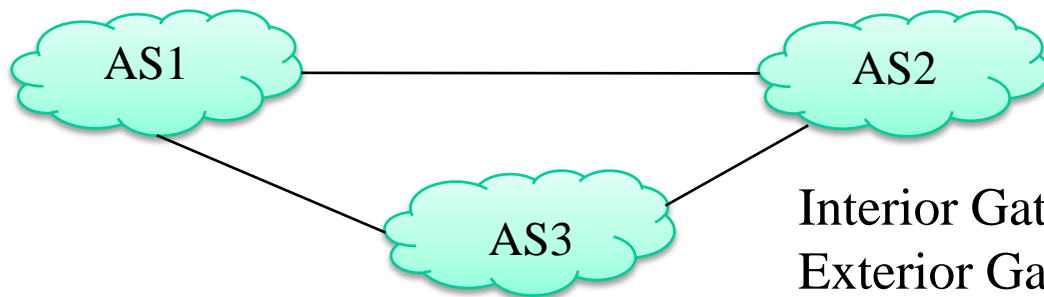
永久路由:
无
```

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。



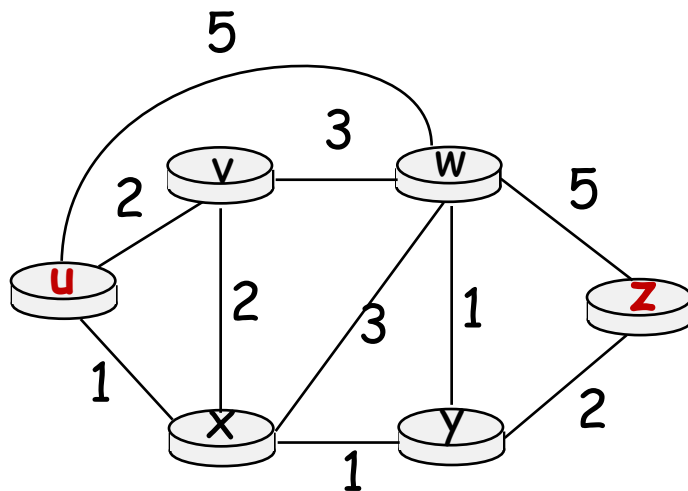
自治系统



- 整个因特网实际上有很多机构管理，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，**EGP协议，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。**
- **每个中转AS (transit AS) 都需要由IANA分配一个AS号，而末端AS (stub AS) 不需要AS号。连入多个中转AS的末端AS 称为多穴AS (multi-homed AS)。**

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)。
- 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

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