



# 计算机网络与通信技术

## 第四章 网络层

北京交通大学 刘彪



# 计算机网络与通信技术

知识点：无分类编址

北京交通大学 刘彪



# 问题

## 4.5 IP数据报格式

## 4.6 IP地址和MAC地址

## 4.7 划分子网

## 4.8 无分类编址

1985年制定的标准——划分子网，由于它的灵活性，在一定程度上缓解了互联网在发展中遇到的困难。然而在 1992 年因特网仍然面临三个必须尽早解决的问题，这就是：

- B 类地址在 1992 年已分配了近一半，眼看就要在 1994 年 3 月全部分配完毕！
- 互联网主干网上的路由表中的项目数急剧增长（从几千个增长到几万个）。
- 整个 IPv4 的地址空间最终将全部耗尽。



# 无分类编址

## 4.5 IP数据报格式

## 4.6 IP地址和MAC地址

## 4.7 划分子网

## 4.8 无分类编址

- 1987 年, RFC 1009 就指明了在一个划分子网的网络中可同时使用几个不同的子网掩码。
- 使用变长子网掩码 **VLSM** (Variable Length Subnet Mask)可进一步提高 IP 地址资源的利用率。
- 在 VLSM 的基础上又进一步研究出**无分类编址**方法, 它的正式名字是**无分类域间路由选择 CIDR** (Classless Inter-Domain Routing)。



# 网络前缀

## 4.5 IP数据报格式

## 4.6 IP地址和MAC地址

## 4.7 划分子网

## 4.8 无分类编址

- CIDR 消除了传统的 A 类、B 类和 C 类地址以及划分子网的概念，因而可以更加有效地分配 IPv4 的地址空间。
- CIDR 使用各种长度的“网络前缀” (network-prefix) 来代替分类地址中的网络号和子网号。
- IP 地址从三级编址（使用子网掩码）又回到了两级编址。



# 无分类的两级编址

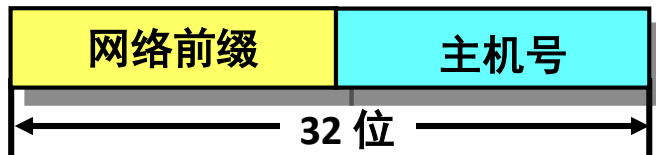
## 4.5 IP数据报格式

## 4.6 IP地址和MAC地址

## 4.7 划分子网

## 4.8 无分类编址

- 无分类的两级编址的记法是：



IP地址 ::= {<网络前缀>, <主机号>}

- CIDR 使用“斜线记法” (slash notation), 它又称为 **CIDR 记法**, 即在 IP 地址后面加上一个斜线 “/”, 然后写上网络前缀所占的位数 (这个数值对应于三级编址中子网掩码中 1 的个数)。
- 例如: 220.78.168.0/24



# CIDR地址块

## 4.5 IP数据报格式

## 4.6 IP地址和MAC地址

## 4.7 划分子网

## 4.8 无分类编址

- CIDR 把网络前缀都相同的连续的 IP 地址组成“**CIDR 地址块**”。
- 128.14.32.0/20 表示的地址块**共有**  $2^{12}$  **个地址**（因为斜线后面的 **20 是网络前缀的位数**，所以这个地址的主机号是 12 位）。
  - 在不需要指出地址块的起始地址时，也可将这样的地址块简称为“**/20 地址块**”。
  - **全 0 和全 1 的主机号地址一般不使用。**



# CIDR地址块

4.5 IP数据报格式

4.6 IP地址和MAC地址

4.7 划分子网

4.8 无分类编址

128.14.32.0/20 表示的地址 ( $2^{12}$  个地址)

最小地址 →

10000000 00001110 00100000 00000000

10000000 00001110 00100000 00000001

10000000 00001110 00100000 00000010

10000000 00001110 00100000 00000011

10000000 00001110 00100000 00000100

10000000 00001110 00100000 00000101

...

...

10000000 00001110 00101111 11111011

10000000 00001110 00101111 11111100

10000000 00001110 00101111 11111101

10000000 00001110 00101111 11111110

最大地址 →

10000000 00001110 00101111 11111111

所有地址  
的 20 位  
前缀都是  
一样的





# 路由聚合

## 4.5 IP数据报格式

## 4.6 IP地址和MAC地址

## 4.7 划分子网

## 4.8 无分类编址

(route aggregation)

- 一个 CIDR 地址块可以表示很多地址，这种地址的聚合常称为**路由聚合**，也称为**构成超网** (supernetting)，它使得路由表中的一个项目可以表示很多个（例如上千个）原来传统分类地址的路由。
- 路由聚合有利于**减少**路由器之间的路由选择信息的交换，从而提高了整个互联网的性能。
- CIDR 虽然不使用子网了，但仍然使用“**掩码**”这一名词（但不叫子网掩码）。
- 例如对于 **/20** 地址块，它的掩码是20个连续的 1。



# CIDR 记法的其他形式

## 4.5 IP数据报格式

## 4.6 IP地址和MAC地址

## 4.7 划分子网

## 4.8 无分类编址

- 10.0.0.0/10 可简写为 10/10，也就是把点分十进制中低位连续的 0 省略。
- 10.0.0.0/10 隐含地指出 IP 地址 10.0.0.0 的掩码是 255.192.0.0。此掩码可表示为：

11111111 11000000 00000000 00000000

255 192 0 0

掩码中有 10 个连续的 1

- 网络前缀的后面加一个星号\* 的表示方法，如 00001010 00\*，在星号\* 之前是网络前缀，而星号\* 表示 IP 地址中的主机号，可以是任意值。



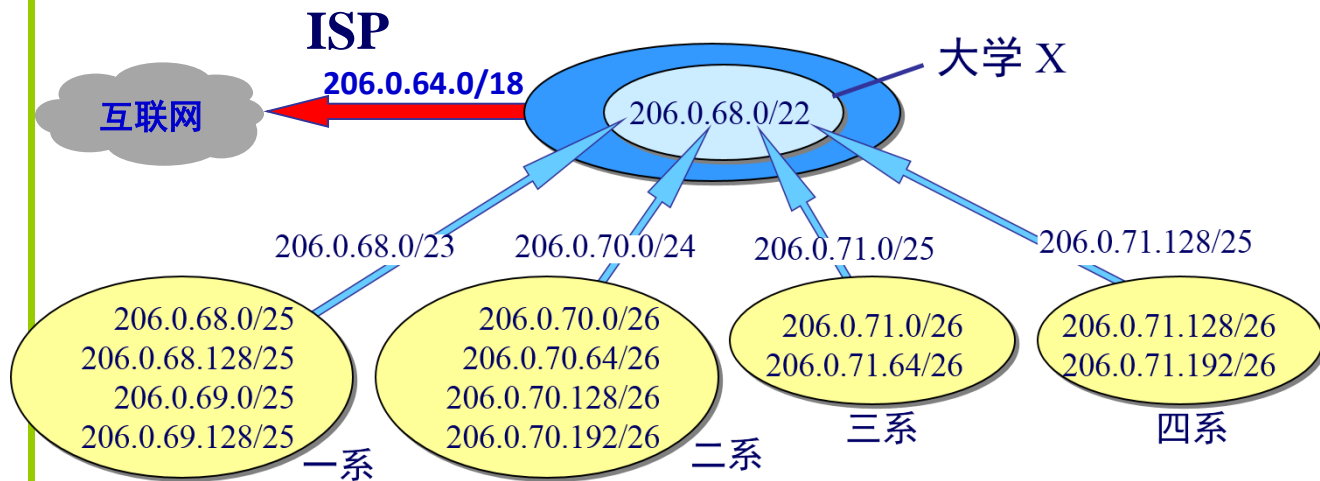
# CIDR地址块划分举例

4.5 IP数据报格式

4.6 IP地址和MAC地址

4.7 划分子网

4.8 无分类编址



这个 ISP 共有 64 个 C 类网络。如果不采用 CIDR 技术，则在与该 ISP 的路由器交换路由信息的每一个路由器的路由表中，就需要有 64 个项目。但采用地址聚合后，只需用路由聚合后的 1 个项目 206.0.64.0/18 就能找到该 ISP。

四系	206.0.71.128/25	11001110.00000000.01000111.1*	128
----	-----------------	-------------------------------	-----



# 最长前缀匹配

## 4.5 IP数据报格式

## 4.6 IP地址和MAC地址

## 4.7 划分子网

## 4.8 无分类编址

- 使用 CIDR 时，路由表中的每个项目由“网络前缀”和“下一跳地址”组成。在查找路由表时可能会得到不止一个匹配结果。
- 应当从匹配结果中选择具有最长网络前缀的路由：最长前缀匹配 (longest-prefix matching)，又称为最长匹配或最佳匹配。
- 网络前缀越长，其地址块就越小，因而路由就越具体 (more specific)。



# 最长前缀匹配举例

4.5 IP数据报格式

4.6 IP地址和MAC地址

4.7 划分子网

4.8 无分类编址

收到的分组的地址  $D = 206.0.71.130$

路由表中的项目:  $206.0.68.0/22$  1 (大学)  
 $206.0.71.128/25$  2 (四系)

查找路由表中的第 1 个项目:

第 1 个项目  $206.0.68.0/22$  的掩码  $M$  有 22 个连续的 1。

$M = 11111111\ 11111111\ 11111100\ 00000000$

因此只需把  $D$  的第 3 个字节转换成二进制。

$M = 11111111\ 11111111\ 11111100\ 00000000$

AND  $D = 206. \quad 0. \quad 01000111. \quad 130$

$206. \quad 0. \quad 01000100. \quad 0$

与  $206.0.68.0/22$  匹配!



# 最长前缀匹配举例

4.5 IP数据报格式

4.6 IP地址和MAC地址

4.7 划分子网

4.8 无分类编址

收到的分组的目的地地址  $D = 206.0.71.130$

路由表中的项目:  $206.0.68.0/22$  1

$206.0.71.128/25$  2

查找路由表中的第 2 个项目:

第 2 个项目  $206.0.71.128/25$  的掩码  $M$  有 25 个连续的 1。

$M = 11111111\ 11111111\ 11111100\ 00000000$

因此只需把  $D$  的第 4 个字节转换成二进制。

$M = 11111111\ 11111111\ 11111111\ 10000000$

AND  $D = 206.\quad 0.\quad 71.\ 10000010$

$206.\quad 0.\quad 71.\ 10000000$

与  $206.0.71.128/25$  匹配!



# 最长前缀匹配举例

4.5 IP数据报格式

4.6 IP地址和MAC地址

4.7 划分子网

4.8 无分类编址

$D \text{ AND } (11111111 \ 11111111 \ 11111100 \ 00000000)$   
 $= 206.0.68.0/22$       匹配

$D \text{ AND } (11111111 \ 11111111 \ 11111111 \ 10000000)$   
 $= 206.0.71.128/25$       匹配

选择两个匹配的地址中更具体的一个，即选择最长前缀的地址。



## 例题

4.5 IP数据报格式

4.6 IP地址和MAC地址

4.7 划分子网

4.8 无分类编址

- 假设下面有4个路由：172.18.129.0/24、172.18.130.0/24、172.18.132.0/24、172.18.133.0/24，如果这四个进行路由汇聚，能覆盖这四个路由的是\_\_\_\_\_？
- 172.18.128.0/21





## 例题

4.5 IP数据报格式

4.6 IP地址和MAC地址

4.7 划分子网

4.8 无分类编址

- 某公司拥有一个/22的地址块，以VLSM（Variable Length Subnet Mask，变长子网掩码）来划分子网。其中部门A拥有主机数500个、部门B拥有主机数250个、部门C拥有主机数120个、部门D拥有主机数60个、部门E拥有主机数25个、部门F拥有主机数12个。
  - 如果为这6个部门划分6个子网，请写出它们的子网掩码（尽量不要浪费IP地址）。
  - 还有多少个IP地址未分配子网。
  - 为什么非空子网的子网掩码不可以是255. 255. 255. 254。



# 例题

4.5 IP数据报格式

4.6 IP地址和MAC地址

4.7 划分子网

4.8 无分类编址

• (1)

主机数	IP地址空间	子网掩码
500	512	255.255.254.0
250	256	255.255.255.0
120	128	255.255.255.128
60	64	255.255.255.192
25	32	255.255.255.224
12	16	255.255.255.240

• (2) 还有16个IP地址没分配

• (3) 非空子网的子网掩码必须有独立主机，而子网掩码255.255.255.254主机位只有1位，其中0为网络号，1为广播号。对应的子网为空子网。最小非空子网的子网掩码为255.255.255.252



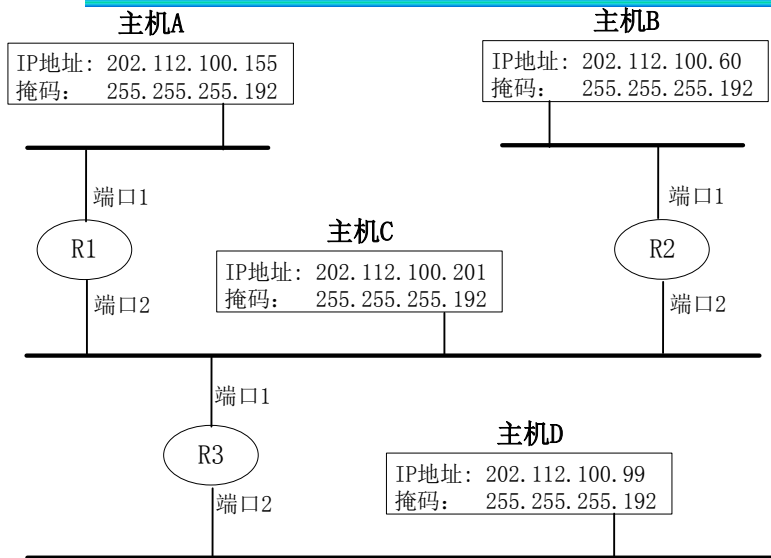
# 例题

## 4.5 IP数据报格式

## 4.6 IP地址和MAC地址

## 4.7 划分子网

## 4.8 无分类编址



- 1) 请写出R3的路由表
- 2) 如果将上述四个网络进行聚合, 请用CIDR的方式表示聚合之后的网络。
- 3) 把主机D所在的网络划分为四个同样大小的网络, 请写出划分之后的四个网络的起始和终止地址。



# 例题

4.5 IP数据报格式

4.6 IP地址和MAC地址

4.7 划分子网

4.8 无分类编址

1.

网络地址（CIDR）	下一跳
202.112.100.0/26	R2
202.112.100.64/26	端口2，直接交付
202.112.100.128/26	R1
202.112.100.192/26	端口1，直接交付

2. 聚合后的网路为：202.112.100.0/24 ；

3.划分的4个网络： ；

1)202.112.100.64 ——202.112.100.79

2)202.112.100.80 ——202.112.100.95

3)202.112.100.96 ——202.112.100.111

4)202.112.100.112 ——202.112.100.127



# 例题

4.5 IP数据报格式

4.6 IP地址和MAC地址

4.7 划分子网

4.8 无分类编址

- 1) 请写出R3的路由表

网络地址 (CIDR)	下一跳

- 2) 如果将上述四个网络进行聚合，请用CIDR的方式表示聚合之后的网络。
- 3) 把主机D所在的网络划分为四个同样大小的网络，请写出划分之后的四个网络的起始和终止地址。