



石家庄铁道大学
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

计算机网络

第 9 讲 网络层



上讲内容回顾

- ◆ 高速以太网
- ◆ 其他类型的高速局域网或接口



本讲内容

- ◆ 网络层提供的两种服务
- ◆ 虚拟互连网
- ◆ 分类的IP地址
- ◆ IP地址与硬件地址

网络层提供的两种服务

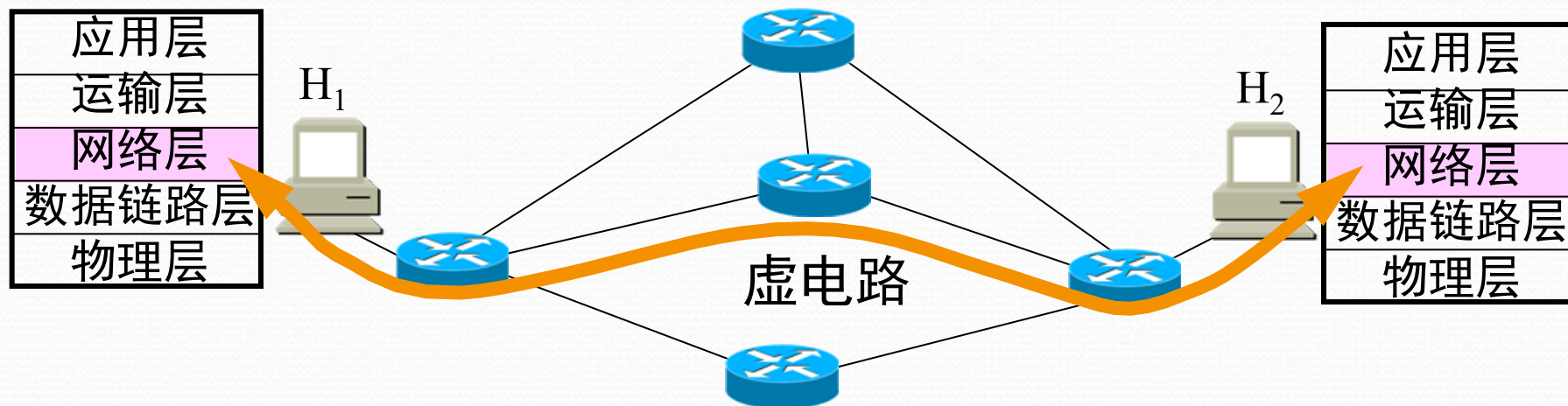
- 在计算机网络领域，网络层应该向运输层提供怎样的服务（“面向连接”还是“无连接”）曾引起了长期的争论。
- 争论焦点的实质就是：在计算机通信中，可靠交付应当由谁来负责？是网络还是端系统？

电信网的成功经验

让网络负责可靠交付

- 面向连接的通信方式
- 建立虚电路(Virtual Circuit)，以保证双方通信所需的一切网络资源。
- 如果再使用可靠传输的网络协议，就可使所发送的分组无差错按序到达终点。

虚电路服务



H_1 发送给 H_2 的所有分组都沿着同一条虚电路传送

虚电路是逻辑连接

- 虚电路表示这只是一条**逻辑上的连接**，分组都沿着这条逻辑连接按照存储转发方式传送，而并不是真正建立了一条物理连接。
- 请注意，电路交换的电话通信是先建立了一条**真正的连接**。因此分组交换的虚连接和电路交换的连接只是类似，但并不完全一样。

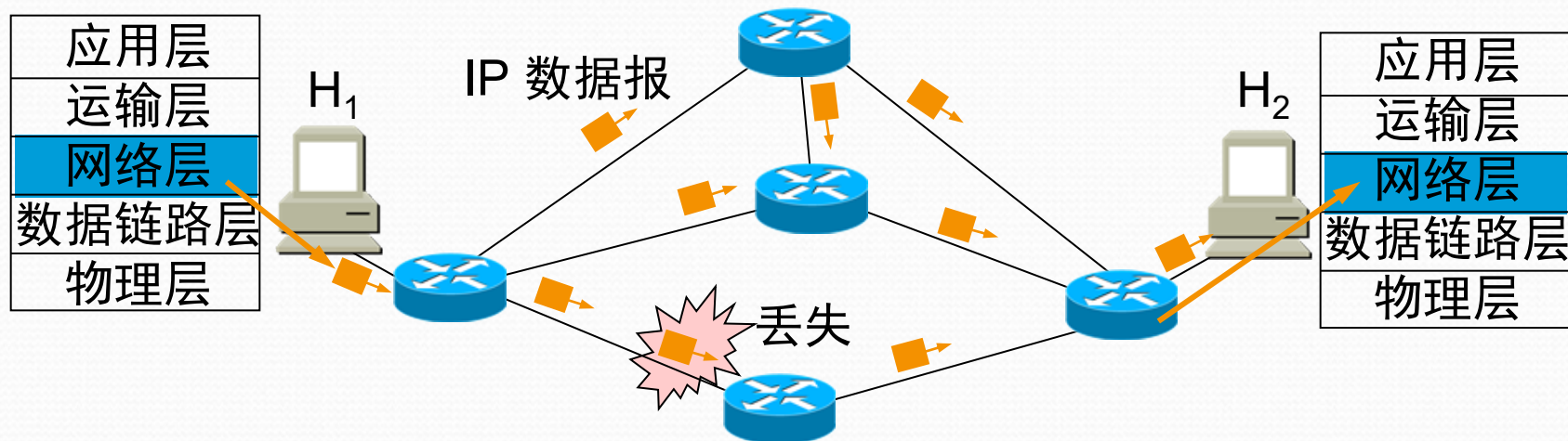
因特网采用的设计思路

- 网络层向上只提供简单灵活的、无连接的、尽最大努力交付的数据报服务。
- 网络在发送分组时不需要先建立连接。每一个分组（即 IP 数据报）独立发送，与其前后的分组无关（不进行编号）。
- 网络层不提供服务质量的承诺。即所传送的分组可能出错、丢失、重复和失序（不按序到达终点），当然也不保证分组传送的时限。

尽最大努力交付的好处

- 由于传输网络不提供端到端的可靠传输服务，这就使网络中的路由器可以做得比较简单，而且价格低廉（与电信网的交换机相比较）。
- 如果主机（即端系统）中的进程之间的通信需要是可靠的，那么就由网络的主机中的运输层负责（包括差错处理、流量控制等）。
- 采用这种设计思路的好处是：网络的造价大大降低，运行方式灵活，能够适应多种应用。
- 因特网能够发展到今日的规模，充分证明了当初采用这种设计思路的正确性。

数据报服务



H_1 发送给 H_2 的分组可能沿着不同路径传送

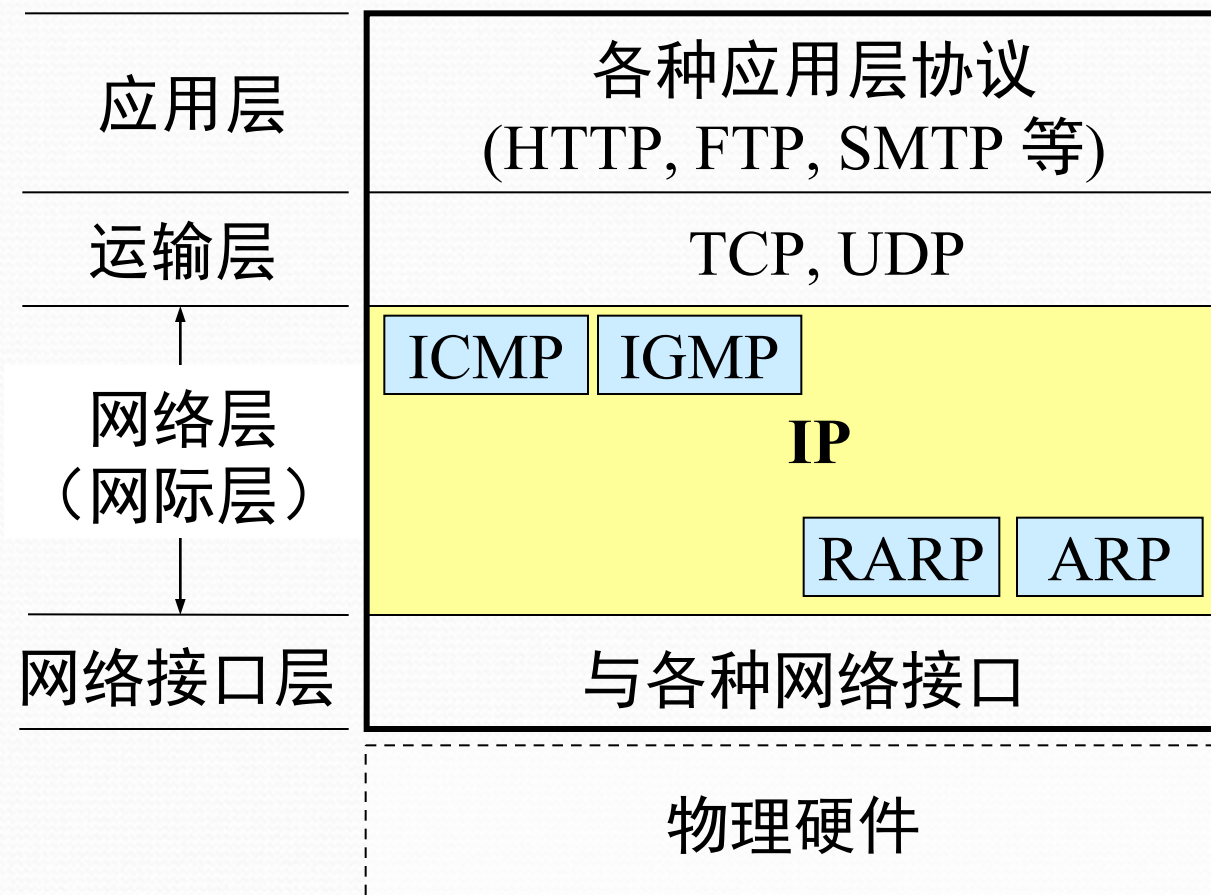
虚电路服务与数据报服务的对比

对比的方面	虚电路服务	数据报服务
思路	可靠通信应当由网络来保证	可靠通信应当由用户主机来保证
连接的建立	必须有	不需要
节点地址	在连接建立阶段使用，每个分节使用短的虚电路号	每个分节都有节点的完整地址
分节的顺序	属于同一条虚电路的分节均按照同一路由进行传送	每个分节独立选择路由进行传送
当节点出现故障时	所有通过出现故障的节点的虚电路均不能工作	出现故障的节点可能会丢失分节，一些路由可能会产生变化
分节的顺序	是按发送顺序到达节点	到达节点时不一定按发送顺序
端到端的差错处理和流量控制	可以由网络实现，也可以由用户主机实现	由用户主机实现

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)

网际层的 IP 协议及配套协议



虚拟互连网络

- 互连在一起的网络要进行通信，会遇到许多问题需要解决，如：
 - 不同的寻址方案
 - 不同的最大分组长度
 - 不同的网络接入机制
 - 不同的超时控制
 - 不同的差错恢复方法
 - 不同的状态报告方法
 - 不同的路由选择技术
 - 不同的用户接入控制
 - 不同的服务（面向连接服务和无连接服务）
 - 不同的管理与控制方式

网络互相连接起来 要使用一些中间设备

- 中间设备又称为中间系统或中继(relay)系统。
 - 物理层中继系统：转发器(repeater)。
 - 数据链路层中继系统：网桥或桥接器(bridge)。
 - 网络层中继系统：路由器(router)。
 - 网桥和路由器的混合物：桥路器(brouter)。
 - 网络层以上的中继系统：网关(gateway)。

student.edu.cn

DHCP

IP 地址

常规

备用配置

如果网络支持此功能，则可以获取自动指派的 IP 设置。否则，你需要从网络系统管理员处获得适当的 IP 设置。

☒ 自动获得 IP 地址(O)
 ☐ 使用下面的 IP 地址(S):

IP 地址(I):

子网掩码(U):

默认网关(D):

IP地址和掩码作与运算
得网络号？

$$\begin{array}{r}
 1111\ 1111\ 1\ 01110 \\
 3 \\
 \hline
 0000\ 0011 \\
 1111\ 1111 \\
 \hline
 0111\ 0011
 \end{array}$$

网络号

无线局域网适配器 WLAN:

连接特定的 DNS 后缀	:	:
IPv6 地址	:	240e:342:47:d500:1cb7:96bc:2acd:3
IPv6 地址	:	240e:342:47:d519:c4f5:b095:d1a7:8903
临时 IPv6 地址	:	240e:342:47:d519:505c:fc31:7ac3:ea8a
本地链接 IPv6 地址	:	fe80::c4f5:b095:d1a7:8903%17
IPv4 地址	:	192.168.3.65
子网掩码	:	255.255.255.0
默认网关	:	fe80::1%17
	:	192.168.3.1

$$\begin{array}{r}
 192.168.3.100 \\
 \hline
 192.168.4.100
 \end{array}$$

192.168.3.100

老师，如果一开始在a的地址表中他找不到b的Mac地址该怎么办啊

A 使用ARP协议

3.100 广播 192.168.3.100 广播
3.100 接收端 代表 3.100 我的地址是多少

WLAN

文件(E) 编辑(E) 视图(V) 跳转(G) 捕获(C) 分析(A) 统计(S) 电话(T) 无线(W) 工具(I) 帮助(H)

应用显示过滤器 - <Ctrl-/>

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
445 3.895065	2c:f4:32:a0:4e:a0	Broadcast	ARP	42	Gratuitous ARP for 192.168.3.57 (Re
446 3.895066	1c:b7:96:bc:2a:cd	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.3.57? Tell 192.168.3
600 5.127293	02:b8:e3:24:40:87	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.3.1? Tell 192.168.3
1934 13.827131	2c:f4:32:a0:4e:a0	Broadcast	ARP	42	Gratuitous ARP for 192.168.3.57 (Re
1935 13.827132	1c:b7:96:bc:2a:cd	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.3.57? Tell 192.168.3
2387 17.633533	1c:b7:96:bc:2a:cd	38:68:93:56:33:ee	ARP	42	Who has 192.168.3.65? Tell 192.168.3
2388 17.633548	38:68:93:56:33:ee	1c:b7:96:bc:2a:cd	ARP	42	192.168.3.65 is at 38:68:93:56:33:ee

MAC地址

2387 17.633533	1c:b7:96:bc:2a:cd	38:68:93:56:33:ee	ARP	42	Who has 192.168.3.65? Tell 192.168.3.1
2388 17.633548	38:68:93:56:33:ee	1c:b7:96:bc:2a:cd	ARP	42	192.168.3.65 is at 38:68:93:56:33:ee

```
C:\Users\zyb>ping 192.168.3.2
```

正在 Ping 192.168.3.2 具有 32 字节的数据:

来自 192.168.3.65 的回复: 无法访问目标主机。✓

来自 192.168.3.65 的回复: 无法访问目标主机。✓

来自 192.168.3.65 的回复: 无法访问目标主机。✓

来自 192.168.3.65 的回复: 无法访问目标主机。✓

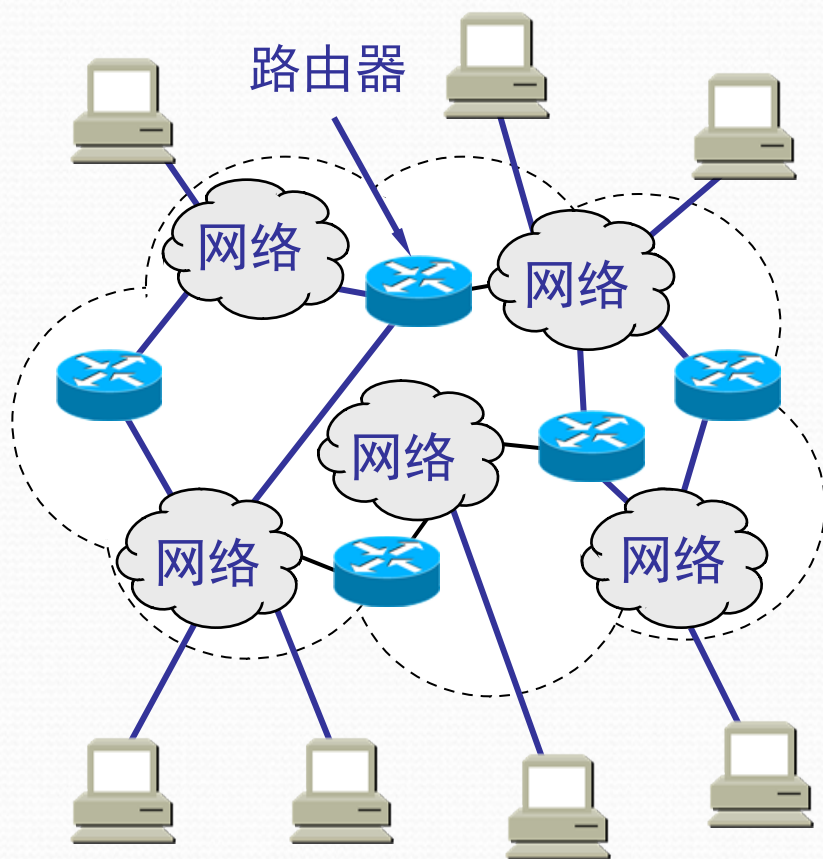
4733 43.876414	38:68:93:56:33:ee	Broadcast	ARP 42 Who has <u>192.168.3.2?</u> Tell <u>192.168.3.65</u>
4816 44.872762	38:68:93:56:33:ee	Broadcast	ARP 42 Who has <u>192.168.3.2?</u> Tell <u>192.168.3.65</u>
4899 45.869371	38:68:93:56:33:ee	Broadcast	ARP 42 Who has <u>192.168.3.2?</u> Tell <u>192.168.3.65</u>
4974 46.880849	38:68:93:56:33:ee	Broadcast	ARP 42 Who has <u>192.168.3.2?</u> Tell <u>192.168.3.65</u>

网络互连使用路由器

.0

- 当中继系统是转发器或网桥时，一般并不称之为网络互连，因为这仅仅是把一个网络扩大了，而这仍然是一个网络。
- 网关由于比较复杂，目前使用得较少。
- 互联网都是指用路由器进行互连的网络。
- 由于历史的原因，许多有关 TCP/IP 的文献将网络层使用的路由器称为网关。

互连网络与虚拟互连网络



(a) 互连网络

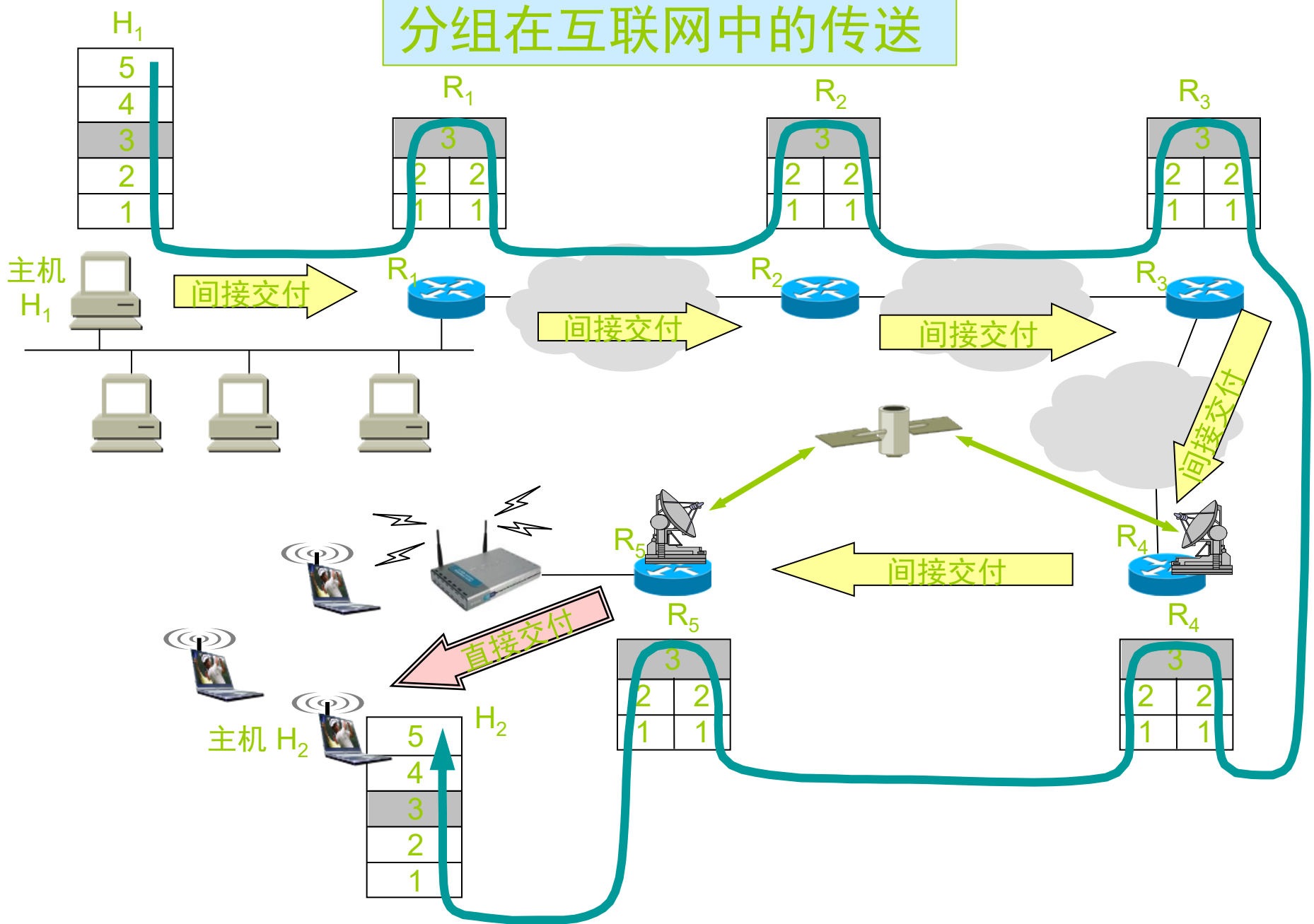


(b) 虚拟互连网络

虚拟互连网络的意义

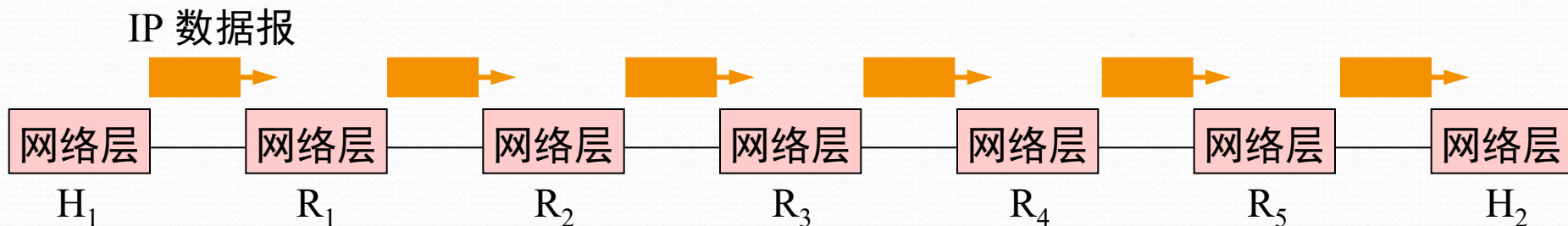
- 所谓虚拟互连网络也就是逻辑互连网络，它的意思就是互连起来的各种物理网络的异构性本来是客观存在的，但是我们利用 IP 协议就可以使这些性能各异的网络从用户看起来好像是一个统一的网络。
- 使用 IP 协议的虚拟互连网络可简称为 IP 网。
- 使用虚拟互连网络的好处是：当互联网上的主机进行通信时，就好像在一个网络上通信一样，而看不见互连的各具体的网络异构细节。

分组在互联网中的传送



从网络层看 IP 数据报的传送

- 如果我们只从网络层考虑问题，那么 IP 数据报就可以想象是在网络层中传送。



分类的 IP 地址

1. IP 地址及其表示方法

- 我们把整个因特网看成为一个单一的、抽象的网络。IP 地址就是给每个连接在因特网上的主机（或路由器）分配一个在全世界范围是唯一的 32 位的标识符。
- IP 地址现在由因特网名字与号码指派公司 ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) 进行分配

信2003 20203876 陈建辉([2637679522](#)) 9:05:55

记录IP地址

信1901-4-20194029-宋博文([1550054208](#)) 9:06:20

研究线路

【匿名】海洋之灾 9:08:36

哈夫曼编码

IP 地址的编址方法

- **分类的 IP 地址**。这是最基本的编址方法，在 1981 年就通过了相应的标准协议。
- **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。
- **构成超网**。这是比较新的无分类编址方法。1993 年提出后很快就得到推广应用。

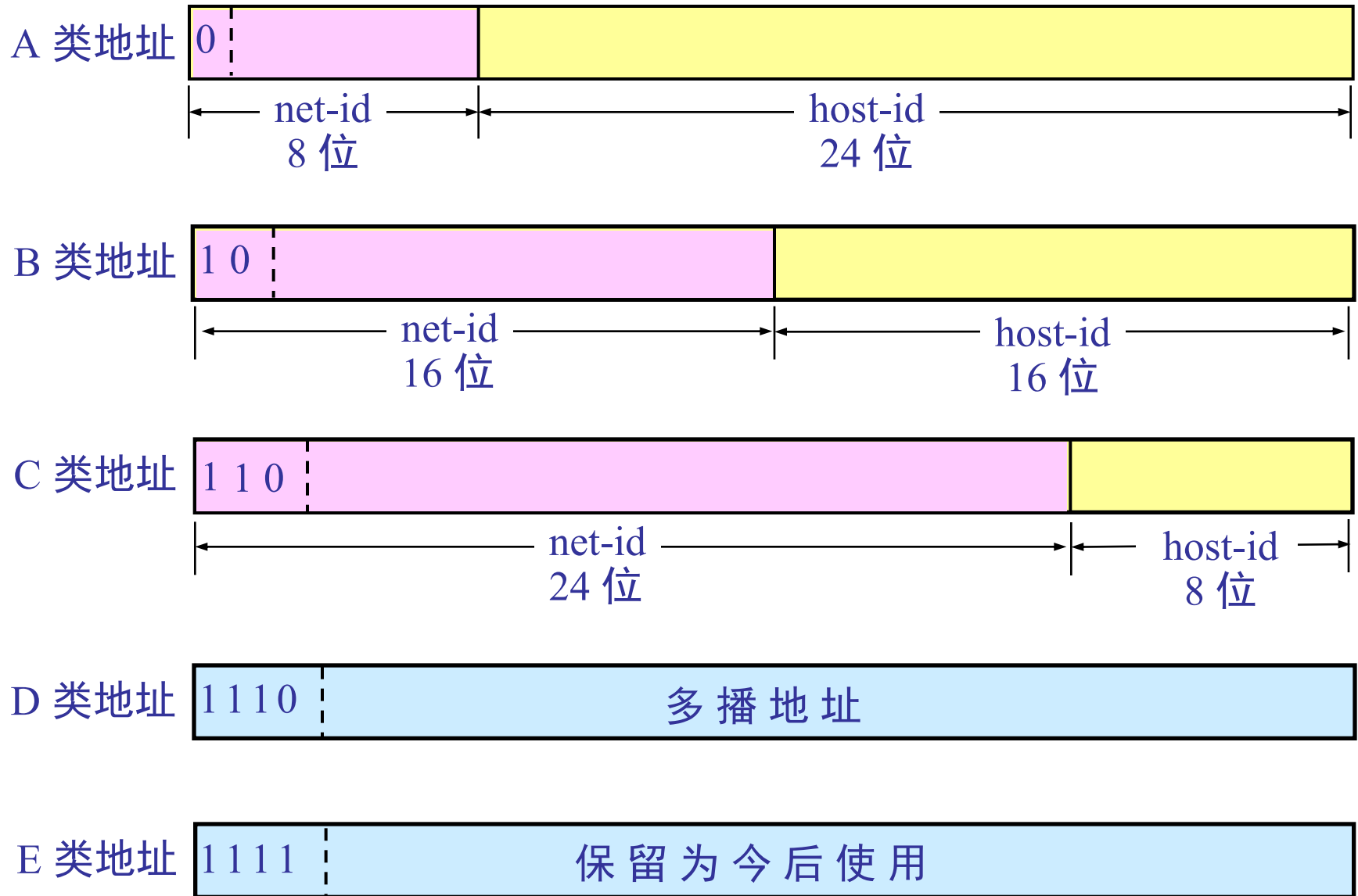
分类 IP 地址

- 每一类地址都由两个固定长度的字段组成，其中一个字段是网络号 net-id，它标志主机（或路由器）所连接到的网络，而另一个字段则是主机号 host-id，它标志该主机（或路由器）。
- 两级的 IP 地址可以记为：

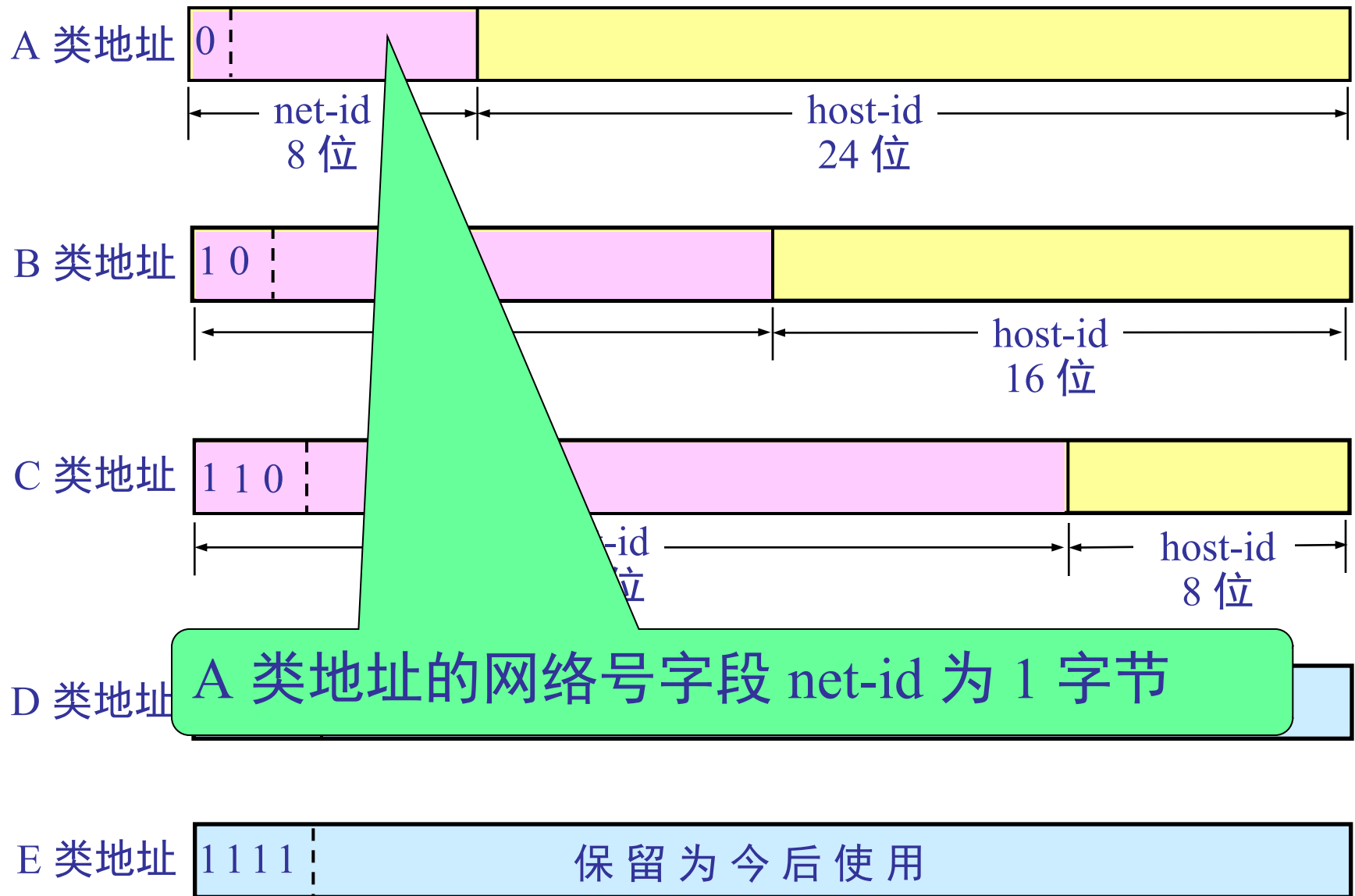
IP 地址 ::= { <网络号>, <主机号> } (4-1)

::= 代表“定义为”

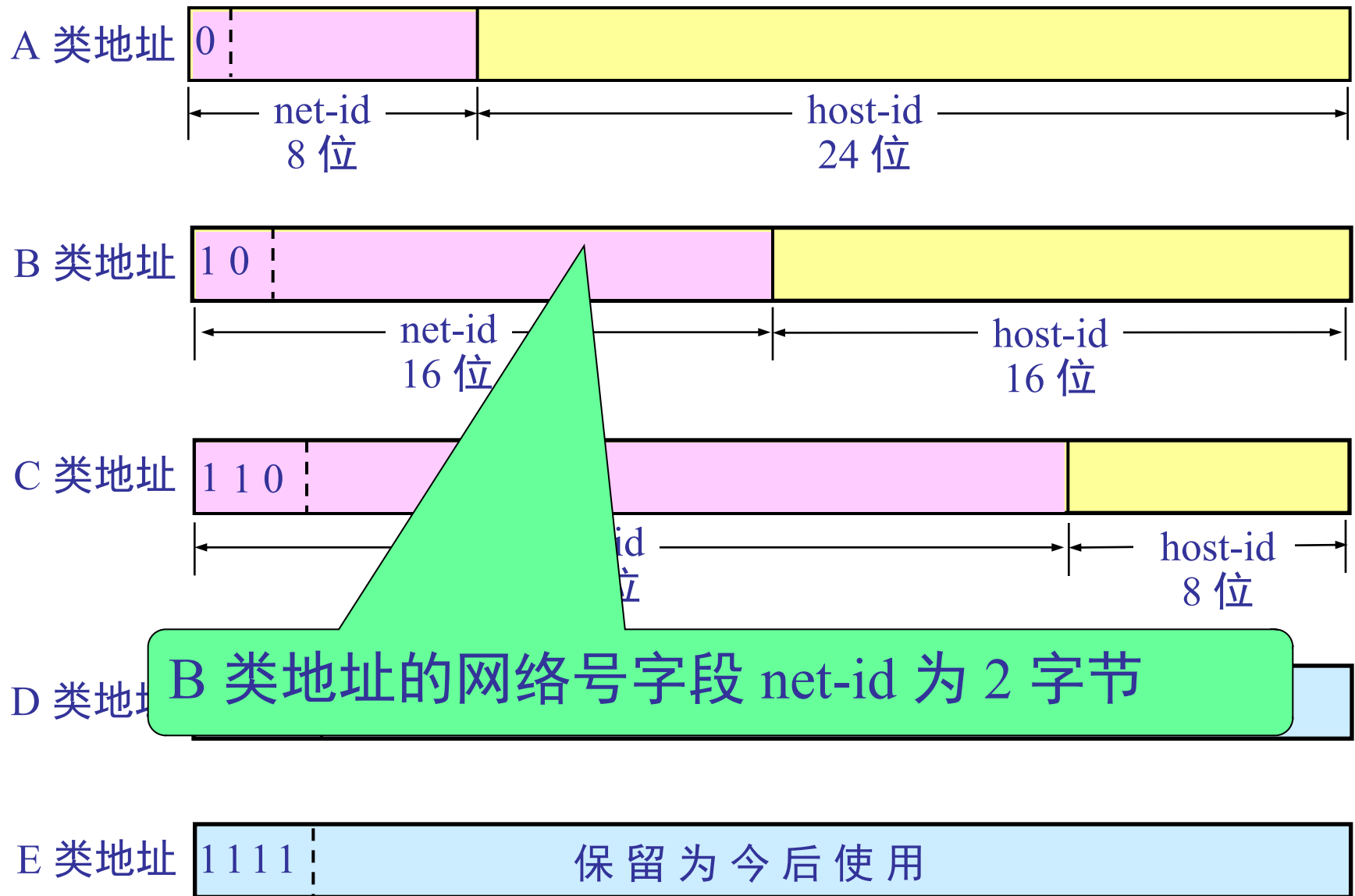
IP 地址中的网络号字段和主机号字段



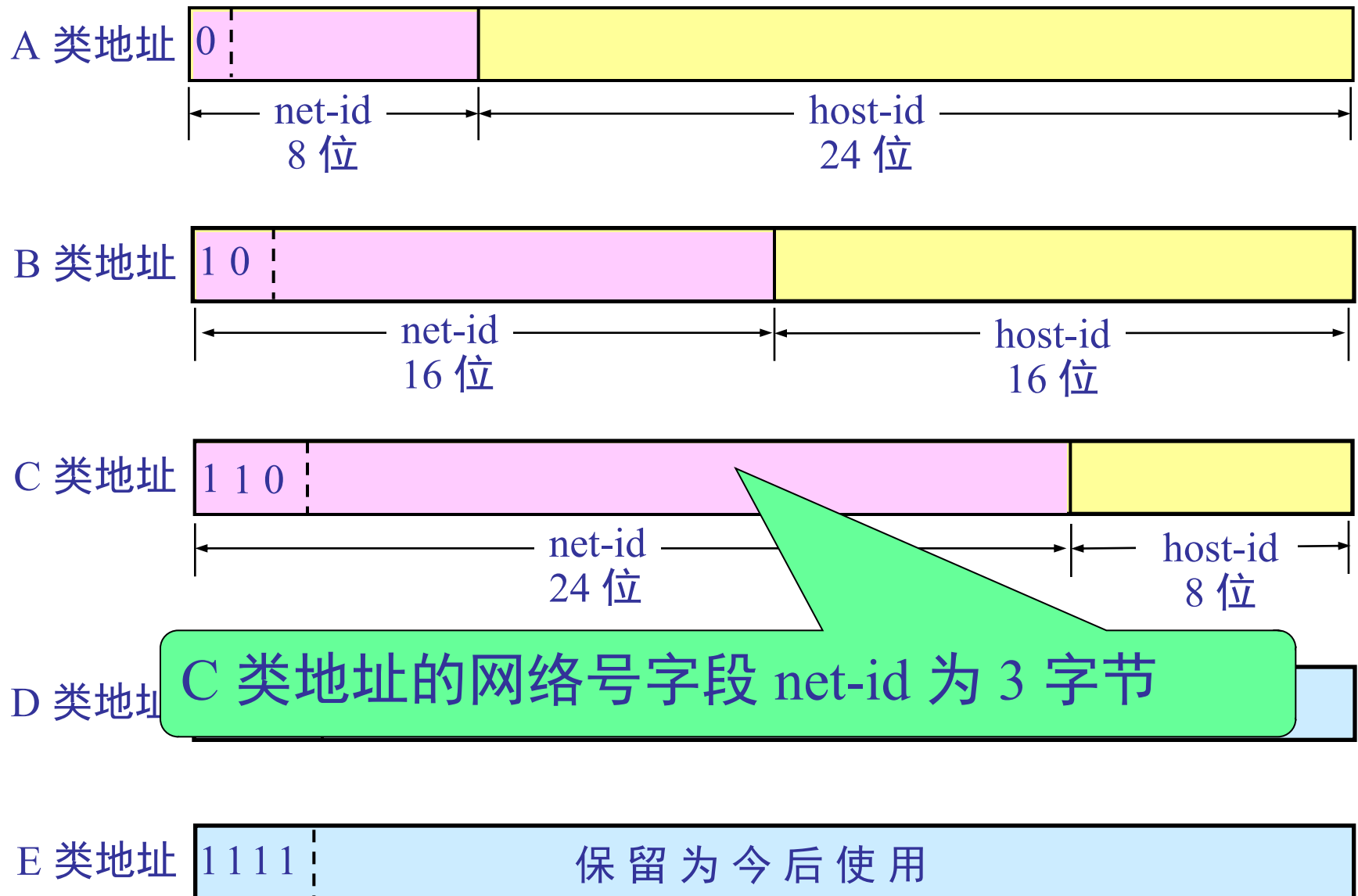
IP 地址中的网络号字段和主机号字段



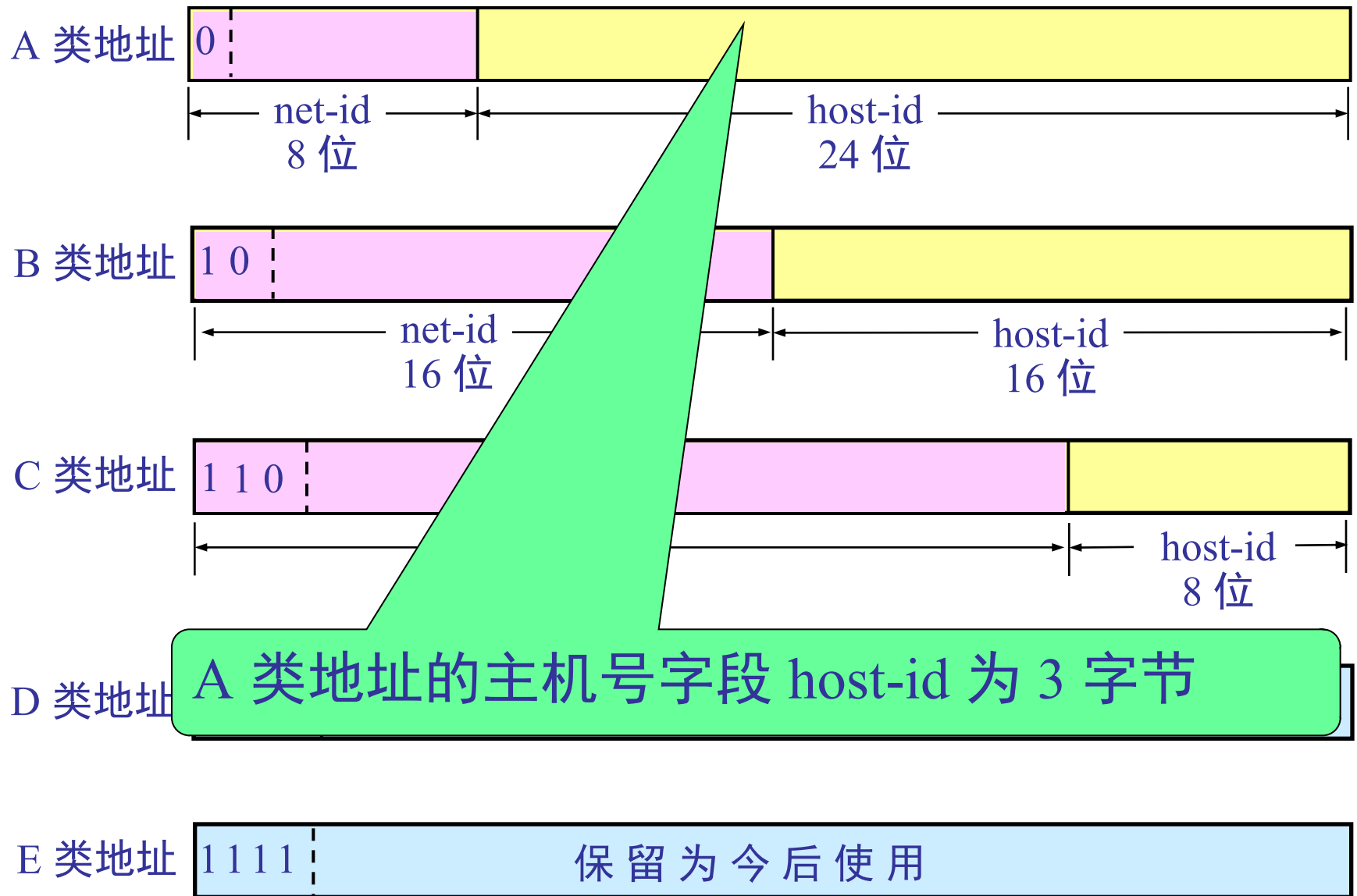
IP 地址中的网络号字段和主机号字段



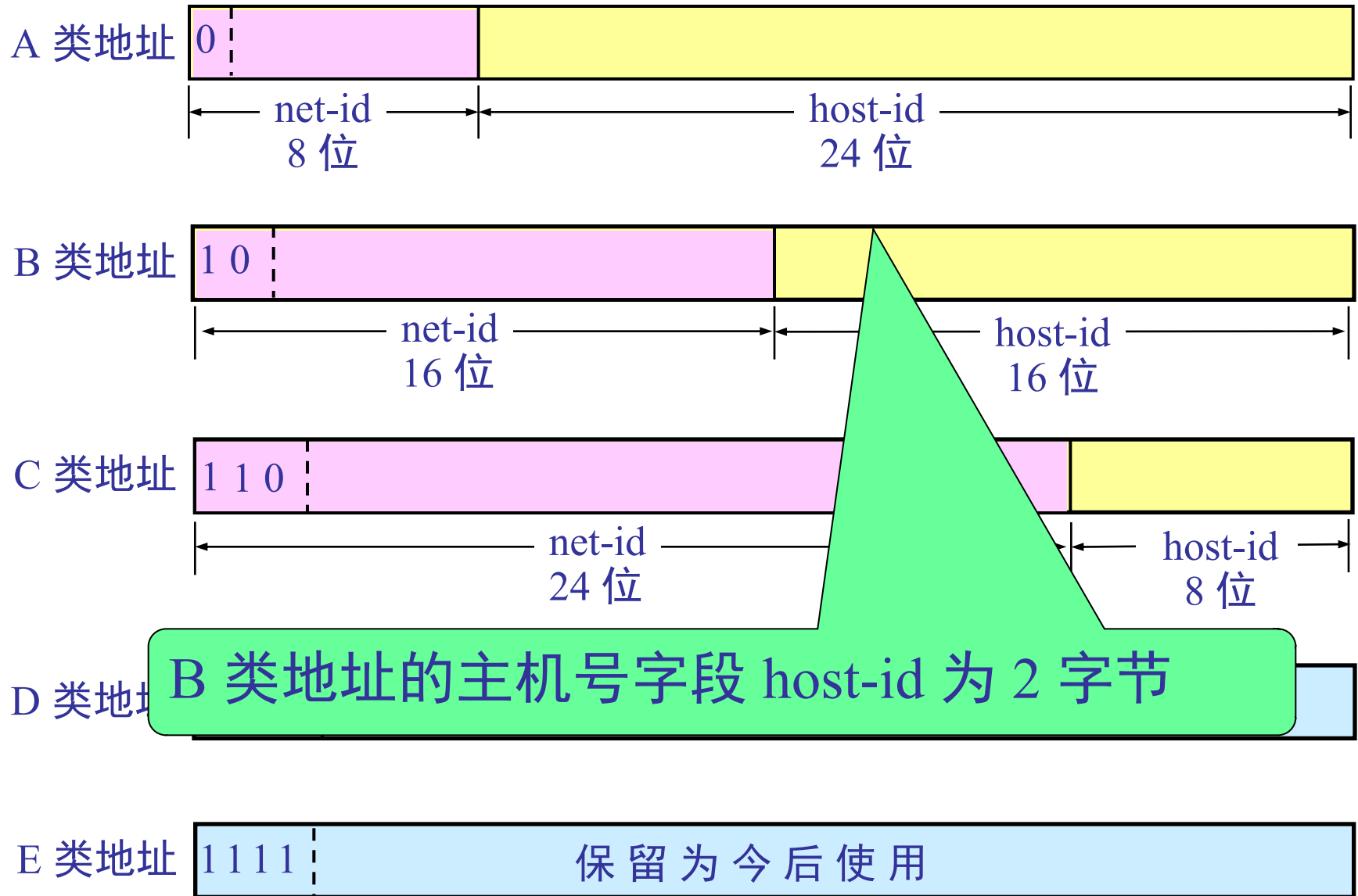
IP 地址中的网络号字段和主机号字段



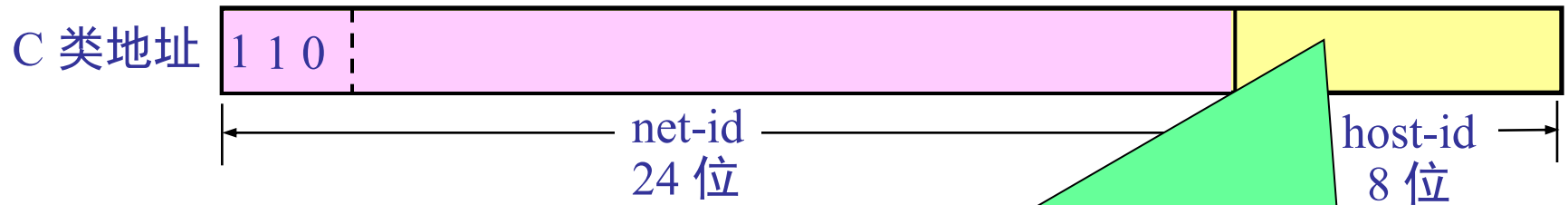
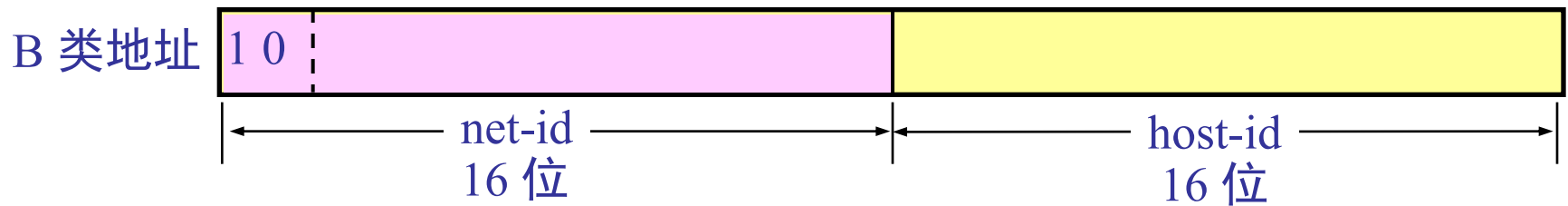
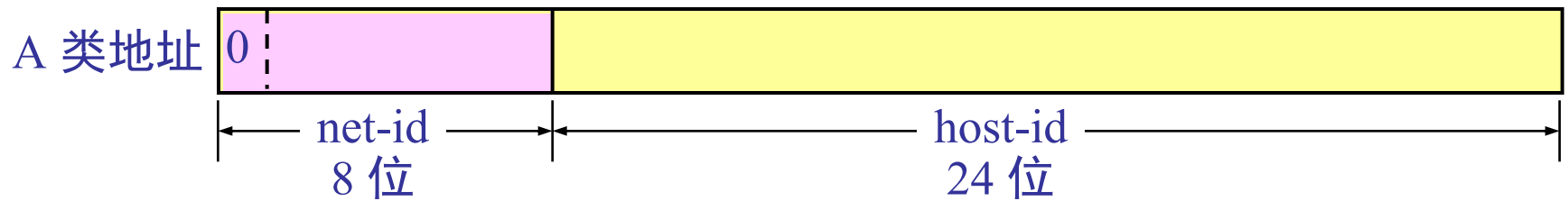
IP 地址中的网络号字段和主机号字段



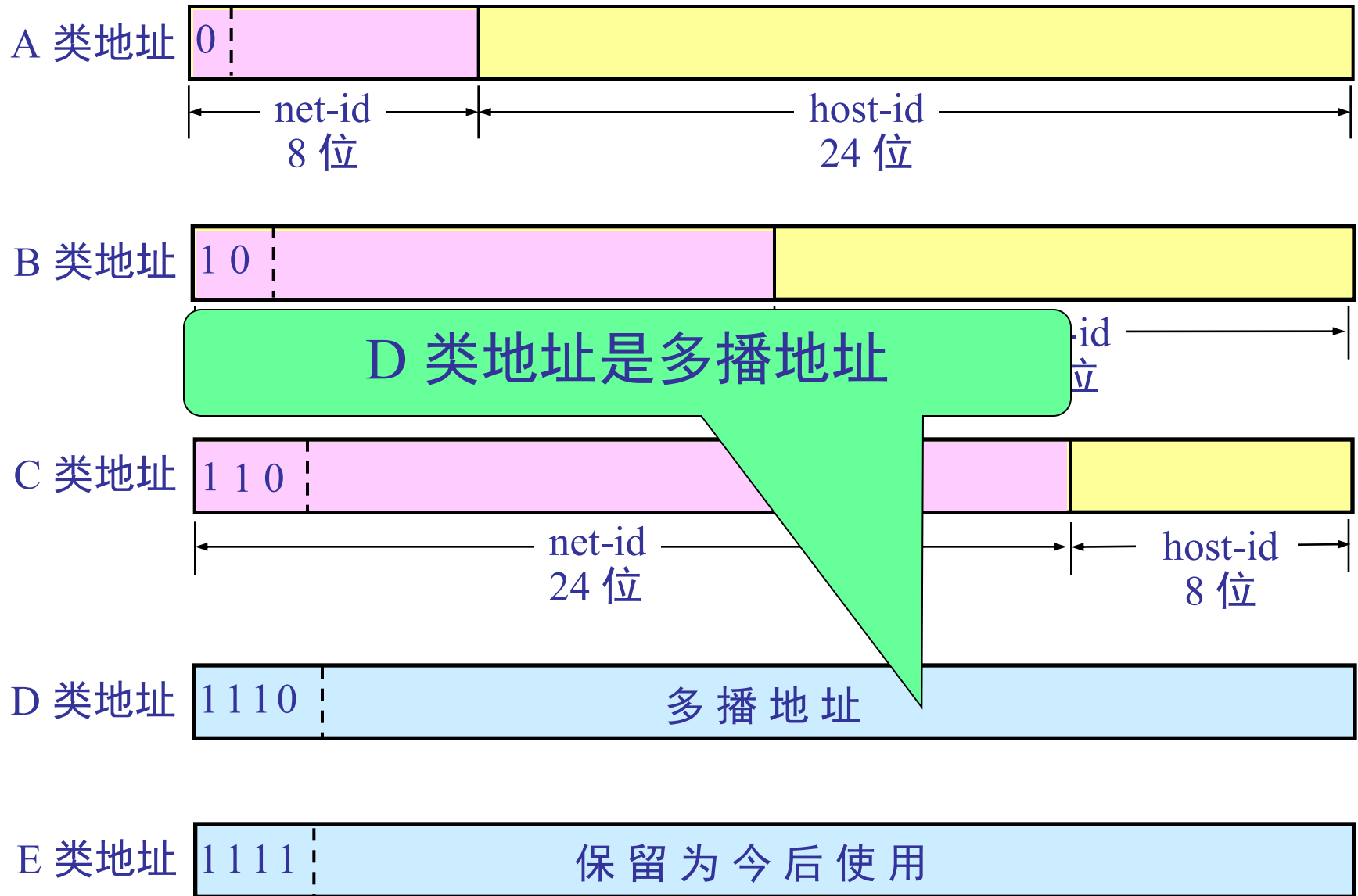
IP 地址中的网络号字段和主机号字段



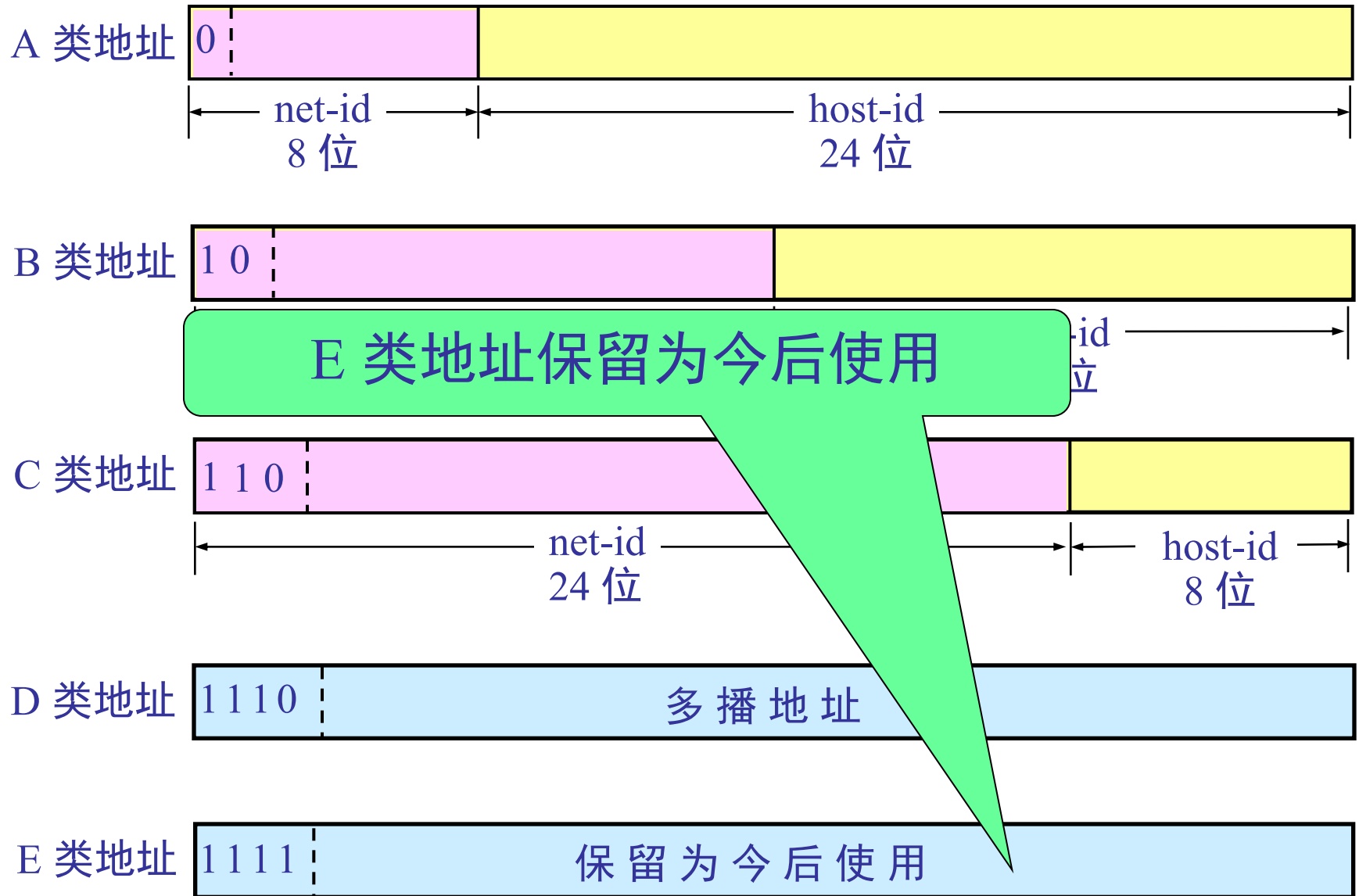
IP 地址中的网络号字段和主机号字段



IP 地址中的网络号字段和主机号字段



IP 地址中的网络号字段和主机号字段



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

2. 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	第一个可用的网络号	最后一个可用的网络号	每个网络中最大的主机数
A	126 ($2^7 - 2$)	1	126	16,777,214
B	16,383 ($2^{14} - 1$)	128.1	191.255	65,534
C	2,097,151 ($2^{21} - 1$)	192.0.1	223.255.255	254

IP 地址的一些重要特点

(1) IP 地址是一种分等级的地址结构。分两个等级的好处是：

- 第一，IP地址管理机构在分配IP地址时只分配网络号，而剩下的主机号则由得到该网络号的单位自行分配。这样就方便了IP地址的管理。
- 第二，路由器仅根据目的主机所连接的网络号来转发分组（而不考虑目的主机号），这样就可以使路由表中的项目数大幅度减少，从而减小了路由表所占的存储空间。

IP 地址的一些重要特点

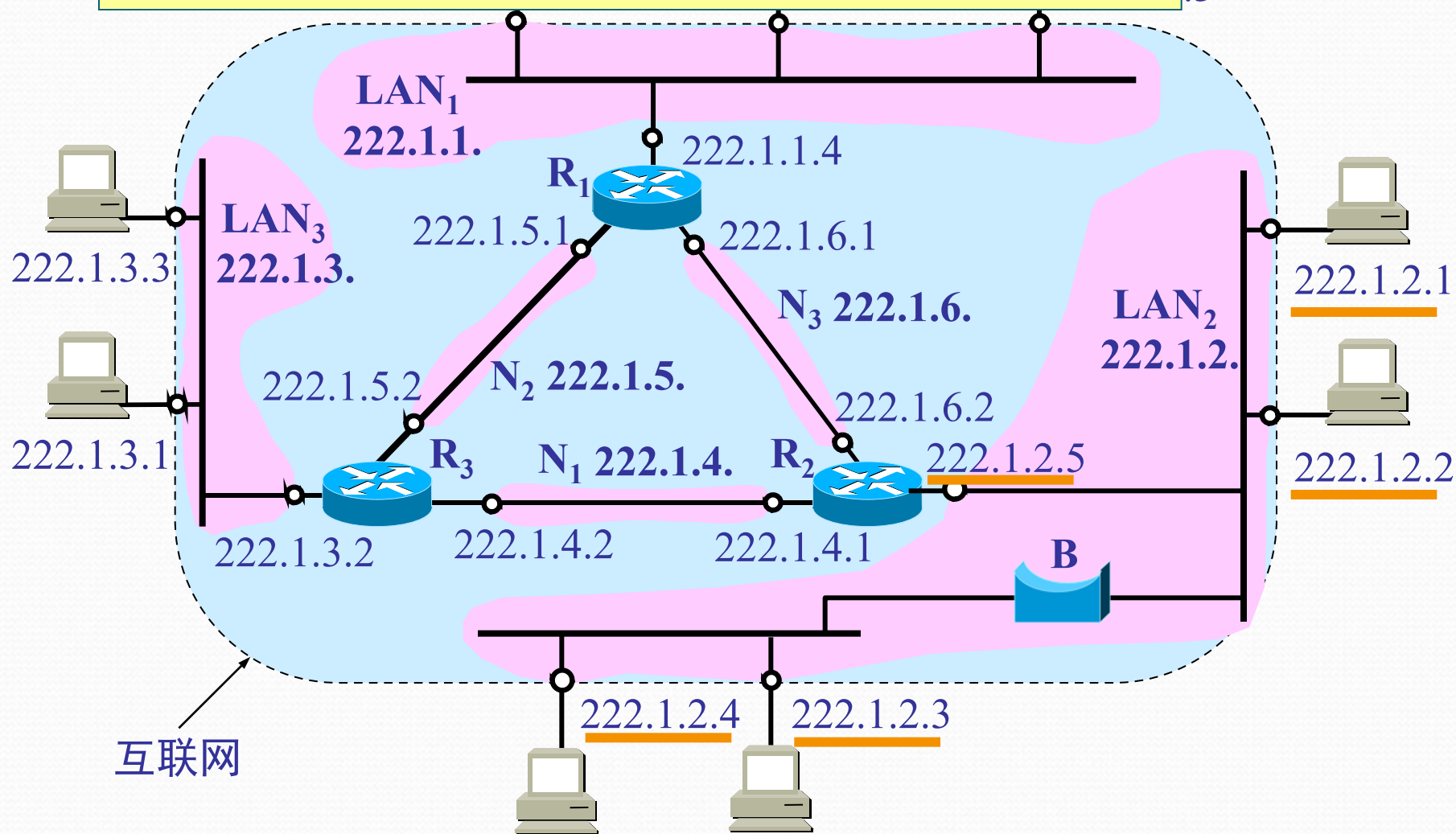
- (2) 实际上 IP 地址是标志一个主机（或路由器）和一条链路的接口。
- 当一个主机同时连接到两个网络上时，该主机就必须同时具有两个相应的 IP 地址，其网络号 net-id 必须是不同的。这种主机称为多归属主机(multihomed host)。
 - 由于一个路由器至少应当连接到两个网络（这样它才能将 IP 数据报从一个网络转发到另一个网络），因此一个路由器至少应当有两个不同的 IP 地址。

IP 地址的一些重要特点

- (3) 用转发器或网桥连接起来的若干个局域网仍为一个网络，因此这些局域网都具有同样的网络号 net-id。
- (4) 所有分配到网络号 net-id 的网络，范围很小的局域网，还是可能覆盖很大地理范围的广域网，都是平等的。

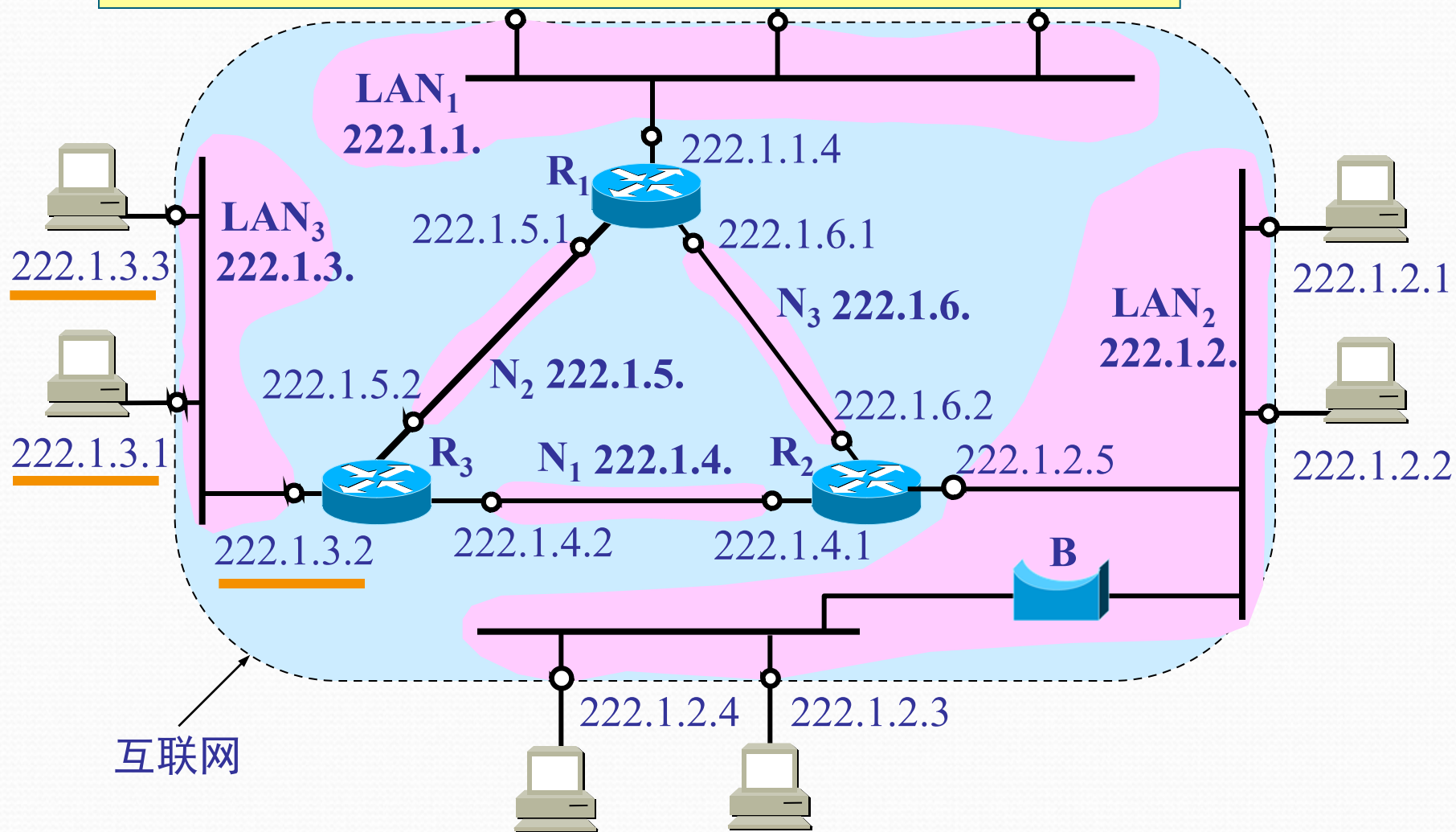
在同一个局域网上的主机或路由器的
IP 地址中的网络号必须是一样的。
图中的网络号就是 IP 地址中的 net-id

.3

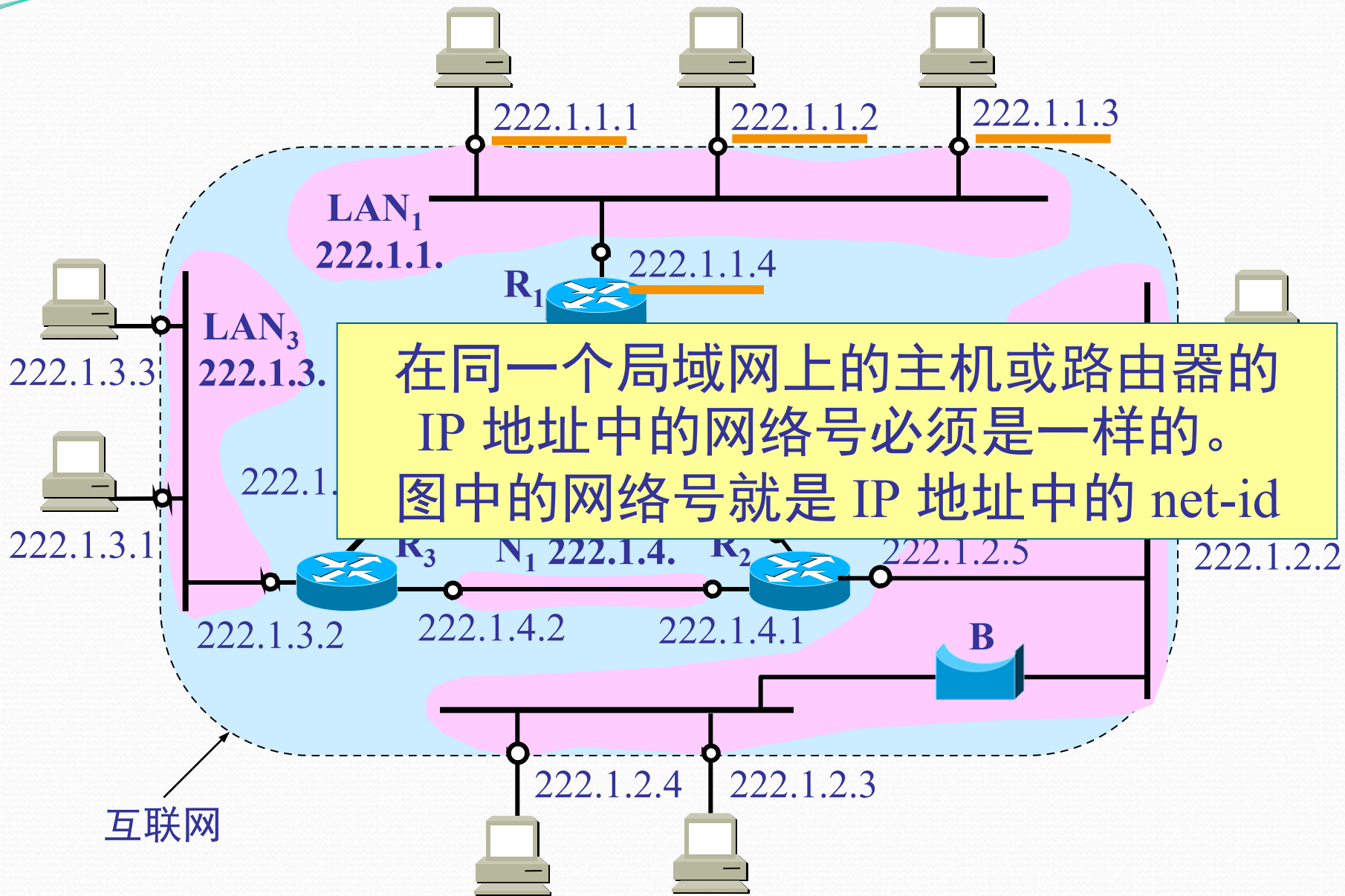


在同一个局域网上的主机或路由器的
IP 地址中的网络号必须是一样的。
图中的网络号就是 IP 地址中的 net-id

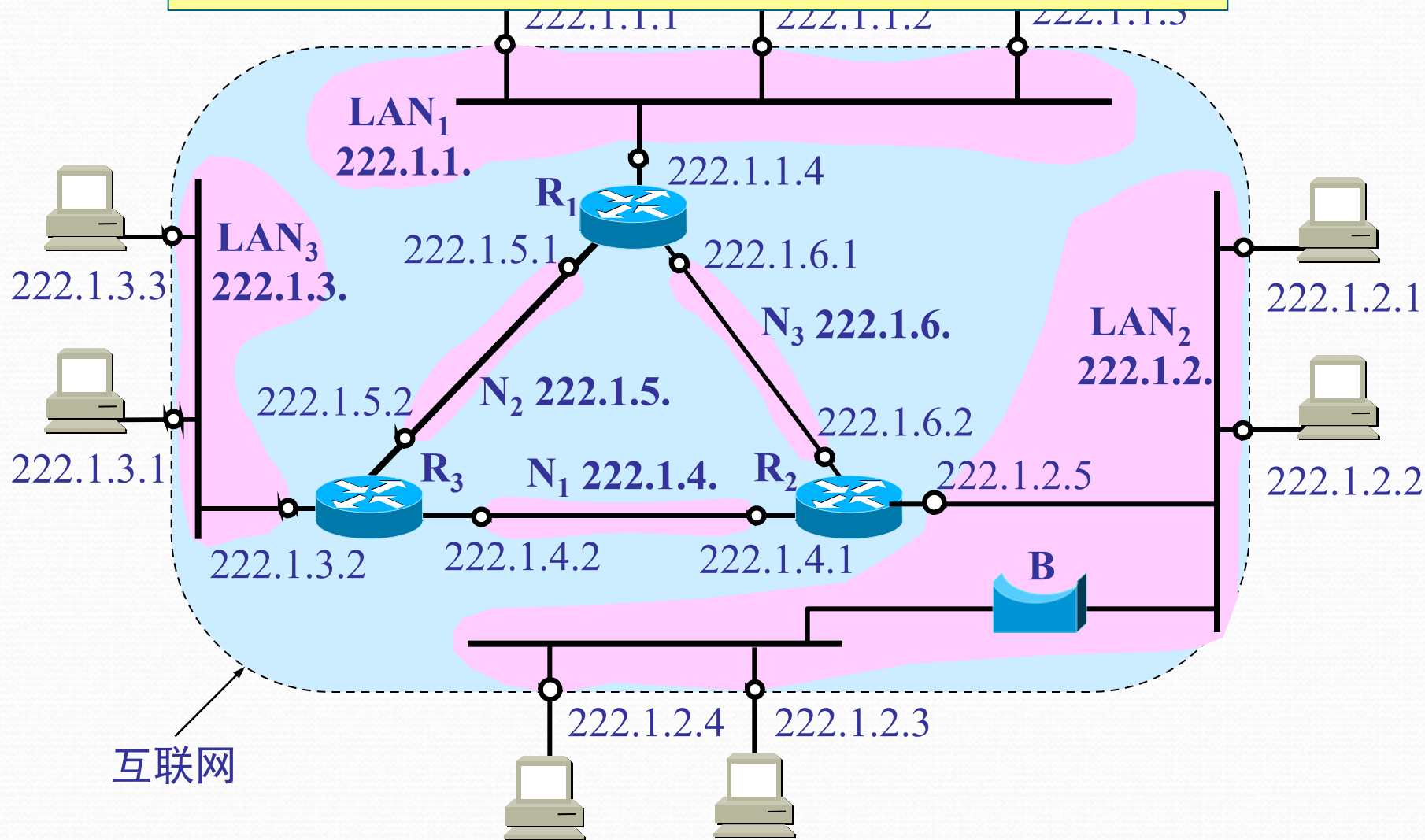
.3



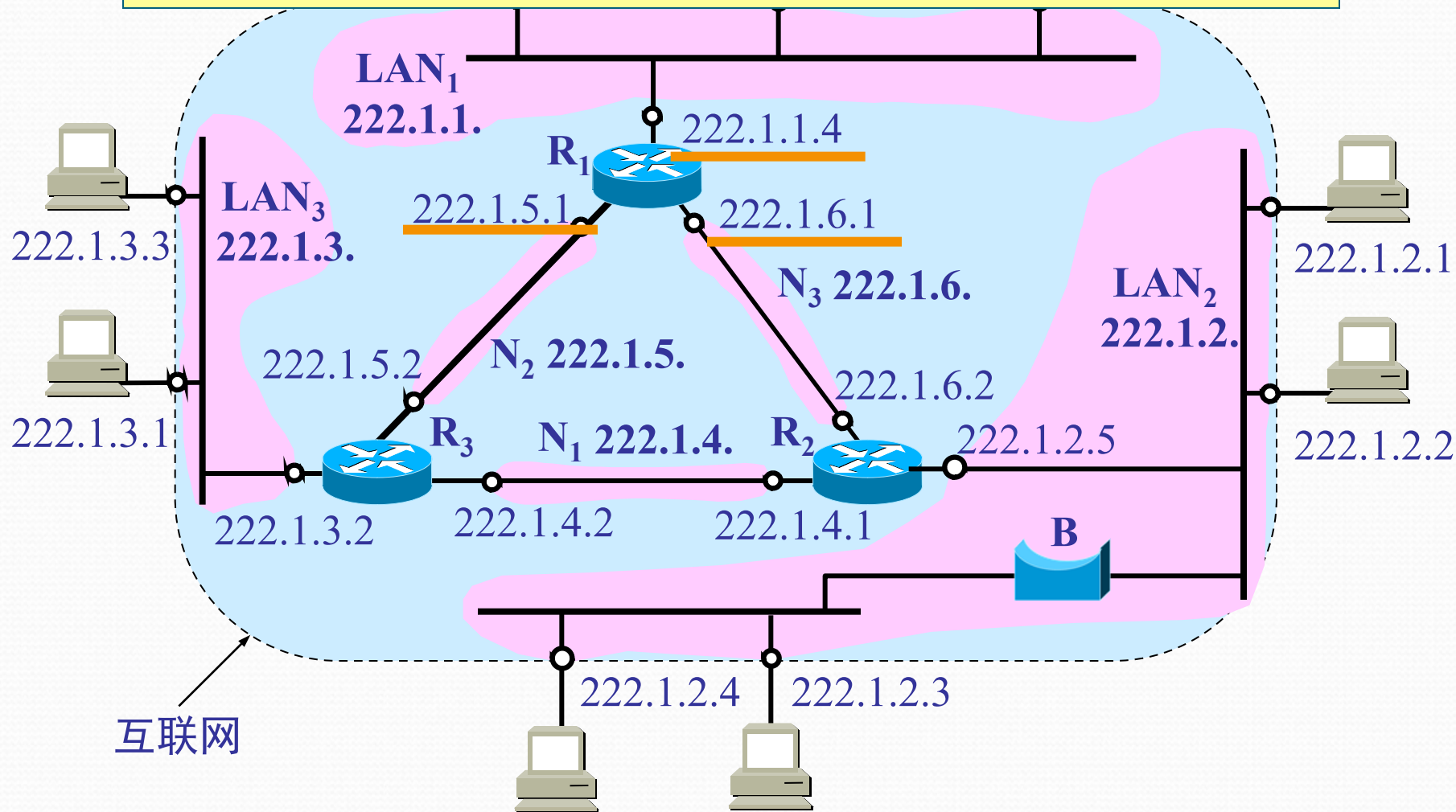
互联网中的 IP 地址



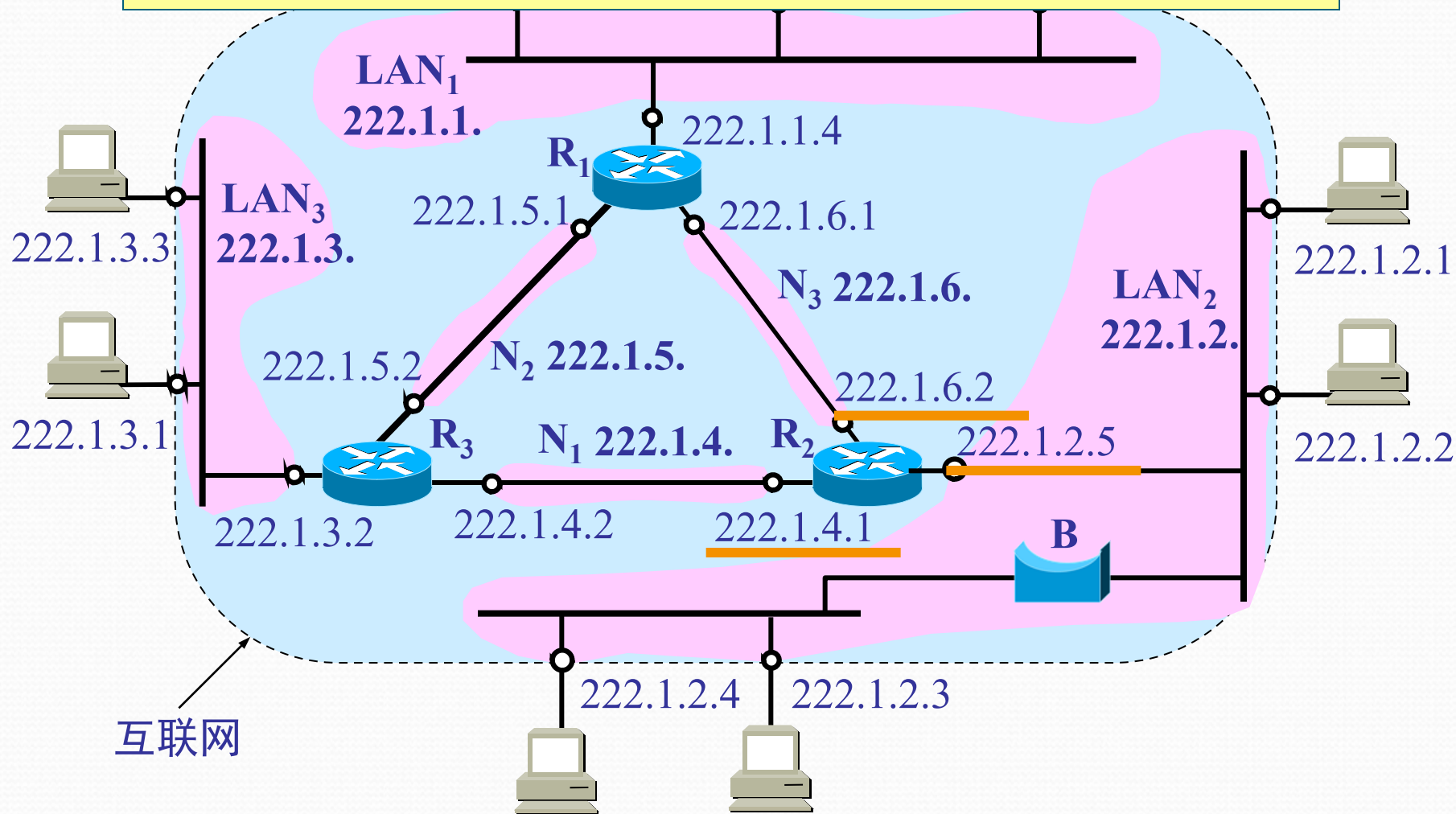
在同一个局域网上的主机或路由器的
IP 地址中的网络号必须是一样的。
图中的网络号就是 IP 地址中的 net-id



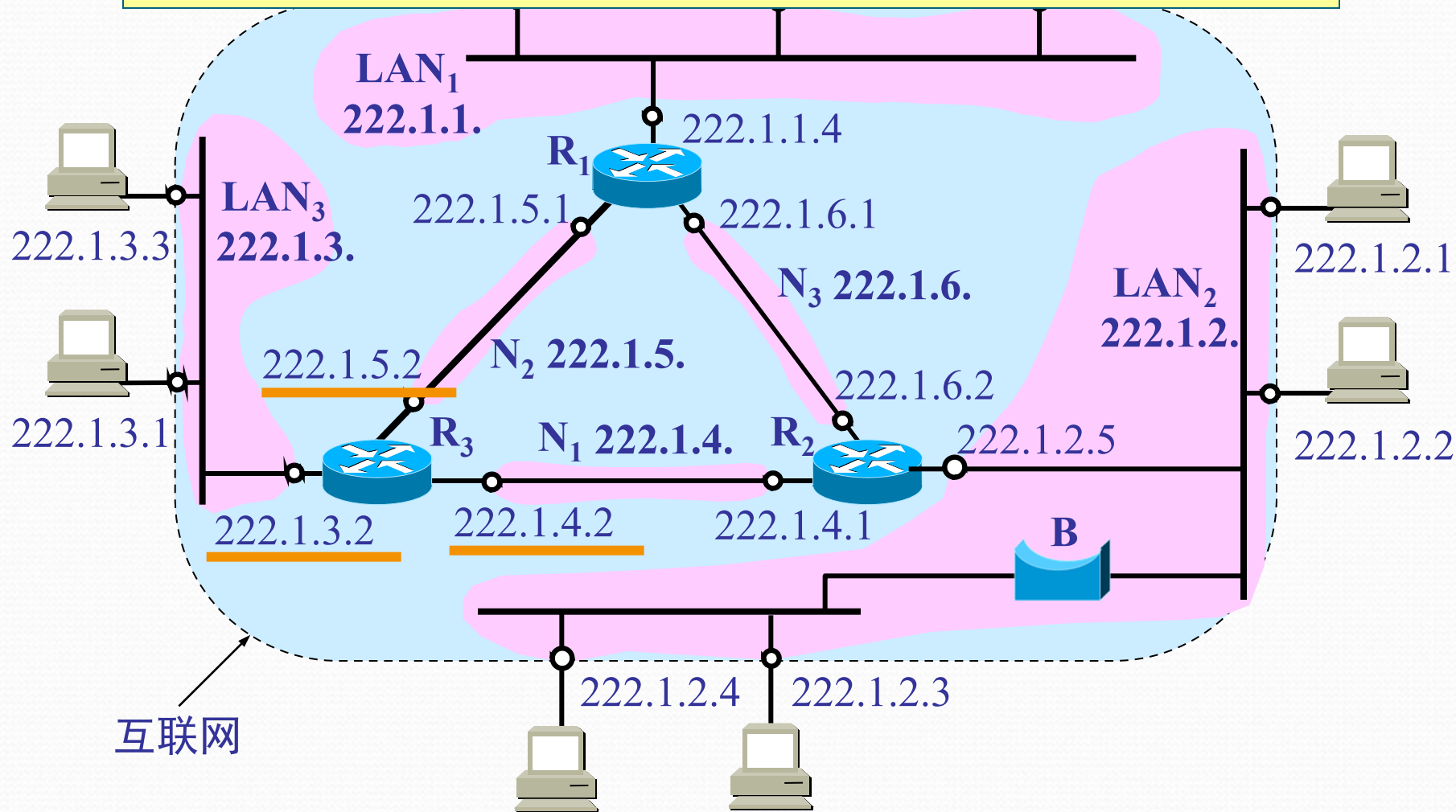
路由器总是具有两个或两个以上的 IP 地址。
路由器的每一个接口都有一个
不同网络号的 IP 地址。



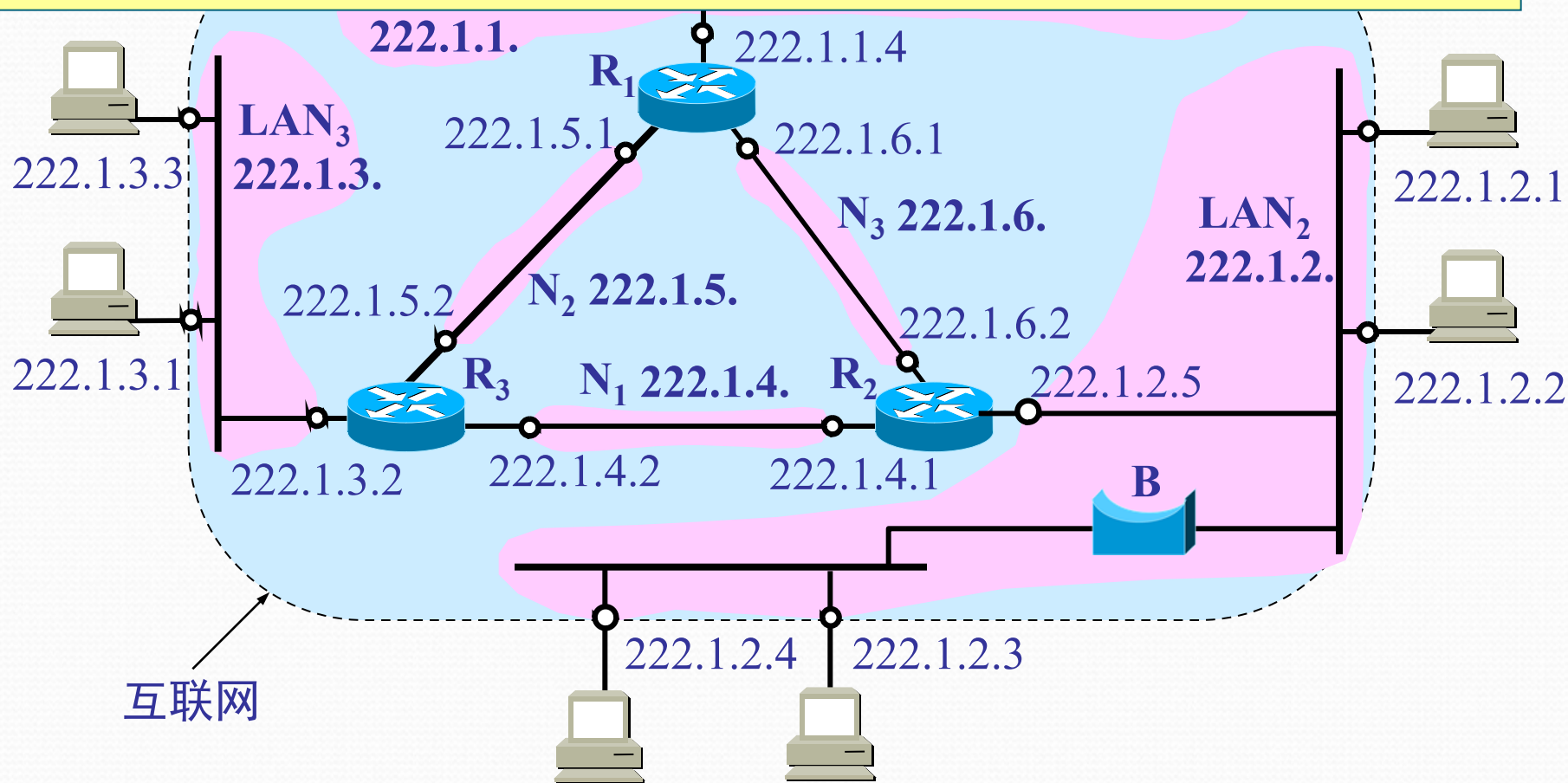
路由器总是具有两个或两个以上的 IP 地址。
路由器的每一个接口都有一个
不同网络号的 IP 地址。



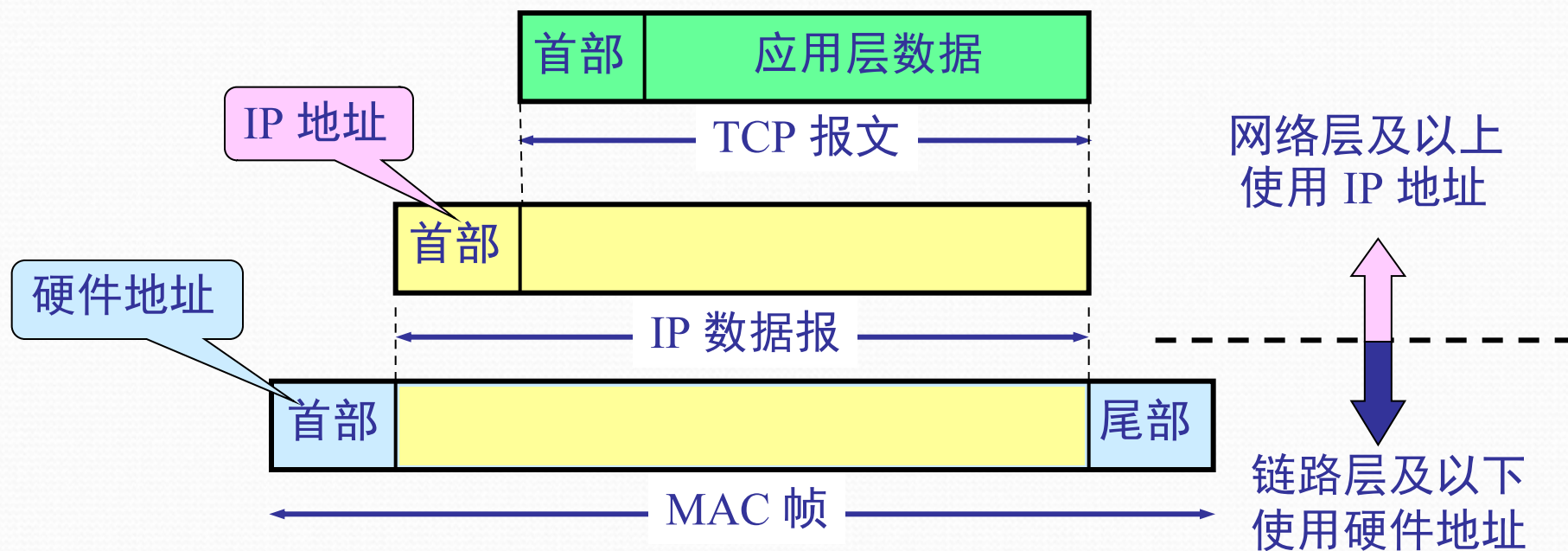
路由器总是具有两个或两个以上的 IP 地址。
路由器的每一个接口都有一个
不同网络号的 IP 地址。

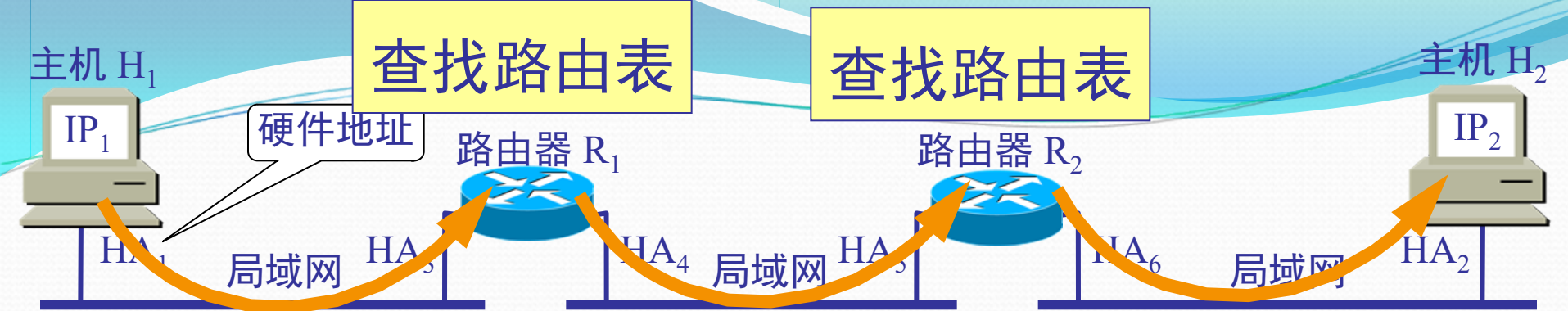


两个路由器直接相连的接口处，可指明也可不指明 IP 地址。如指明 IP 地址，则这一段连线就构成了一种只包含一段线路的特殊“网络”。现在常不指明 IP 地址。



IP 地址与硬件地址

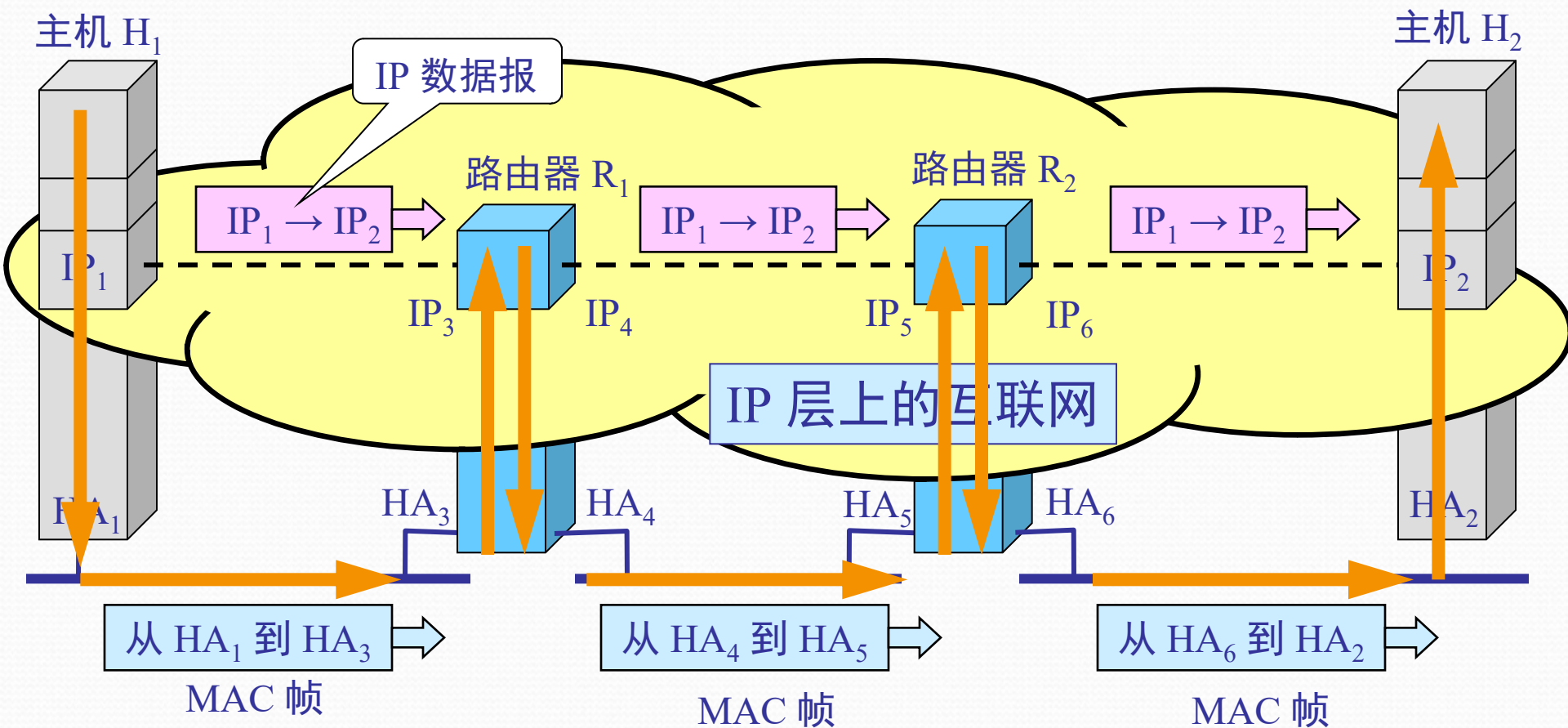




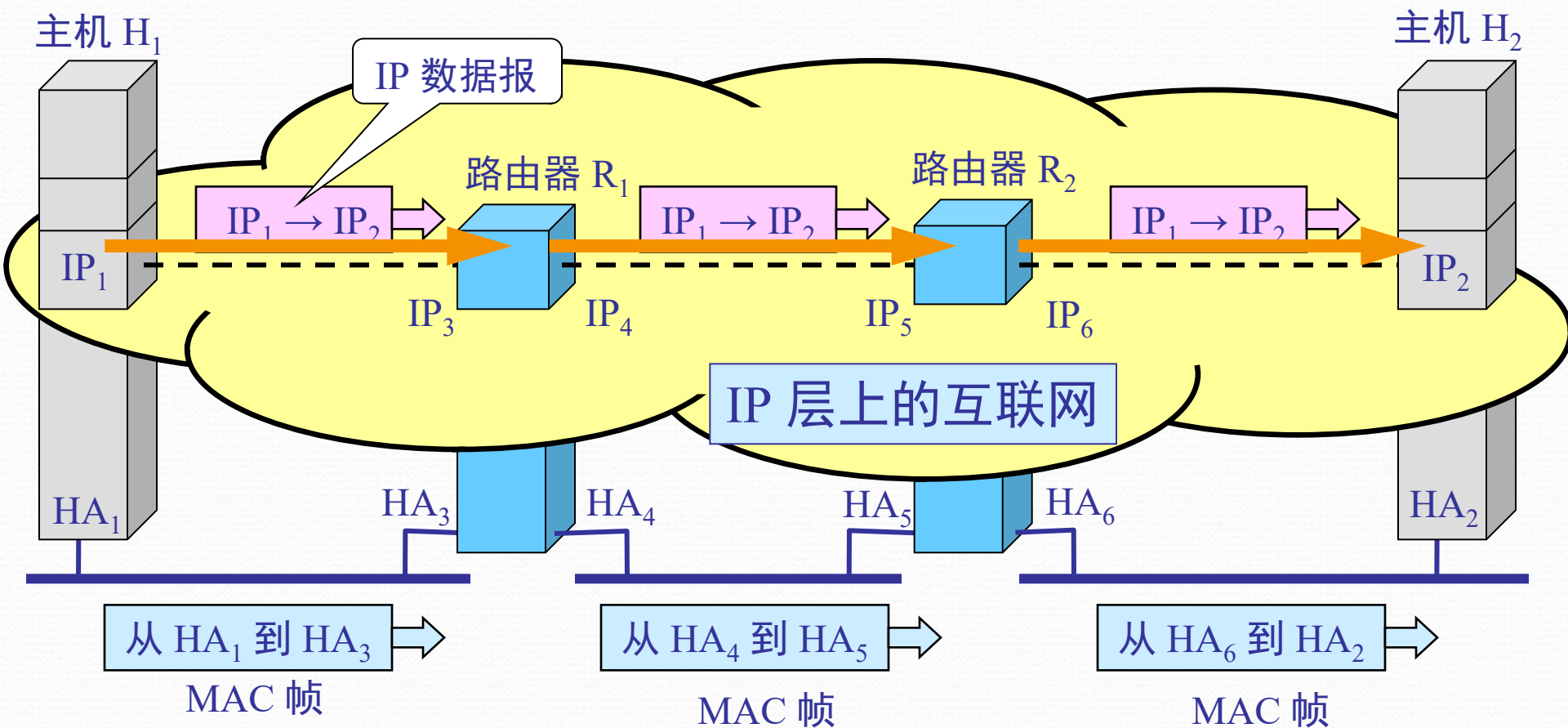
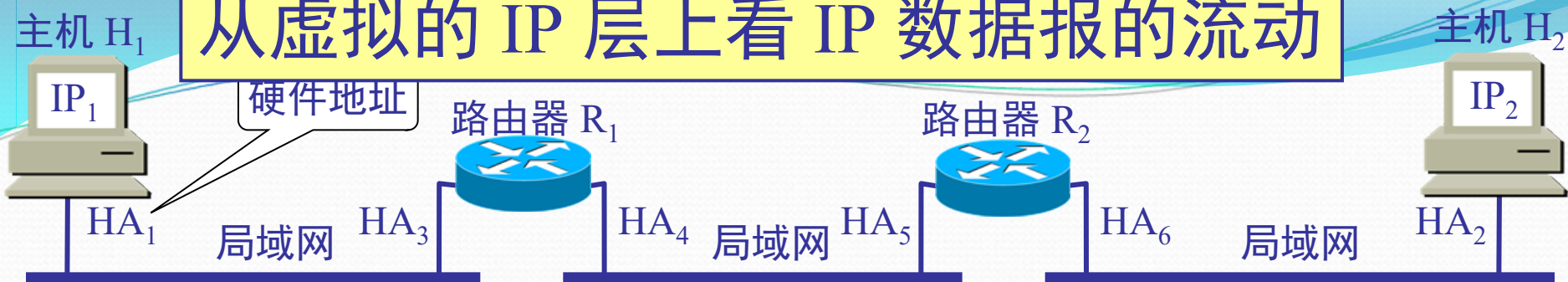
通信的路径

$H_1 \rightarrow$ 经过 R_1 转发 \rightarrow 再经过 R_2 转发 $\rightarrow H_2$

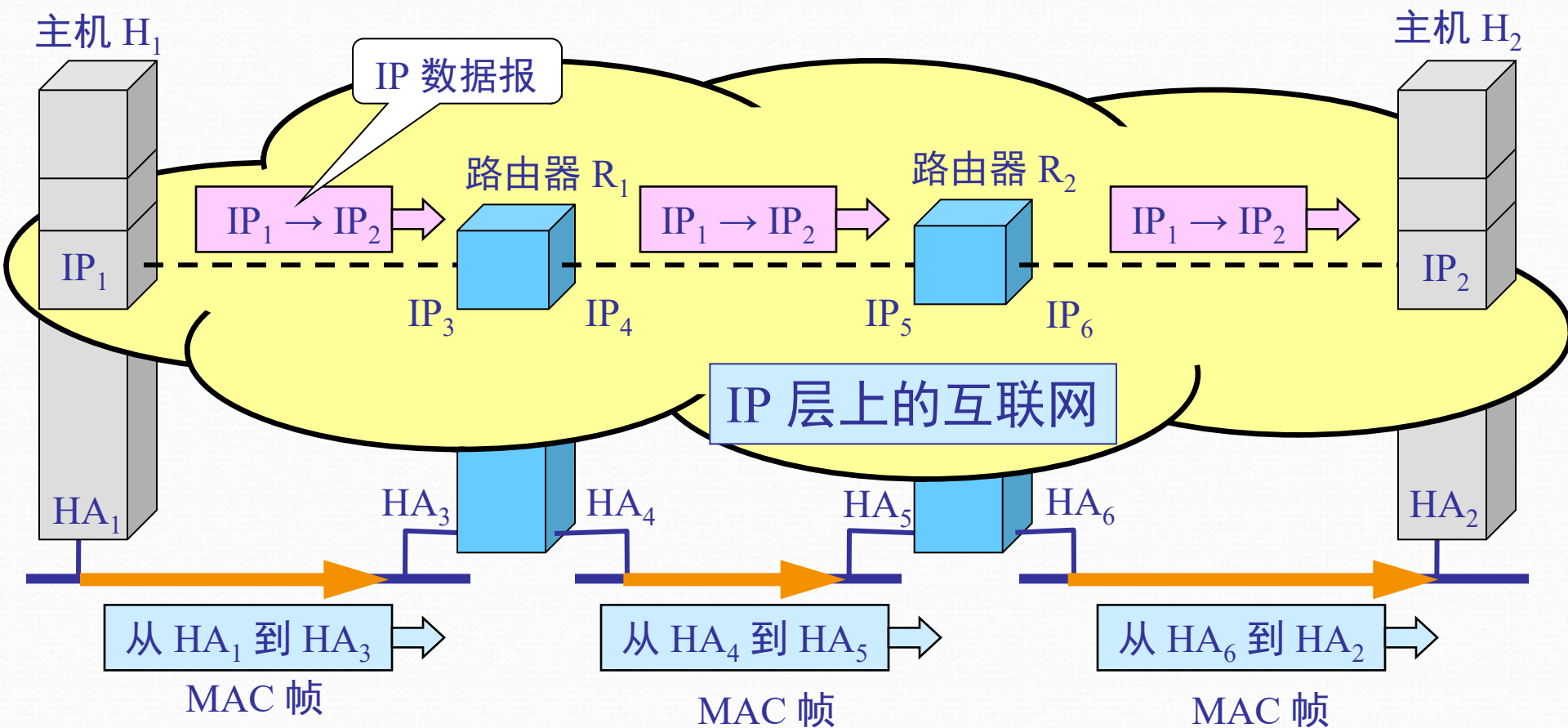
从协议栈的层次上看数据的流动



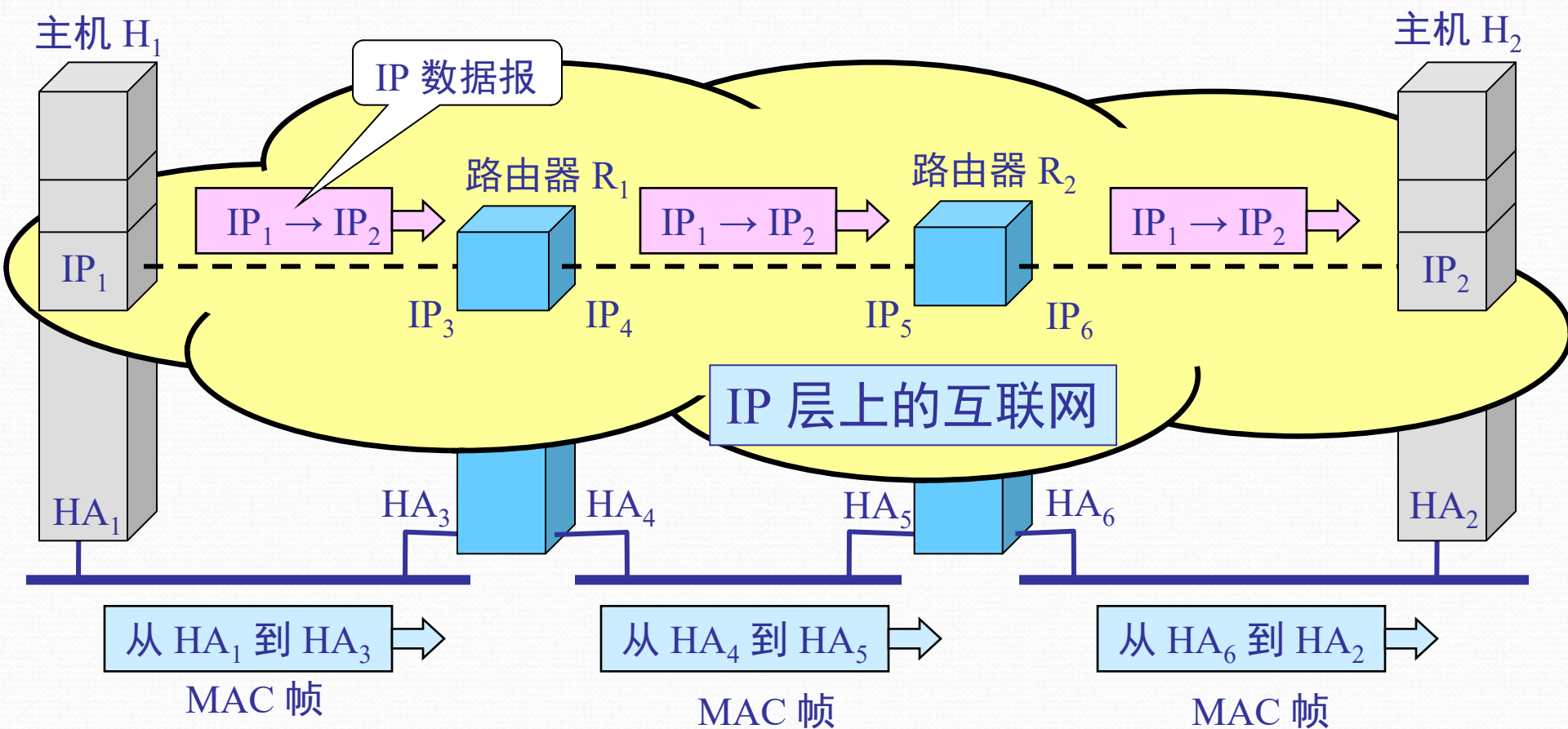
从虚拟的 IP 层上看 IP 数据报的流动



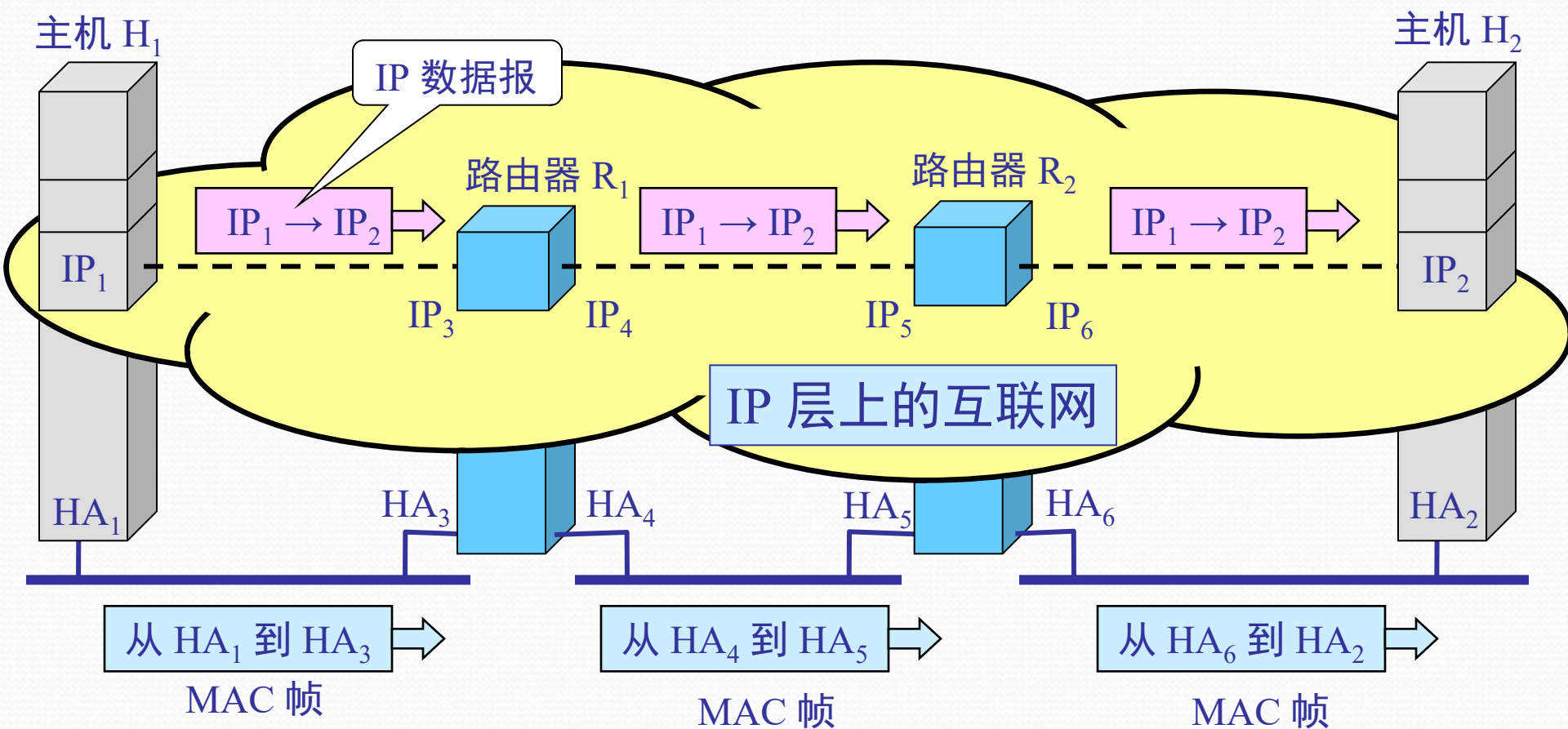
在链路上看 MAC 帧的流动



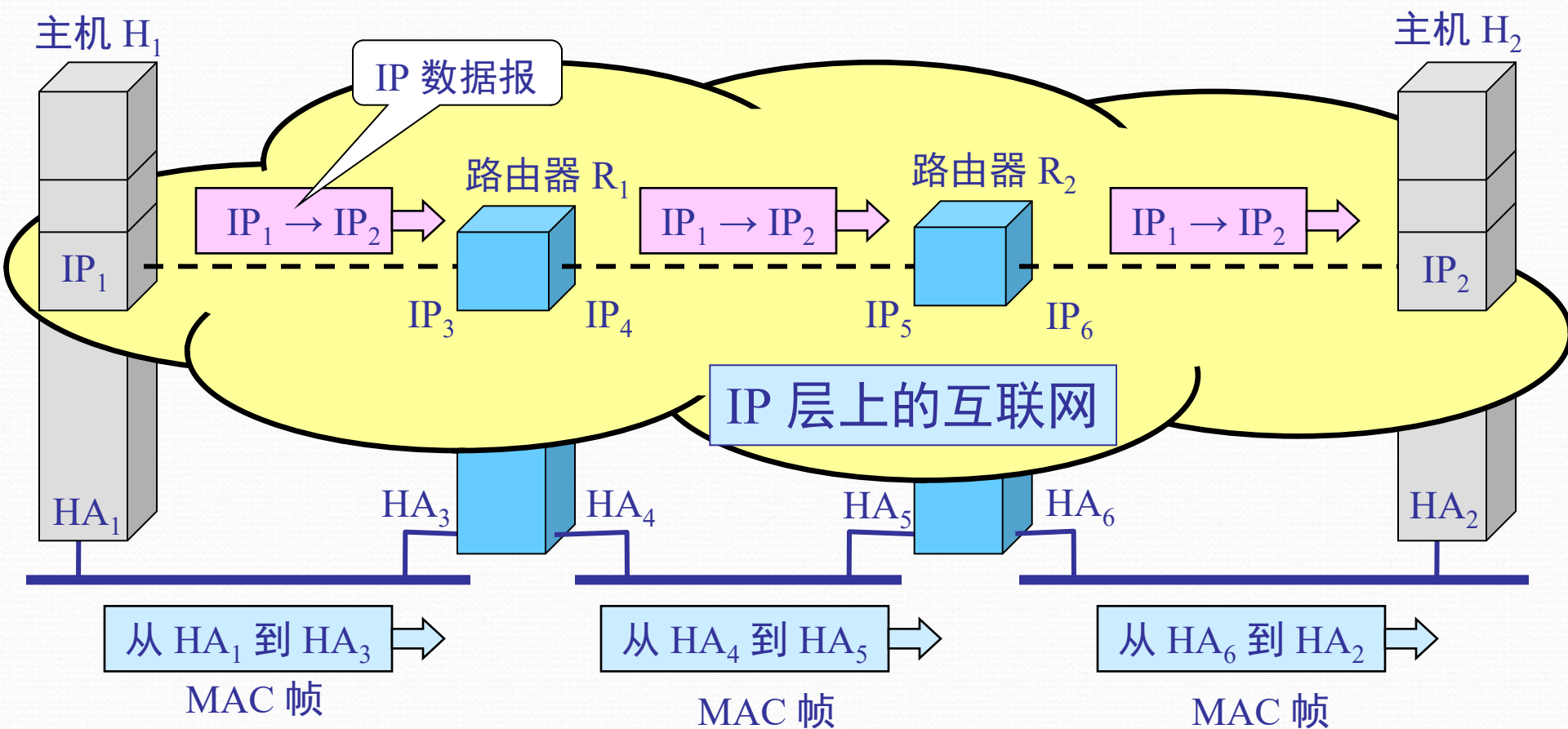
在 IP 层抽象的互联网上只能看到 IP 数据报
图中的 $IP_1 \rightarrow IP_2$ 表示从源地址 IP_1 到目的地址 IP_2
两个路由器的 IP 地址并不出现在 IP 数据报的首部中



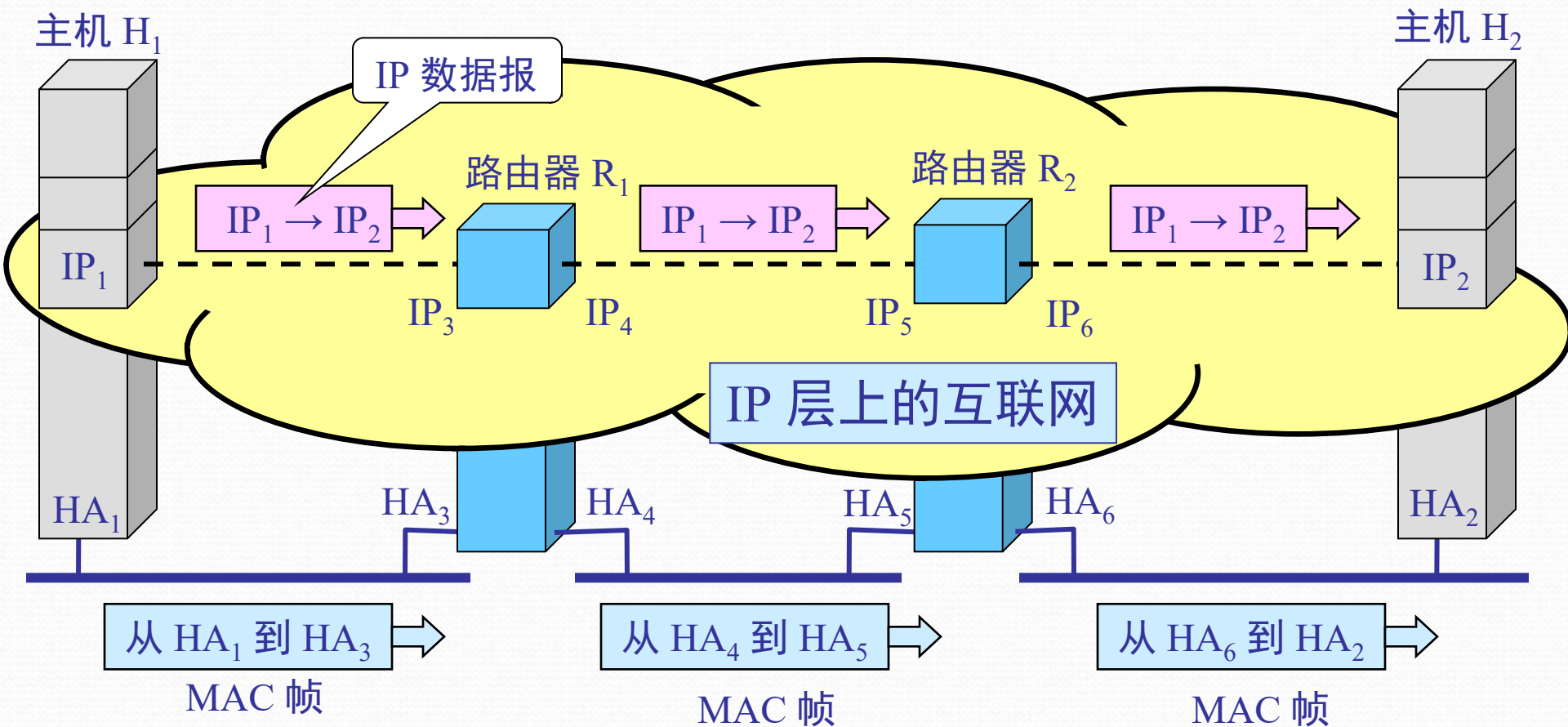
路由器只根据目的站的 IP 地址的网络号进行路由选择



在具体的物理网络的链路层
只能看见 MAC 帧而看不见 IP 数据报



IP层抽象的互联网屏蔽了下层很复杂的细节
在抽象的网络层上讨论问题，就能够使用
统一的、抽象的 IP 地址
研究主机和主机或主机和路由器之间的通信



本讲总结

分类的IP地址

IP地址和硬件地址



作业

- 4-01, 4-05, 4-06, 4-07