




第二章

计算机网络基础

讲师：任继梅

课程目标

掌握计算机网络工作的原理

-  五层协议模型
-  掌握交换机原理
-  掌握路由器原理

掌握网络编程常用API

-  socket、dns

TCP编程

-  服务器程序编写、客户端程序编写

UDP编程

-  服务器程序编写、客户端程序编写

嵌入式

课程安排



第一天

上午：计算机网络概述

下午：计算机网络原理



第二天

上午：网络原理详解

下午：TCP/IP协议栈详解



第三天

上午：Socket编程基础

下午：TCP&UDP编程基础



第四天

上午：高级网络编程

下午：高级网络编程续



第五天

上午：网络编程实战

下午：网络编程实战续

课前提问

1. 我们可以用网络做什么
2. 我们身边常见的网络有哪些
3. 常见的网络设备有哪些
4. 路由器是做什么的
5. TCP/IP 的英文全称是什么

本章目标

- 网络的定义
- 网络的分类
- 发展历史
- 基本组成
- I/O操作
- 主要设备
- 了解OSI模型



第一节 物理层

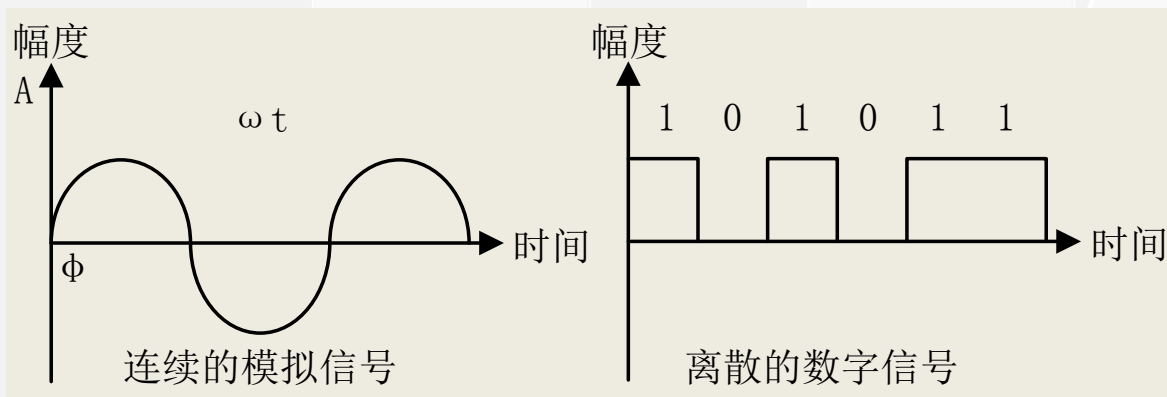


主要功能

- 物理层解决如何在连接各种计算机的传输媒体上传输数据比特流，而不是指具体的传输媒体。
- 物理层的主要任务描述为:确定与传输媒体的接口的一些特性，即：
 1. 机械特性: 例接口形状，大小，引线数目
 2. 电气特性：例规定电压范围(-5V到+5V)
 3. 功能特性：例规定-5V表示0， +5V表示1
 4. 过程特性：也称规程特性，规定建立连接时各个相关部件的工作步骤

数据通讯基本概念

- 数据(data)——运送信息的实体。
- 信号(signal)——数据的电气的或电磁的表现
 - “模拟信号”——代表消息的参数的取值是连续的。
 - “数字信号”——代表消息的参数的取值是离散的。



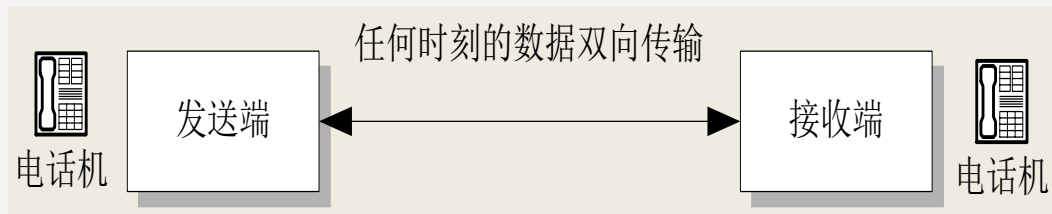
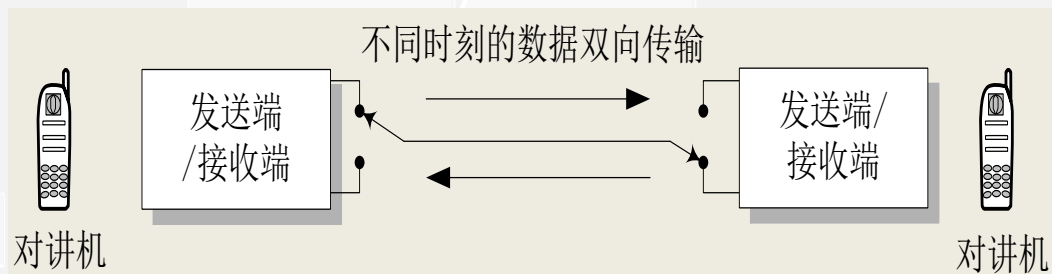
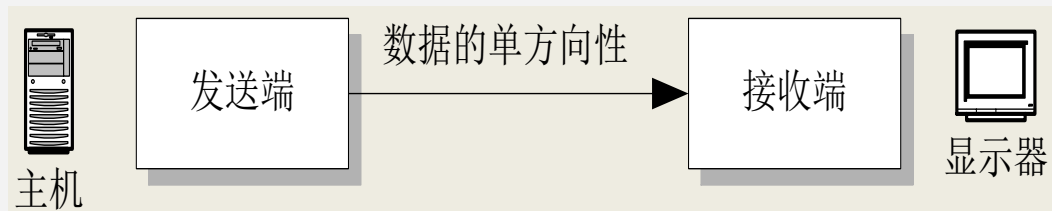
物理层



信道：

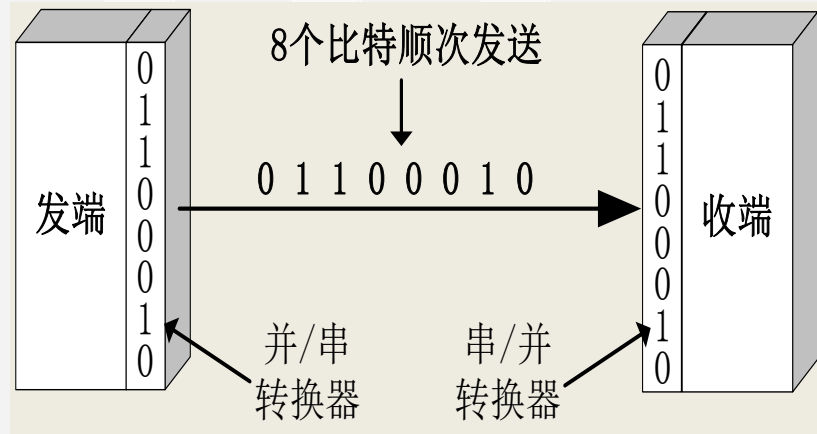
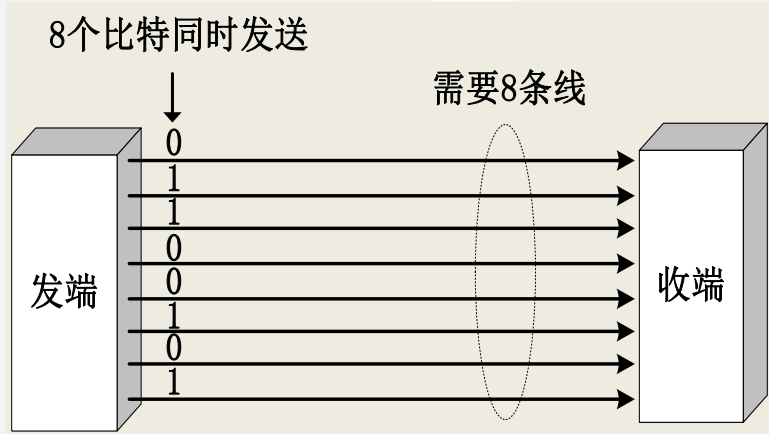
- 一般表示向一个方向传送信息的媒体。所以咱们说平常的通信线路往往包含一条发送信息的信道和一条接收信息的信道。

- 单向通信（单工通信）
- 双向交替通信(半双工通信)
- 双向同时通信(全双工通信)



数据通讯基础-基本概念

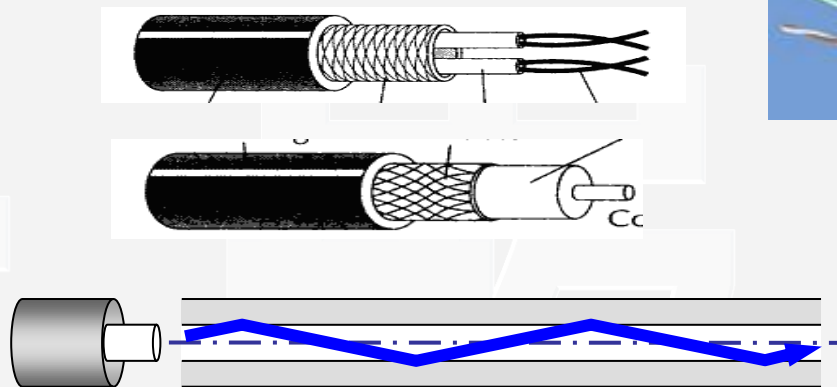
- 并行通信——指数据以成组的方式在多个并行信道上同时进行传输。
- 串行通信——指数据以串行方式在一条信道上传输



传输媒体分类：

● 导向媒体，电磁波被引导沿某一固定媒体前进。

- 双绞线
- 同轴电缆
- 光缆



● 非导向传输媒体：电磁波

物理层

物理层下面的传输媒体：

物理层设备----集线器

- 工作特点：它在网络中只起到信号放大和重发作用，其目的是扩大网络的传输范围，而不具备信号的定向传送能力
- 最大传输距离：100m
- 集线器是一个大的冲突域



宽带接入技术

- xDSL(用数字技术对现有的模拟电话用户线进行改造)
- HFC 网是在目前覆盖面很广的有线电视网 CATV 的基础上开发的一种居民宽带接入网。
- FTTx (光纤到.....) 也是一种实现宽带居民接入网的方案。这里字母 x 可代表不同意思。

第二节 数据链路层

数据链路层



链路

- 即Link指从一个结点到相邻结点的一段物理线路，中间没有任何其他的交换结点
- 又称为物理链路



数据链路

- 即Data Link，又称逻辑链路
- 当需要通过一条线路传输数据时，除了必须有一条物理线路外，还必须有一些必要的通信协议来控制数据的传输。
- 把实现这些协议的硬件和软件加到链路上就构成了数据链路。
- 数据链路的典型实现——网络适配器（俗称网卡）



通信方式

- 点对点通信：即一对一地通信
- 广播通信：即一对多地通信

数据链路层

帧 (Frame)

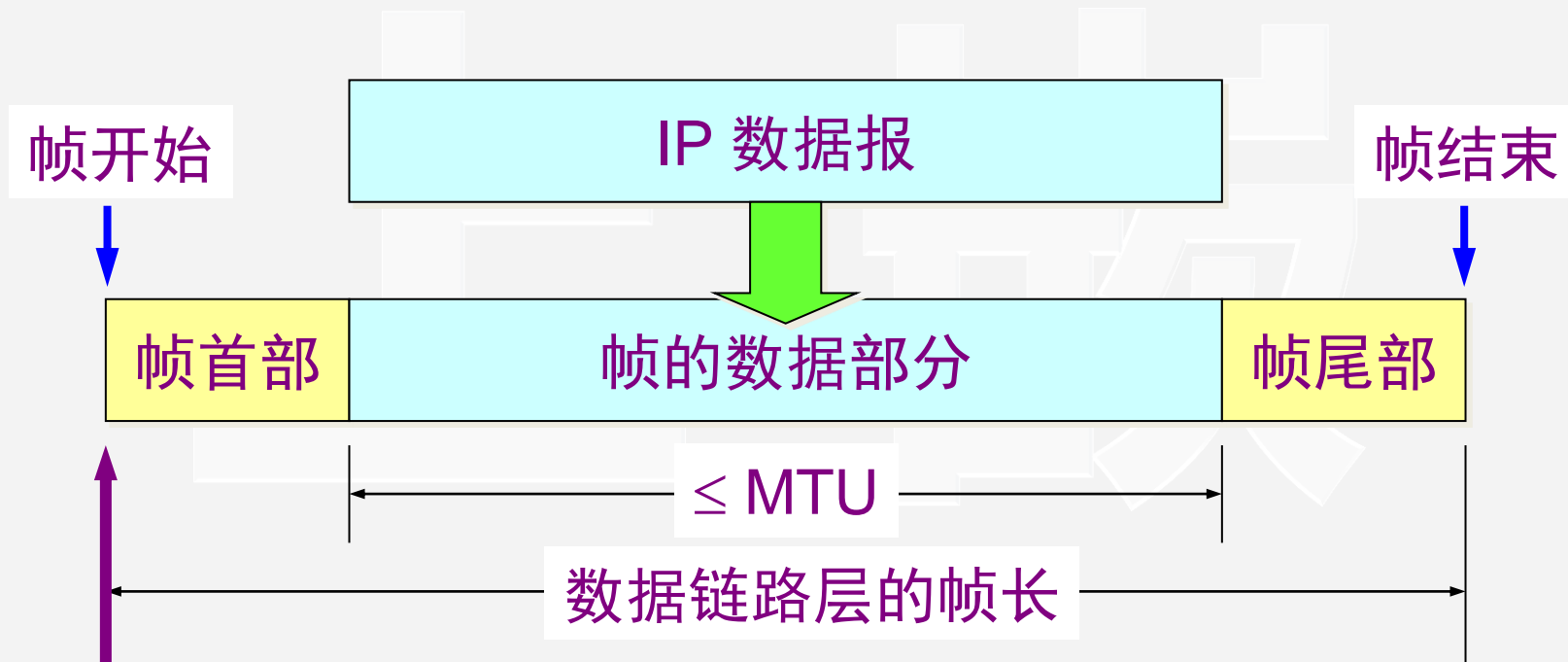
- 数据链路层主管局域网范围内结点到结点的数据传输
- 本层传输的数据叫帧
- 数据链路层协议根据硬件不同有协议有许多种，但有三个基本问题是共同的：
 - 封装成帧
 - 透明传输：区分帧的开始符和结束符与重合的数据
 - 差错检测
- 每一种数据链路协议都规定了帧的数据部分（即IP数据报）的长度上限——最大传送单元MTU，如以太网的MTU为1500。
- 典型数据链路层协议：PPP（Point to Point Protocol）即点对点协议，俗称拨号协议

数据链路层



封装成帧

- 封装成帧(framing)就是在一段数据的前后分别添加首部和尾部，然后就构成了一个帧。确定帧的界限。
- 首部和尾部的一个重要作用就是进行帧定界。

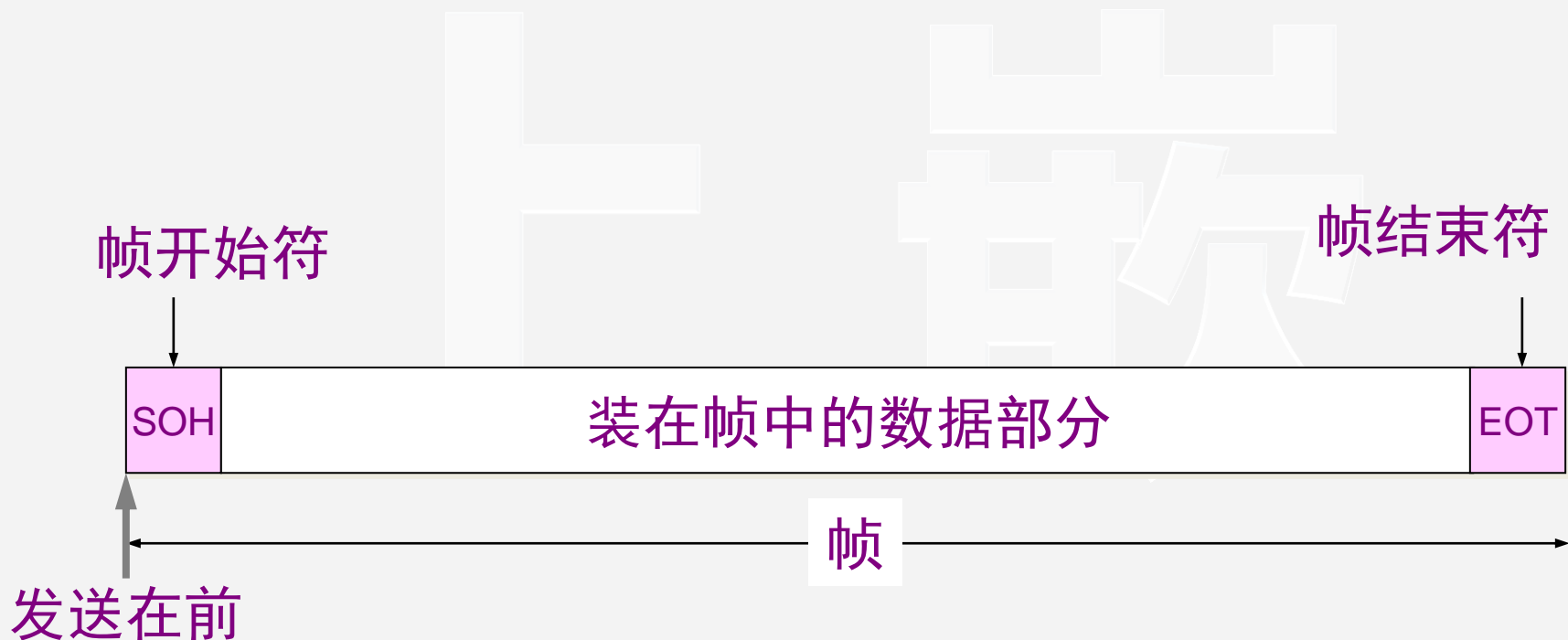


数据链路层



封装成帧

- 试想：帧还未发送完，发送端出了问题，只能重发该帧。接收端却收到了前面的“半截子帧”，它会抛弃吗？为什么？

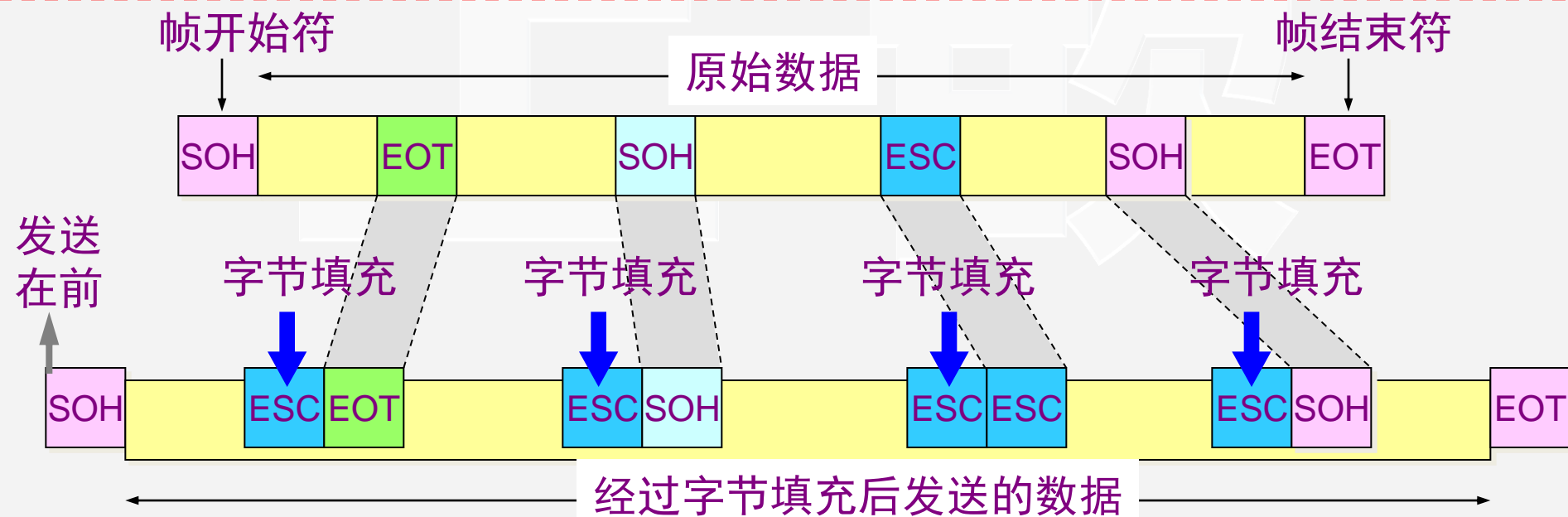


数据链路层



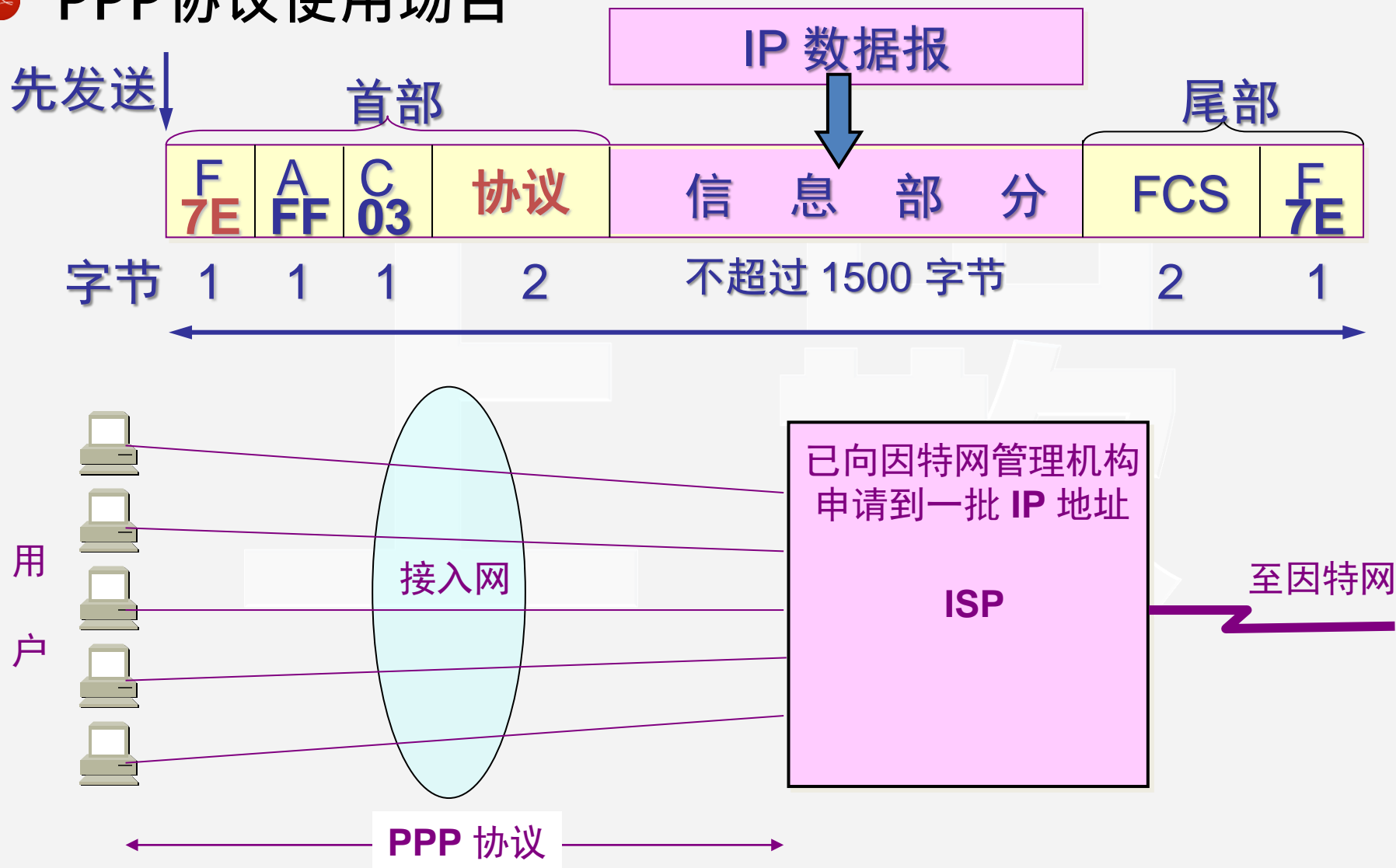
封装成帧

- 发送端的数据链路层在数据中出现控制字符“SOH”或“EOT”的前面插入一个转义字符“ESC” (其十六进制编码是 1B)。
- 字节填充(byte stuffing)或字符填充(character stuffing)——接收端的数据链路层在将数据送往网络层之前删除插入的转义字符。
- 如果转义字符也出现数据当中，那么应在转义字符前插入一个转义字符。当接收端收到连续的两个转义字符时，就删除其中前面的一个。



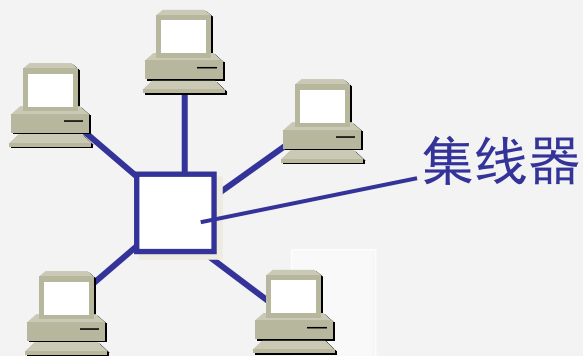
点到点通信的数据链路层

PPP协议使用场合

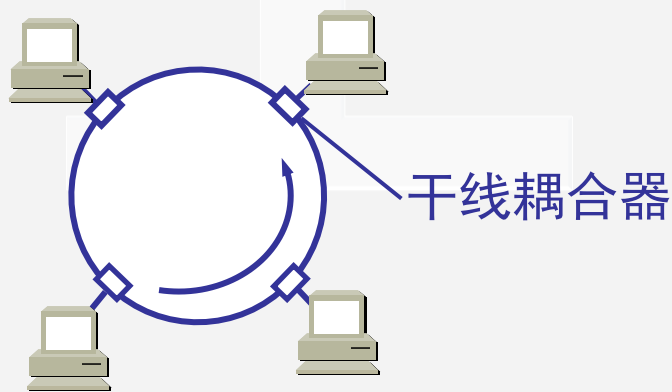


广播信道的数据链路层

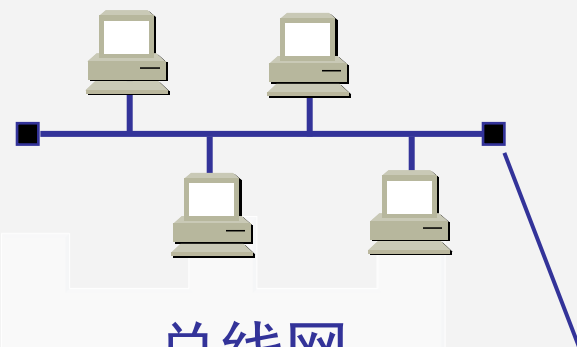
广播信道的拓扑



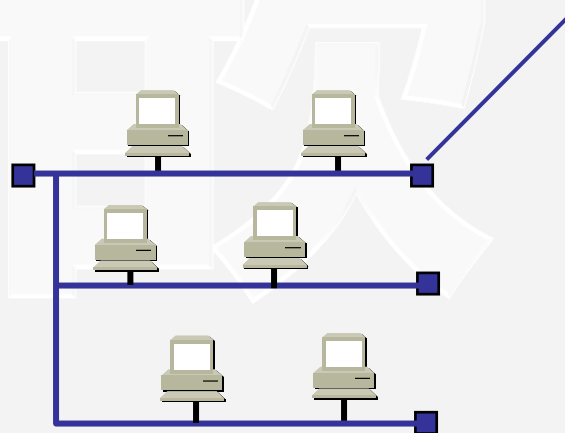
星形网



环形网



总线网



树形网

广播信道的数据链路层

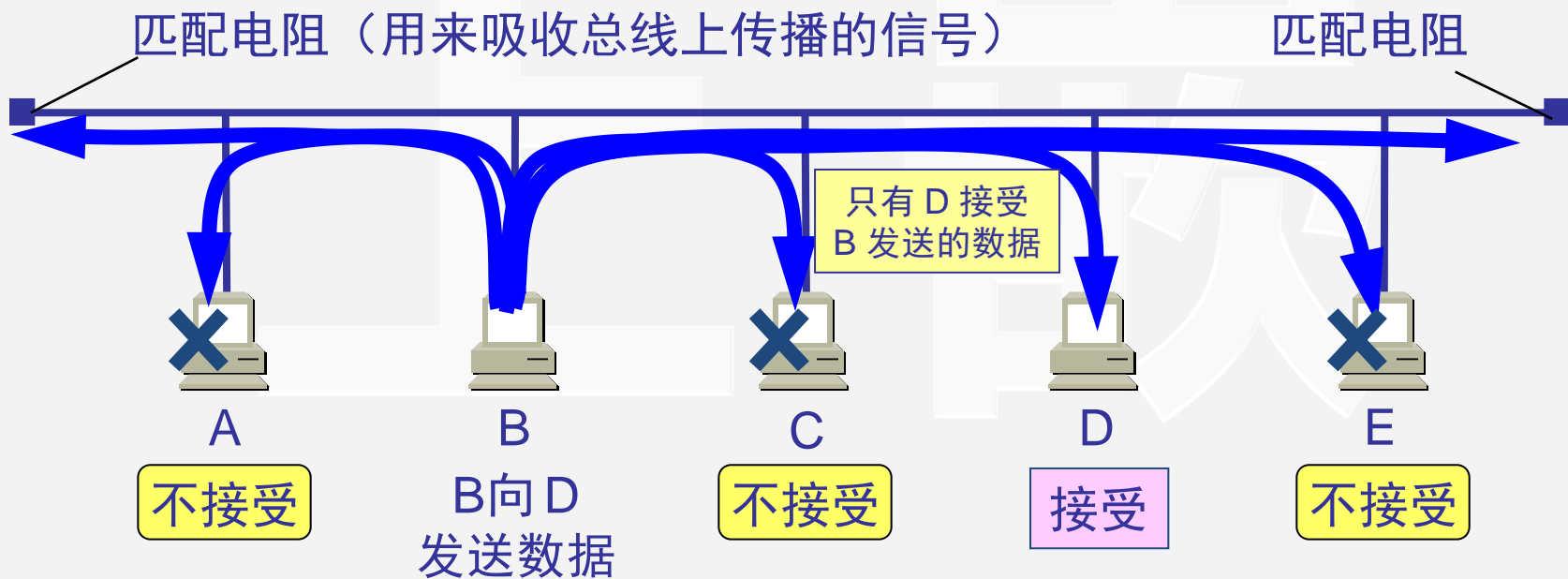
局域网

- 局域网最主要的特点是：网络为一个单位所拥有，且地理范围和站点数目均有限。
- 局域网具有如下的一些主要优点：
 - 具有广播功能，从一个站点可很方便地访问全网。局域网上的主机可共享连接在局域网上的各种硬件和软件资源。
 - 便于系统的扩展和逐渐地演变，各设备的位置可灵活调整和改变。
 - 提高了系统的可靠性、可用性和生存性。

广播信道的数据链路层

局域网工作原理

- 具有广播特性的总线上实现了一对一的通信



广播信道的数据链路层

CSMA/CD协议

- CSMA/CD 表示 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection. 载波监听 多点接入/碰撞检测。
- “多点接入” 表示许多计算机以多点接入的方式连接在一根总线上。
- “载波监听” 是指每一个站在发送数据之前先要检测一下总线上是否有其他计算机在发送数据，如果有，则暂时不要发送数据，以免发生碰撞。
- “载波监听” 就是用电子技术检测总线上有没有其他计算机发送的数据信号。

广播信道的数据链路层



CSMA/CD协议

- “碰撞检测”就是计算机边发送数据边检测信道上的信号电压大小。
 - 当几个站同时在总线上发送数据时，总线上的信号电压摆动值将会增大（互相叠加）。
 - 当一个站检测到的信号电压摆动值超过一定的门限值时，就认为总线上至少有两个站同时在发送数据，表明产生了碰撞。
 - 所谓“碰撞”就是发生了冲突。因此“碰撞检测”也称为“冲突检测”。
- 检测到碰撞后
 - 在发生碰撞时，总线上传输的信号产生了严重的失真，无法从中恢复出有用的信息来。
 - 每一个正在发送数据的站，一旦发现总线上出现了碰撞，就要立即停止发送，免得继续浪费网络资源，然后等待一段随机时间后再次发送。

以太网

以太网——Ethernet

- ◆ DIX Ethernet V2 是世界上第一个局域网产品（以太网）的规约。
 - ✓ 封装成帧
 - ✓ 透明传输：区分帧的开始符和结束符与重合的数据
 - ✓ 差错检测
- ◆ 以太网在市场取得垄断地位，几乎成为局域网的代名词
- ◆ TCP/IP协议经常采用的是DIX Ethernet V2标准（DEC、Intel、Xerox施乐），导致LLC作用消失，现在的以太网一般只考虑MAC层。
 - ◆ 每一种数据链路协议都规定了帧的数据部分（即IP数据报）的长度上限——最大传送单元MTU，如以太网的MTU为1500。
 - ◆ 典型数据链路层协议：PPP（Point to Point Protocol）即点对点协议，俗称拨号协议

以太网

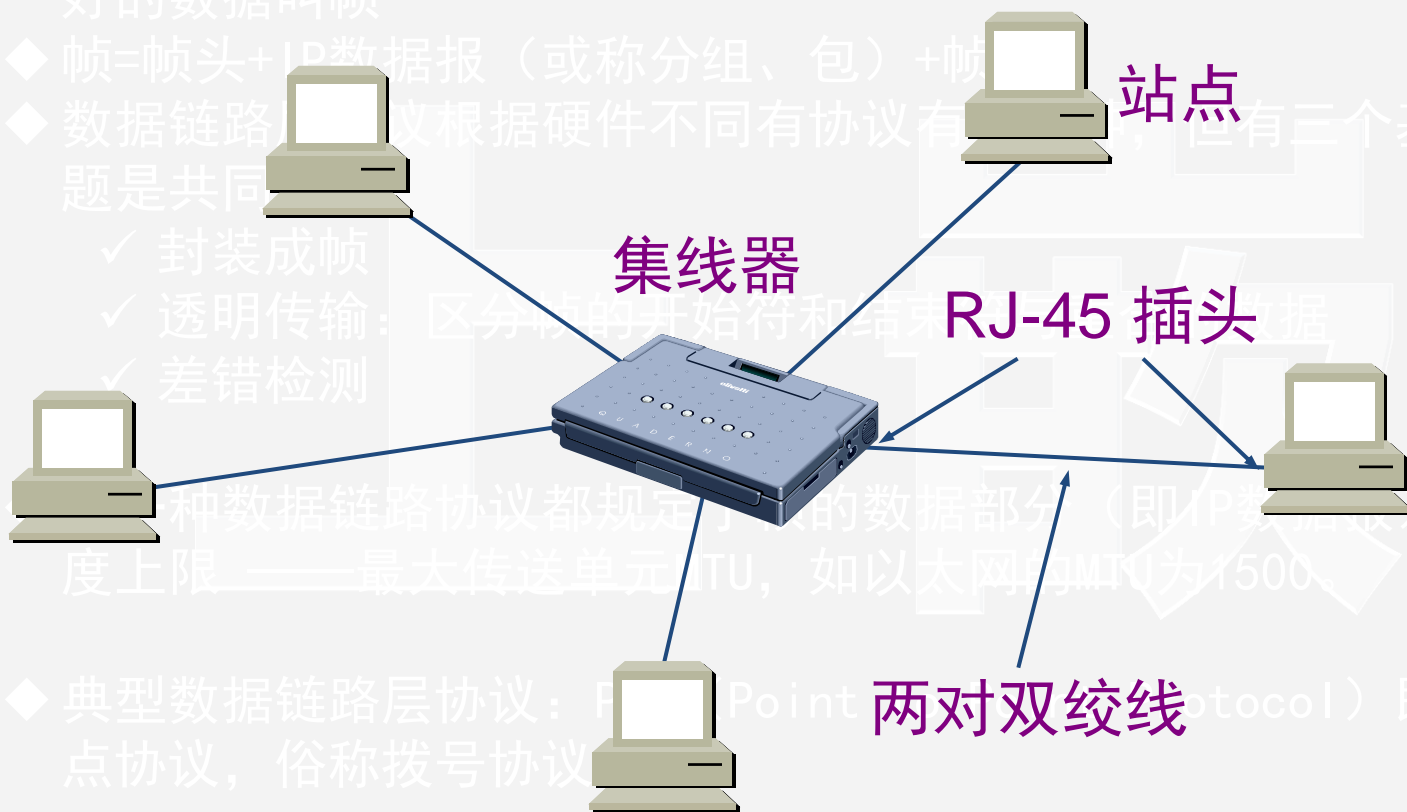
以太网-星型拓扑

- ◆ 数据链路层主管局域网范围内结点到结点的数据传输。本层组织好的数据叫帧
- ◆ 帧=帧头+IP数据报（或称分组、包）+帧尾
- ◆ 数据链路层协议根据硬件不同有协议有异，但有几个基本问题是共同的

- ✓ 封装成帧
- ✓ 透明传输：区分帧的开始符和结束符
- ✓ 差错检测

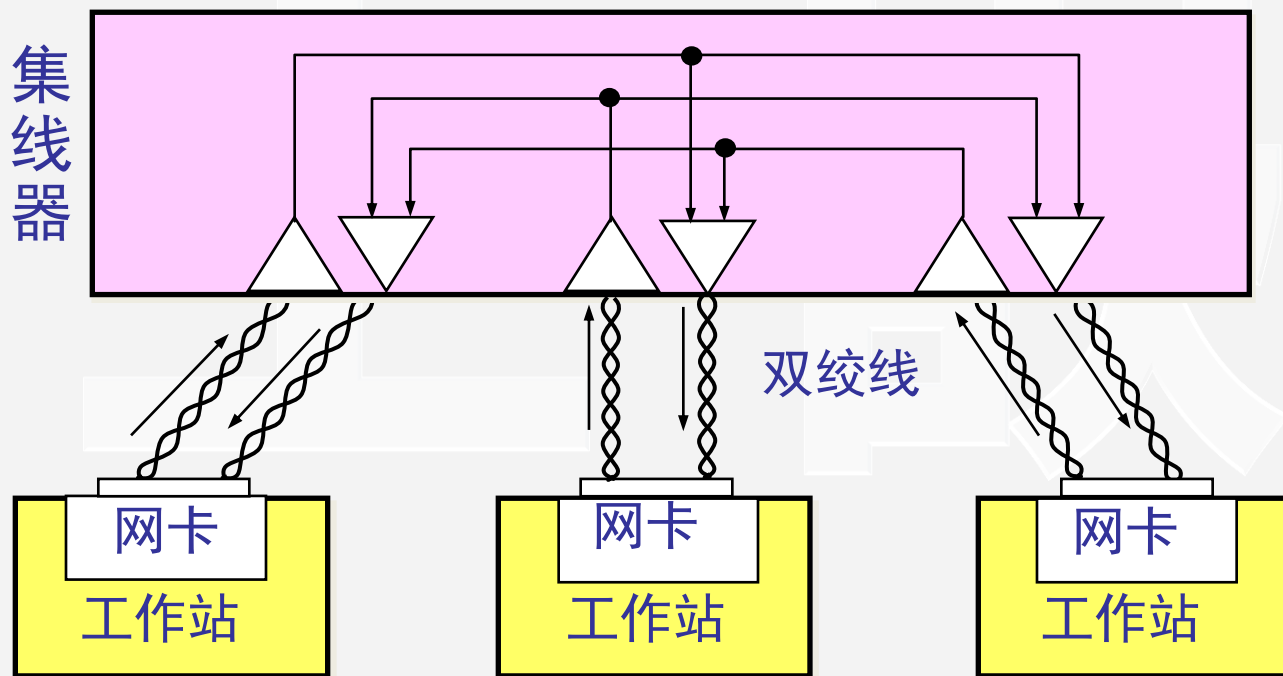
一种数据链路层协议都规定了帧的数据部分（即IP数据报）的长度上限——最大传送单元MTU，如以太网的MTU为1500。

- ◆ 典型数据链路层协议：以太网（Ethernet Protocol）即点对点协议，俗称拨号协议



集线器的特点

- 使用集线器的以太网在逻辑上仍是一个总线网，各工作站使用的还是 CSMA/CD 协议，并共享逻辑上的总线。
- 集线器很像一个多接口的转发器，工作在物理层。



MAC层的硬件地址(MAC地址)

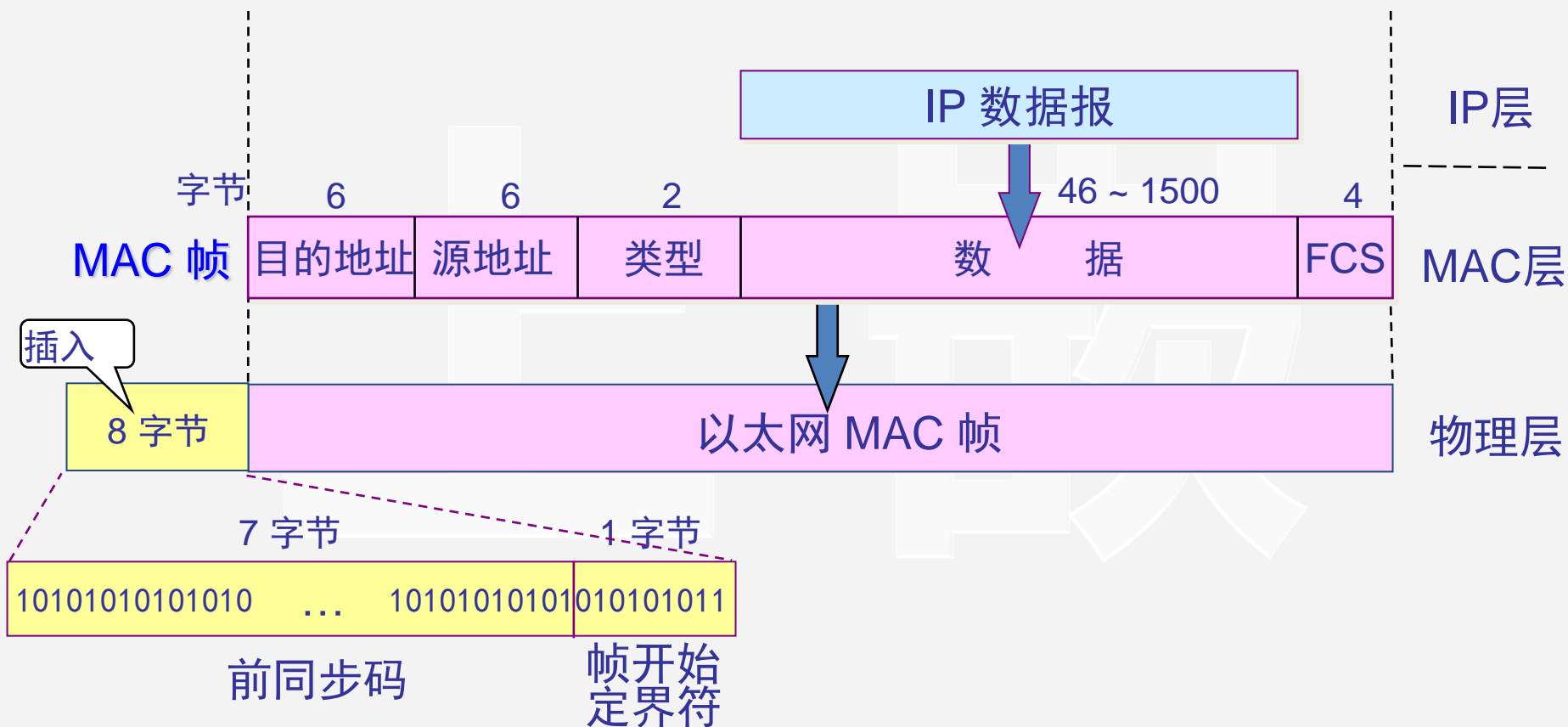
- 在局域网中，硬件地址又称为物理地址，或 MAC 地址。
- IEEE 的注册管理机构 RA 负责向厂家分配地址字段的前三个字节(即高位 24 位)。
- 地址字段中的后三个字节(即低位 24 位)由厂家自行指派，称为扩展标识符，必须保证生产出的适配器没有重复地址。

适配器检查 MAC 地址

- 适配器从网络上每收到一个 MAC 帧就首先用硬件检查 MAC 帧中的 MAC 地址
 - 如果是发往本站的帧则收下，然后再进行其他的处理。
 - 否则就将此帧丢弃，不再进行其他的处理。
- “发往本站的帧” 包括以下三种帧：
 - 单播(unicast)帧（一对一）
 - 广播(broadcast)帧（一对全体）
 - 多播(multicast)帧（一对多）

以太网

MAC帧格式





MAC帧说明

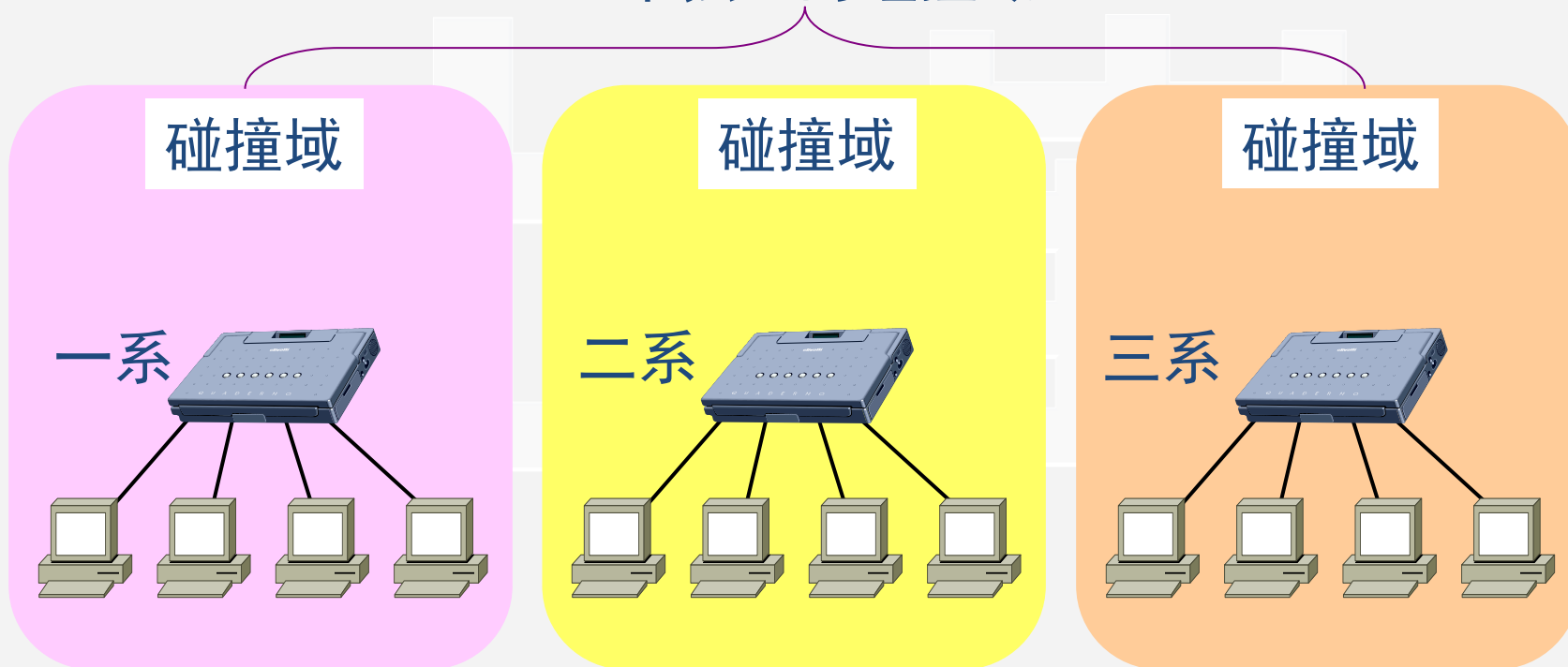
- 目的地址段：6个字节，即接收方MAC地址
- 源地址段： 6个字节，即发送方MAC地址
- 类型字段：2个字节，用来标志上一层使用的是什麼协议，以便把收到的MAC 帧的数据上交给上一层的这个协议。
- 数据字段：46~1500字节，最小数据长度为46（64-18）
- FCS字段：当数据字段的长度小于 46 字节时，应在数据字段的后面加入整数字节的填充字段，以保证以太网的 MAC 帧长不小于 64 字节。
- 在帧的前面插入的 8 字节中的第一个字段共 7 个字节，是前同步码，用来迅速实现 MAC 帧的比特同步。第二个字段是帧开始定界符，表示后面的信息就是MAC 帧。

扩展以太网

在物理层考虑扩展

- 某大学有三个系，各自有一个局域网

三个独立的碰撞域

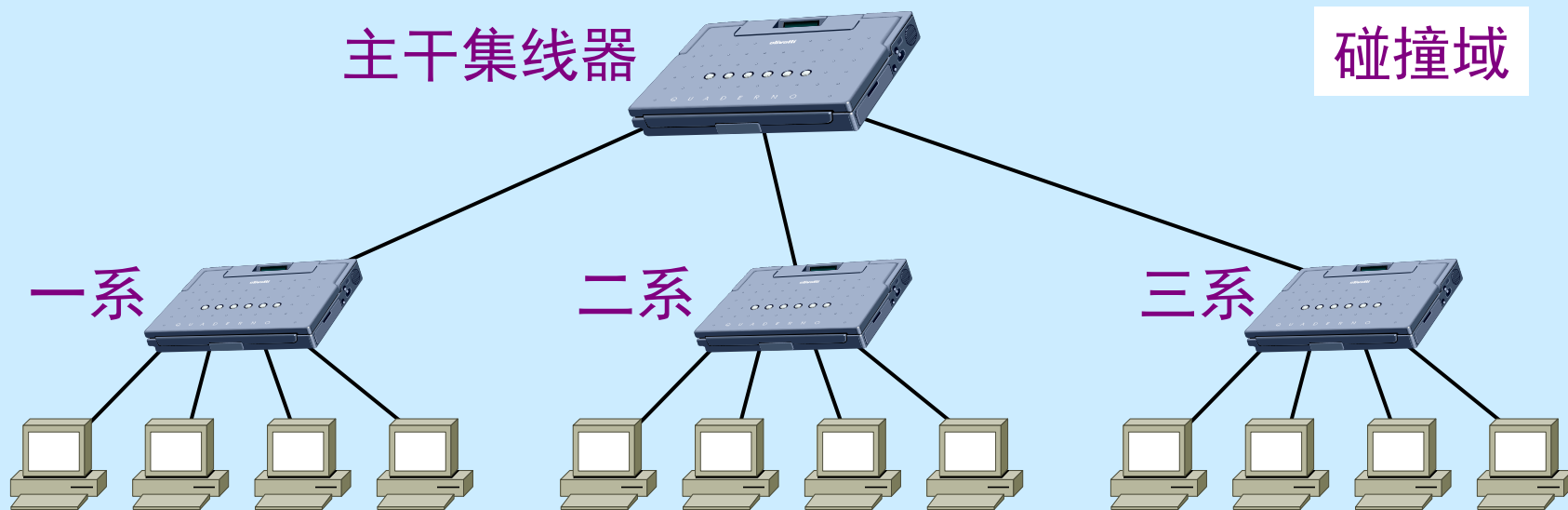


扩展以太网

在物理层考虑扩展



- 某大学有三个系，各自有一个局域网

一个更大的碰撞域





使用集线器扩展局域网

优点

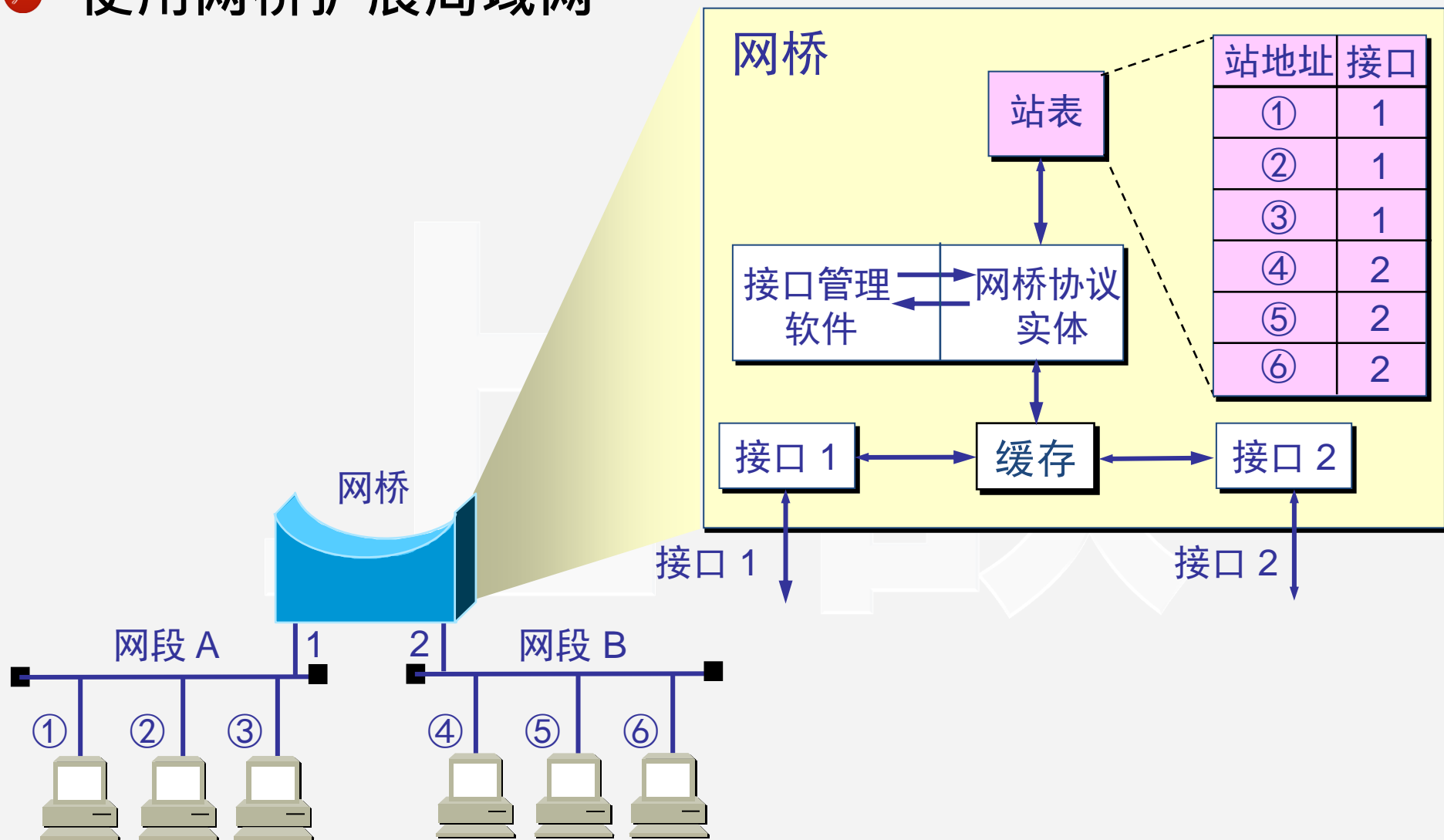
-  使原来属于不同碰撞域的局域网上的计算机能够进行跨碰撞域的通信。
-  扩大了局域网覆盖的地理范围。

缺点

-  碰撞域增大了，但总的吞吐量并未提高。
-  如果不同的碰撞域使用不同的数据率，那么就不能用集线器将它们互连起来。

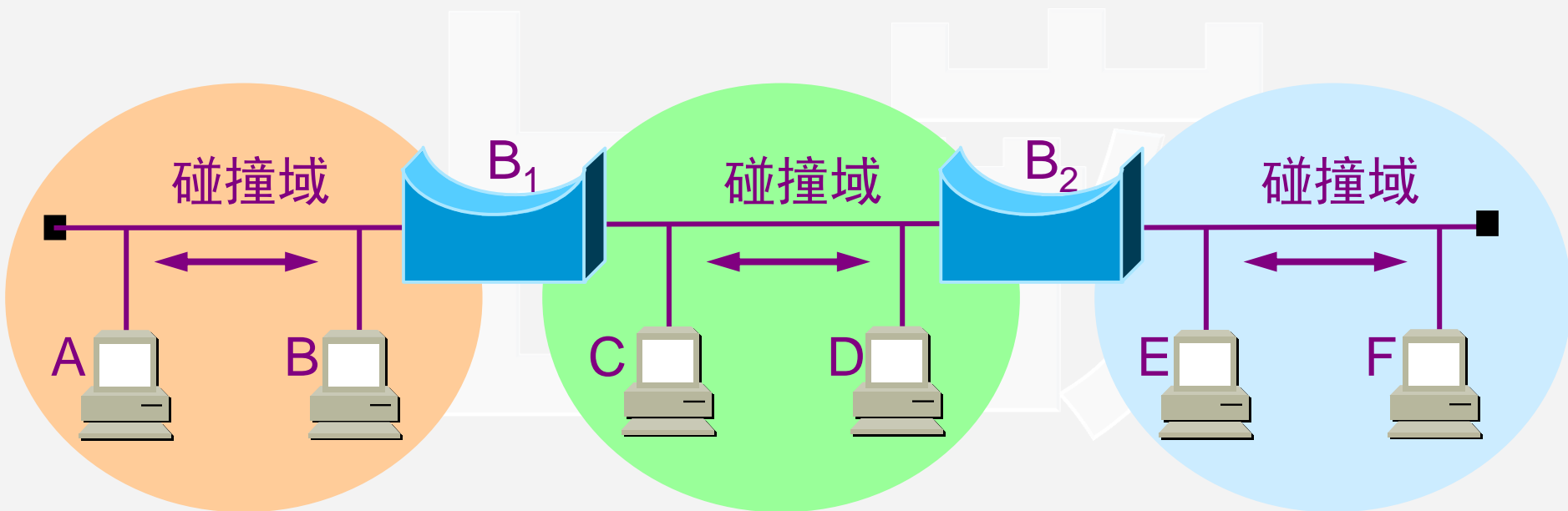
扩展以太网

使用网桥扩展局域网







扩展以太网

使用网桥扩展局域网







使用网桥扩展局域网

优点：

-  过滤通信量。
-  扩大了物理范围。
-  提高了可靠性。
-  可互连不同物理层、不同 MAC 子层和不同速率（如10 Mb/s 和 100 Mb/s 以太网）的局域网。

缺点：

-  存储转发增加了时延。
-  在MAC 子层并没有流量控制功能。
-  具有不同 MAC 子层的网段桥接在一起时时延更大。
-  网桥只适合于用户数不太多(不超过几百个)和通信量不太大的局域网，否则有时还会因传播过多的广播信息而产生网络拥塞。这就是所谓的广播风暴。



自学习算法

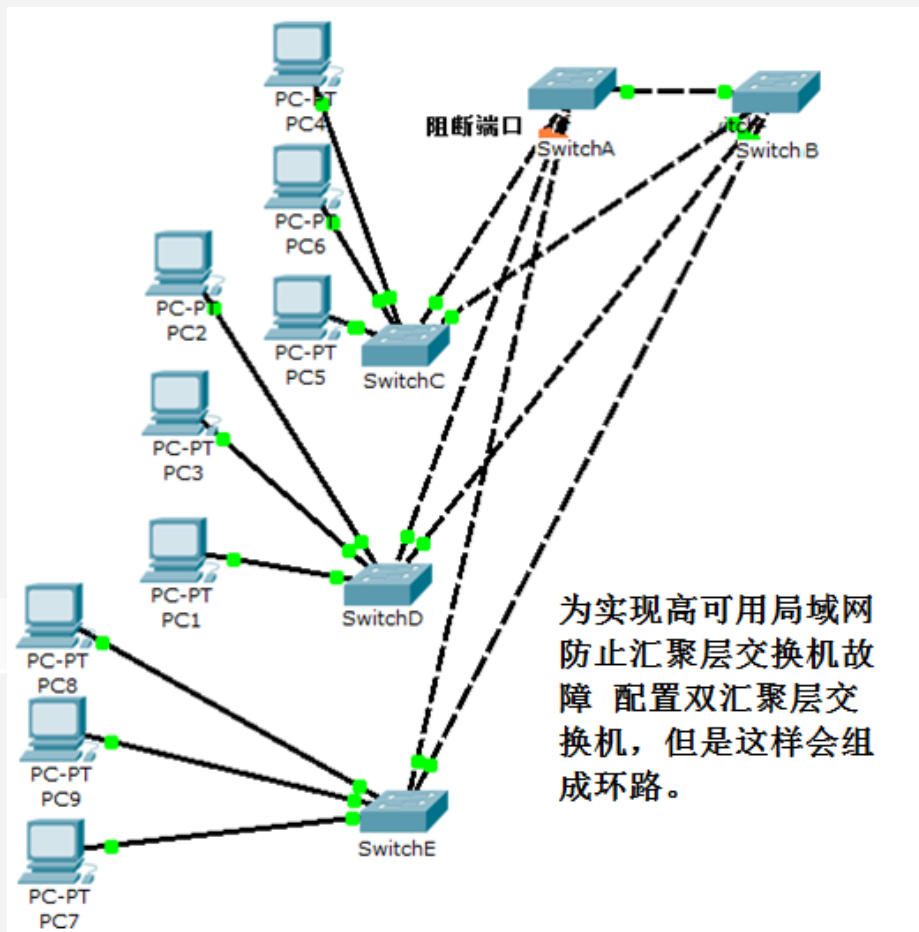


按照以下自学习算法处理收到的帧和建立转发表

- 若从 A 发出的帧从接口 x 进入了某网桥，那么从这个接口出发沿相反方向一定可把一个帧传送到 A。
- 网桥每收到一个帧，就记下其源地址和进入网桥的接口，作为转发表中的一个项目。
- 在建立转发表时是把帧首部中的源地址写在“地址”这一栏的下面。
- 在转发帧时，则是根据收到的帧首部中的目的地址来转发的。这时就把在“地址”栏下面已经记下的源地址当作目的地址，而把记下的进入接口当作转发接口。

扩展以太网

组建高可用局域网

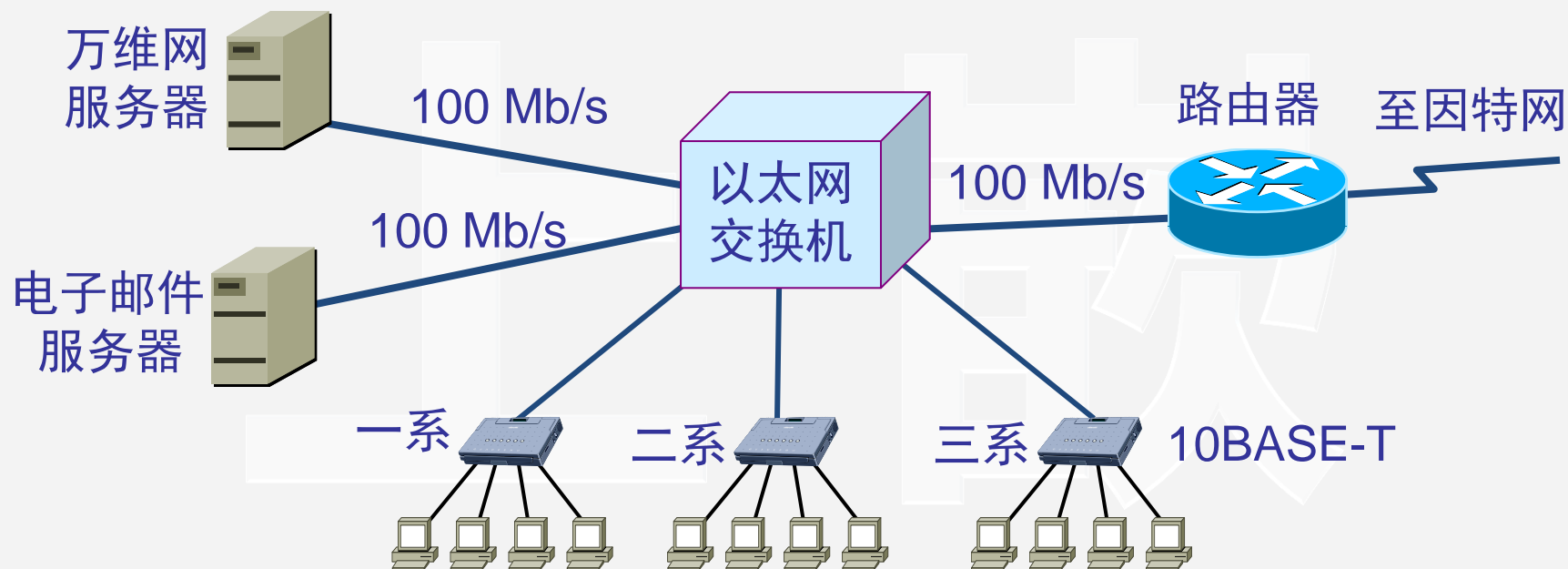


多接口网桥：交换机

- 1990 年问世的交换式集线器(switching hub)，可明显地提高局域网的性能。
- 交换式集线器常称为以太网交换机(switch)或第二层交换机（表明此交换机工作在数据链路层）。
- 以太网交换机通常都有十几个接口。因此，以太网交换机实质上就是一个多接口的网桥，可见交换机工作在数据链路层。
- 交换机特点：
 - 以太网交换机的每个接口都直接与主机相连，并且一般都工作在全双工方式。
 - 交换机能同时连通许多对的接口，使每一对相互通信的主机都能像独占通信媒体那样，进行无碰撞地传输数据。
 - 以太网交换机由于使用了专用的交换结构芯片，其交换速率就较高。

扩展以太网

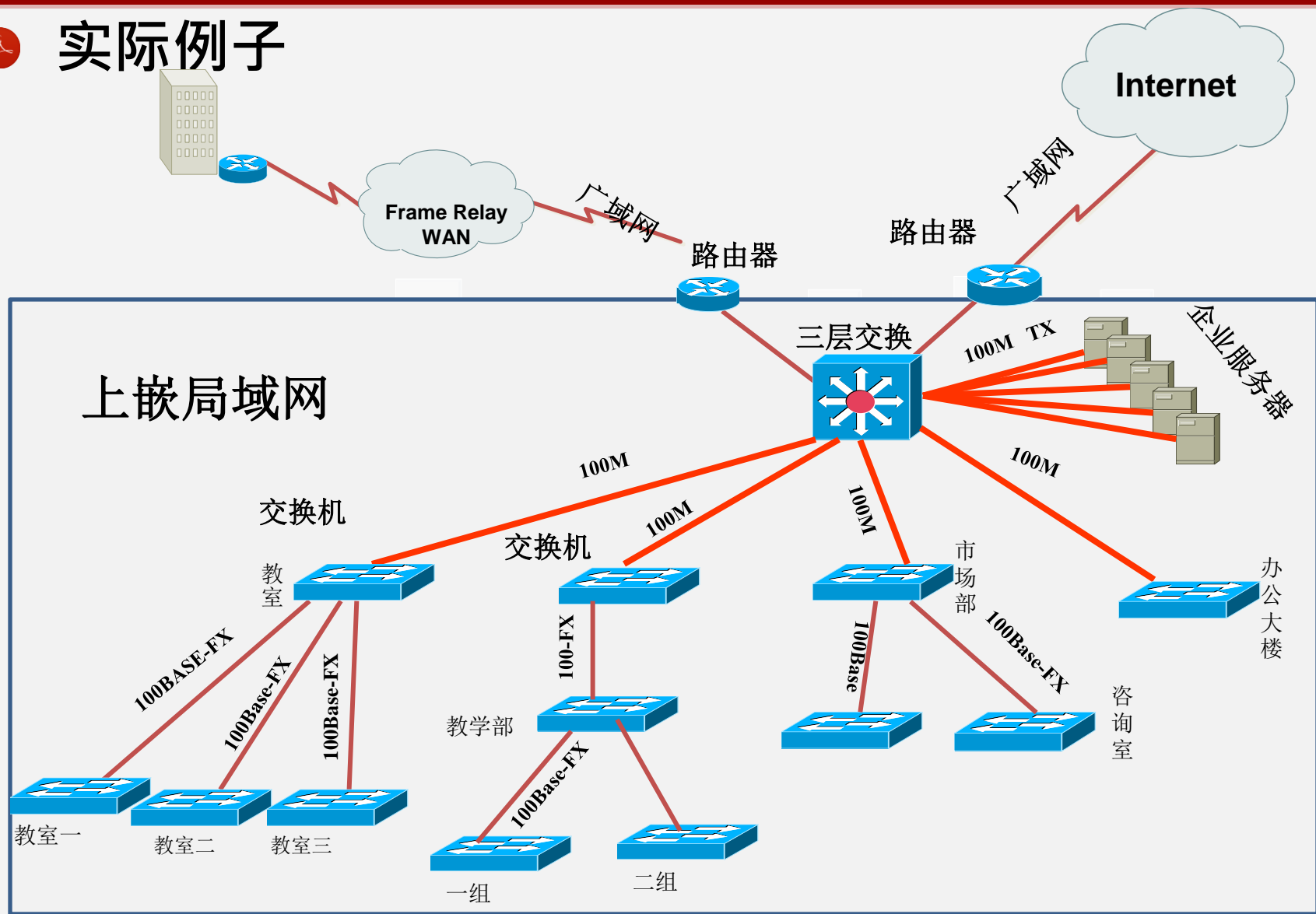
用交换机扩展以太网



扩展以太网



实际例子



第二节完
谢谢

第三节 网络层



网络层的服务

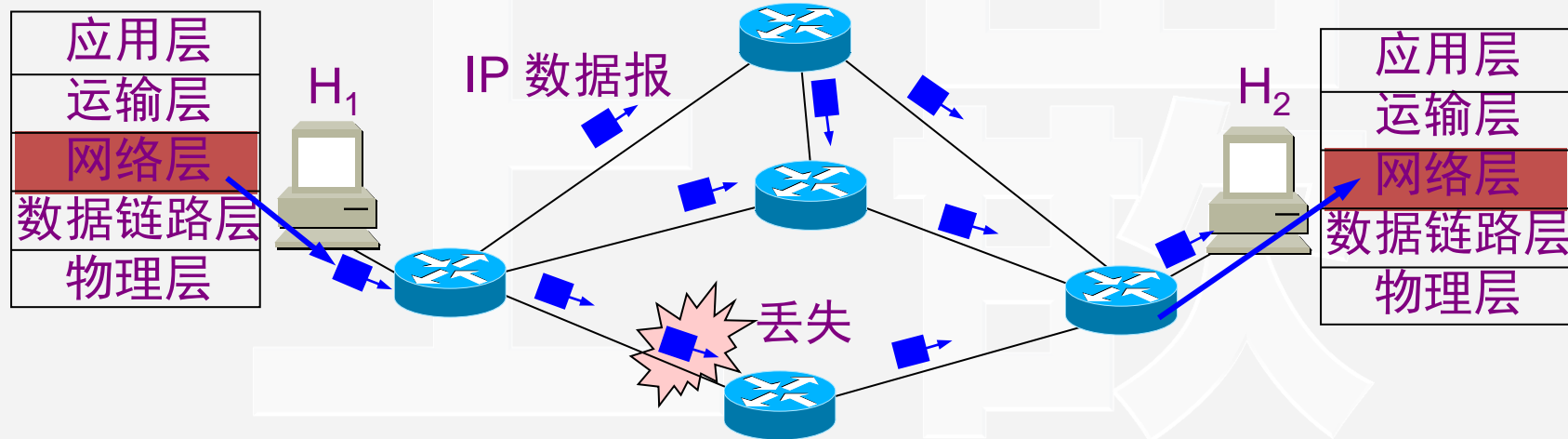
● 网络层关注的是如何将分组从源端沿着网络路径送达目的端。

- 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。
- 网络层不提供服务质量的承诺。
- 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传输层负责（包括差错处理、流量控制等）。
- **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。

网络层

网络层的服务

- 网络层关注的是如何将分组从源端沿着网络路径送达目的端。



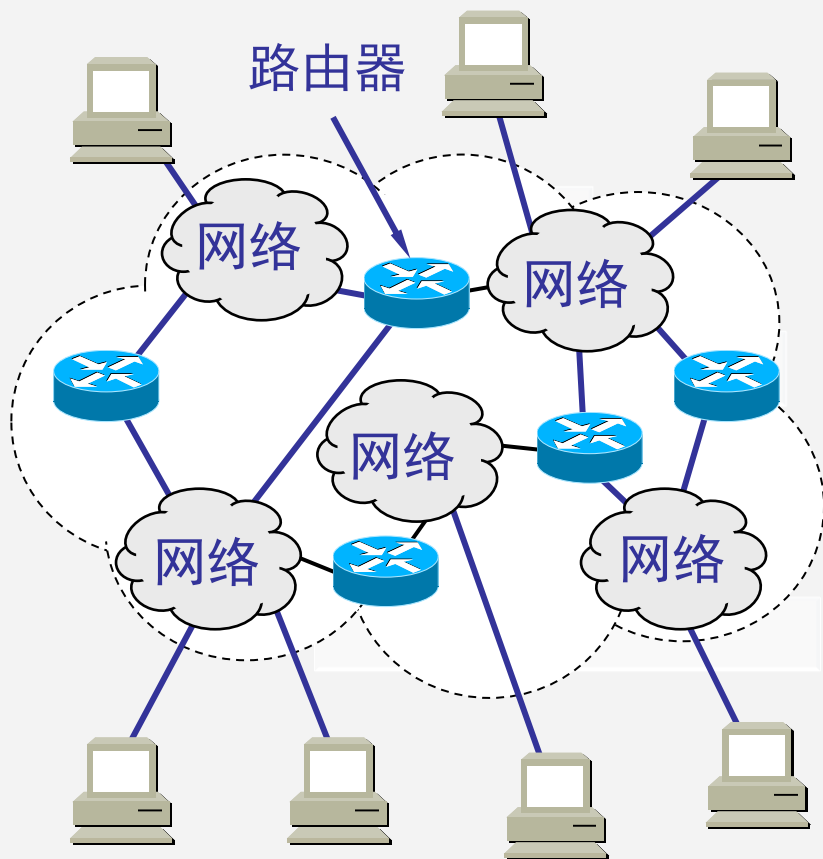
H₁ 发送给 H₂ 的分组可能沿着不同路径传送

网络互连的设备

- 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)集线器(HUB)。
- 数据链路层中继系统：网桥或桥接器(bridge) 交换机。
- 网络层中继系统：路由器(router)。
- 网络层以上的中继系统：网关(gateway)。

网络层

网络互连的设备

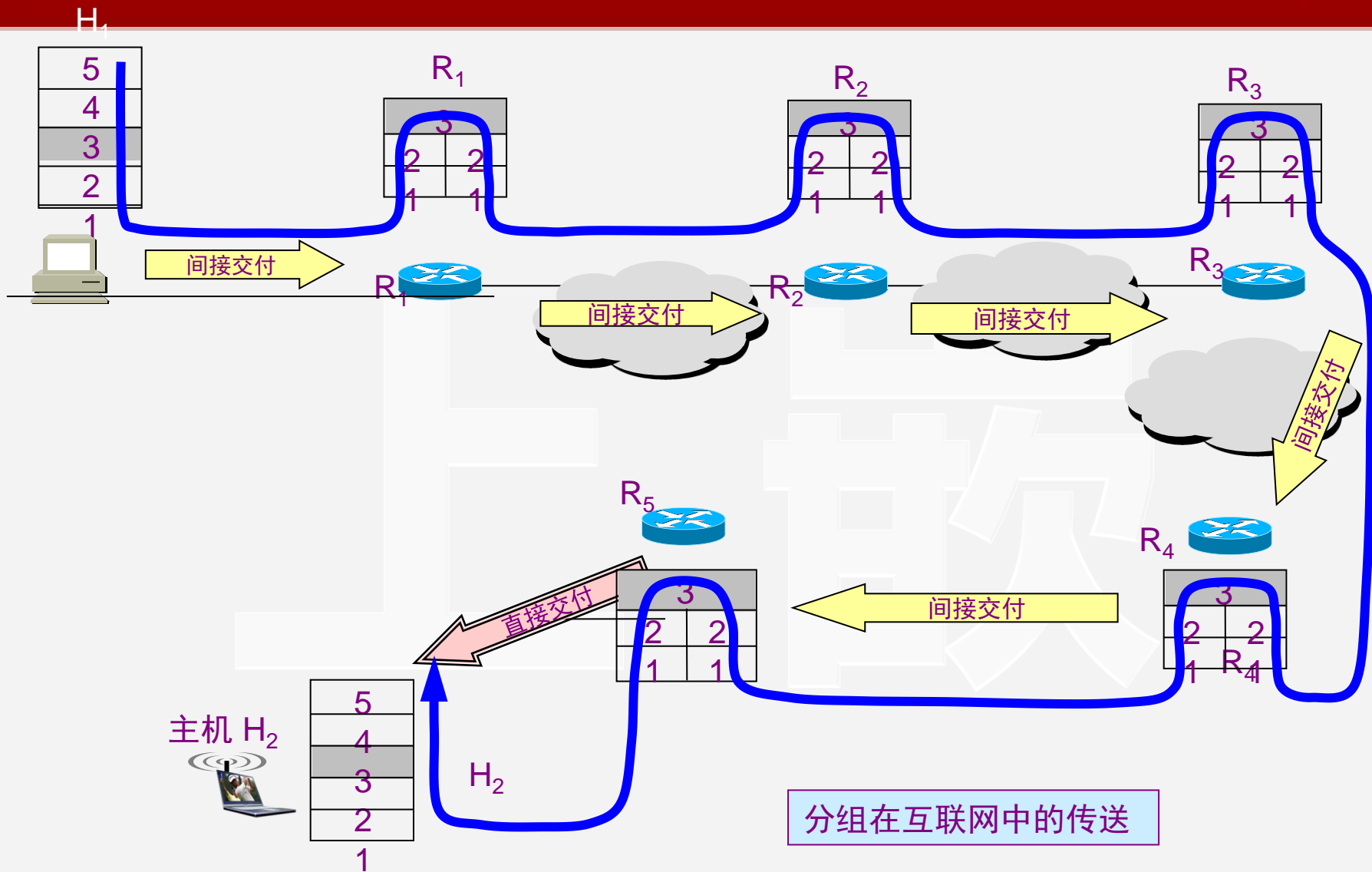


(a) 互连网络



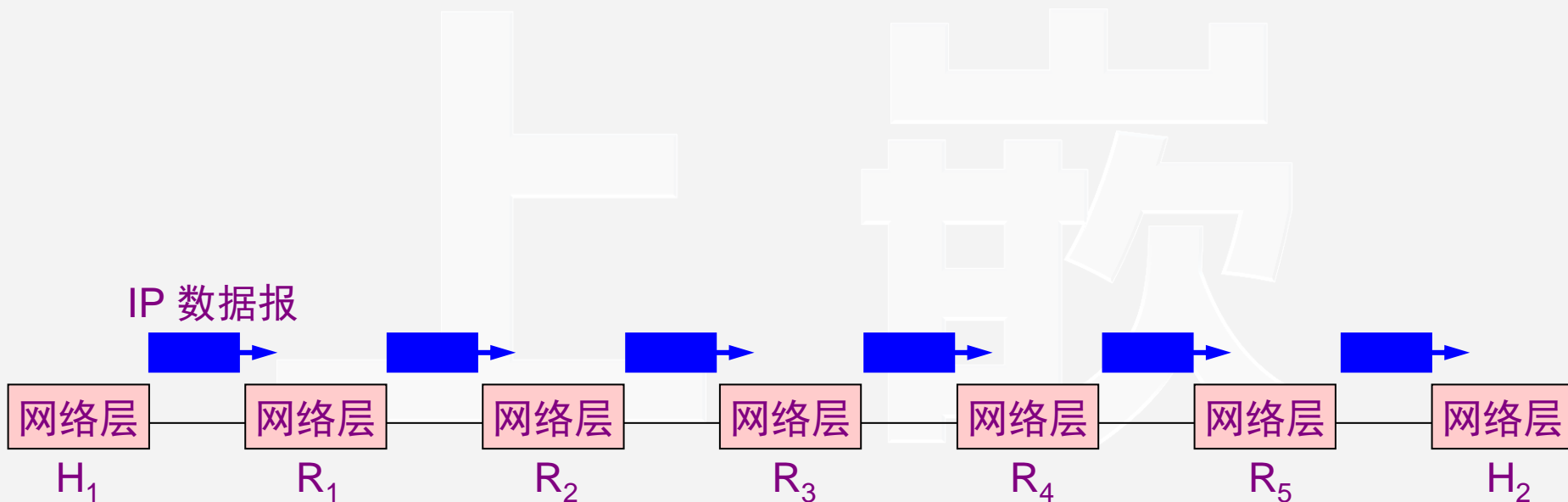
(b) 虚拟互连网络

网络层



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。





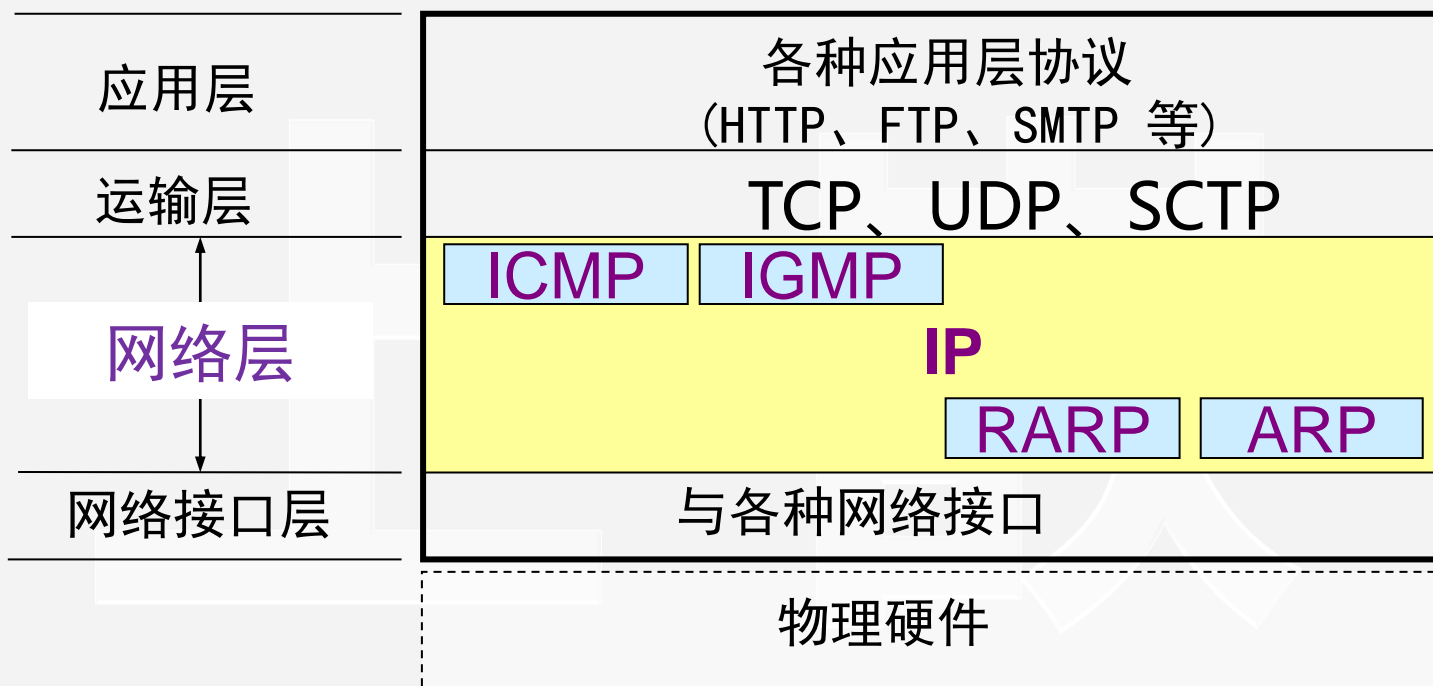
网络层的协议

- 网际协议 IP 是 TCP/IP 体系中最主要的协议之一，也是网络层的核心协议。
- 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)

网络层

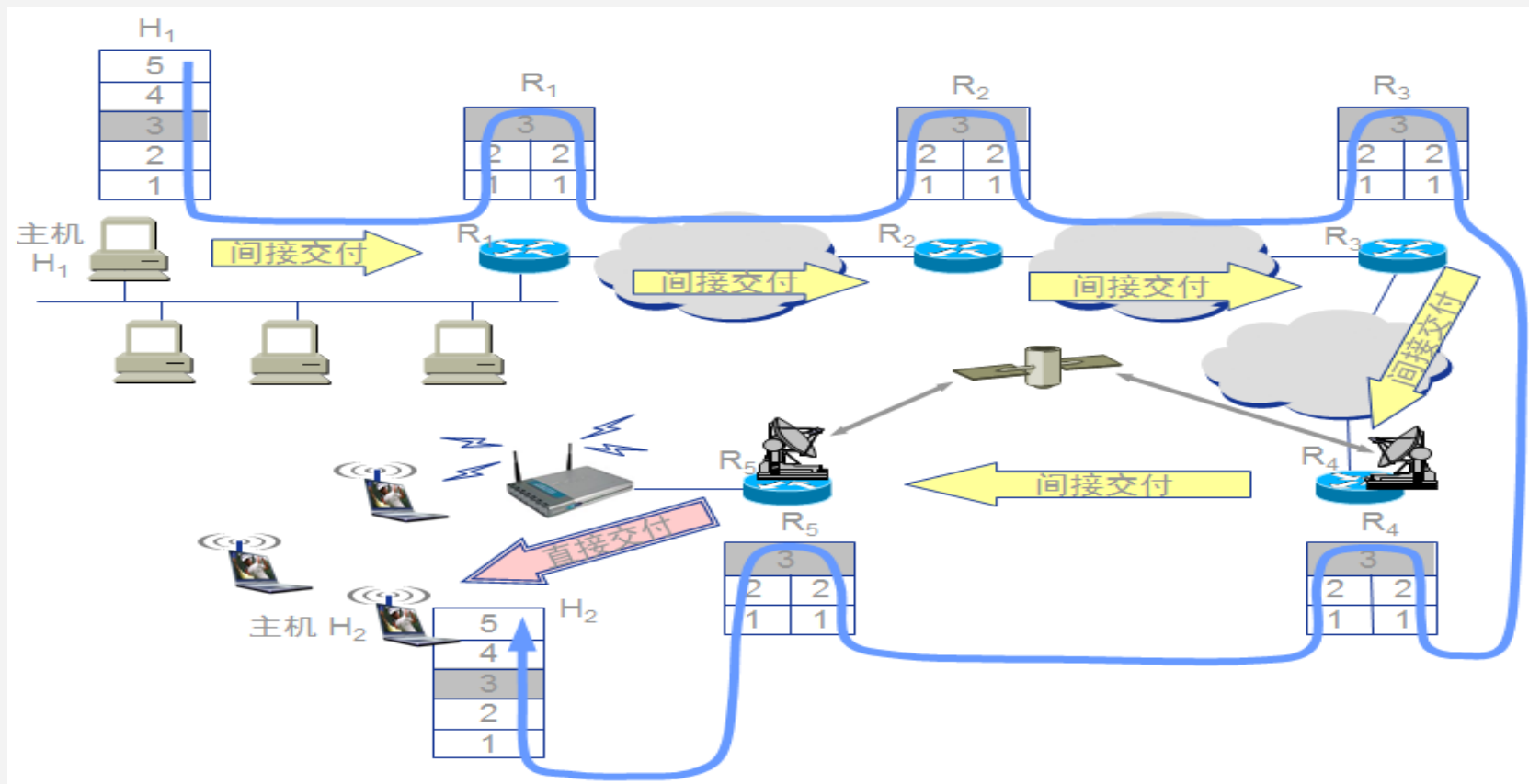


网络层的协议



网络层

● 分组的IP数据包的传送



IP地址

- 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）的每一个接口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。

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。



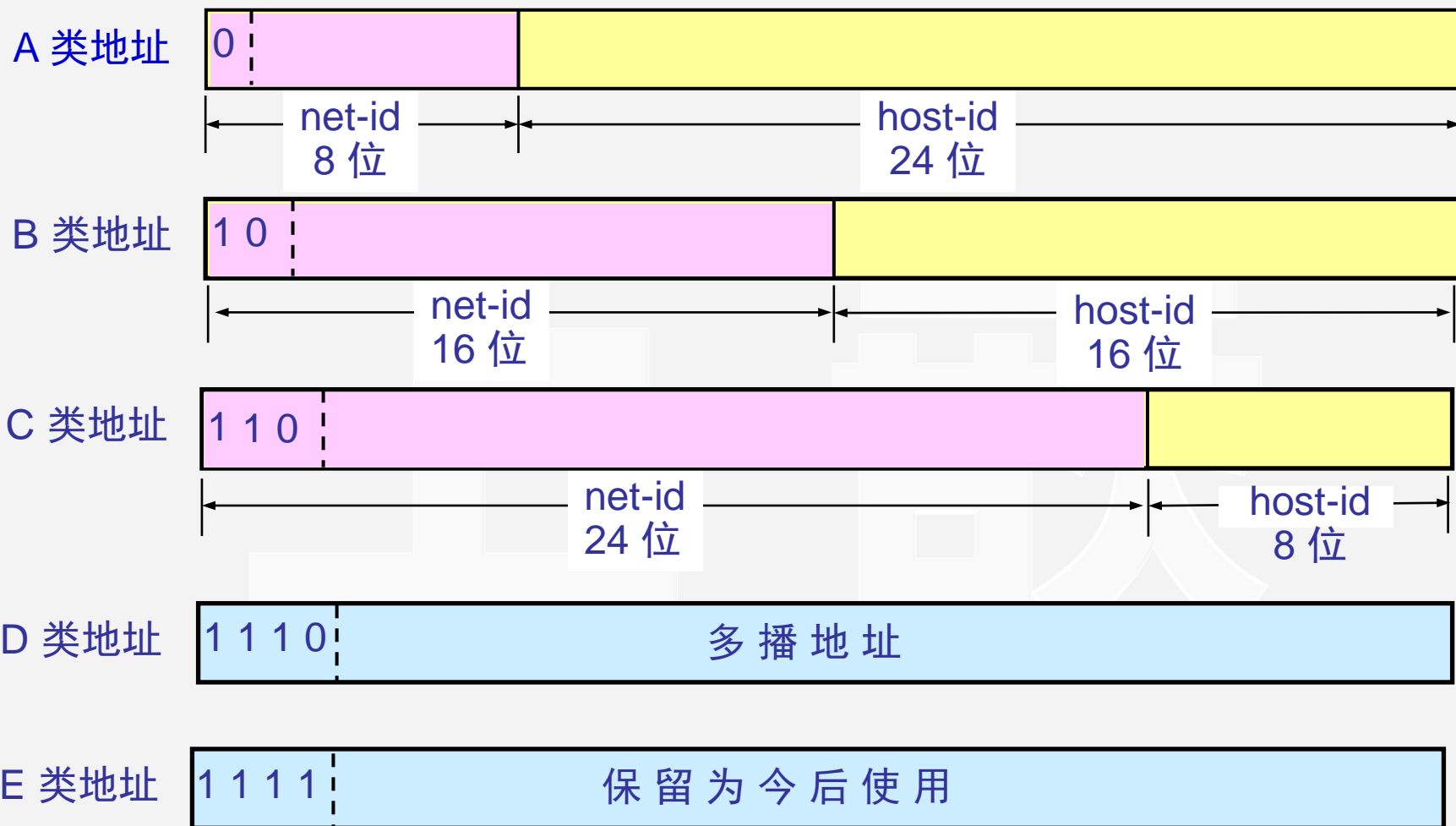
分类 IP 地址

- 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：

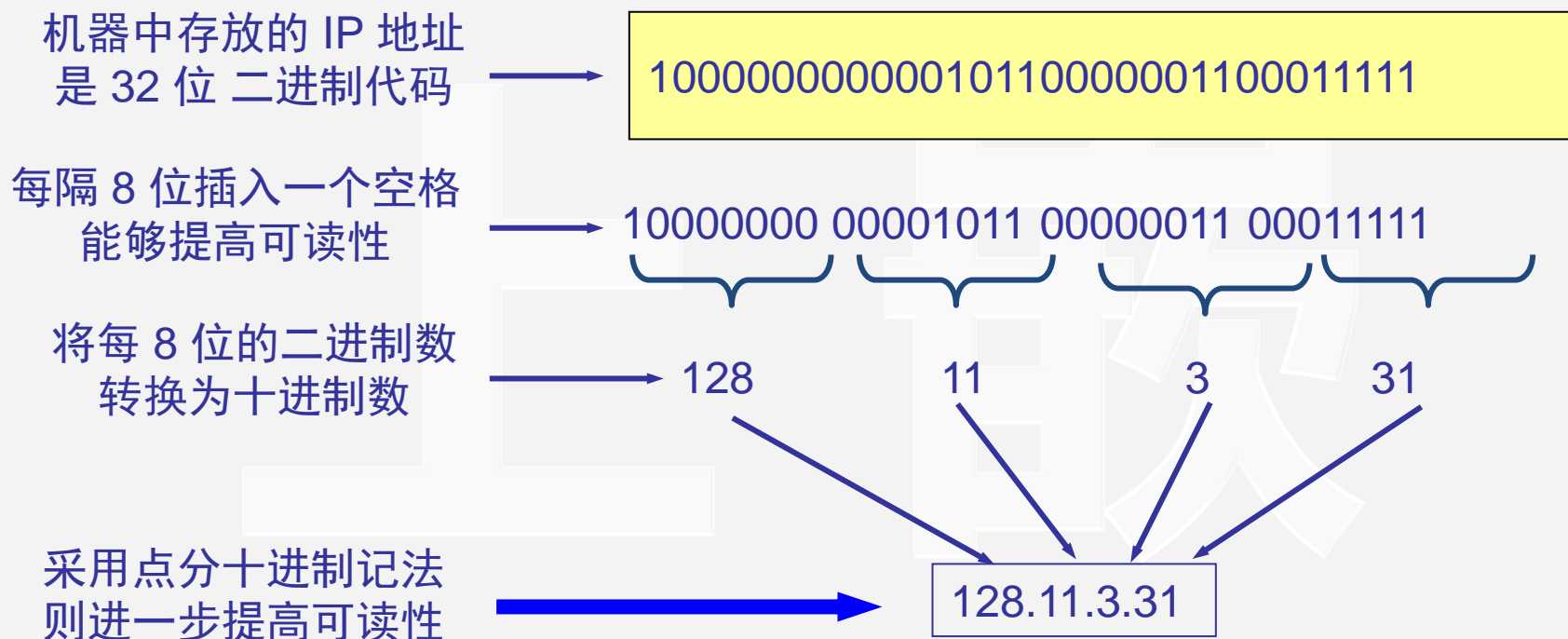
IP 地址 ::= { <网络号>, <主机号> }

网络层

IP 地址中的网络号字段和主机号字段



点分十进制记法

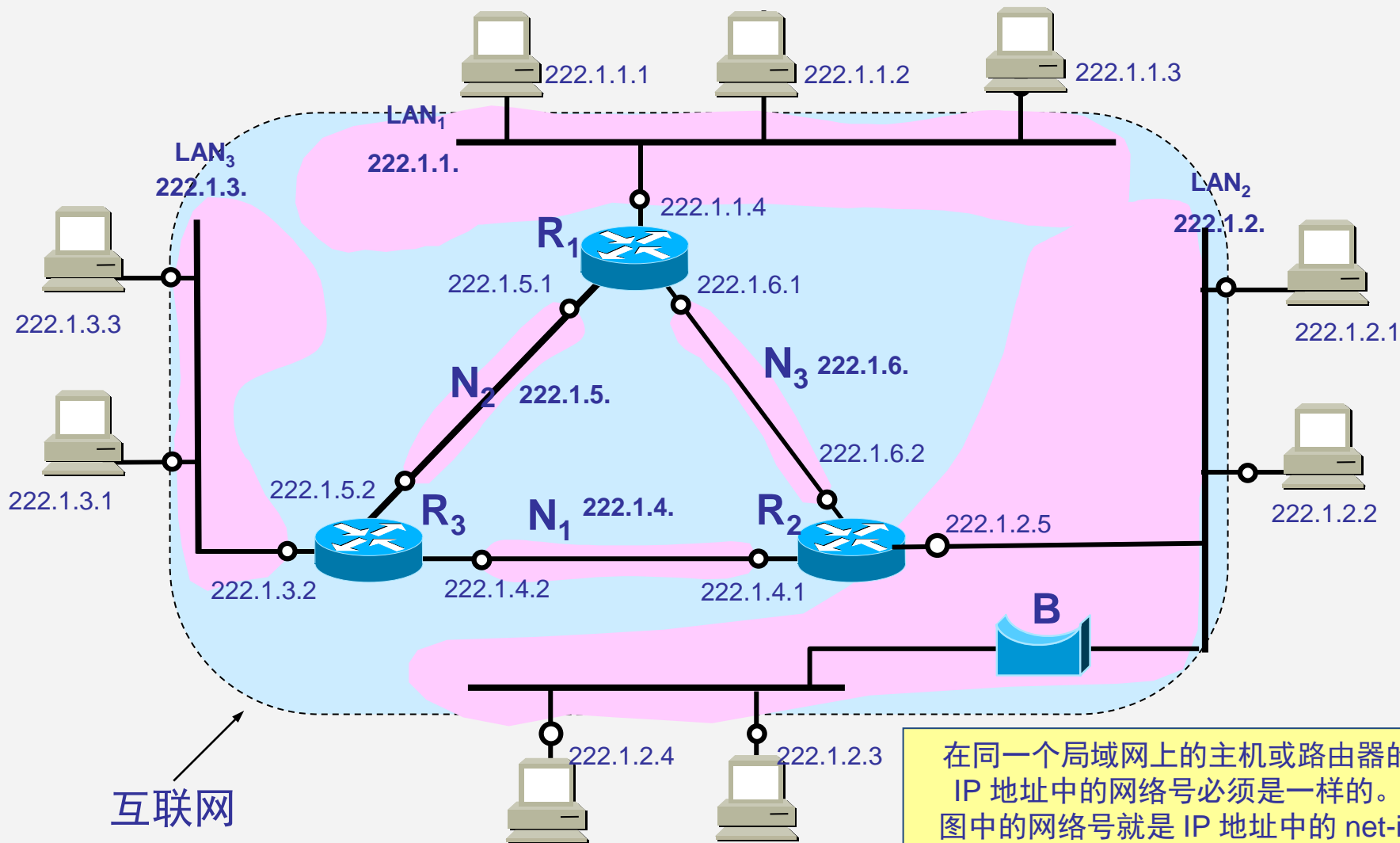


常用的三种类别的 IP 地址

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

网络层

IP地址分类的作用——简化路由器的工作



IP地址分类的使用规则

- 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。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
- 路由器只根据目的站的 IP 地址的网络号进行路由选择

网络层-IP地址子网划分

为什么要划分子网

● 在 ARPANET 的早期，IP 地址的设计确实不够合理。

- IP 地址空间的利用率有时很低。
- 给每一个物理网络分配一个网络号会使路由表变得太大因而使网络性能变坏。
- 两级的 IP 地址不够灵活。

● 解决的办法：从两级IP变成三级IP。

- 从 1985 年起在 IP 地址中又增加了一个“子网号字段”，使两级的 IP 地址变成成为三级的 IP 地址。
- 这种做法叫作划分子网(subnetting)。划分子网已成为因特网的正式标准协议。

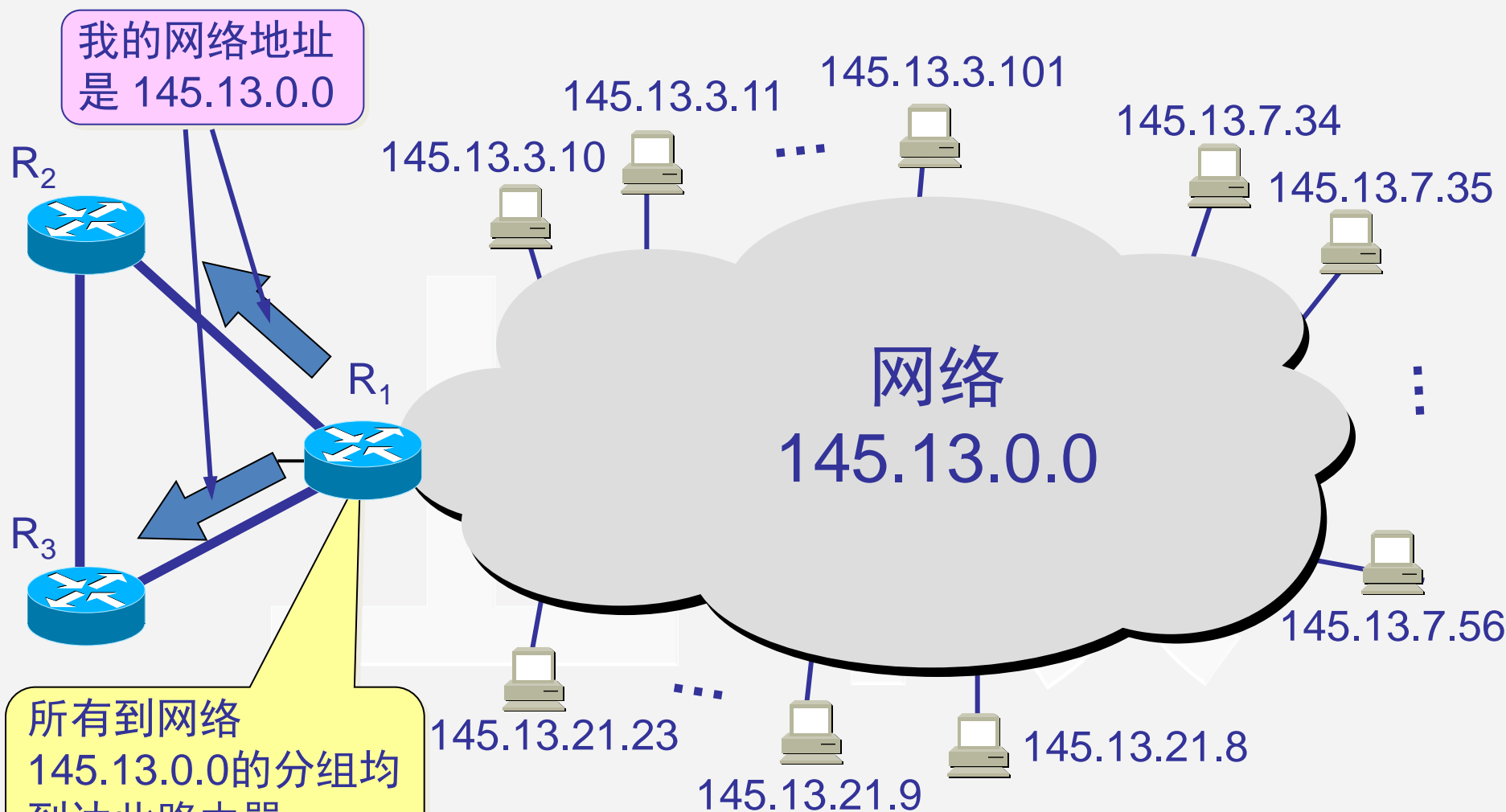
网络层-IP地址子网划分

划分子网的基本思路

- 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。
- 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。凡是从其他网络发送给本单位某个主机的 IP 数据报，仍然是根据 IP 数据报的目的网络号 net-id，先找到连接在本单位网络上的路由器。
- 然后此路由器在收到 IP 数据报后，再按目的网络号 net-id 和子网号 subnet-id 找到目的子网。
- 最后就将 IP 数据报直接交付目的主机。

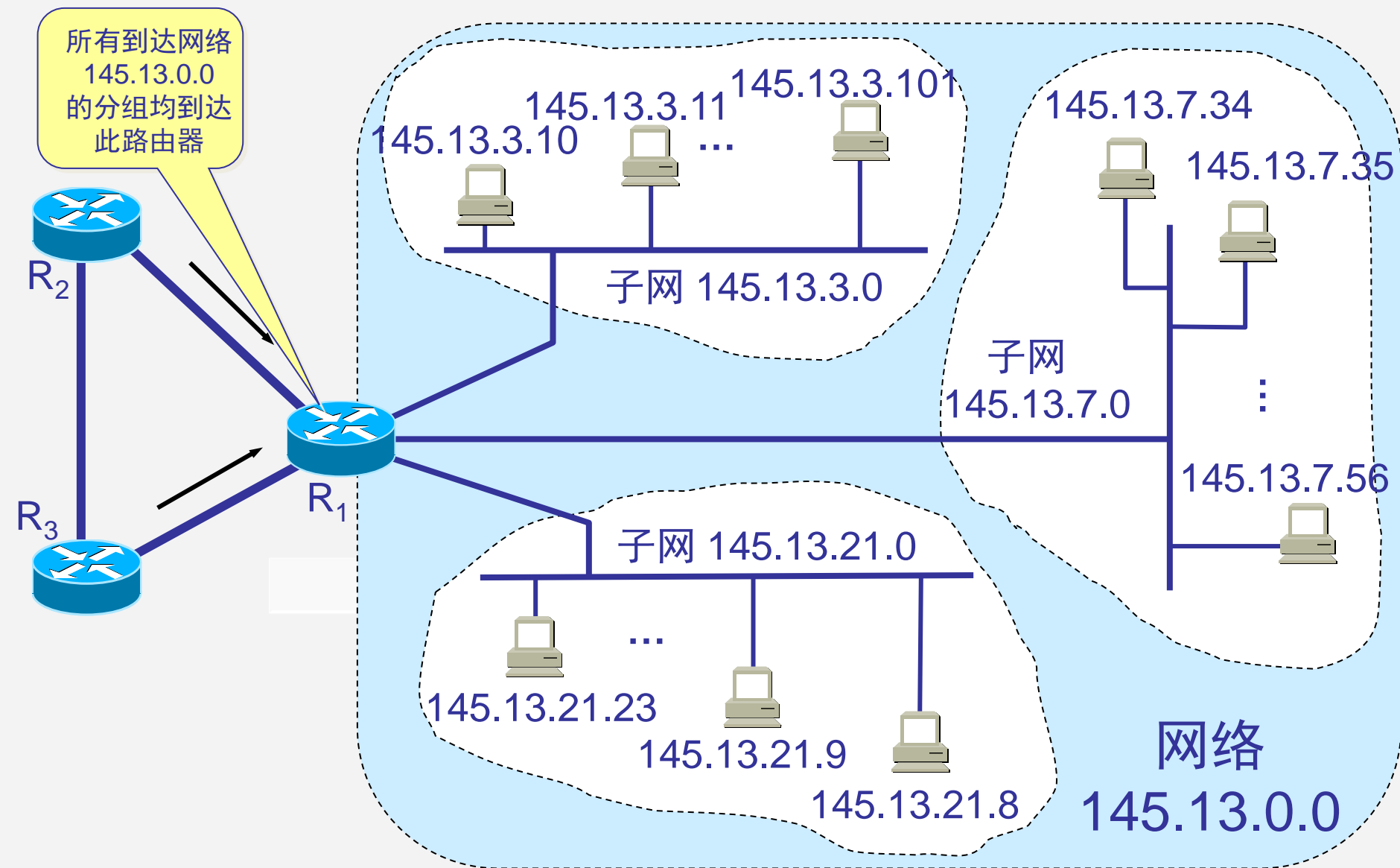
IP地址 ::= {<网络号>, <子网号>, <主机号>}

网络层-IP地址子网划分



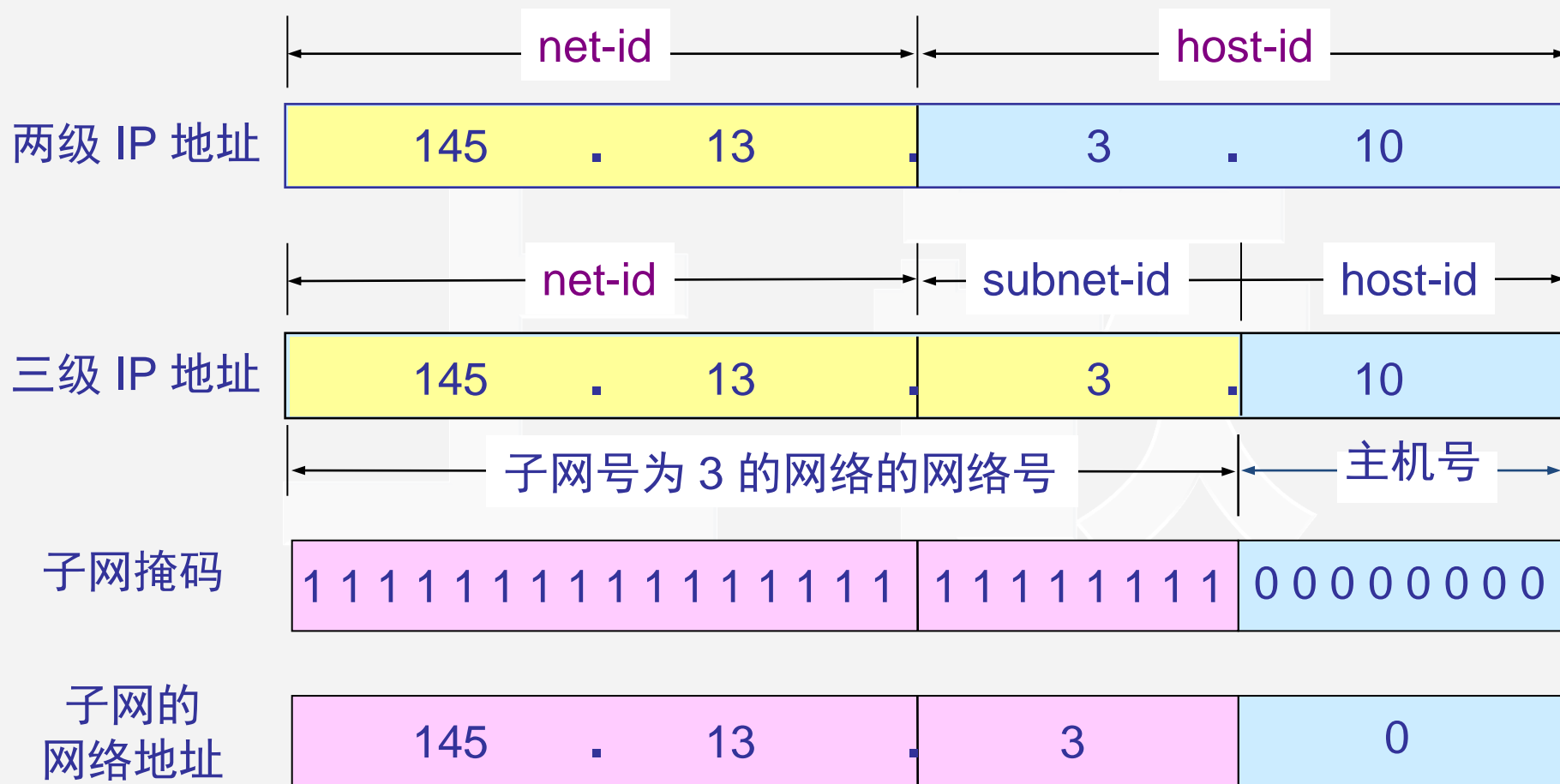
一个未划分子网的 B 类网络 145.13.0.0

网络层-IP地址子网划分

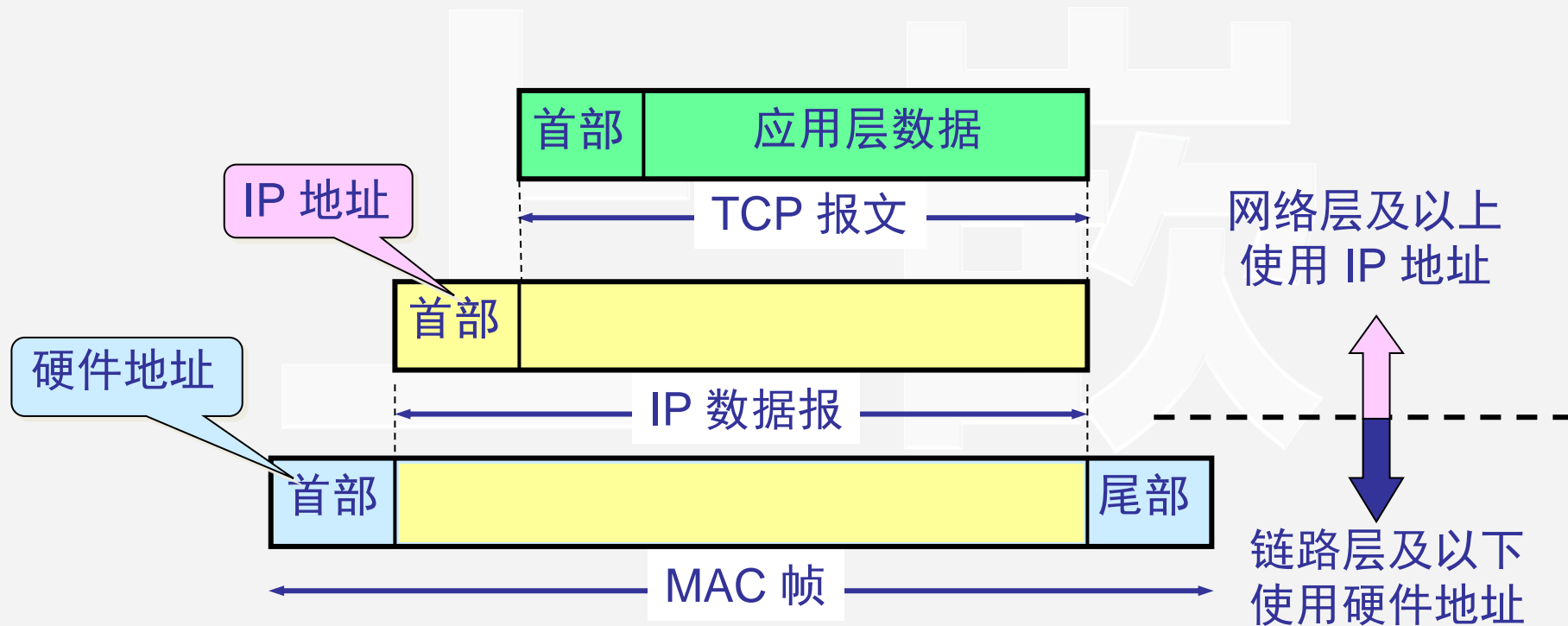


网络层-IP地址子网划分

IP 地址的各字段和子网掩码

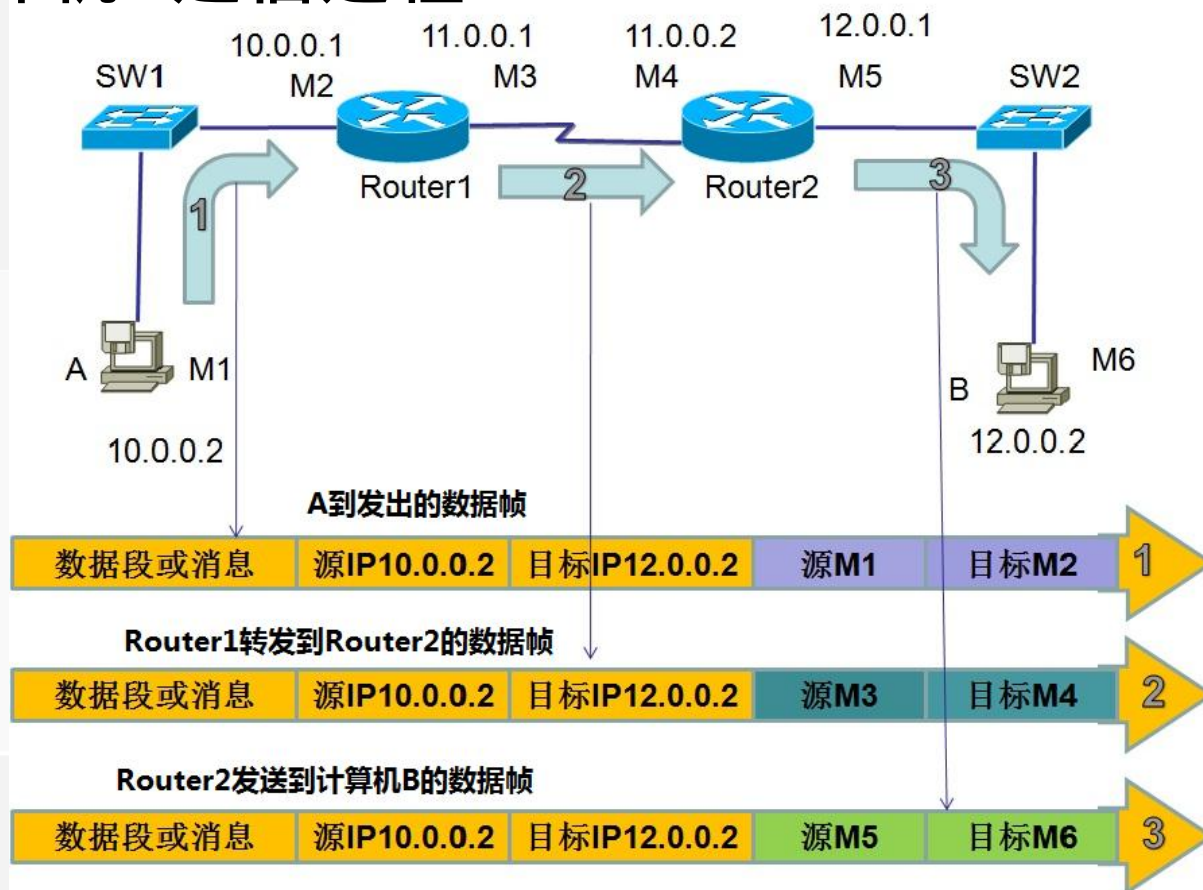


IP 地址与MAC硬件地址

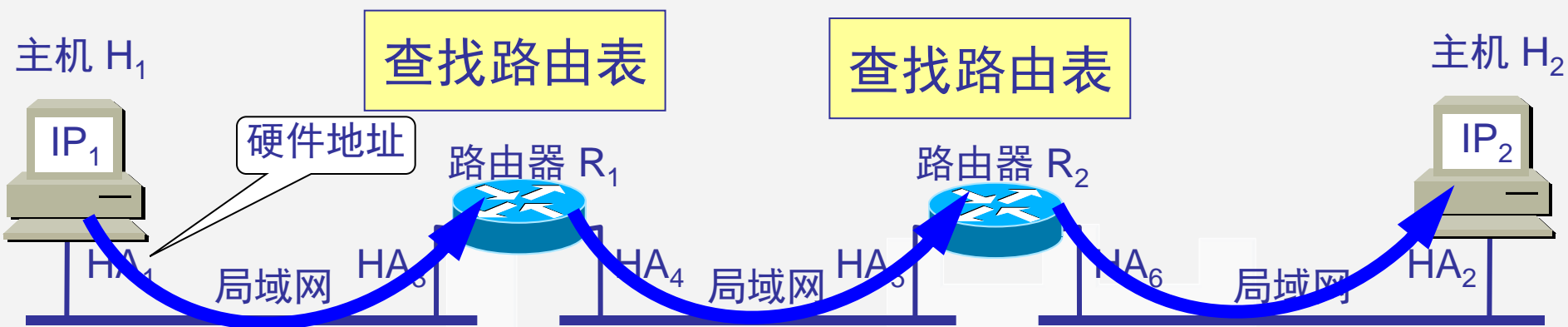


IP 地址与MAC硬件地址

计算机A和计算机B通信过程



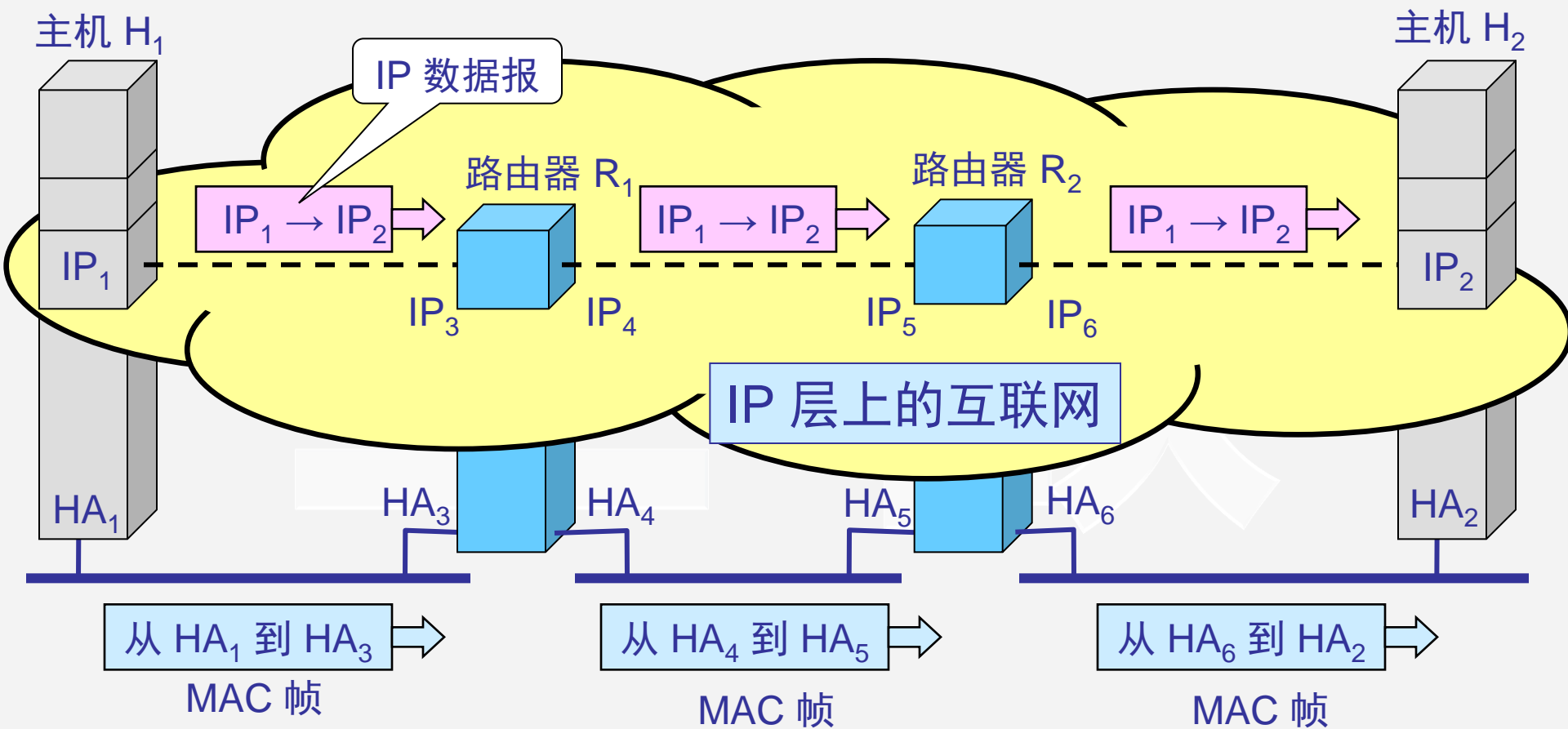
1. 交换机基于数据帧的MAC地址转发数据帧，路由器基于数据包的IP地址转发数据包
2. 数据包在传输过程不变，过网络设备数据帧要用新的物理层地址重新封装
3. MAC地址决定了数据帧下一跳哪个设备接收，而IP地址决定了数据包的起点和终点



通信的路径

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

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 地址与MAC硬件地址

为什么不直接使用硬件地址进行通信？

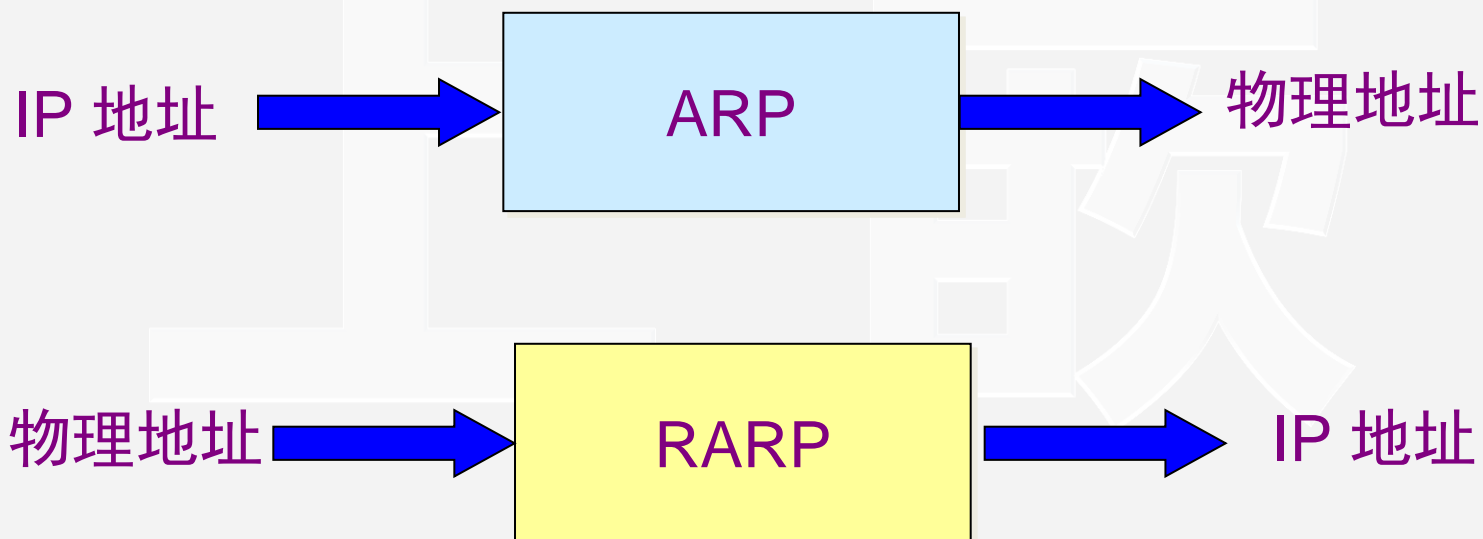
IP 地址与MAC硬件地址

为什么不直接使用硬件地址进行通信？

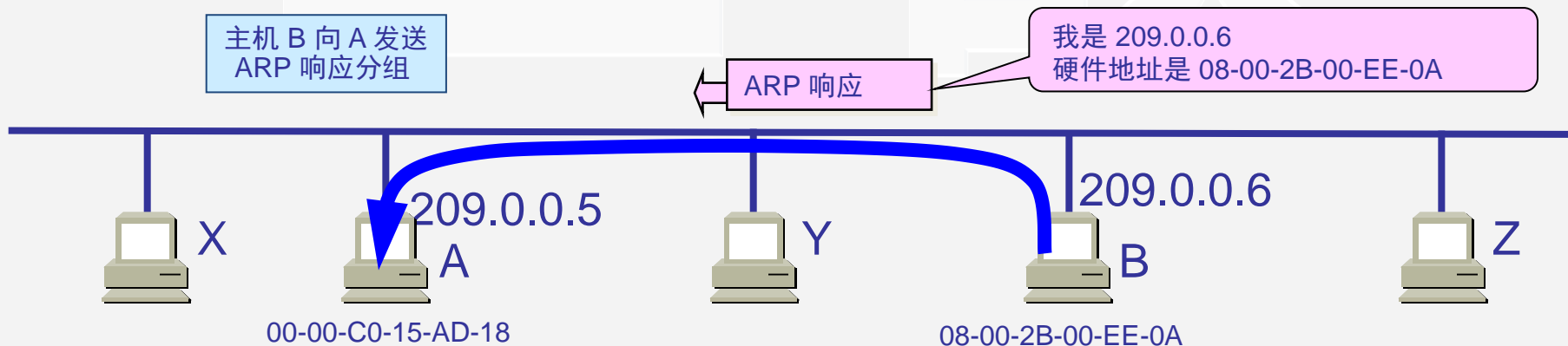
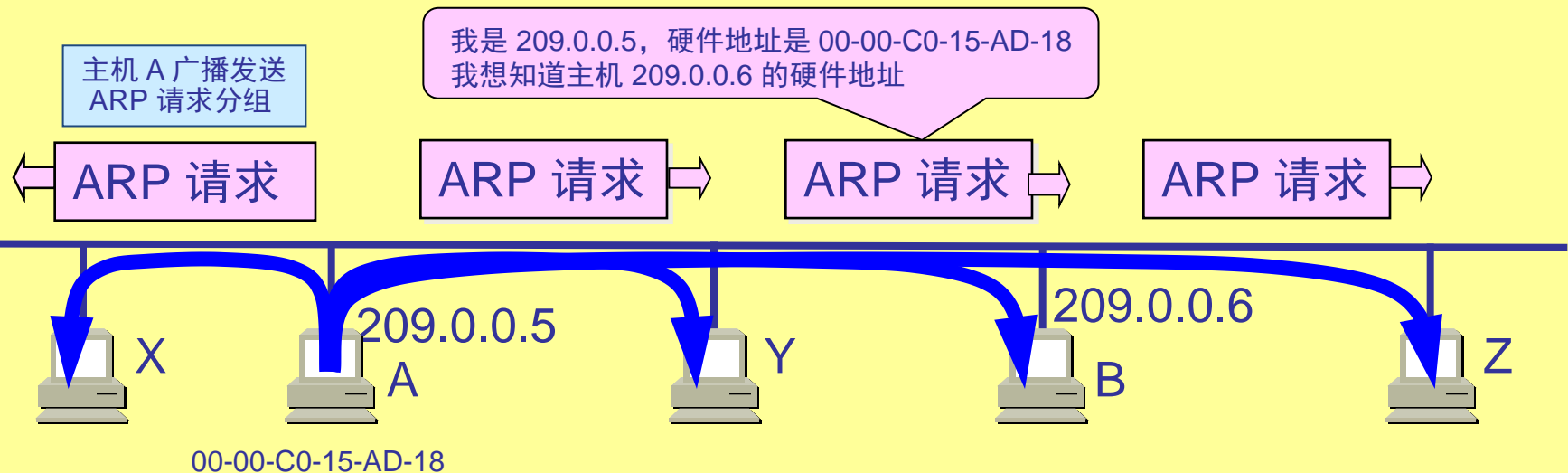
由于全世界存在着各式各样的网络，它们使用不同的硬件地址。要使这些异构网络能够互相通信就必须进行非常复杂的硬件地址转换工作，因此几乎是不可能的事。

ARP简介

- 不管网络层使用的是什么协议，在实际网络的链路上传送数据帧时，最终还是必须使用硬件地址。



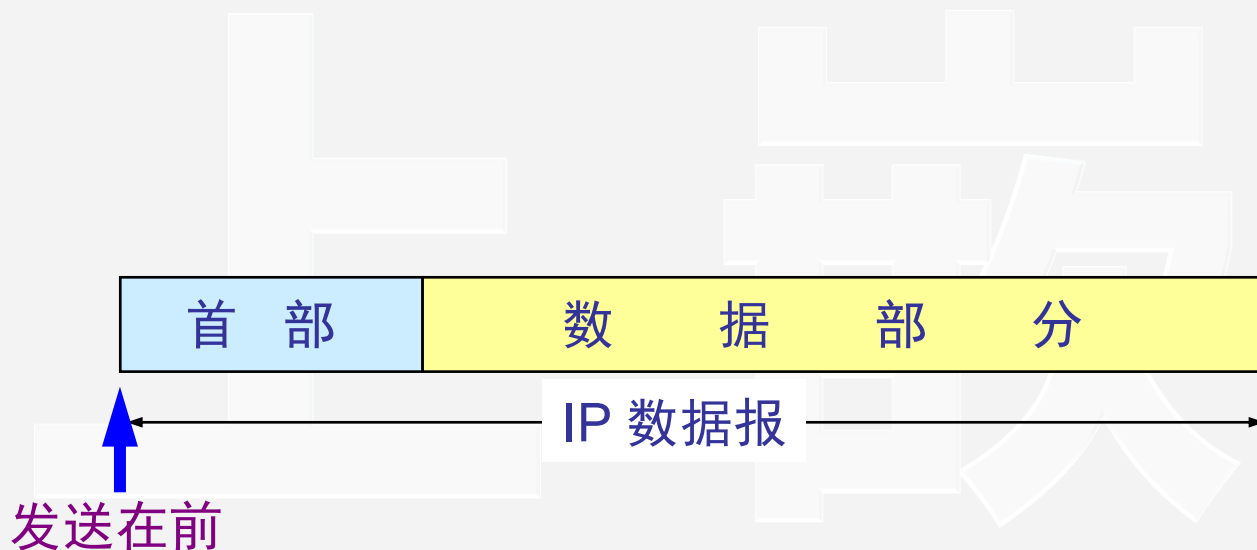
ARP请求原理



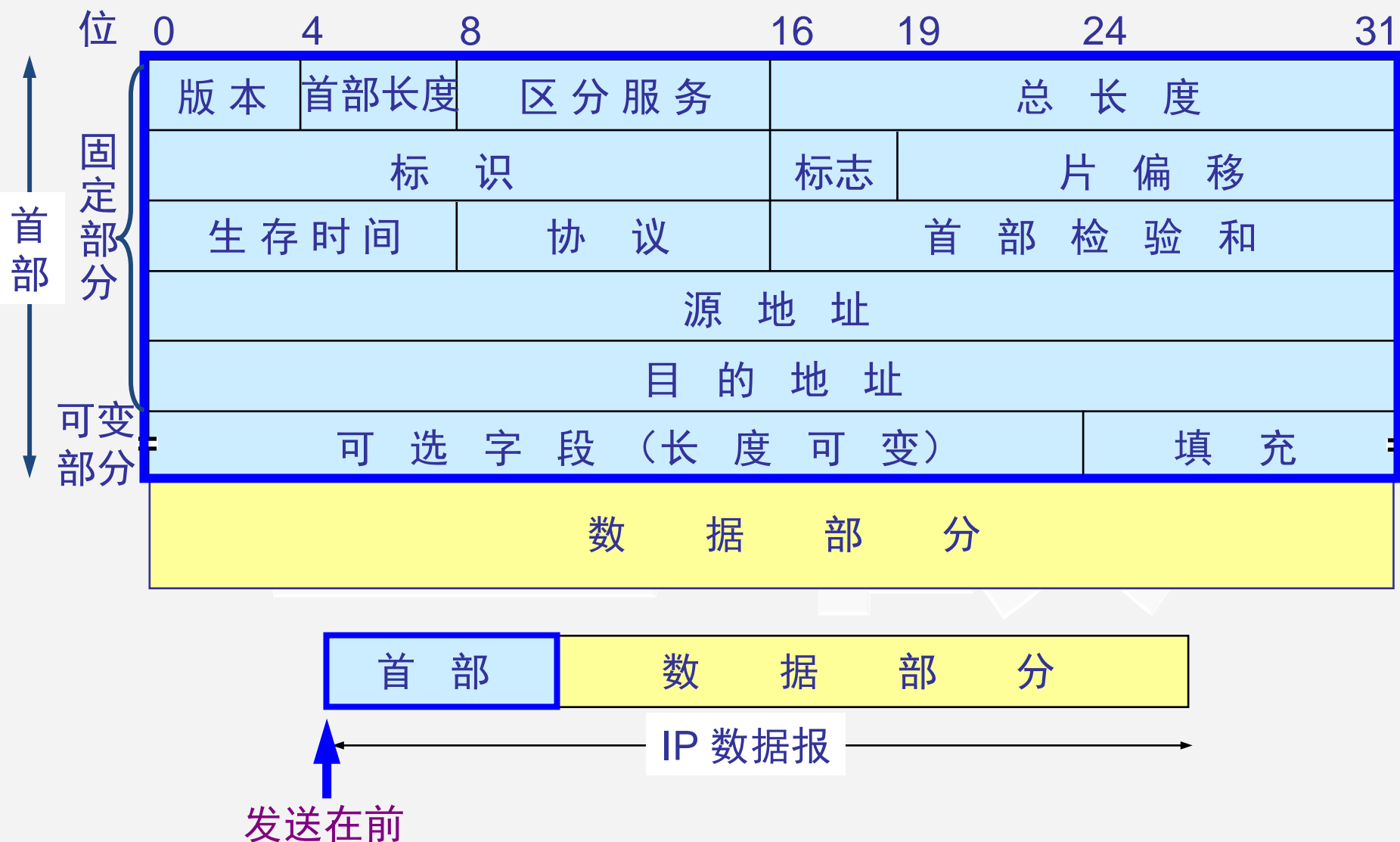
网络层-IP数据报

IP数据报

一个 IP 数据报由首部和数据两部分组成。



网络层-IP数据报

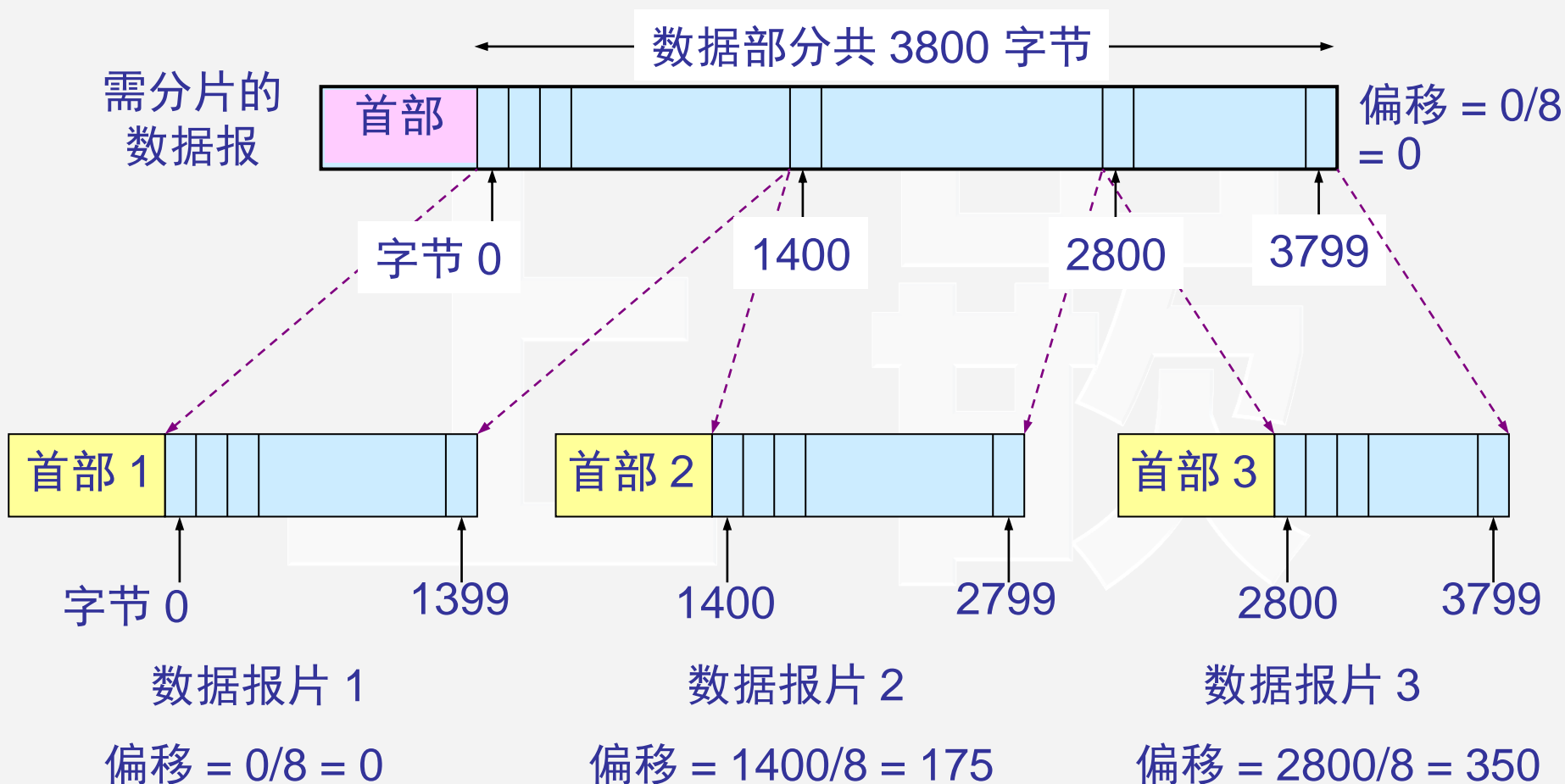


IP数据报首部各字段含义：

- 版本——占 4 位，指 IP 协议的版本，目前的 IP 协议版本号为 4 (即 IPv4)
- 首部长度——占 4 位，可表示的最大数值是 15 个单位(一个单位为 4 字节)，因此 IP 的首部长度的最大值是 60 字节。
- 区分服务——占 8 位，用来获得更好的服务.在旧标准中叫做服务类型，但实际上一直未被使用过。1998 年这个字段改名为区分服务。只有在使用区分服务（DiffServ）时，这个字段才起作用。在一般的情况下都不使用这个字段 QoS服务质量。
- 总长度——占 16 位，指首部和数据之和的长度，单位为字节，因此数据报的最大长度为 65535 字节。总长度必须不超过最大传送单元 MTU。
- 标识(identification) 占 16 位，它是一个计数器，用来产生数据报的标识，不是序号，每产生一个数据包，就增加1。

网络层-IP数据报

IP数据报分片举例



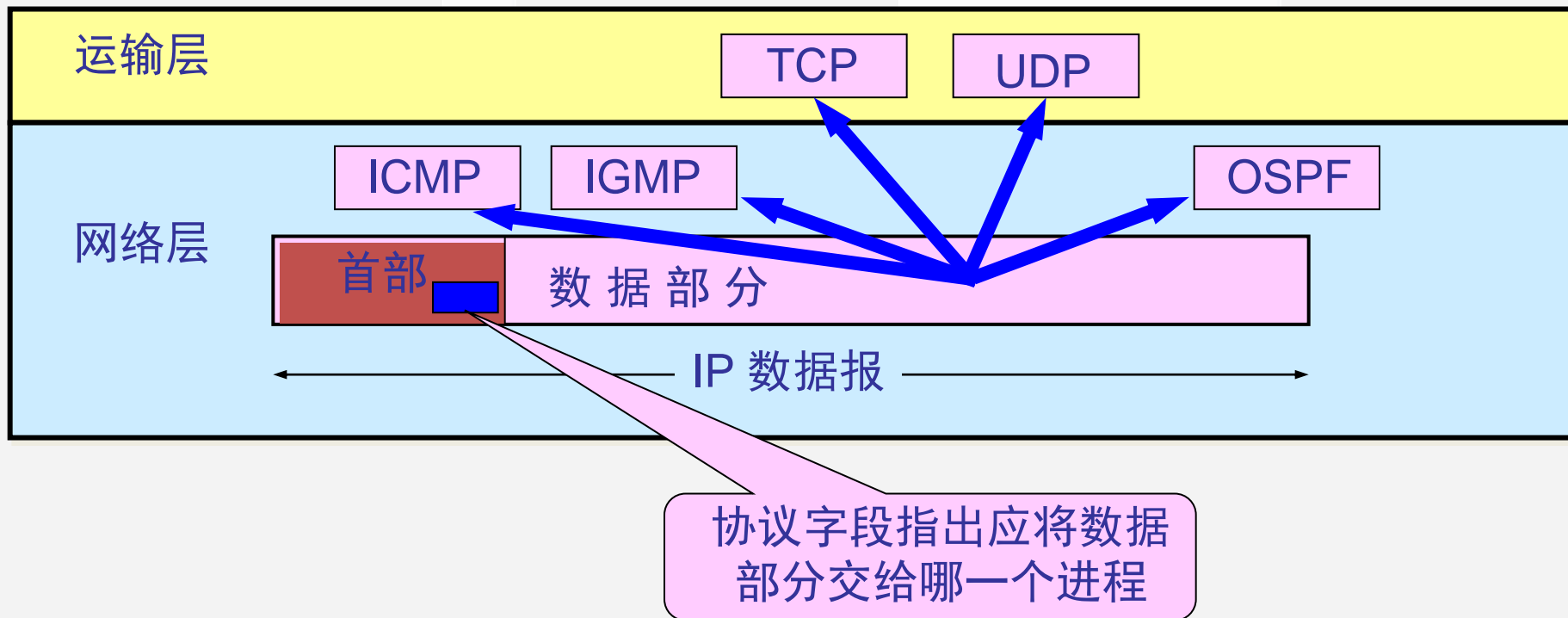
网络层-IP数据报

IP数据报首部各字段含义：

- 标志(flag) 占 3 位，目前只有前两位有意义。标志字段的最低位是 MF (More Fragment)。MF 为1 表示后面“还有分片”。MF 为0 表示最后一个分片。标志字段中间的一位是 DF (Don't Fragment) 。只有当 DF 为 0 时才允许分片。
- 片偏移(13 位)指出：较长的分组在分片后某片在原分组中的相对位置。片偏移以 8 个字节为偏移单位。
- 生存时间(8 位)记为 TTL (Time To Live)，数据报在网络中可通过的路由器数的最大值。
- 协议(8 位)字段指出此数据报携带的数据使用何种协议以便目的主机的 IP 层将数据部分上交给哪个处理过程。
- 源地址和目的地址都各占 4 字节。
- IP 首部的可变部分就是一个选项字段，用来支持排错、测量以及安全等措施，内容很丰富。

网络层-IP数据报

IP 数据报首部的固定部分中的各字段



网络层-ICMP协议

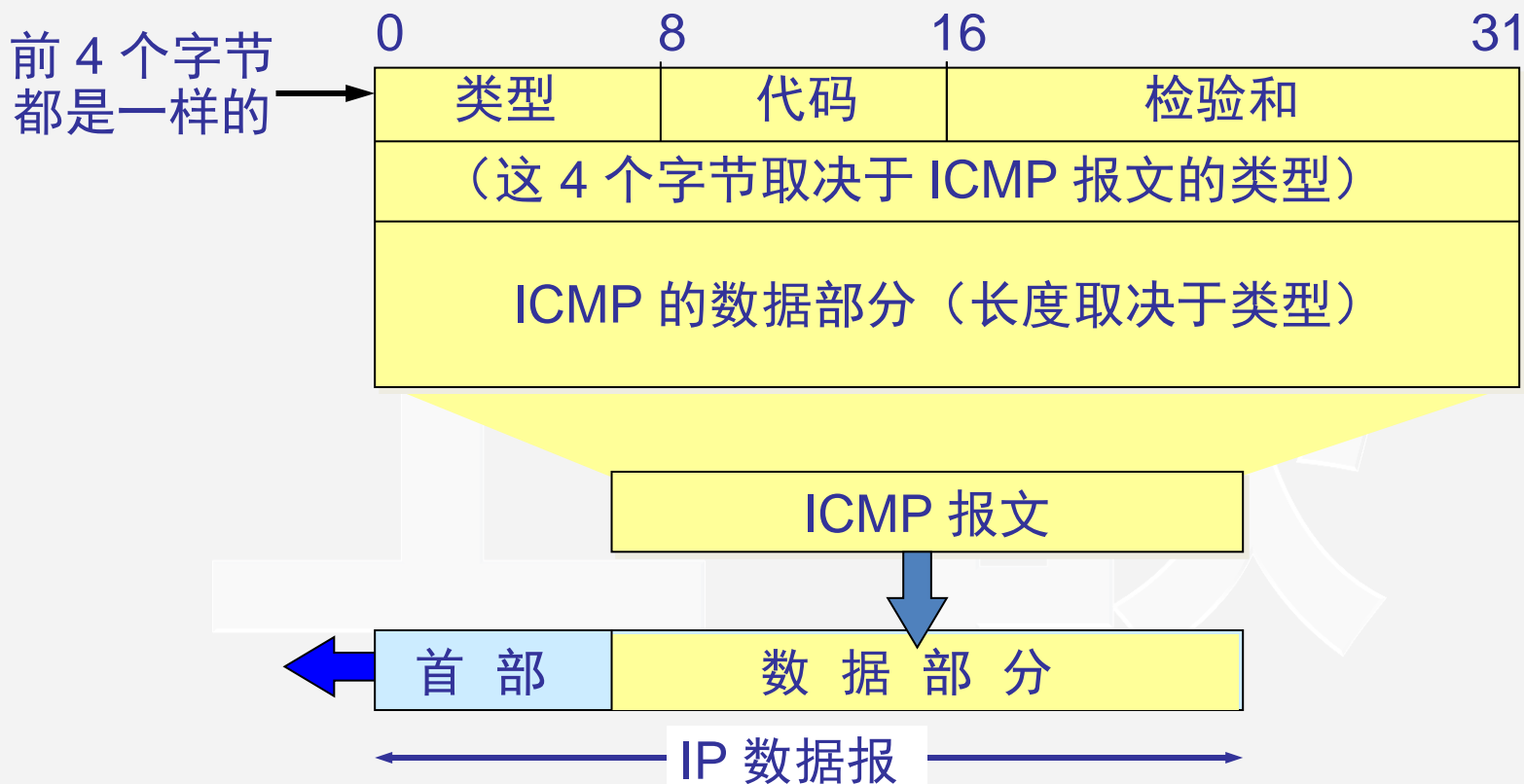


ICMP简介

- 为了提高 IP 数据报交付成功的机会，在网际层使用了网际控制报文协议 ICMP (Internet Control Message Protocol)。
- ICMP 允许主机或路由器报告差错情况和提供有关异常情况的报告。
- ICMP 不是高层协议，而是 IP 层的协议。
- ICMP 报文作为 IP 层数据报的数据，加上数据报的首部，组成 IP 数据报发送出去。

网络层-ICMP协议

ICMP报文格式



网络层-ICMP协议

ICMP报文的类型

- ICMP 报文的种类有两种，即 ICMP 差错报告报文和 ICMP 询问报文。
- ICMP 报文的前 4 个字节是统一的格式，共有三个字段：即类型、代码和检验和。接着的 4 个字节的内容与 ICMP 的类型有关。
- 差错报告报文有五种：
 - 终点不可达
 - 源点抑制(Source quench)
 - 时间超过
 - 参数问题
 - 改变路由（重定向）(Redirect)
- 询问报文有两种：
 - 回送请求和回答报文
 - 时间戳请求和回答报文



因特网的路由选择协议

● 根据路由算法的自适应性划分：

● 静态路由选择策略

● 动态路由选择策略

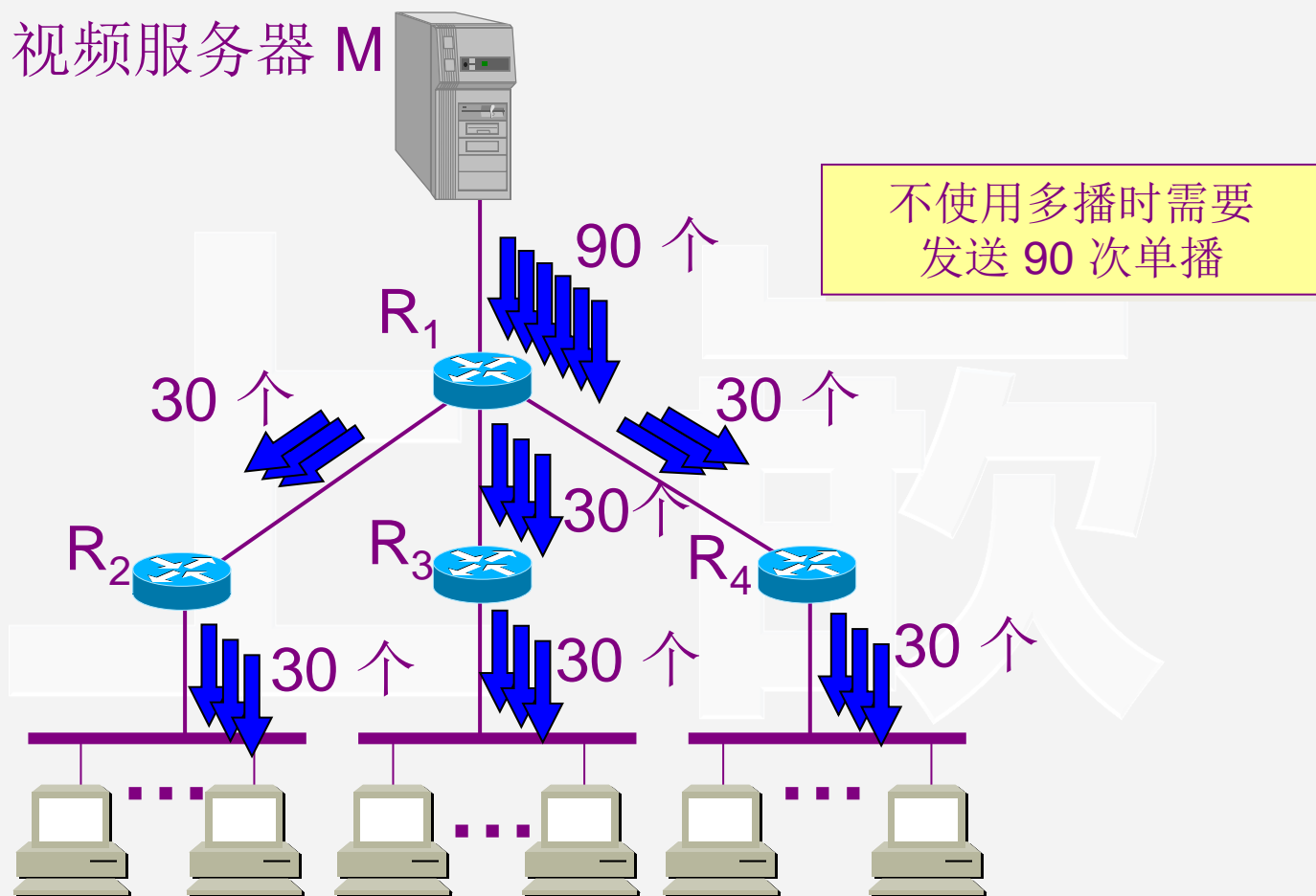
● RIP 是一种分布式的基于距离向量的路由选择协议。

● 最早的 周期性的广播 30s

● OSPF 内部网关协议

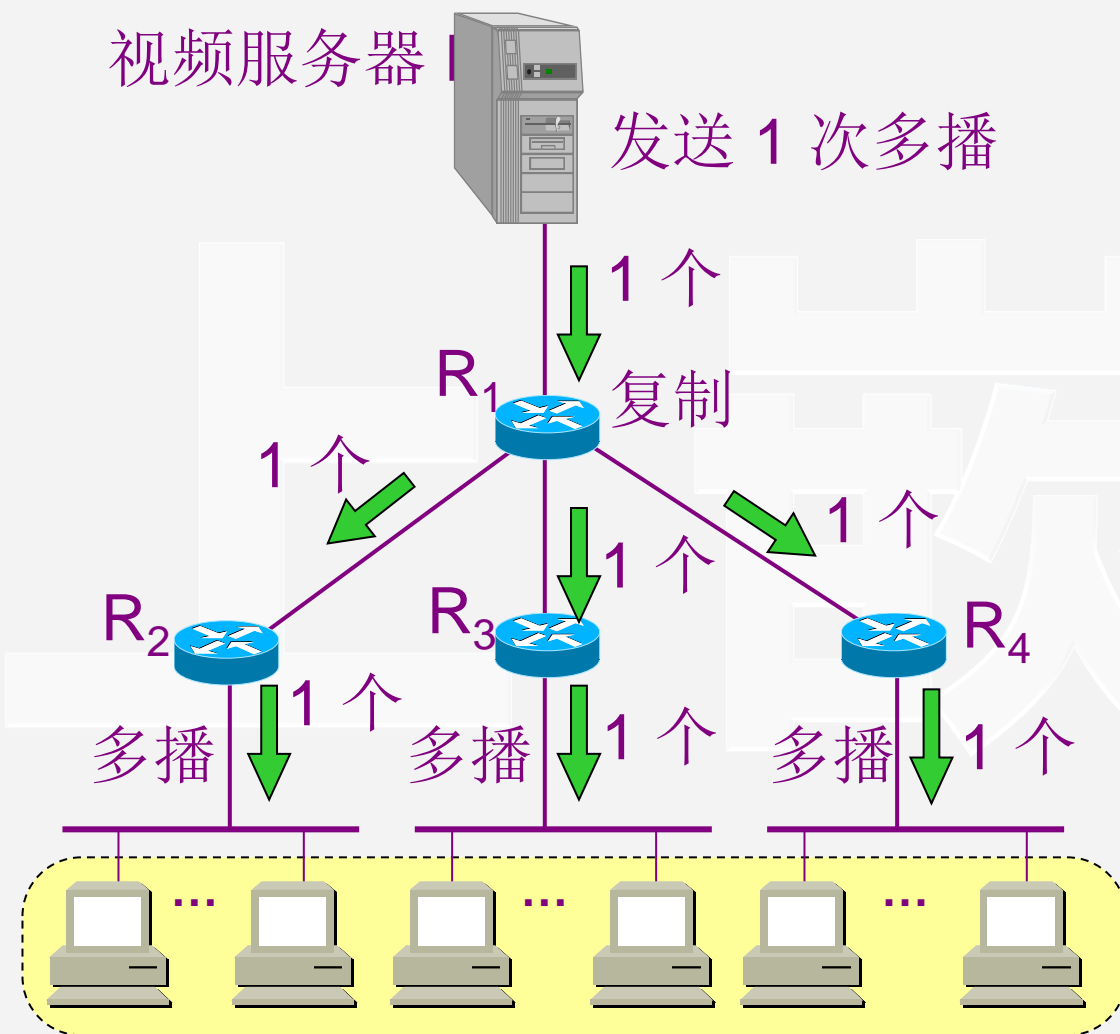
● BGP 外部网关协议

网络层-IP 多播



共有 90 个主机接收视频节目

网络层-IP 多播



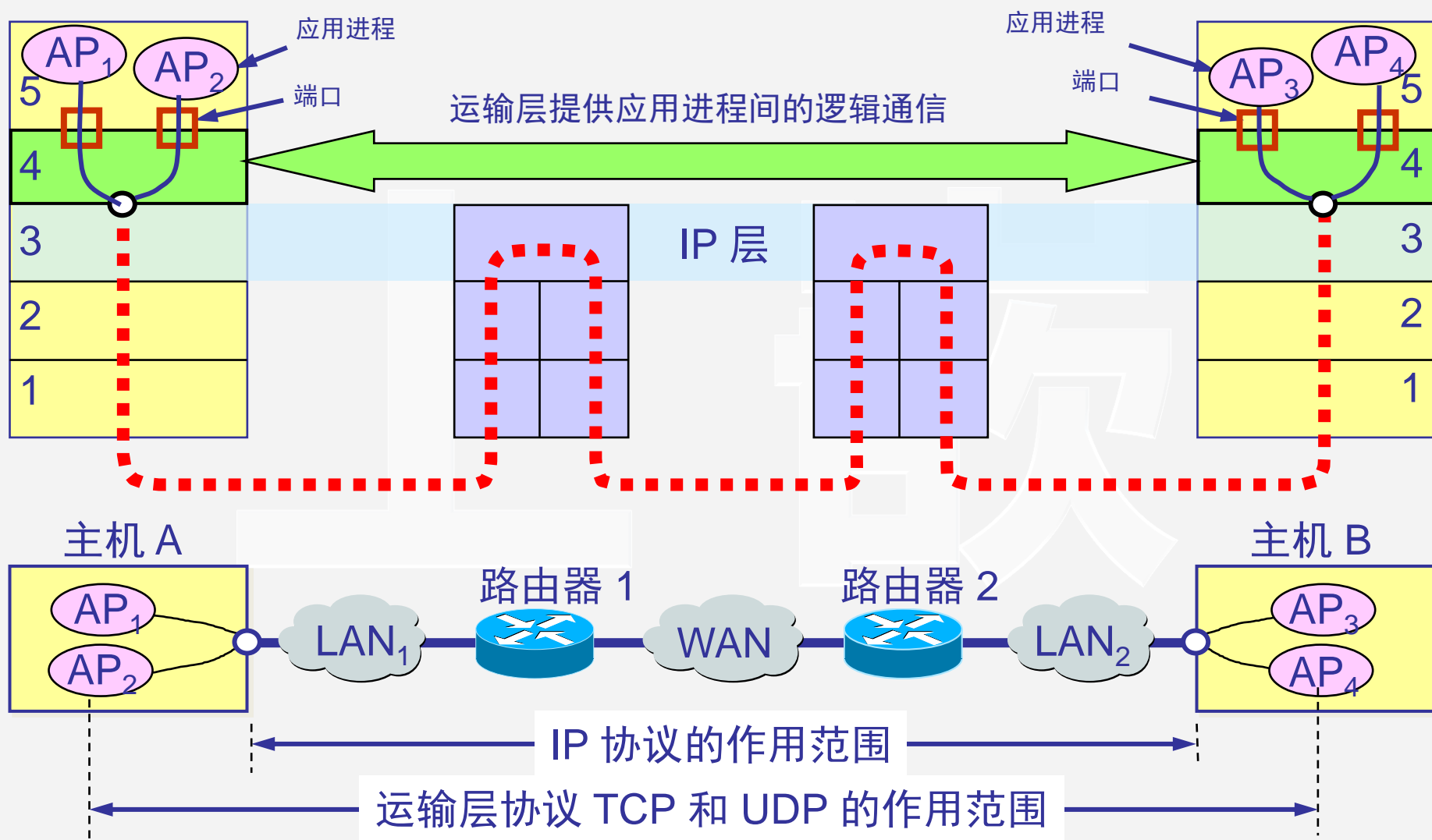
第四节 传输层

运输层

- 网络层是为主机之间提供逻辑通信
- 运输层为应用进程之间提供端到端的逻辑通信静态路由选择策略
 - 运输层还要对收到的报文进行差错检测。
 - 运输层提供面向连接和无连接的服务。

运输层

运输层为相互通信的应用进程提供了逻辑通信





端口

- 运行在计算机中的进程是用进程标识符来标志的。但是不同的OS采用的进程标识符形式不一样
- 为了使运行不同操作系统的计算机的应用进程能够互相通信，就必须用统一的方法对 TCP/IP 体系的应用进程进行标志。
- 解决这个问题的方法就是在运输层使用协议端口号(protocol port number)，或通常简称为端口(port)。
- 端口是应用层的各种协议进程与运输实体进行层间交互的一种地址。TCP 和UDP采用 16 位端口号来识别应用程序。



端口分类

- 熟知端口，数值一般为 0~1023。
 - FTP:21
 - TELNET:23
 - SMTP:25
 - DNS:53
 - HTTP:80
- 登记端口号，数值为1024~49151
- 客户端口号，数值为49152~65535

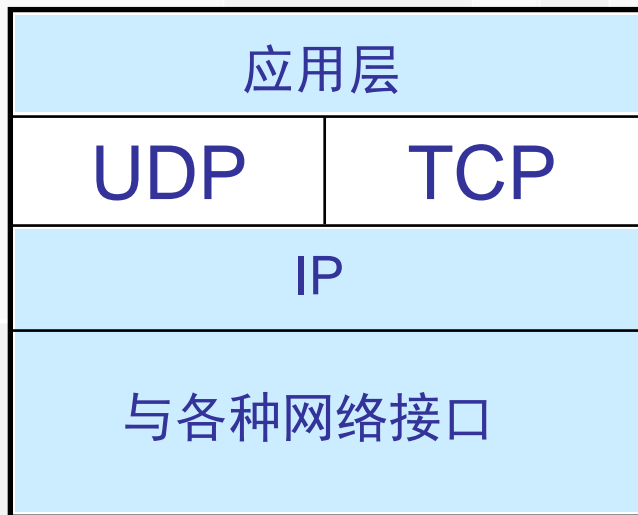
嵌入式

传输层-UDP

传输层的两个主要协议

- 用户数据报协议 UDP (User Datagram Protocol)
- 传输控制协议 TCP (Transmission Control Protocol)

运输层



传输层的两个主要协议

- ❑ UDP 在传送数据之前不需要先建立连接。对方的运输层在收到 UDP 报文后，不需要给出任何确认。虽然 UDP 不提供可靠交付，但在某些情况下 UDP 是一种最有效的工作方式。
- ❑ TCP 则提供面向连接的服务。TCP 不提供广播或多播服务。由于 TCP 要提供可靠的、面向连接的运输服务，因此不可避免地增加了许多的开销。这不仅使协议数据单元的首部增大很多，还要占用许多的处理机资源。



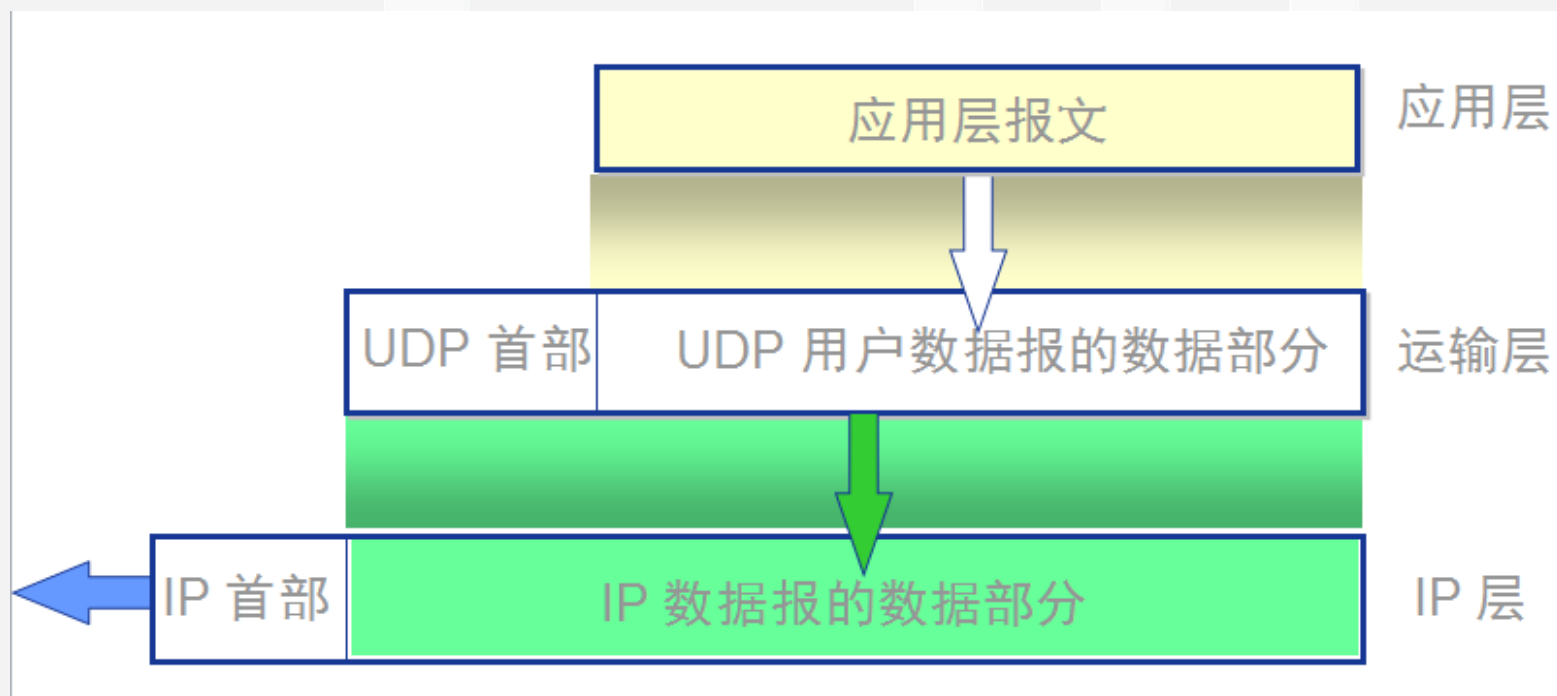
UDP简介

- ❖ UDP只在 IP 的数据报服务之上增加了很少一点的功能，即端口的功能和差错检测的功能。
- ❖ UDP 的主要特点：
 - ❖ UDP 是无连接的，即发送数据之前不需要建立连接。
 - ❖ UDP 使用尽最大努力交付，即不保证可靠交付，同时也不使用拥塞控制。
 - ❖ UDP 是面向报文的。UDP 没有拥塞控制，很适合多媒体通信的要求。
 - ❖ UDP 支持一对一、一对多、多对一和多对多的交互通信。
 - ❖ UDP 的首部开销小，只有 8 个字节。

传输层-UDP



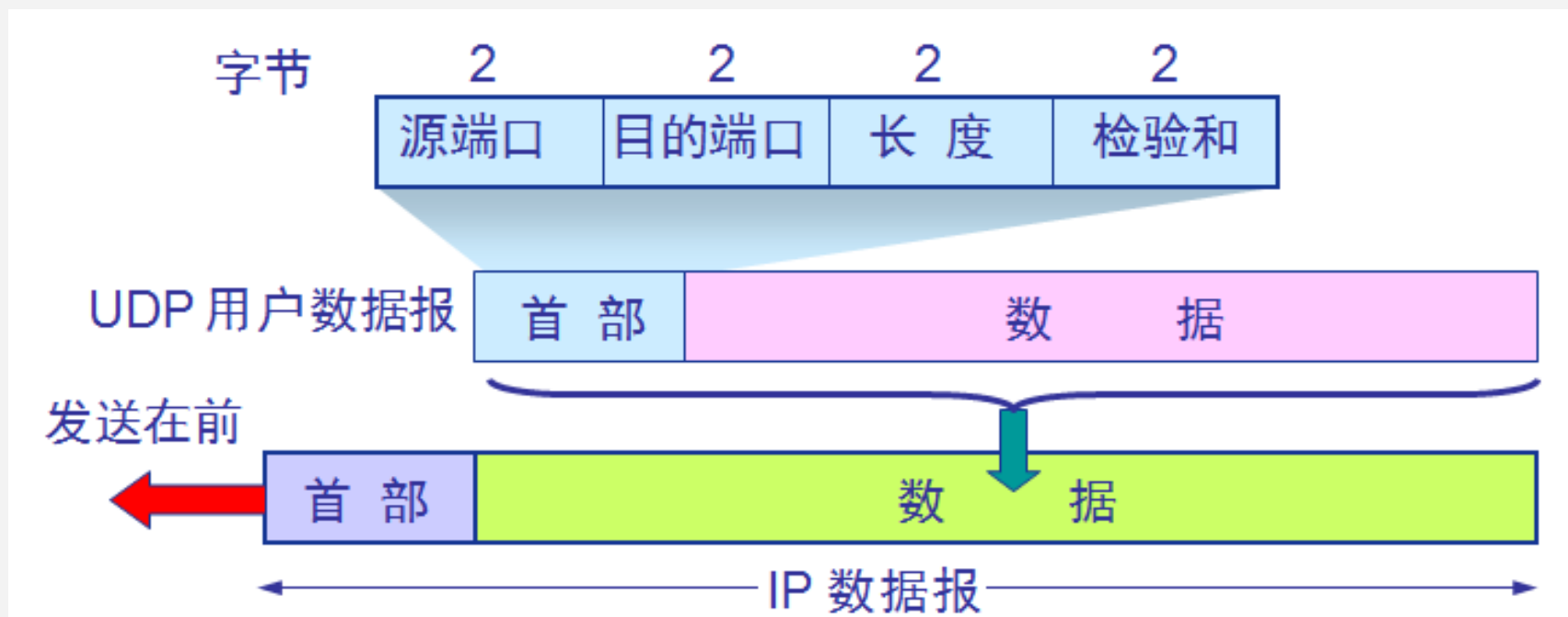
UDP协议



传输层-UDP



UDP协议格式



传输层-TCP

TCP简介

- ❖ TCP 是面向连接的运输层协议。

每一条 TCP 连接只能有两个端点(endpoint)，每一条 TCP 连接只能是点对点的（一对一）。

- ❖ TCP面向字节流，提供全双工通信， 提供可靠交付的服务。

- ❖ 每一条 TCP 连接有两个端点。TCP 连接的端点不是主机，不是主机的IP地址，不是应用进程，也不是运输层的协议端口。TCP 连接的端点叫做套接字(socket)或插口。



套接字Socket

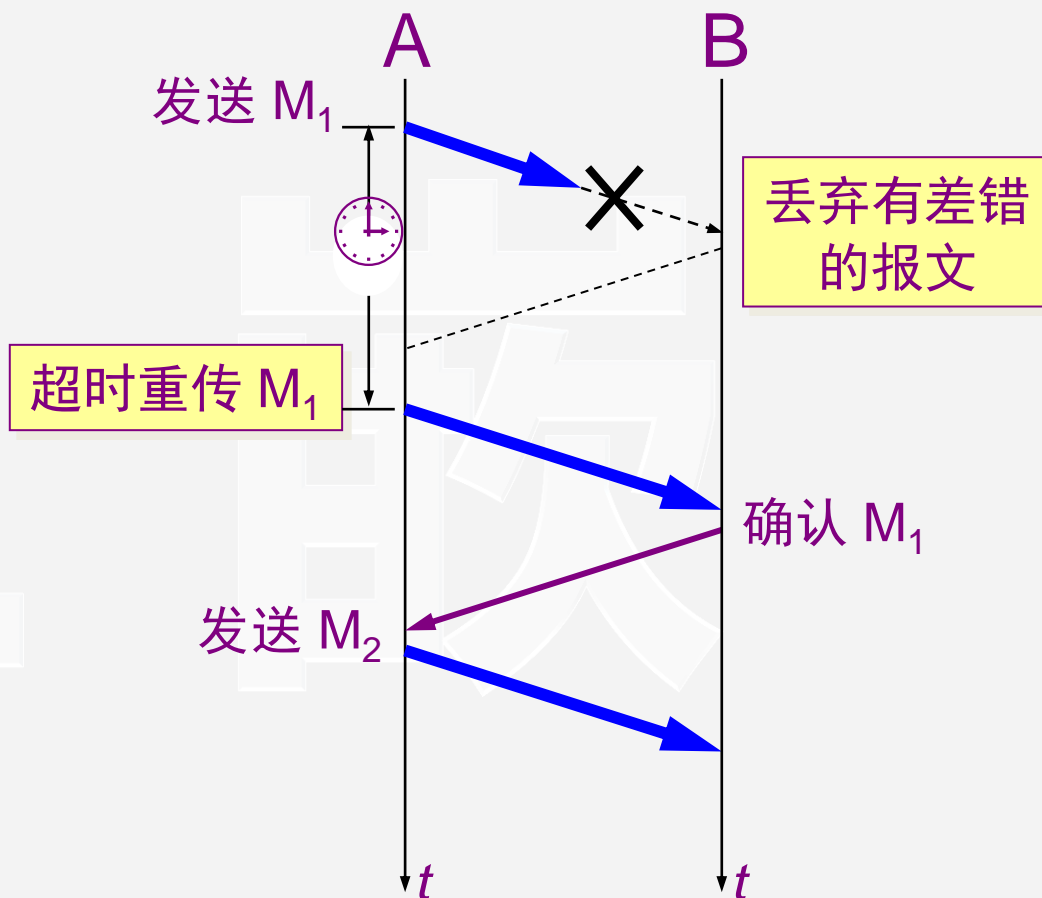
- ❑ 端口号拼接到(contatenated with) IP 地址即构成了套接字。
- ❑ 套接字 socket = (IP地址: 端口号)
- ❑ 每一条 TCP 连接唯一地被通信两端的两个端点（即两个套接字）所确定。
- ❑ 即：TCP 连接 $::= \{\text{socket1}, \text{socket2}\} = \{(\text{IP1: port1}), (\text{IP2: port2})\}$

传输层-TCP

可靠传输的工作原理



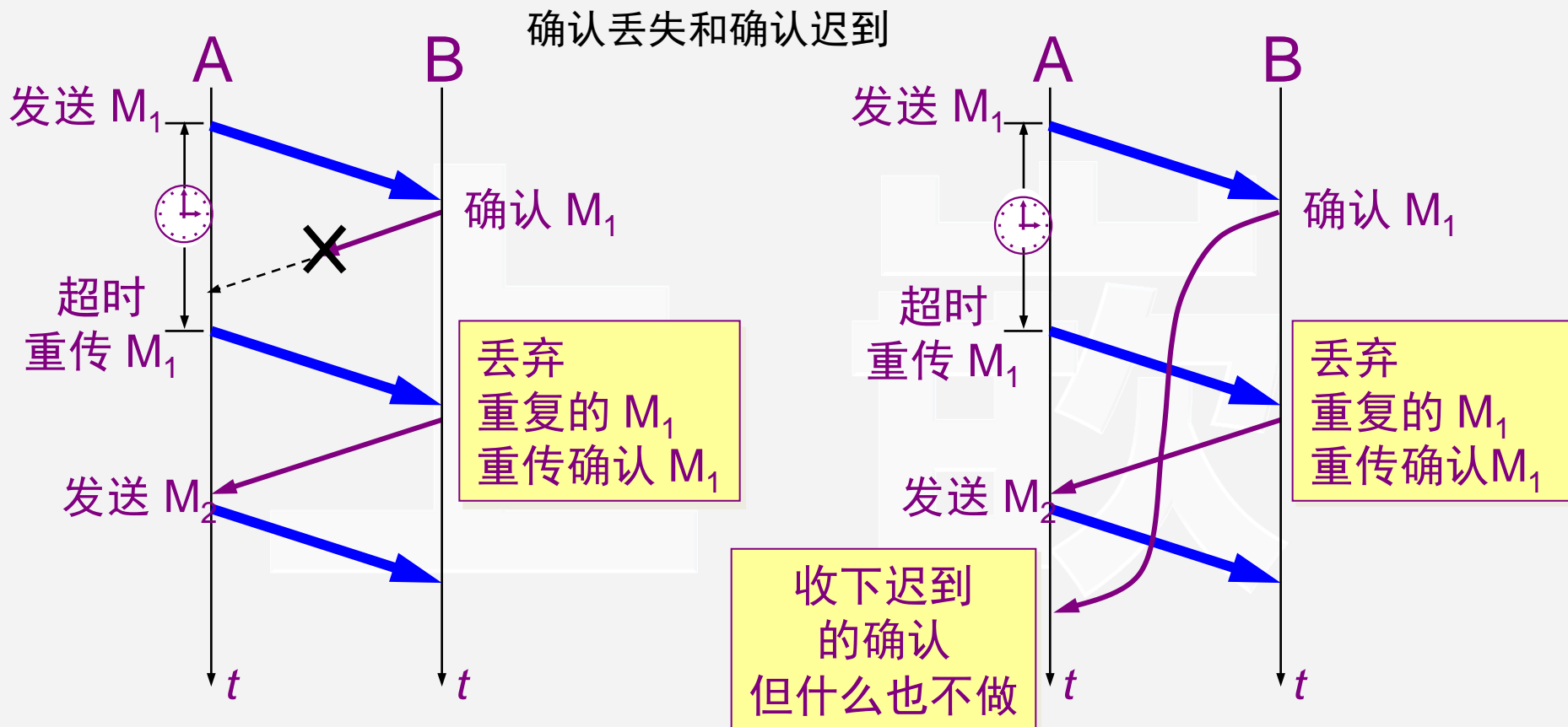
(a) 无差错情况



(b) 超时重传

传输层-TCP

可靠传输的工作原理-



(a) 确认丢失

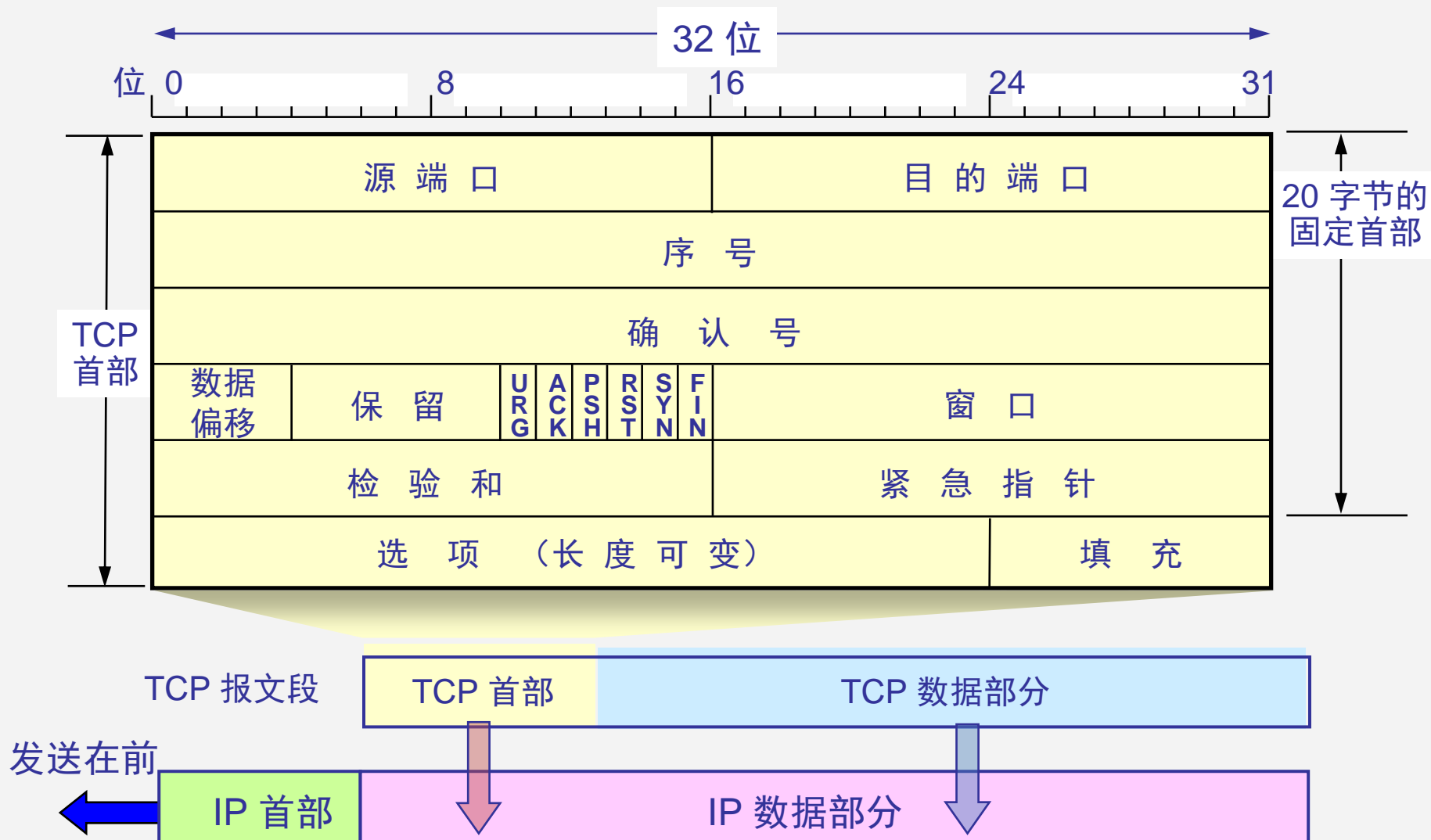
(b) 确认迟到

可靠通信的实现

- ❖ 使用上述的确认和重传机制，我们就可以在不可靠的传输网络上实现可靠的通信。
- ❖ 停止等待协议的优点是简单，但缺点是信道利用率太低。

传输层-TCP

TCP报文段的首部格式



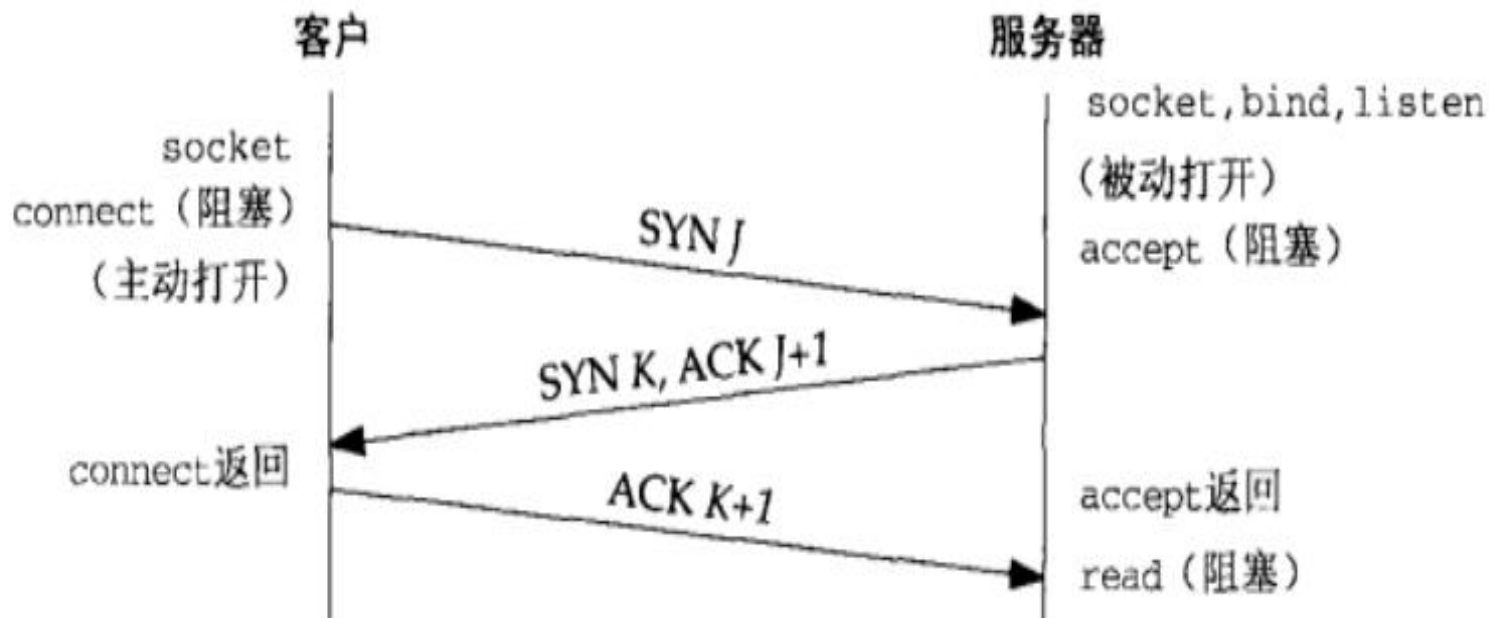


TCP报文段的首部各字段详解

- ❖ 源端口和目的端口字段——各占 2 字节。端口是运输层与应用层的服务接口。运输层的复用和分用功能都要通过端口才能实现。
- ❖ 序号字段——占 4 字节。TCP 连接中传送的数据流中的每一个字节都编上一个序号。序号字段的值则指的是本报文段所发送的数据的第一个字节的序号。
- ❖ 确认号字段——占 4 字节，是期望收到对方的下一个报文段的数据的第一个字节的序号。
- ❖ 数据偏移（即首部长度）——占 4 位，它指出 TCP 报文段的数据起始处距离 TCP 报文段的起始处有多远。“数据偏移”的单位是 32 位字（以 4 字节为计算单位）。
- ❖ 保留字段——占 6 位，保留为今后使用，但目前应置为 0。
- ❖ 紧急 URG，确认 ACK，推送 PSH，复位 RST，同步 SYN，终止 FIN
- ❖ 窗口字段——占 2 字节，用来让对方设置发送窗口的依据，单位为字节。

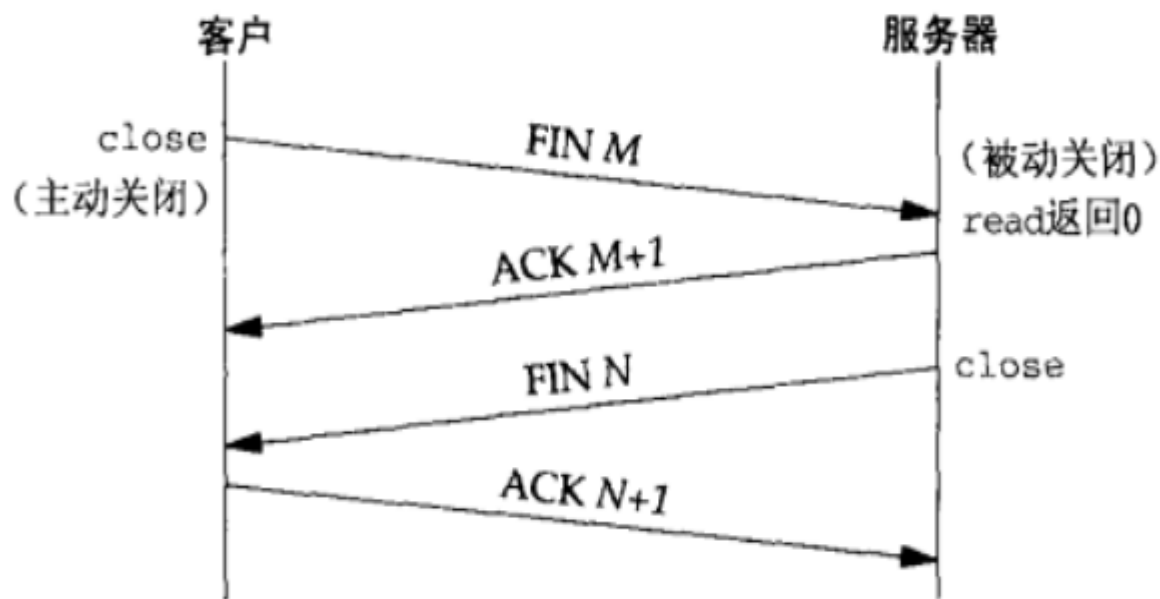
传输层-TCP

👤 TCP的连接建立过程



传输层-TCP

👤 TCP的连接-释放过程



第四节 应用层



基本作用

- 每个应用层协议都是为了解决某一类应用问题，而问题的解决又往往是通过位于不同主机中的多个应用进程之间的通信和协同工作来完成的。应用层的具体内容就是规定应用进程在通信时所遵循的协议。
- 应用层的许多协议都是基于客户服务器方式。客户(client)和服务器(server)都是指通信中所涉及的两个应用进程。客户服务器方式所描述的是进程之间服务和被服务的关系。客户是服务请求方，服务器是服务提供方。
- P2P其实也是C/S模式的一个特例



常用应用层协议

- ❏ DNS
 - ❏ FTP
 - ❏ HTTP
 - ❏ POP3
 - ❏ IMAP4
 - ❏ SMTP
 - ❏ Telnet
 - ❏ SSH
 - ❏ TFTP
- ❏ 详见后续章节

