



## 第 5 章 网络层(1)

课程名称： 计算机网络

主讲教师： 姚烨

课程代码： 1020100-1

第29-30讲

E-MAIL : [yaoye@nwpu.edu.cn](mailto:yaoye@nwpu.edu.cn)

2021 – 2022学年第一学期



# 本节课程位置

---

1. 概述

2. 物理层

3. 数据链路层

4. 局域网

5. 网络层

6. 传输层

7. 应用层

8. 广域网

9. 网络新技术



# 第 5 章 网络层

---

- 学习目的
  - 子网划分
- 阅读材料
  - 教材+参考教材（P78-P93）
- 引导要点
  - 有类IPV4地址分类；
  - 没有划分子网情况下，默认掩码计算方法和作用；
  - 如何划分子网，子网掩码计算方法和作用；
- 编程任务(无)
  - 思考问题：给你一个IP地址和子网掩码，计算得到网络地址、直接广播地址、可分配的IP地址范围；如何用C程序实现。

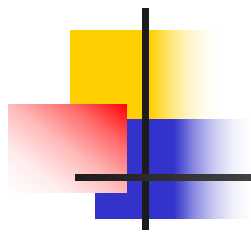


# 第五章：网络层

---

## 第1节：IPv4地址

- 一、因特网无连接服务
- 二、有类IPv4地址
- 三、划分子网和构建超网
  - 1. 划分子网
  - 2. 构造超网
- 四、无分类编址(CIDR)



问题1：因特网应该向用户提供怎样的服务？

答：提供无连接服务：尽最大努力转发分组服务。

# 引言—协议层次回顾

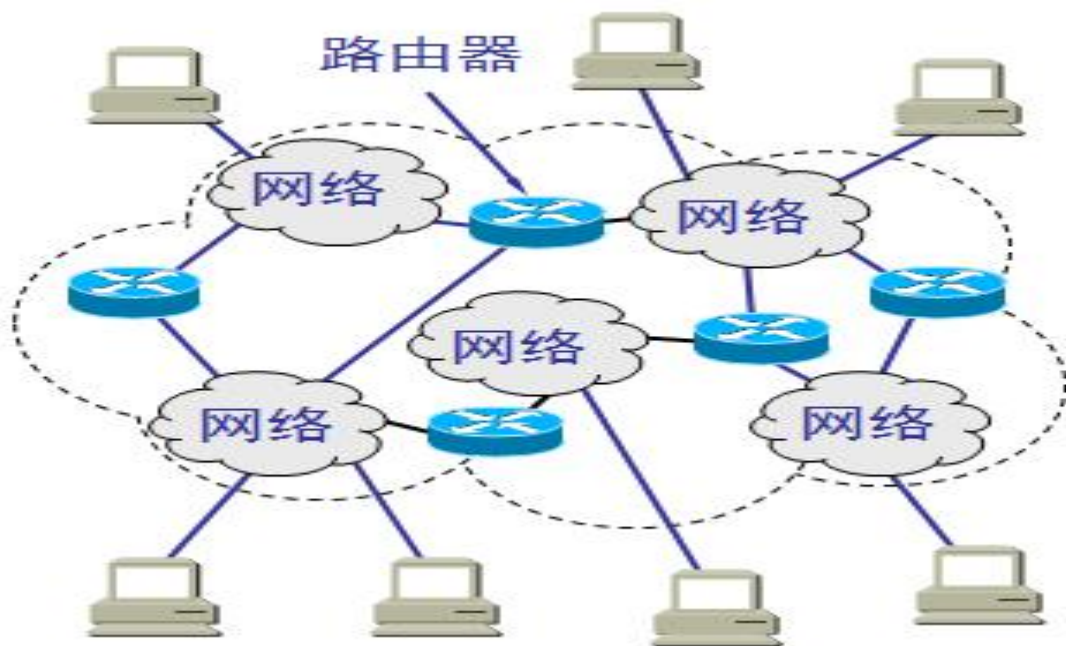
- 物理层：电信号编码/解码，多路复用，同步方式以及物理接口特性研究
- 数据链路层：将不可靠的物理线路转变为可靠的数据链路。
  - LLC层：差错控制，流量控制，数据链路管理。
  - MAC层：介质的访问控制、成帧。
- 网络层？





# 一、因特网无连接服务

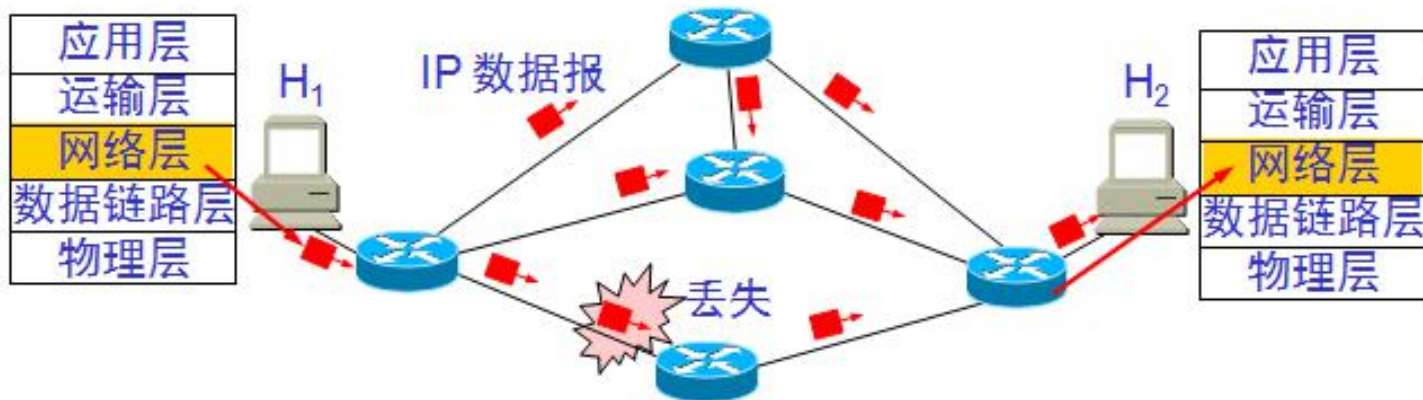
- 网络层应该向传输层提供怎样的服务（“面向连接”还是“无连接”）曾引起了长期的争论。
- 争论焦点的实质就是：在网络通信中，可靠传输应当由谁来负责？是网络还是端系统？



- 因特网设计基本原则：网络越简单越好，复杂功能交给端系统处理。

# 一、因特网无连接服务

- 网络层向上层（传输层）只提供简单的、灵活的、无连接的、尽最大努力交付的数据报服务；
- 端系统网络层发送与接收分组，交换设备对分组存储转发，查找路由表；可靠性谁解决？
- 网络在转发每一个分组（IP 数据报）独立路由，每个分组延不同路径到达目的终端，出现乱序。乱序处理谁解决？

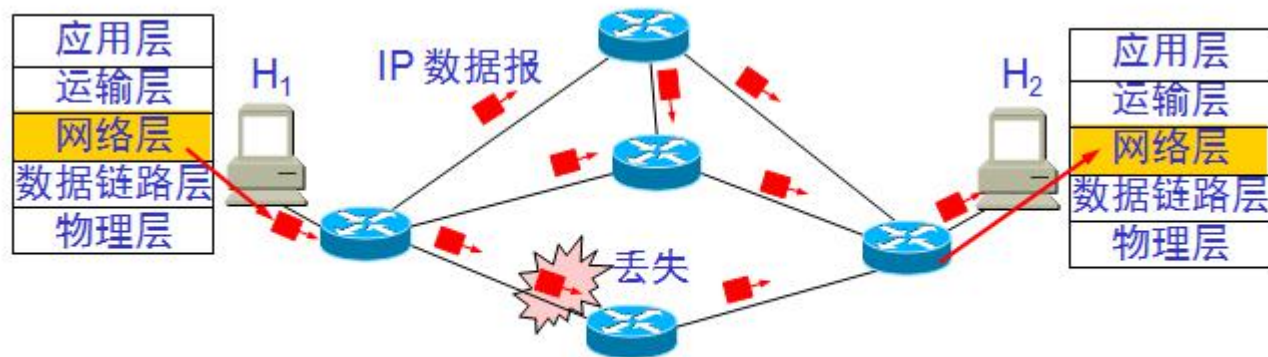


H<sub>1</sub> 发送给 H<sub>2</sub> 的分组可能沿着不同路径传送

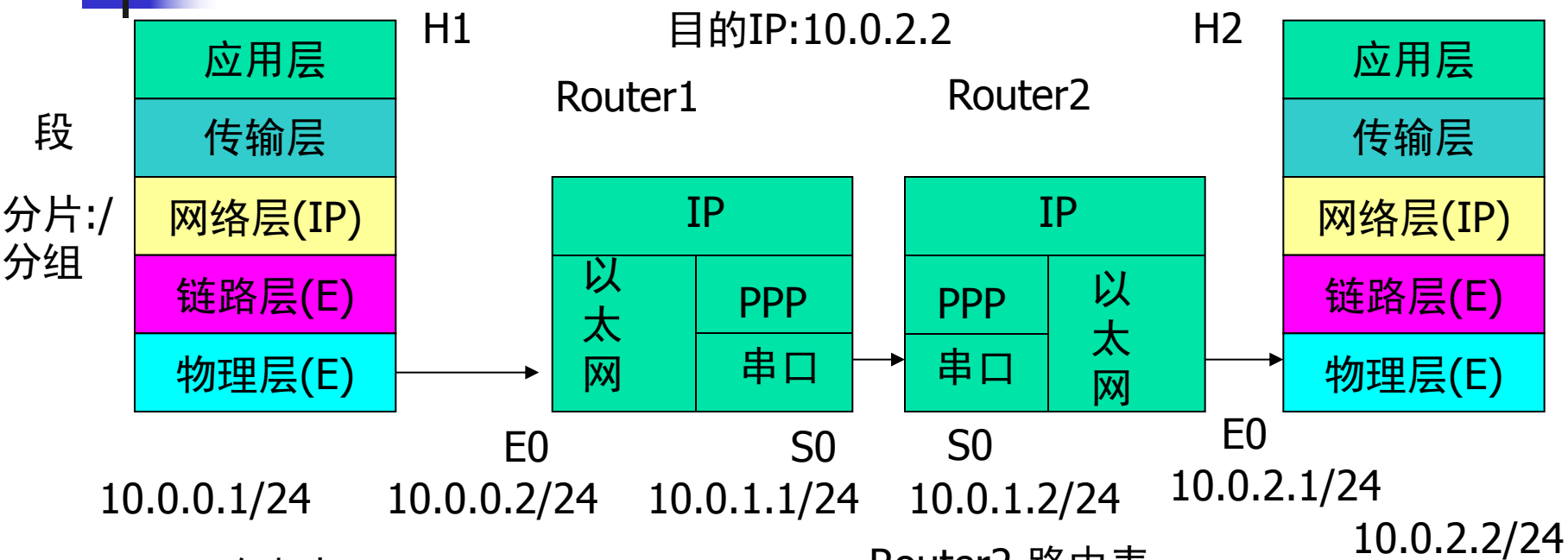
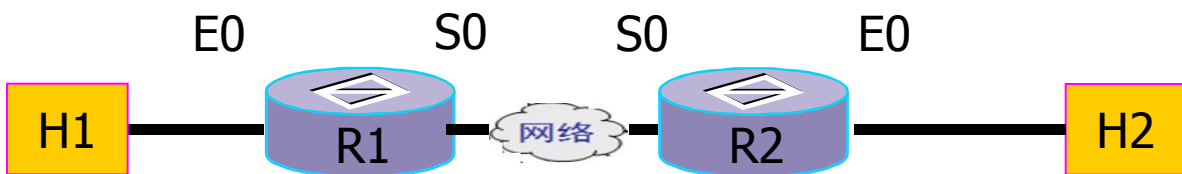
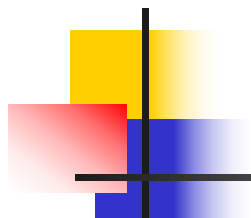


# 一、因特网无连接服务

- 网络层不提供分组可靠传输：分组在网络中可能出错、丢失、**重复（不会出现？）和失序（处理）**，不保证分组传送的时延。
- 结论：终端设备（计算机）复杂，智能；可靠性由端系统上层（传输层）负责，网络**尽最大努力交付，越简单越好**。
- 设计思路好处：网络造价降低，运行方式灵活。
- 因特网能够发展到现在规模，证明了设计思路正确性。



H<sub>1</sub> 发送给 H<sub>2</sub> 的分组可能沿着不同路径传送



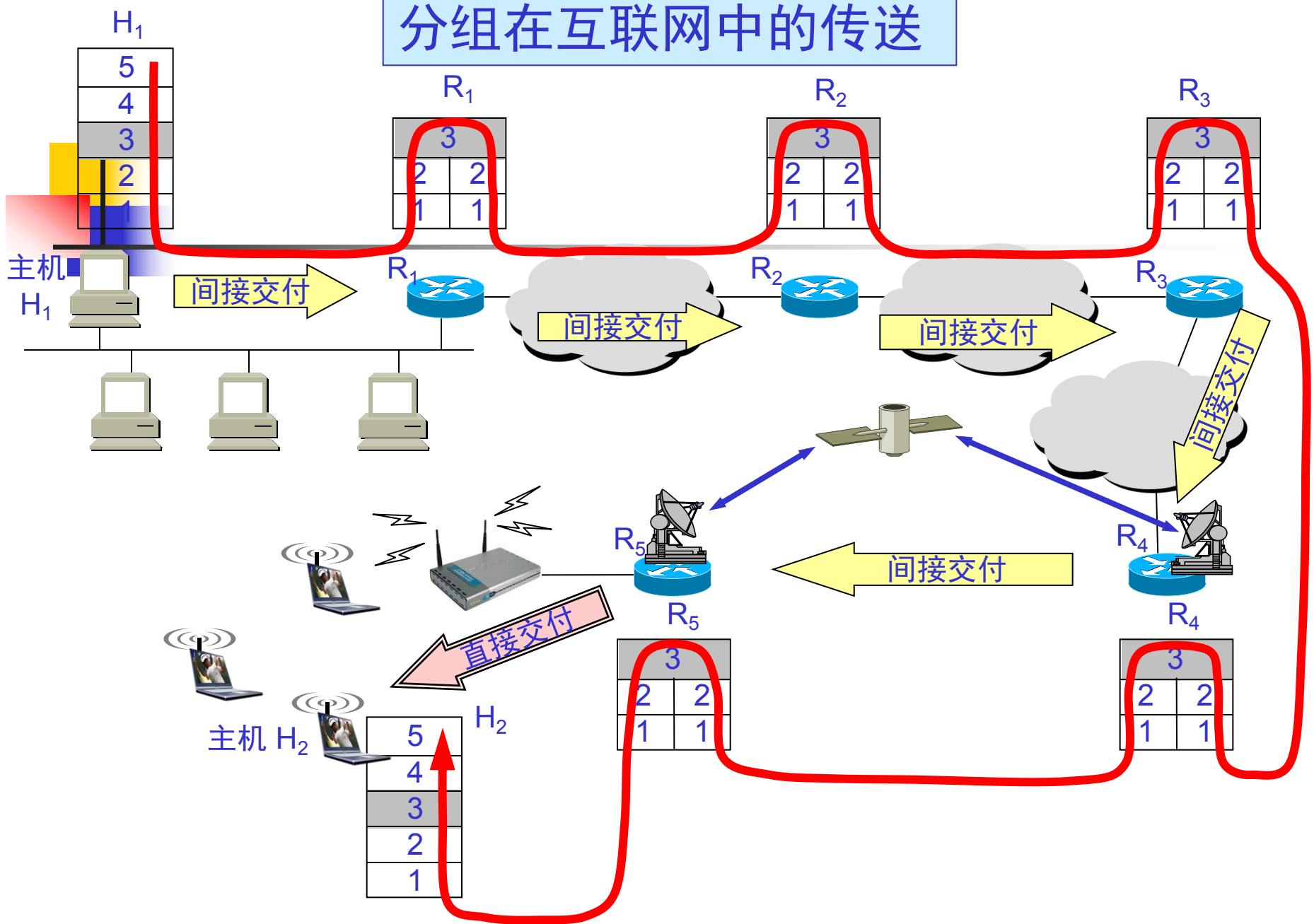
Router1 路由表

目的网络	下一跳	发送接口
10.0.2.0/24	10.0.1.2	S0
10.0.0.0/24	10.0.0.1	E0
10.0.1.0/24	10.0.1.2	S0

Router2 路由表

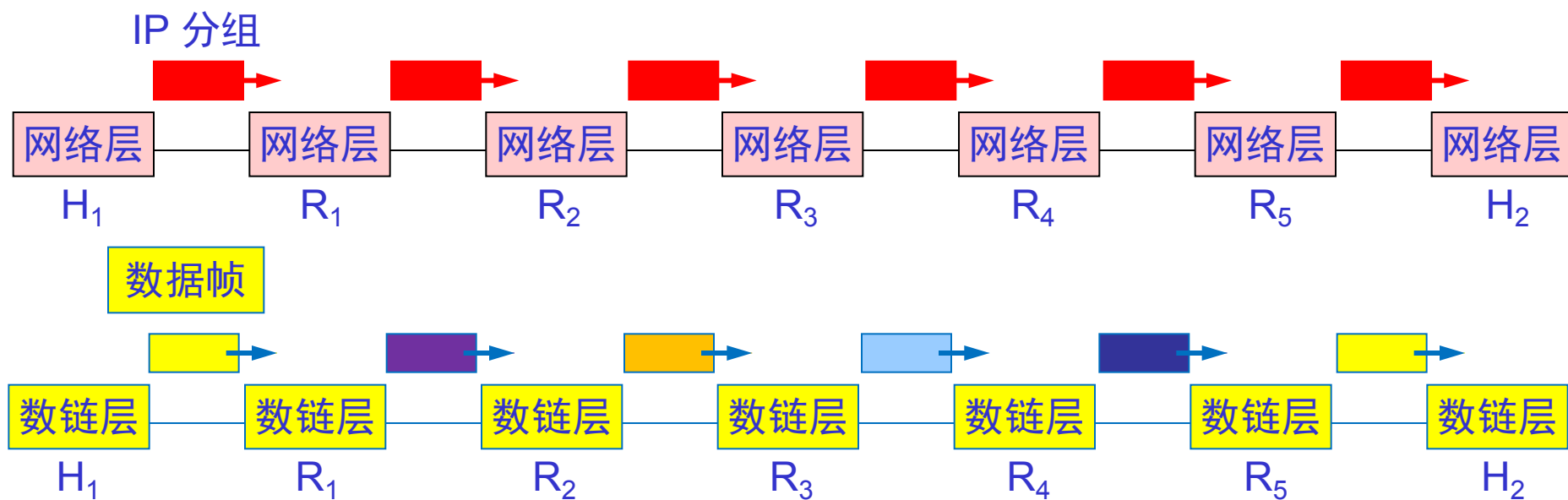
目的网络	下一跳	发送接口
10.0.2.0/24	-	E0
10.0.0.0/24	10.0.1.1	S0
10.0.1.0/24	10.0.1.1	S0

# 分组在互联网中的传送



# 从网络层看 IP 分组的传送

- 互联网中，数据链路层+物理层可能为不同物理网络，传输不同类型数据帧，但网络层传输的PDU统一为：IP分组。





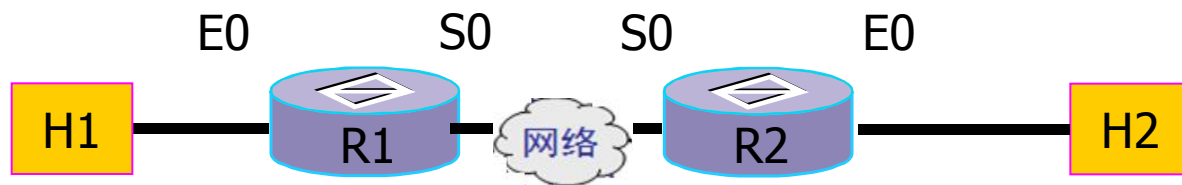
---

问题2：网络层应该提供  
哪些功能？



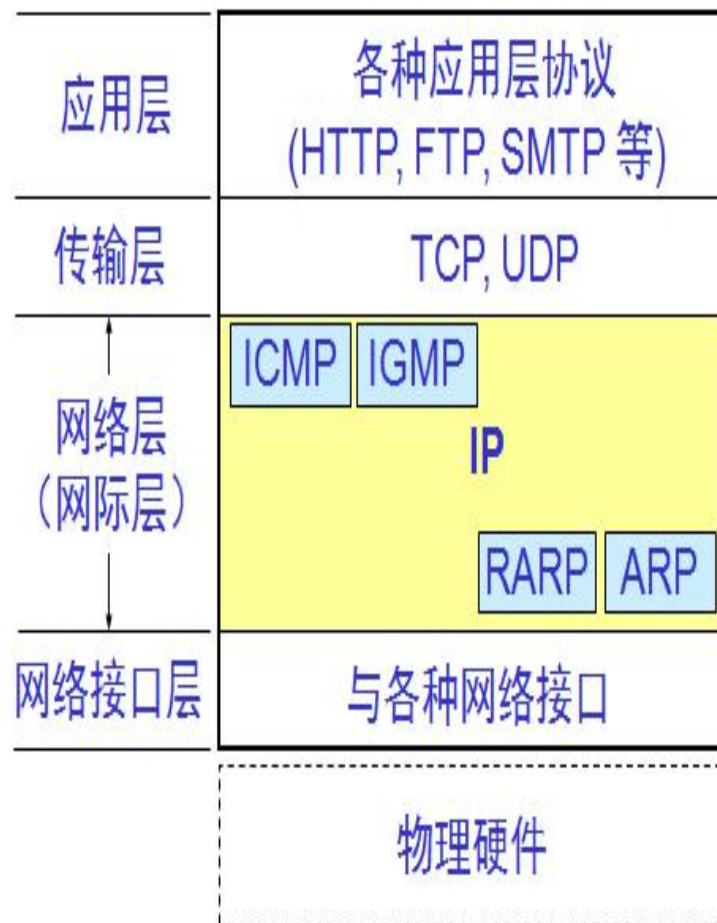
# 网络层的功能

- 异构网络互连
- 编址 (IP地址)
- 分片/组装
- 存储转发
- 路由算法建立路由表
- 拥塞控制
- 差错报告和网络信息查询 (如TTL, 目的不可达, ICMP)
- 地址解析 (ARP, RARP)
- 数据传输服务
  - 无连接服务: 数据报 (因特网)
  - 面向连接服务: 虚电路 (X. 25, FR, ATM)



# 网际协议 IP

- 网际协议 IP 是 TCP/IP 体系中两个最主要的协议之一。与 IP 协议配套使用的还有四个协议：
- 地址解析协议 ARP  
(Address Resolution Protocol)
- 逆地址解析协议 RARP  
(Reverse Address Resolution Protocol)
- 网际控制报文协议 ICMP  
(Internet Control Message Protocol)
- 网际组管理协议 IGMP  
(Internet Group Management Protocol)

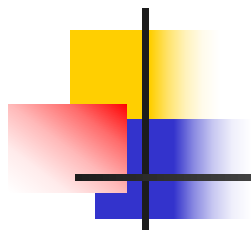




# 本节内容提要

---

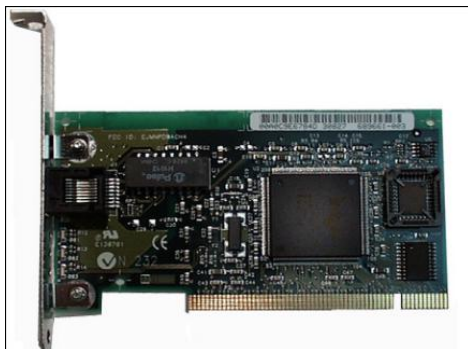
- 一、因特网无连接服务
- 二、有类IPV4地址
- 三、划分子网和构造超网
  - 3.1 划分子网
  - 3.2 使用子网时分组转发
  - 3.3 无分类编址 CIDR（构造超网）



问题3：既然每个网络接口在数据链路层有MAC地址，为什么在网络层还需要一个IP地址？



- 因特网中每一个网络设备都至少有一个IP地址。
  - 端系统至少有一个网络接口，每个接口分配一个IP地址；主机可以有多个网络接口；
  - 路由器有多个接口，每个接口有一个IP地址。三层交换机？
  - IP地址与MAC地址关系：MAC地址写在网络适配器ROM中，一般不能改变；而IP地址可灵活配置，便于用户改变。
  - MAC地址作用范围：VLAN内部，不同VLAN之间无法区分。





# 点分十进制记法

机器中存放的 IP 地址  
是 32 位 二进制代码

10000000000010110000001100011111

每隔 8 位插入一个空格  
能够提高可读性

10000000 00001011 00000011 00011111

将每 8 位的二进制数  
转换为十进制数

128

11

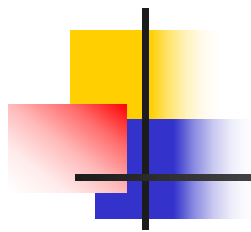
3

31

采用点分十进制记法  
则进一步提高可读性

128.11.3.31

**B类地址**



问题4：IPV4地址空间大  
约有40亿个，如果对该  
空间进行管理？



## 二、有类IPV4地址

---

### ■ IP 地址的编址方法 - 管理方法

- **有类 IP 地址**：这是最基本的编址方法，在 1981 年就通过了相应的国际标准[RFC 791]。
- **子网的划分**：这是对最基本的编址方法的改进，其标准[RFC 950]在 1985 年通过。
- **无分类编址方法**：较新，按需划分地址段，1993 年提出得到推广应用。

### ■ IP地址配置

- **人工配置**：**IP地址**、子网掩码、网关、DNS服务器地址。
- **自动配置**：动态主机配置协议（DHCP：Dynamic Host Configuration Protocol）

### ■ IP地址长度为32比特

- **地址空间**为  $2^{32}$ ，即4 294 967 296（大约40亿）。



## 二、有类IPv4地址

- 有类IPv4编制将整个IP地址空间分为：A类、B类、C类、D类和E类。

<b>M</b>	<b>NetId</b>	<b>HostId</b>
----------	--------------	---------------

- 有类IP地址由两部分组成
  - 类别号(M)；网络标识(NetId)：主机（或路由器）接口所连接到网络；
  - 主机标识(HostId)：标识网络中主机（或路由器）接口。

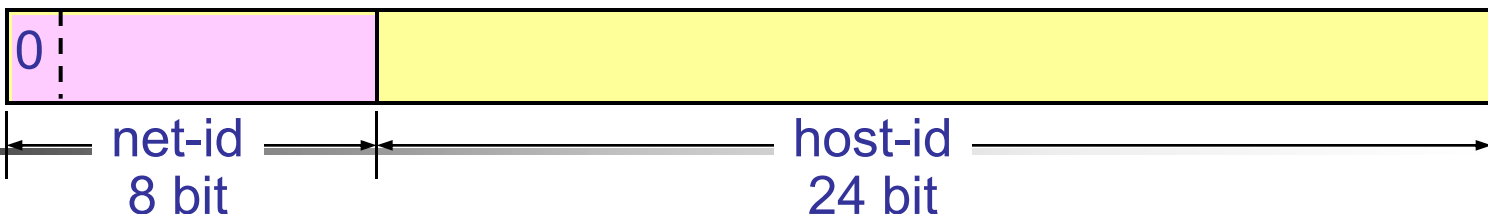
类别号(M)+网络标识(NetId) = 网络ID

主机标识(HostId) = 主机ID

## 二、有类IPv4地址

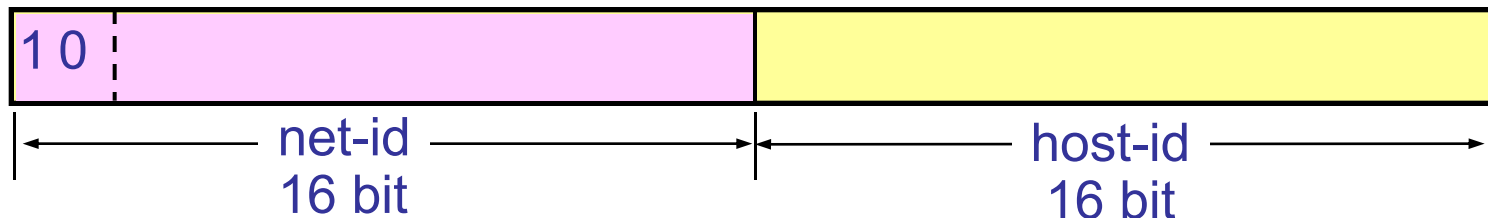
A 类地址

(1/2)



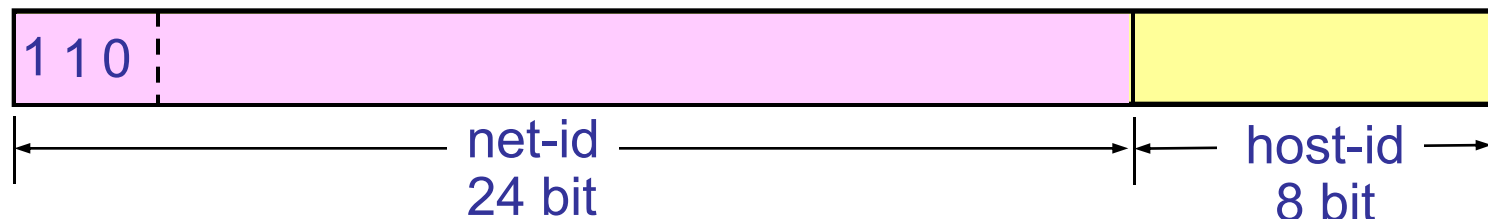
B 类地址

(1/4)



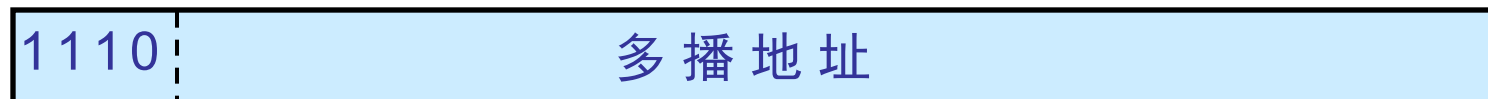
C 类地址

(1/8)



D 类地址

(1/16)



E 类地址

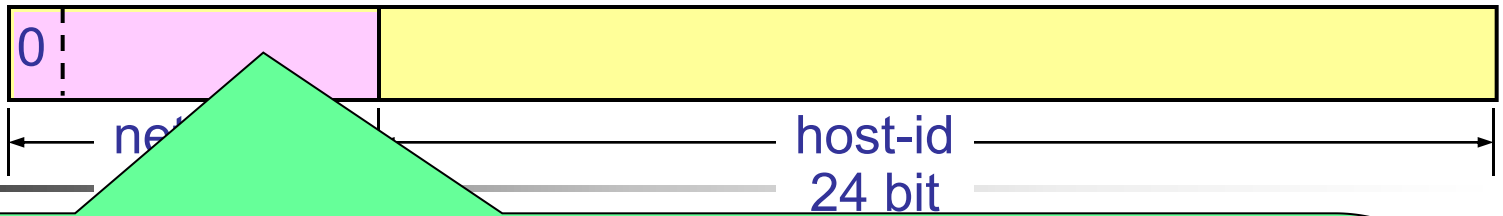
(1/16)





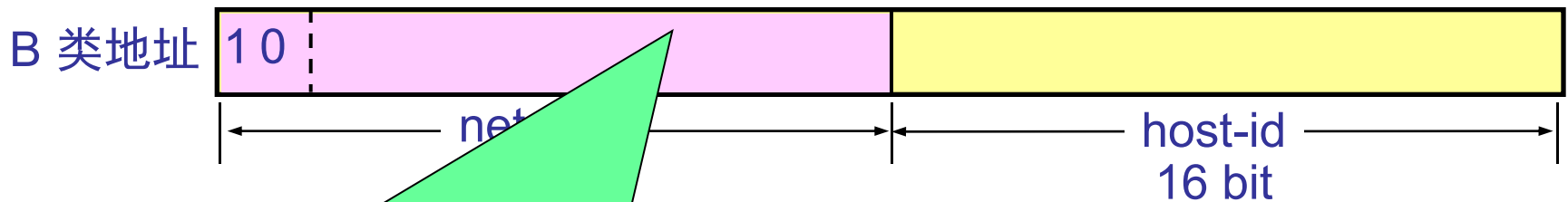
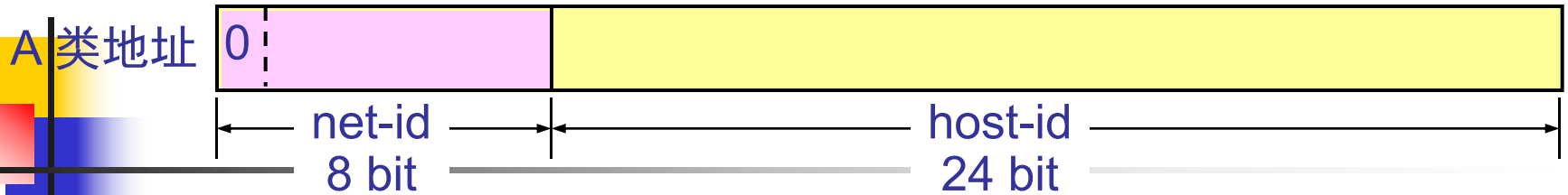
# IP 地址中的网络号字段和主机号字段

A类地址



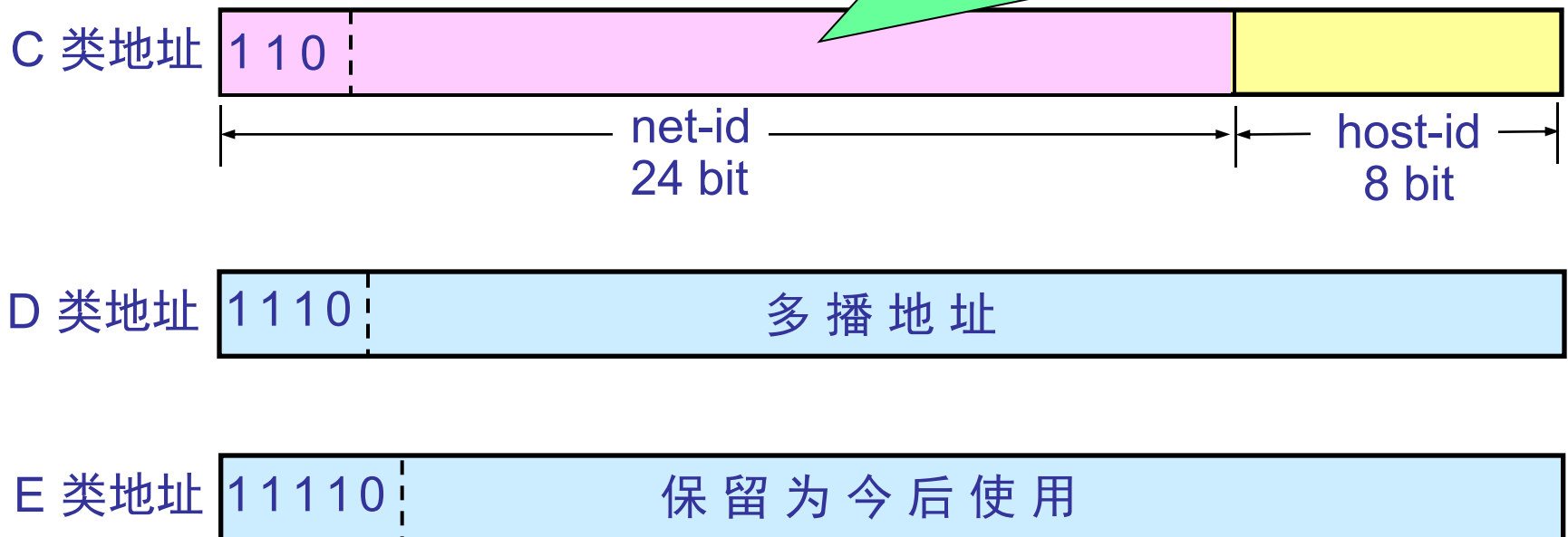
- A类地址的 net-id 为 7比特有效（128 A类网段）；
- 网络号范围: 00000000~01111111, 0~127,
- 共有128个A类地址块中, 实际只有126块, 除去两块
  - 0. x. y. z
  - 127. x. y. z
- 一块私有地址块: 10. x. y. z
- 主机id范围: 除去全0和全1;
  - 全0表示网络地址, 查找路由信息时使用;
  - 全1表示直接广播地址, 可穿越路由器, 本网段所有计算机IP协议可收到。
  - 每块A类地址块可以容纳 $2^{24}-2$ 台主机。
- 拥有A类地址单位: IBM, HP, Xerox, MIT, Apple, GE。

# IP 地址中的网络号字段和主机号字段



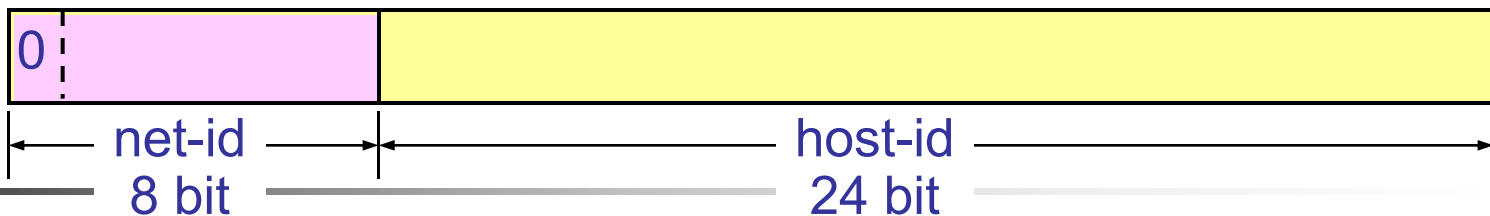
- B类地址 net-id 为14比特有效（2的14次方B网段）
- 网络号范围：10000000. 00000000~10111111. 11111111 (128. 0~191. 255)
  - 共有2的14次方个地址块（16 384）；
  - 16块私有地址：172. 16~172. 31
- 主机号范围：除去全0（网络地址）和全1（直接广播地址）
  - 每块B类网段可以容纳2的16次方-2台主机。
- 有B类网段地址的单位：CISCO, MicroSoft.

- C类地址的net-id 为21bit（有效）；
- 网络号范围：192.0.0~223.255.255（2的21次方C类网段，200万地址块）
  - 私有地址C类网段：192.168.0~192.168.255（256个）
- 主机号范围：除去全0和全1；
  - 每个C地址块最多分配254台主机（2的8次方-2）。
- 使用单位：大部分机构

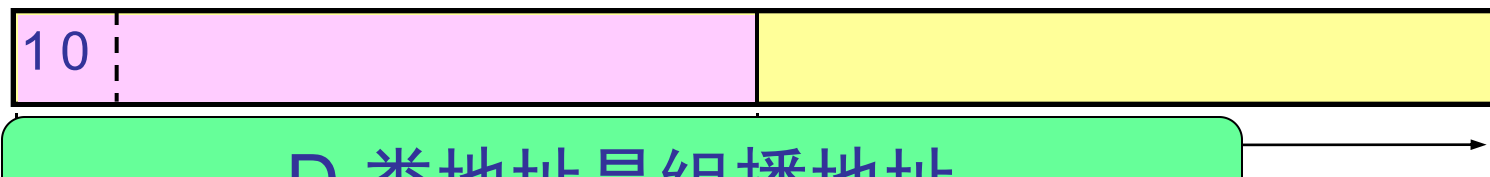


# IP 地址中的网络号字段和主机号字段

A 类地址

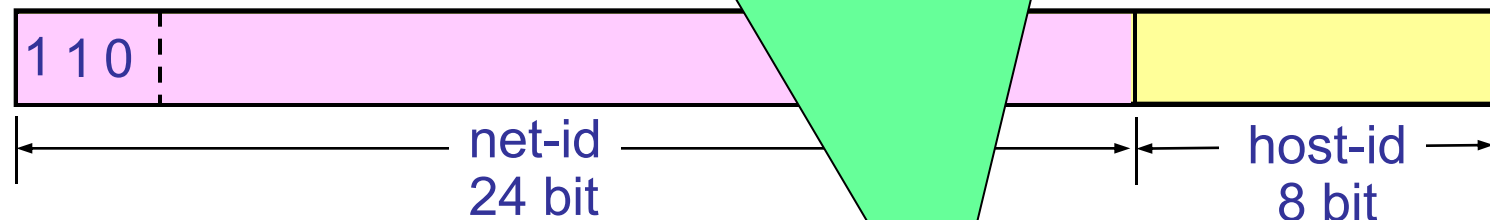


B 类地址



D 类地址是组播地址

C 类地址



D 类地址



E 类地址





# D类地址(组播地址)

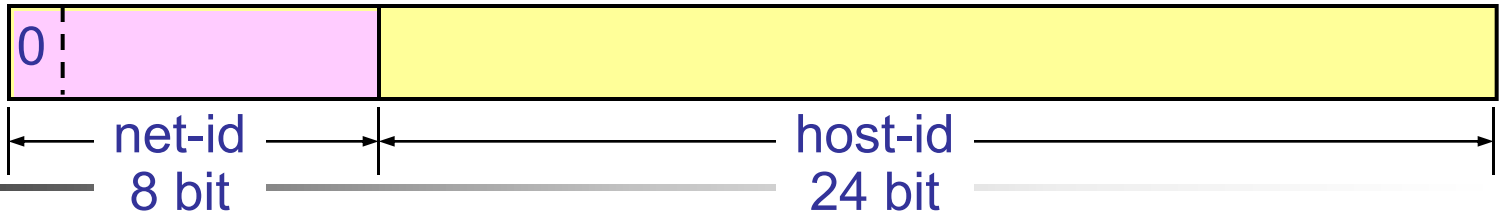
---

- 组播地址范围为: 224. 0. 0. 0~239. 255. 255. 255。
- 在Internet中有两类组播组: 临时组播地址和永久组播地址。
- 临时地址组播组是临时建立的组播组, 用于用户不同应用;
- 永久地址组播组主要用于特殊目的, 例如:
  - 224. 0. 0. 1: 表示本网络所有的主机和路由器。
  - 224. 0. 0. 2: 表示本网络所有的路由器。
  - 224. 0. 0. 5: 表示本网络所有的OSPF路由器。
  - 224. 0. 0. 9: 表示本网络所有的RIP路由器。

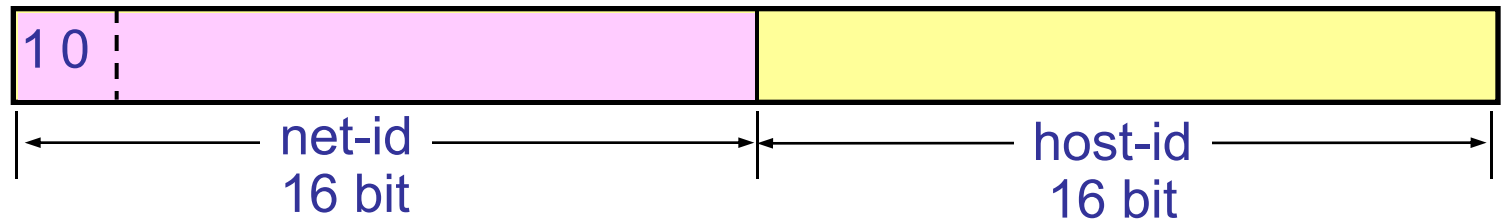


# IP 地址分类

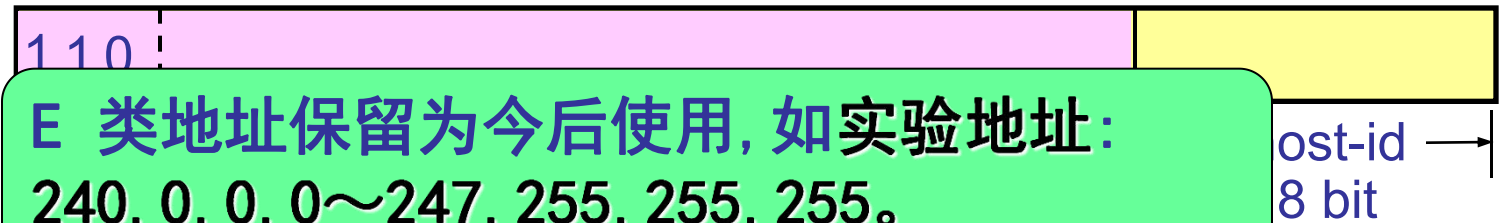
A 类地址



B 类地址



C 类地址



E 类地址保留为今后使用, 如实验地址:  
240. 0. 0. 0~247. 255. 255. 255。

D 类地址



多播地址

E 类地址



保留为今后使用



# 常用的三种类别的 IP 地址

## IP 地址的使用范围

网络类别	最大网络数	第一个可用的网络id	最后一个可用的网络id	每个网络中最大的主机数
A	126 ( $2^7 - 2$ )	1	126	16,777,214 $2^{24}-2$
B	16,384 ( $2^{14}$ )	128.0	191.255	65,534
C	2,097,152 ( $2^{21}$ )	192.0.0	223.255.255	254

说明:现在大部分路由器支持第一个网络号从0开始,所以不用-1;

# 有类IP地址

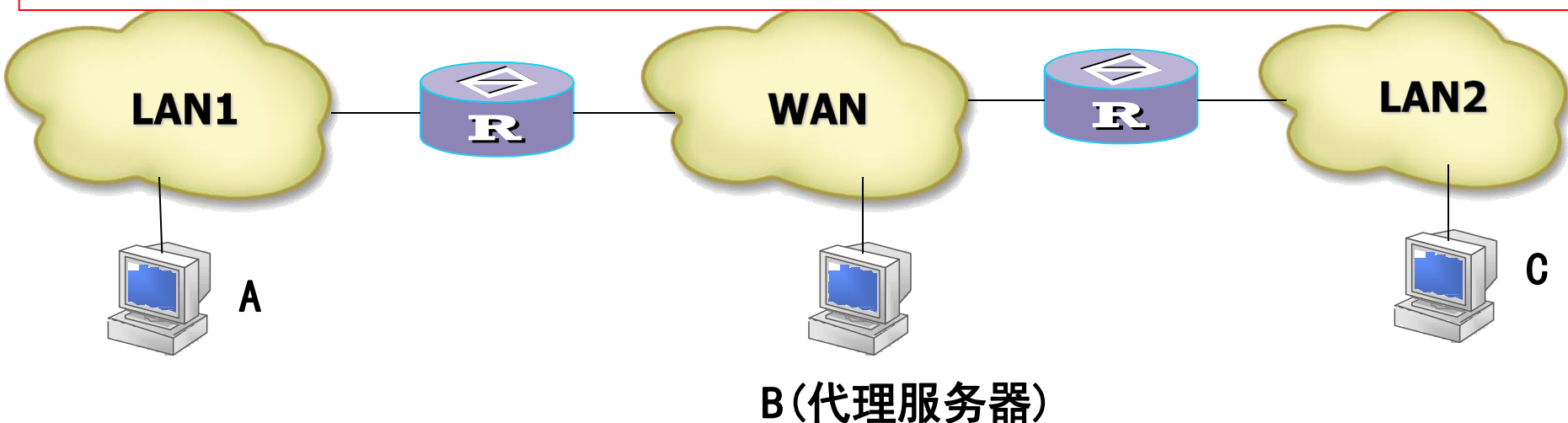
地址类	第一个8位数的格式	范围
A 类	0XXXXXXXX 50%	1-126
B 类	10XXXXXX 25%	128-191
C 类	110XXXXX 12.5%	192-223
D 类	1110XXXX 6.25%	224-239
E 类	1111XXXX 6.25%	240-255

# 特殊的IP地址-1

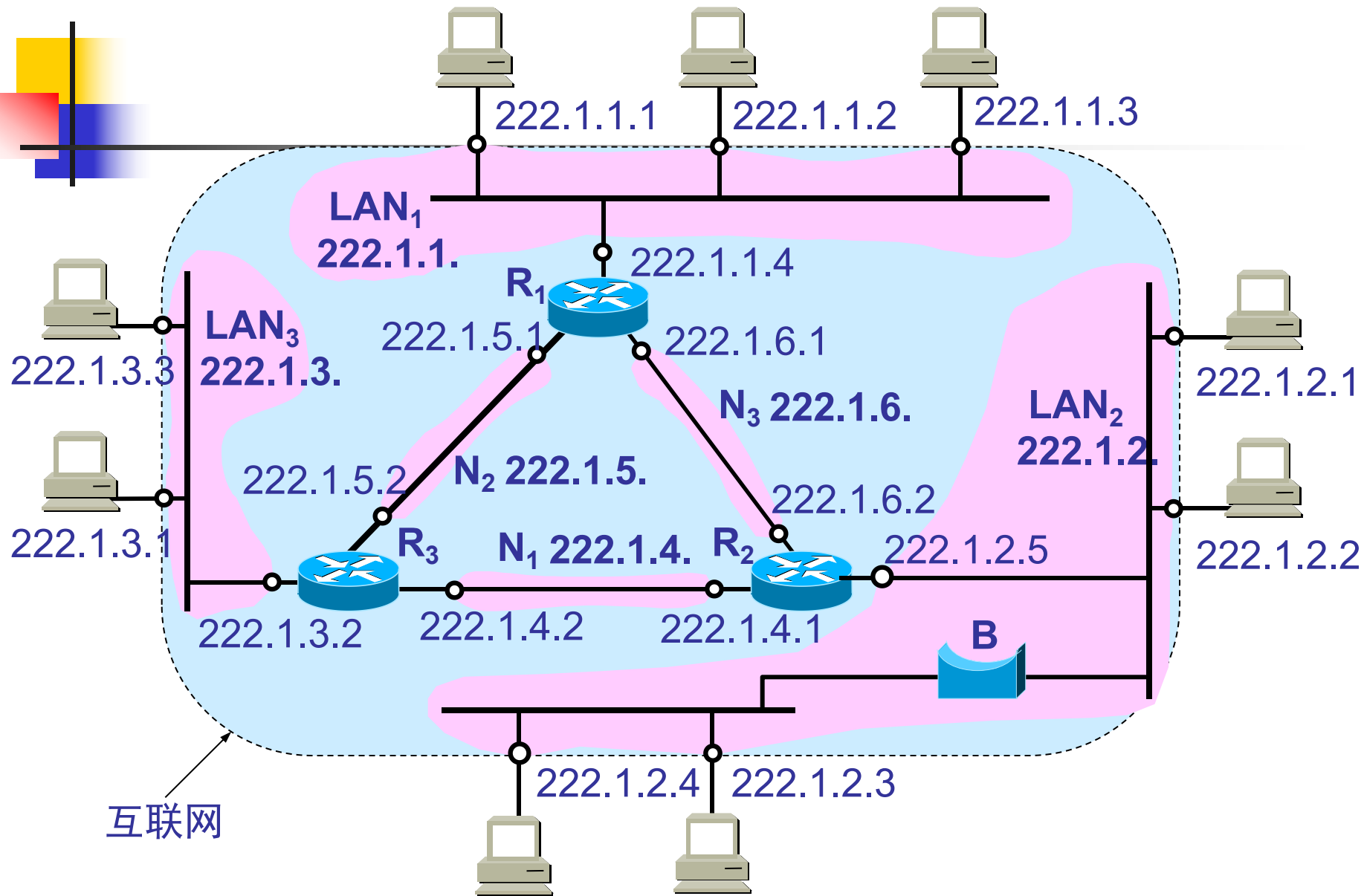
网络id	主机id	地址类型	用途
Any	全0	网络地址	直接广播地址:使用路由器将一个IP分组发送到一个特定网络上所有节点,可以跨越路由器
Any	全1	广播地址	
127(全1)	Any	回环地址	用作本地环回测试
全0	全0	特定含义	受限广播地址:当前网络上一个广播地址,不可以跨越路由器
全1	全1	广播地址	
全0	Any	特定主机	本网段特定主机,只能为目的地址,不能穿越路由器

# IP地址讨论-1

- 为了解决IP地址短缺，IETF将A类、B类和C类地址中一部分定义为私有地址（private address）
- RFC1597规定下列地址可以用于Intranet内部私有地址：
  - A类地址：10.0.0.0~10.255.255.255（1个A类地址块）
  - B类地址：172.16.0.0~172.31.255.255（16个B类地址块）
  - C类地址：192.168.0.0~192.168.255.255（256个C类地址块）
- 每个单位/组织不需申请可以使用上面私有地址。
- 问题：私网内部通信没有问题，使用私有IP地址的主机如何访问Internet？
- 解决方法：NAT（Network Address Translator）技术




# IP地址讨论-2



## 默认掩码

## 有什么作用？





# 问题讨论

---

- 假设：一个单位只有1000台主机，但申请到了一个B类地址块；128.1.0.0/16
  - 问题1：B类地址默认掩码？
  - 问题2：网络地址，直接广播地址，可分配IP地址范围？
  - 问题3：请问有多少个IPV4地址浪费？
  - 答案1：255.255.0.0
  - 答案2：？
  - 答案3：2的16次方-2-1000；
  - 分析原因？如何解决？





### 三、划分子网和构造超网

- 问题：如何解决该分配方案下IP地址巨大的浪费？
- 解决方法：在主机标识前选择几位作为子网标识。



- 将主机ID进一步划分为子网ID和主机ID
- 通过子网掩码来区分地址的网络部分和主机部分

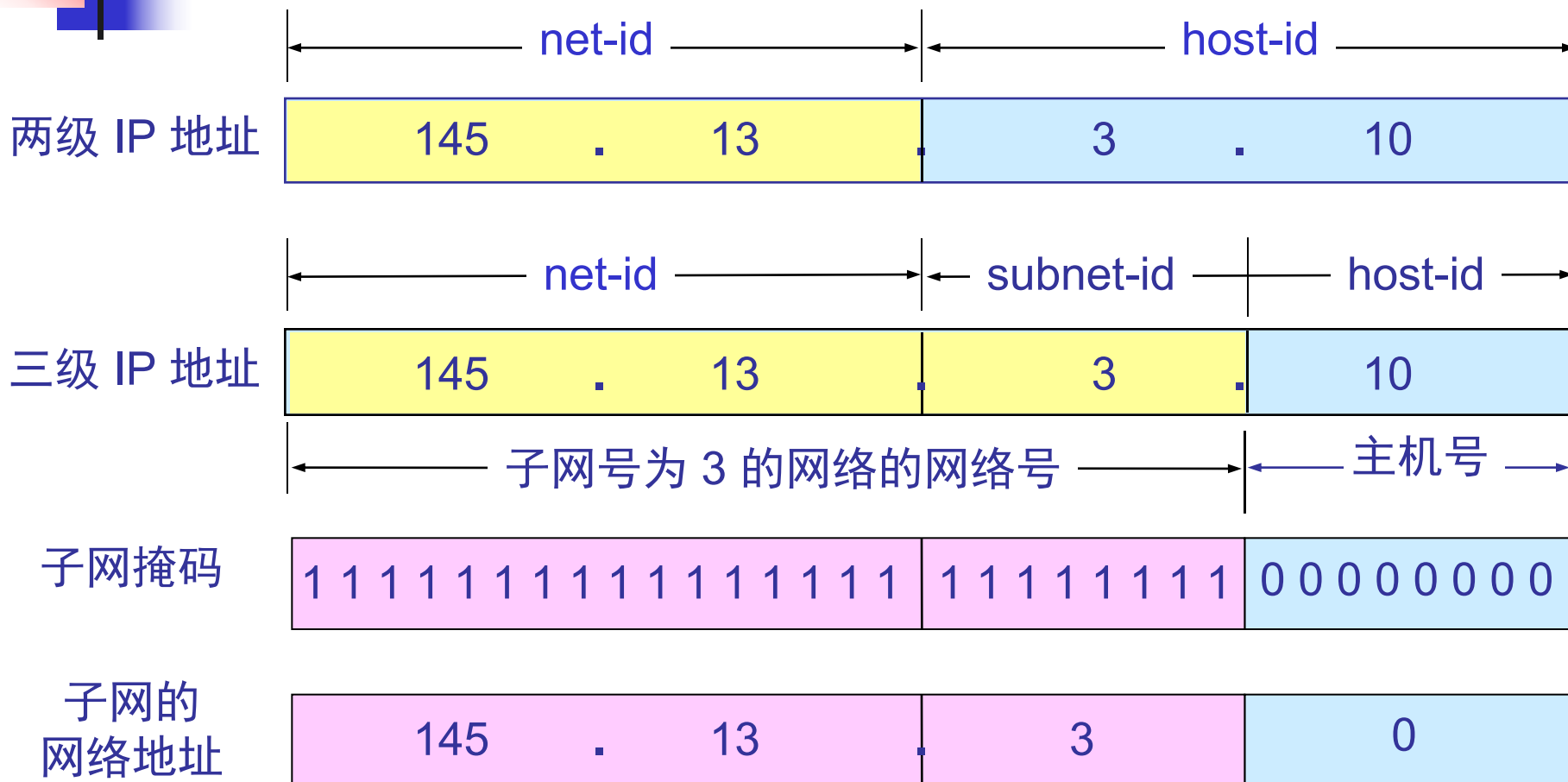


# 子网掩码

---

- 新问题？
  - 如何判断一个网络是否划分子网, 如果划分了, 子网id占了几个比特位？
  - 解决方法: 引入子网掩码概念.
- 子网掩码计算方法: 网络id+子网id全为1, 主机id全0;
  - 子网掩码作用: 与IP地址相与, 得到子网的网络地址 (网络号)
  - 默认掩码计算方法: 网络id全1, 主机id全0 ;
  - 默认掩码作用: 在不划分子网情况下, 与IP地址相与, 可得到网络地址 (网络号)

# IP 地址各字段和子网掩码



B类IP地址

**【例1】** 已知 IP 地址是 141.14.72.24(B类),  
子网掩码是 255.255.192.0。试求网络地址。

(a) 点分十进制表示的 IP 地址

141	.	14	.	72	.	24
-----	---	----	---	----	---	----

(b) IP 地址的第 3 字节是二进制

141	.	14	.	01001000	.	24
-----	---	----	---	----------	---	----

(c) 子网掩码是 255.255.192.0

11111111	11111111	11000000	00000000
----------	----------	----------	----------

(d) IP 地址与子网掩码逐位相与

141	.	14	.	01000000	.	0
-----	---	----	---	----------	---	---

(e) 网络地址（点分十进制表示）

141	.	14	.	64	.	0
-----	---	----	---	----	---	---

(f) 直接广播地址

141	.	14	.	01111111	.	255
-----	---	----	---	----------	---	-----

**【例2】** 在上例中，若子网掩码改为 255.255.224.0。试求网络地址，讨论所得结果。

(a) 点分十进制表示的 IP 地址

141 . 14 . 72 . 24

(b) IP 地址的第 3 字节是二进制

141 . 14 . 01001000 . 24

(c) 子网掩码是 255.255.224.0

11111111 11111111 11100000 00000000

(d) IP 地址与子网掩码逐位相与

141 . 14 . 01000000 . 0

(e) 网络地址（点分十进制表示）

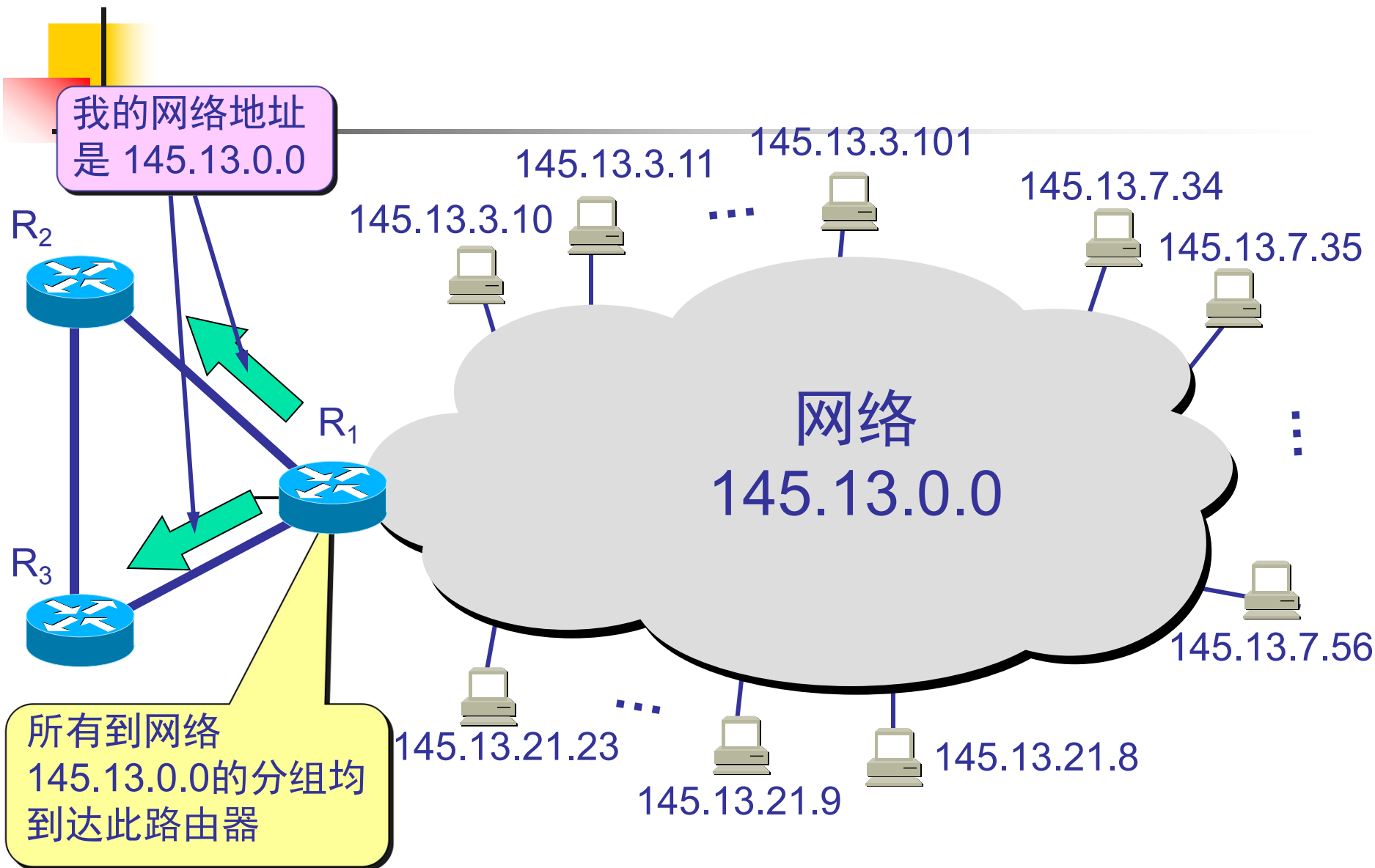
141 . 14 . 64 . 0

(f) 直接广播地址

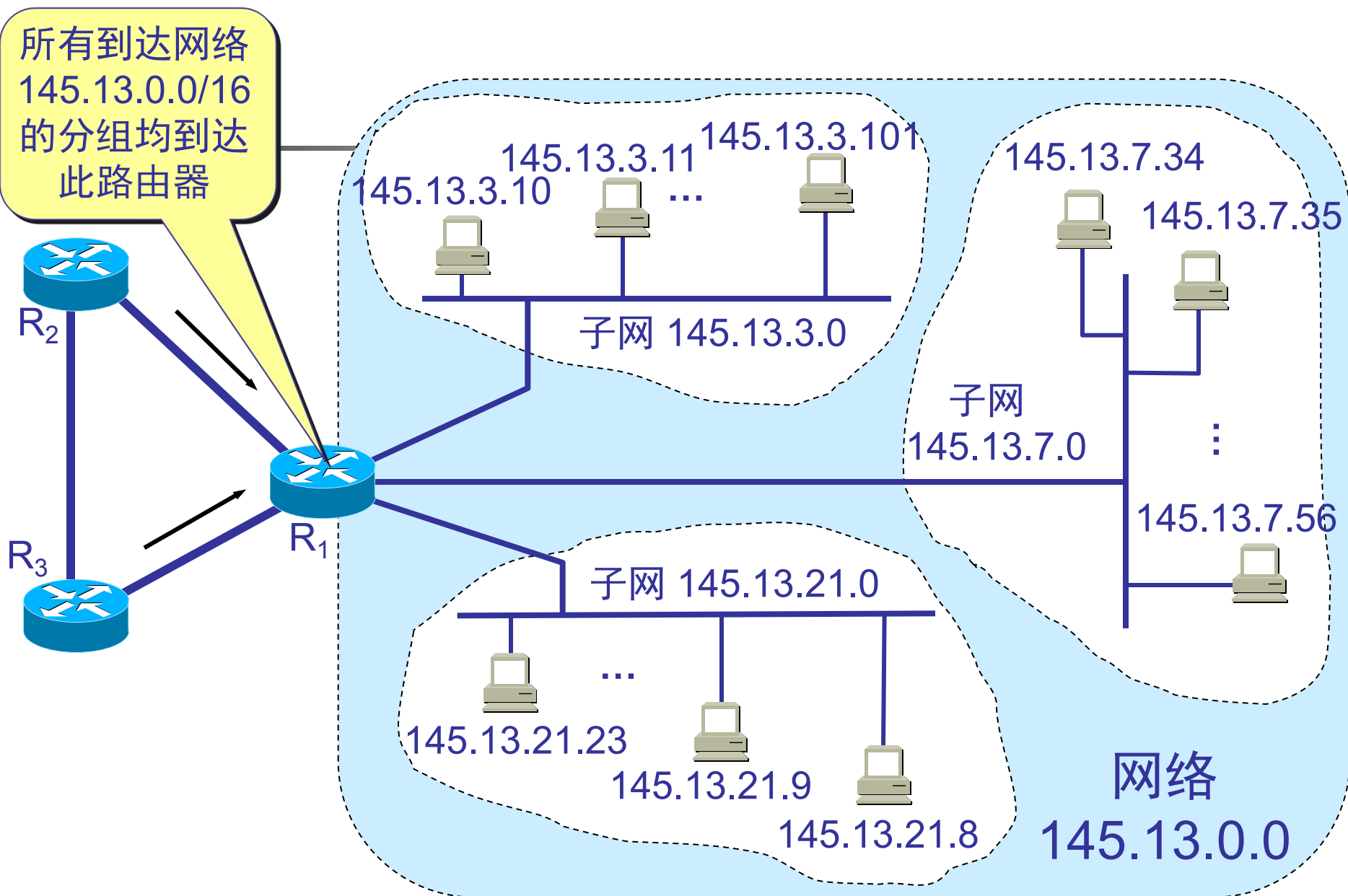
141 . 14 . 01011111 255

不同的子网掩码得出**相同**的网络地址。  
但不同的掩码的效果是不同的。

# 一个未划分子网的 B 类网络 145.13.0.0/16



# 划分子网后对外仍是一个网络





# 划分子网基本思路

- 划分子网纯属一个单位内部的事情；单位对外仍然表现为没有划分子网的网络。
- 基本思想：从主机号借用若干个位作为子网号 subnet-id，而主机号 host-id 也就相应减少了若干个位。

IP地址 ::= {<网络号>, <子网号>, <主机号>}

- 凡是从其他网络发送给本单位某个主机的 IP 分组，仍然是根据 IP 分组的 **目的网络号** net-id，先找到连接在 **本单位网络上的路由器**。
- **路由器**在收到 IP 分组后，再按目的网络号 net-id 和子网号 subnet-id 找到目的子网，子网内部按MAC地址转发。
- 最后就将 IP 分组直接交付目的主机。





## 子网划分(举例-1)

---

- 举例（以C类地址为例）：一个企业申请到一个C类地址段：202. 114. 80. 0/24，该公司有7个子公司，每个子公司最多30台主机，要求每个子公司属于不同网段（子网），请问如何划分子网？
  - IP地址段：202. 114. 80. 0/24（C类地址）
  - 子网掩码：255. 255. 255. 224（224为二进制的“11100000”）
  - 它表示在网络202. 114. 80. 0中最多有8个子网，每个子网可配置 $2^5 - 2$ 台主机。



## 举例2：子网划分

---

- C类网络：202.114.80.0
- 子网掩码：255.255.255.224 (11100000)
- 划分的子网及IP范围：
  - 202.114.80.000 00000 – 000 11111 (202.114.80.0~31)
  - 202.114.80.001 00000 – 001 11111 (202.114.80.32~63)
  - 202.114.80.010 00000 – 010 11111 (202.114.80.64~95)
  - 202.114.80.011 00000 – 011 11111 (202.114.80.96~127)
  - 202.114.80.100 00000 – 100 11111 (202.114.80.128~159)
  - 202.114.80.101 00000 – 101 11111 (202.114.80.160~191)
  - 202.114.80.110 00000 – 110 11111 (202.114.80.192~223)
  - 202.114.80.111 00000 – 111 11111 (202.114.80.224~255)

# VLSM技术

- 定长子网掩码：划分子网时，不同子网使用相同子网掩码
  - 条件：每个子网所能容纳的主机个数相同,或相差不大
  - 问题：如果每个子网所容纳主机个数不同，相差很大？
- 变长子网掩码（VLSM：Variable Length Subnet Mask）
  - 不同的子网可能使用不同的子网掩码。
- 举例：某单位有5个物理网络，申请一个C类网段IP地址块（200.200.200.0/24），物理网段主机数量为：60、60、60、30、30。
  - 讨论：使用2比特位作为子网号，可划分4个子网，每个子网64-2台主机；如果采用3比特位作为子网号，可划分8个子网，每个子网32-2台主机；
- 解决方法：
  - 先满足计算机个数多的子网：采用2比特子网号，从4个子网中取一个子网再采用1比特划分为两个子网。
  - 先采用26个连续1子网掩码（255.255.255.192）将网络划分为4个子网（每个62台主机）
  - 采用27个连续1子网掩码（255.255.255.224）将4个子网之一划分为2个小规模网络（每个小子网最多30台主机）



## 举例3：子网划分

---

- C类网络：202. 114. 80. 0/24 (有7个子网)
  - 子网掩码：255. 255. 255. 224 (111100000)
  - 划分的子网及IP范围：
    - 202. 114. 80. 000 00000 - 000 11111 (202. 114. 80. 0~31)
    - 202. 114. 80. 001 00000 - 001 11111 (202. 114. 80. 32~63)
    - 202. 114. 80. 010 00000 - 010 11111 (202. 114. 80. 64~95)
    - 202. 114. 80. 011 00000 - 011 11111 (202. 114. 80. 96~127)
    - 202. 114. 80. 100 00000 - 100 11111 (202. 114. 80. 128~159)
    - 202. 114. 80. 101 00000 - 101 11111 (202. 114. 80. 160~191)
    - 202. 114. 80. 110 00000 - 110 11111 (202. 114. 80. 192~223)
    - 202. 114. 80. 111 00000 - 111 11111 (202. 114. 80. 224~255)
- 如果要求不能浪费IP地址，如何处理？



## 子网划分- VLSM技术举例

- 校园网在进行IP地址分配时，给某基层单位分配了一个C类地址块202.117.110.0/24，该单位的计算机数量分布如表1-1所示。要求各部门处于不同的网段，请填写表1-2中的（3）～（10）处空缺的主机地址（或范围）和子网掩码。（12分）

部门	可分配的地址范围	子网掩码
教师机房	202.117.110.1～（3）	（7）
教研室A	（4）	（8）
教研室B	（5）	（9）
教研室C	（6）	（10）

部门	主机数量
教师机房	100台
教研室A	62台
教研室B	20台
教研室C	25台



## 子网划分- VLSM技术举例(4)

部门	可分配的地址范围	子网掩码
教师机房	202.117.110.1~ (3)	(7)
教研室A	(4)	(8)
教研室B	(5)	(9)
教研室C	(6)	(10)

部门	主机数量
教师机房	100台
教研室A	62台
教研室B	20台
教研室C	25台

### ■ 解题分析

- 首先确定划分网段数量为4;
- 由于不同子网所含主机数量差别较大, 利用VLSM技术
- 根据先满足最大主机数量的原则进行第一次划分子网;
- 依次类推!



## 子网划分- VLSM技术举例 (5)

部门	可分配的地址范围	子网掩码
教师机房	202.117.110.1 ~ (3)	(7)
教研室A	(4)	(8)
教研室B	(5)	(9)
教研室C	(6)	(10)

部门	主机数量
教师机房	100台
教研室A	30台?
教研室B	30台?
教研室C	25台

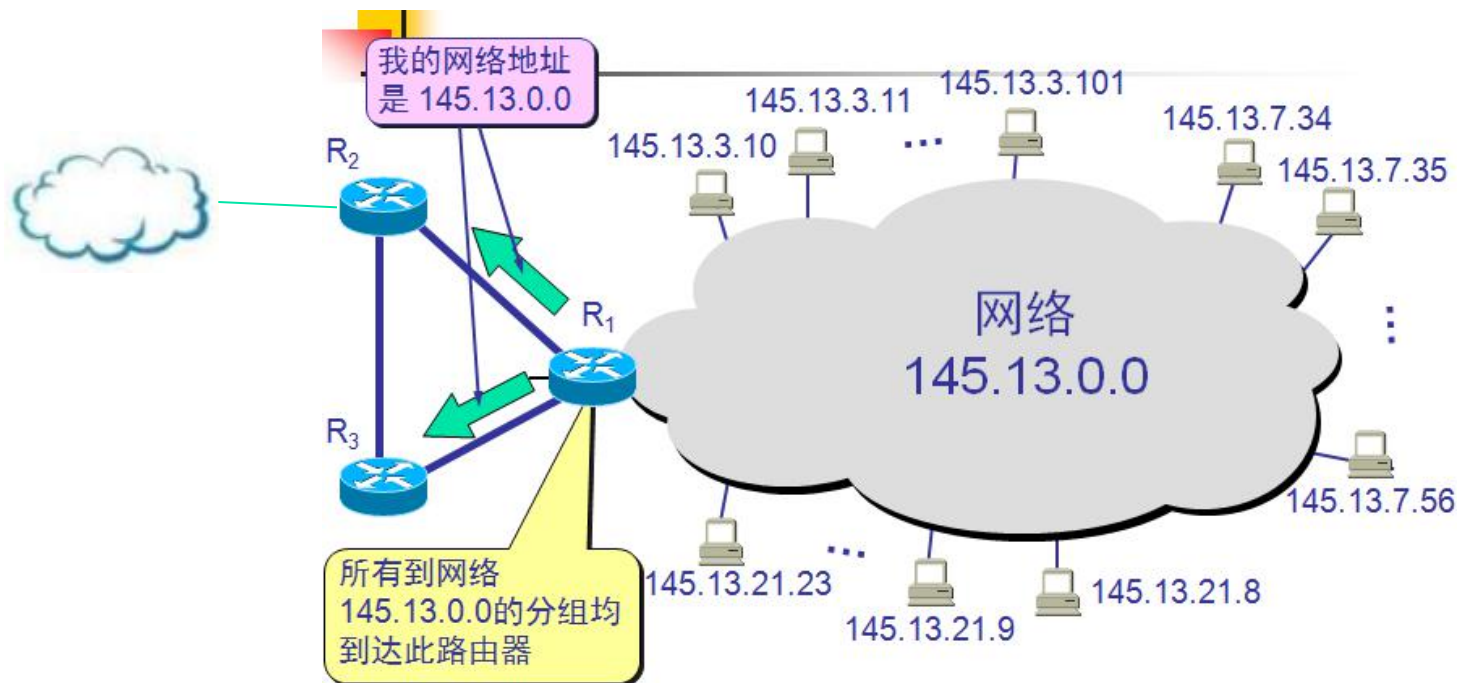
### ■ 解题分析

- 首先确定划分网段数量为4;
- 由于不同子网所含主机数量差别较大, 利用VLSM技术
- 根据先满足最大主机数量的原则进行第一次划分子网;
- 依次类推!

# 子网划分:讨论1

## ■ 无子网划分的IP网络

- 属于不同网络地址主机间通信需路由器进行三层路由；
- 相同网络地址的主机间通过二层转发通信。

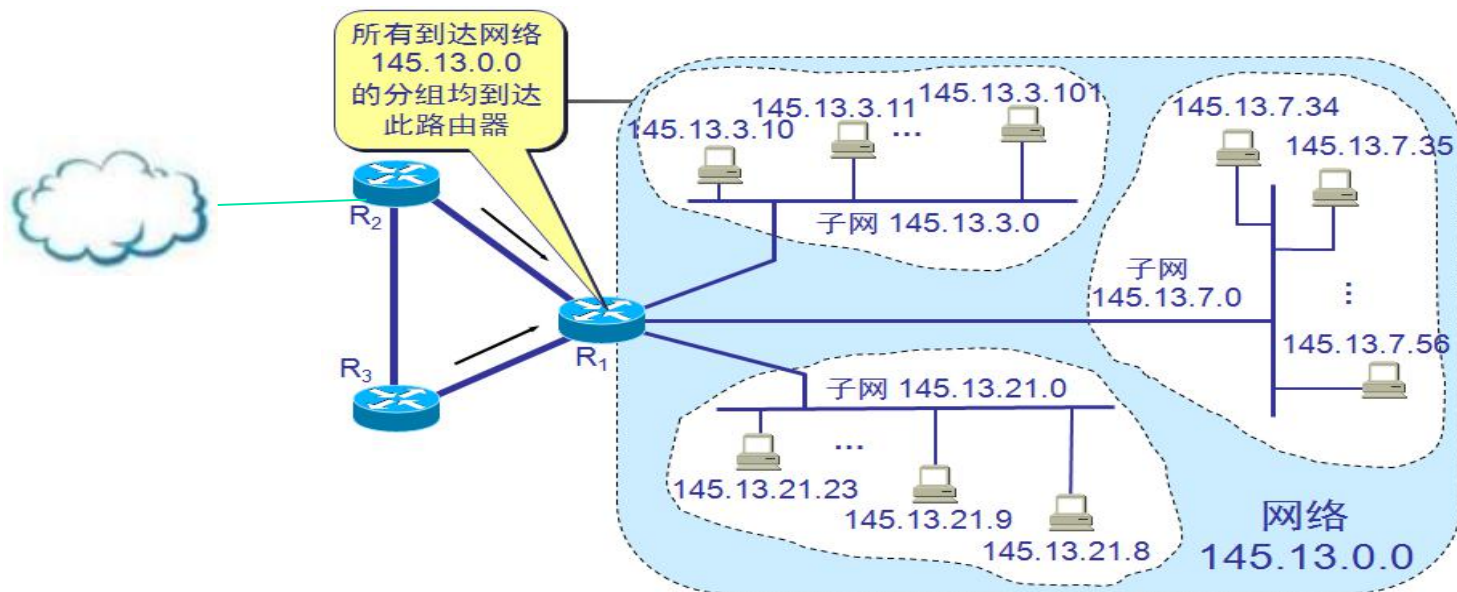




# 子网划分:讨论

## ■ 有子网划分的IP网络

- 如果两个主机在不同子网, 即子网网络地址不同, 则它们之间就要通过三层路由才可进行通信。
- 如果两个主机属于同一个子网, 则它们之间可以直接通过二层转发通信, 而不需要路由器;
- 子网掩码说明网络中是否有子网, 以及在有子网的情况下子网的最大数量, 以及每个子网拥有主机最大数量。
- 子网掩码作用: 与IP地址相与, 得到网络地址 (网络号)





# 第五章：网络层

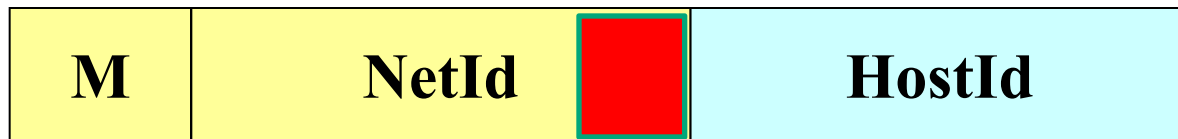
---

## 第1节：IPv4地址

- 一、因特网无连接服务
- 二、有类IPv4地址
- 三、划分子网和构建超网
  - 1. 划分子网
  - 2. 构造超网
- 四、无分类编址(CIDR)

## 2. 超网

- 问题提出：A类地址块很少，B类地址块也消耗很快，一个单位容易申请到C类地址块，但单位主机数量超过254如何办？
- 解决方法：申请多个C类地址块。
  - 202.197.0.0/24, 202.197.1.0/24, 202.197.2.0/24, 202.197.3.0/24
- 问题：能否将多个C类地址块聚合成一个大的网络。
- 超网（Super network）：针对多个连续的小的地址块，通过将部分网络地址ID转化为主机ID，构建超网掩码，合并为一个大的网络。-与划分子网思路正好相反



## 2. 超网

- 以C类地址为例：

- 某单位申请到连续的4个C类网段：

- 202. 197. 0. 0/24      202. 197. 00000000. 0      255. 255. 255. 0

- 202. 197. 1. 0/24      202. 197. 00000001. 0      255. 255. 255. 0

- 202. 197. 2. 0/24      202. 197. 00000010. 0      255. 255. 255. 0

- 202. 197. 3. 0/24      202. 197. 00000011. 0      255. 255. 255. 0

- 超网网络地址： 202. 197. 00000000. 0    255. 255. 252. 0

- 结果：超网直接广播地址： 202. 197. 3. 255

- 超网第一个IP地址 202. 197. 0. 1/22

- 超网最后一个IP地址： 202. 197. 3. 254/22

超网实质：将若干netid转化为hostid比特位，netid长度减少。



## 3.2 构建超网

---

■ 超网技术使用前提条件（以C类地址为例）：

- 一个单位必须申请多个C类地址块，且C类IP地址块的个数是2的整数次方（2，4，8，16等）。
- 多个C类地址块必须连续（比特状态变化完备，没有间隙）；
- 举例：

202. 197. 8. 0/24 : 202. 117. 00001000. 00000000

202. 197. 9. 0/24 : 202. 117. 00001001. 00000000

202. 197. 10. 0/24: 202. 117. 00001010. 00000000

202. 197. 11. 0/24: 202. 117. 00001011. 00000000

两个比特位（ netid-hostid ）各种状态都有，可以构建超网：202. 197. 8. 0/22

## 3.2 构建超网

■ 202. 197. 8. 0/24: 202. 197. 00001000. 00000000 ~ . 00001000. 11111111  
202. 197. 9. 0/24 : 202. 197. 00001001. 00000000 ~ . 00001001. 11111111  
202. 197. 10. 0/24: 202. 197. 00001010. 00000000 ~ . 00001010. 11111111  
202. 197. 11. 0/24: 202. 117. 00001011. 00000000 ~ . 00001011. 11111111

202. 197. 8. 0/22      255. 255. 252. 0 (超网掩码)

### ■ 结果:

- 超网网络地址: 202. 197. 8. 0
- 超网直接广播地址: 202. 197. 11. 255/22
- 超网第一个IP地址 202. 197. 8. 1/22
- 超网最后一个IP地址: 202. 197. 11. 254/22
- 超网掩码: 255. 255. 252. 0/22

- 好处: 路由聚合, 路由器中路由信息数量减少。



# 第五章：网络层

---

## 第1节：IPv4地址

- 一、因特网无连接服务
- 二、有类IPv4地址
- 三、划分子网和构建超网
  - 1. 划分子网
  - 2. 构造超网
- 四、无分类编址(CIDR)



## 四、无分类编址 (CIDR)

---

### ■ IP 编址问题的演进

- 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, 即VLSM。
- 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, 为了解决IP地址利用率和路由聚合 (汇聚: 将几条不同路由组合成一条路由, 与超网有关), 1996年INTERNET地址管理机构进一步研究出无分类编址方法, 即无分类域间路由选择方法 CIDR (Classless Inter-Domain Routing)。



## 四、无分类编址 (CIDR)

- 无分类编址：将整个IP地址空间分为大小不同地址块，任何一个单位都可以申请到合适大小的地址块。



无类地址空间划分

- 无类地址块划分原则
  - 个人和单位可以按需分配不同大小和数量的地址块；
  - 采用两部分：Netid + hostid / 网络前缀长度 (Netid比特位个数)，Netid也称为网络前缀。 202.197.12. 0/24
- CIDR 最主要的特点
  - CIDR消除了传统 A 类、B 类和 C 类地址以及划分子网概念，可以更加有效地分配 IPv4 地址空间。



## 四、无分类编址 (CIDR)

---

- 128. 14. 32. 0/20      128. 14. 00100000. 0/20
  - 表示网络前缀是20比特位，主机号是12比特位，地址块共有  $2^{12}-2$  个地址。
  - 网络地址（主机号全0）：128. 14. 32. 0；
  - 直接广播地址；（主机号全1）：128. 14. 47. 255
  - 可分配的IP地址：  
128. 14. 32. 1 ~ 128. 14. 47. 254 。

# 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

所有地址  
的 20 位  
前缀都是  
一样的

...

...

10000000	00001110	00101111	11111011
10000000	00001110	00101111	11111100
10000000	00001110	00101111	11111101
10000000	00001110	00101111	11111110
10000000	00001110	00101111	11111111

最大地址





## 四、无分类编址(CIDR)

---

- 无分类编制有效范围确定(128. 14. 32. 0/20)
  - 地址块第一个地址128. 14. 32. 1 /20) (任意一个地址: 128. 14. 32. 10 /20), 出现必须要有前缀长度.
  - 根据前缀长度很容易得到网络掩码;
  - 网络掩码与地址“与”操作可得到网络地址(主机号全0), 进而得到直接广播地址(主机号全1), 有效地址范围
  - 举例: 202. 197. 12. 82/24(如果改写为202. 197. 12. 82/27呢?)



# IPv4地址总结1

---

- IP 地址和主机（或路由器）网络接口对应。
  - 一个主机有一个网络接口，可分配多个IP地址；有两个网络接口，连接到相同的网络上，则同时具有两个相同网络地址的IP地址；
  - 当一个主机同时连接到两个不同网络上时，该主机就必须同时具有两个不同网络号 net-id 必须是不同的IP地址，这种主机称为多宿主主机(multihomed host)。
  - 由于一个路由器至少应当连接到两个不同网络（这样它才能将 IP 数据分组从一个网络转发到另一个网络），因此一个路由器至少应当有两个不同网络号 net-id IP 地址。



# IPv4地址总结1

---

- 网桥、二层交换机、物理层网络互联设备连接起来的局域网属于一个网络，该局域网都具有同样的网络号 `net-id` (+`subnet-id`)，即网络地址。
  - 网桥和二层交换机没有IP地址概念；
  - 连接其上的主机必须属于同一个网络（网络地址/子网网络地址）
- 三层交换机：划分VLAN，每个VLAN属于一个网段（有一个网络地址），每个VLAN有一个虚拟网络接口地址。



# IPv4地址总结2

- 没有划分子网：某单位申请了一个地址块(A类、B类和C类)，地址块第一个地址（任意一个地址）和**默认掩码**可以确定其地址范围、网络地址，广播地址。
- 划分子网：某单位将申请到的地址块划分为若干子网，每个子网第一个地址（任意一个子网地址）和**子网掩码**可以确定该子网地址范围、子网网络地址，子网广播地址。
- 超网：某单位将申请到多个C地址块合并为一个超网，超网第一个地址（任意一个子网地址）和前缀长度（超网掩码）可以确定该超网地址范围、超网网络地址，超网广播地址。
- 超网概念与子网概念相反（以C类地址为例）
  - C类网络子网掩码1比特位个数**大于**其默认掩码1个数；
  - C类默认掩码连续1比特位数大于几个C类地址块构成超网的掩码1个数



# IPv4地址总结3

---

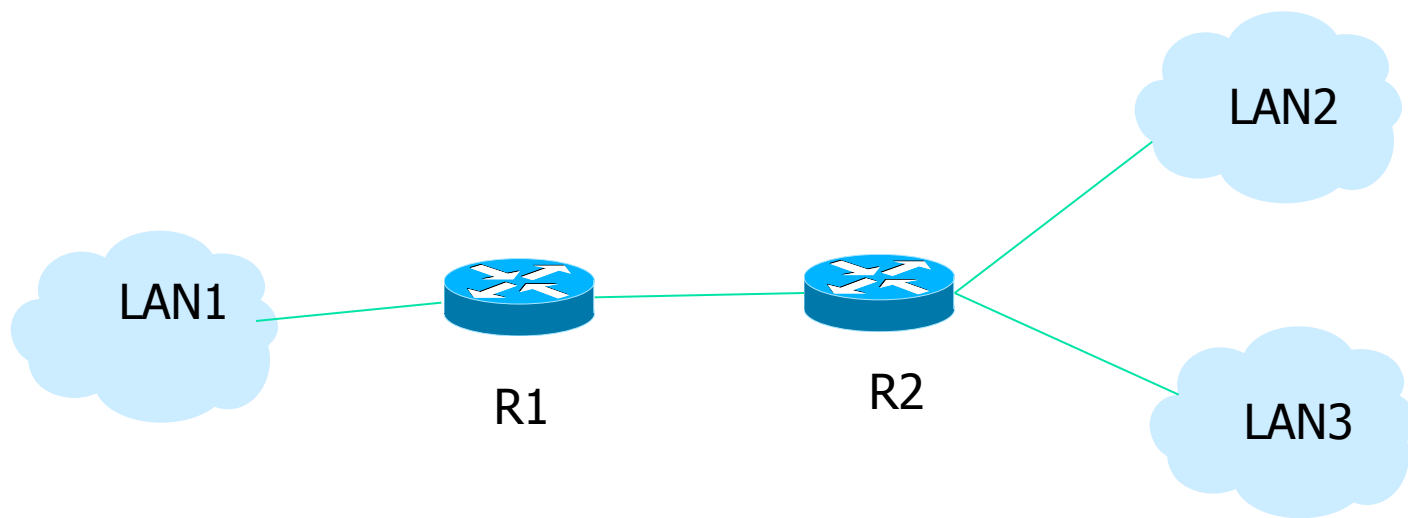
- 针对CIDR, 某单位分配到一个地址块（网络地址/前缀长度），只要知道该地址块任意IP地址，利用前缀长度，可以得到该网络如下信息：
  - （1）网络掩码
  - （2）网络地址；
  - （3）直接广播地址；
  - （4）可分配IP地址范围；



# 讨论题

- 某单位分配到一个C类地址块：200.200.200.0/24

该单位有3个网络（每个子网计算机个数最多为61台），用两个路由器连接，如下图所示.请给出IP地址分配方法，以及各路由器路由表。





# 第五章：网络层

---

## 第1节：IPv4地址

- 一、因特网无连接服务
- 二、有类IPv4地址
- 三、划分子网和构建超网
  - 1. 划分子网
  - 2. 构造超网
- 四、无分类编址(CIDR)

# 结束!





# 复习&预习&作业

---

- 复习

教材PP167-PP171

- 预习

教材PP171-PP178

- 作业

教材PP199: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9