

计算机网络A

复习 2019

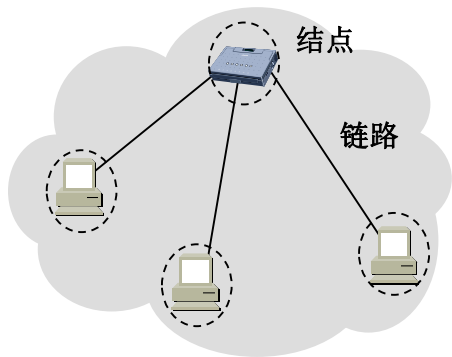
第一章 绪论

- 计算机网络组成、概念
 - 计算机网络、互联网★
 - 网络边缘（资源子网）、网络核心（通信子网）★★
 - ISP★
 - C/S、P2P★
 - 交换方式：电路交换、分组交换★★★★
- 性能指标★★★★
- 参考模型
 - OSI、TCP/IP★★★★

网络组成

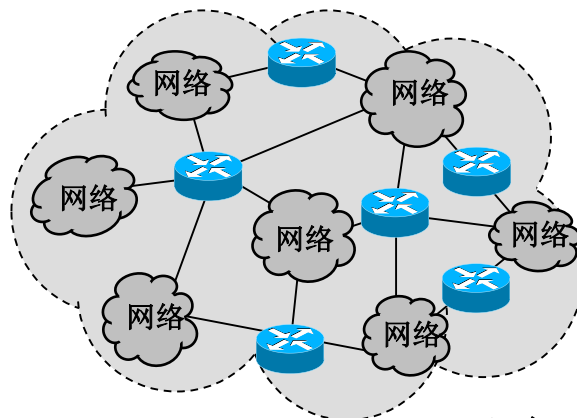


计算机网络（网络）

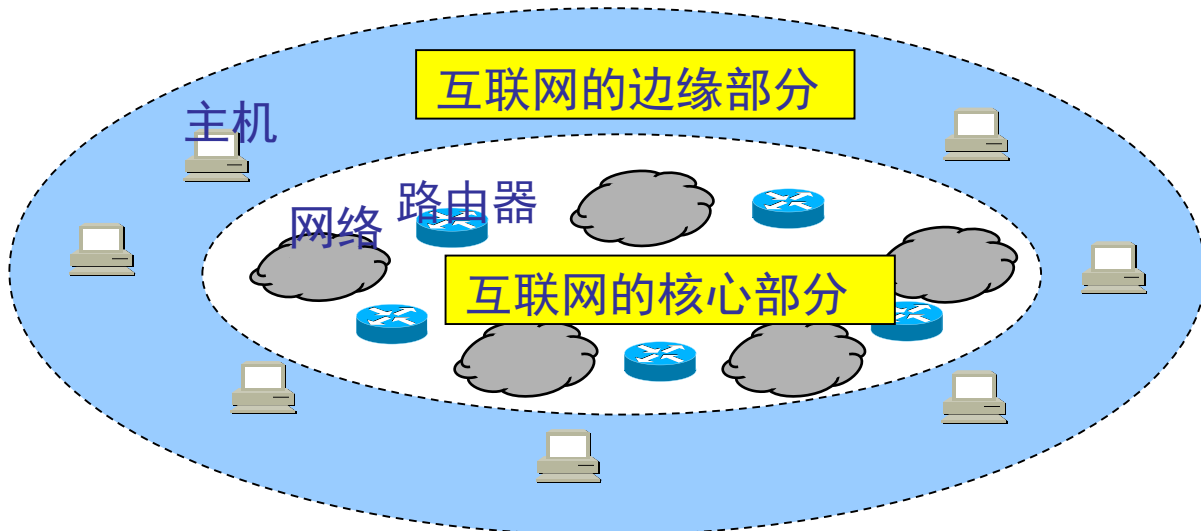


(a)

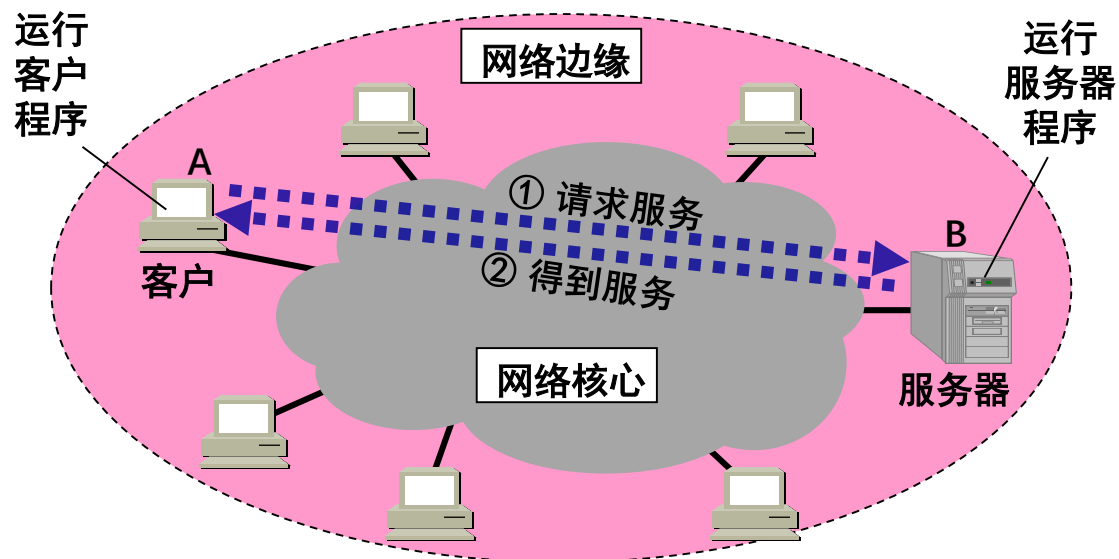
互连网（网络的网络）



(b)



客户-服务器工作方式



客户 A 向服务器 B 发出请求服务，服务器 B 向客户 A 提供服务

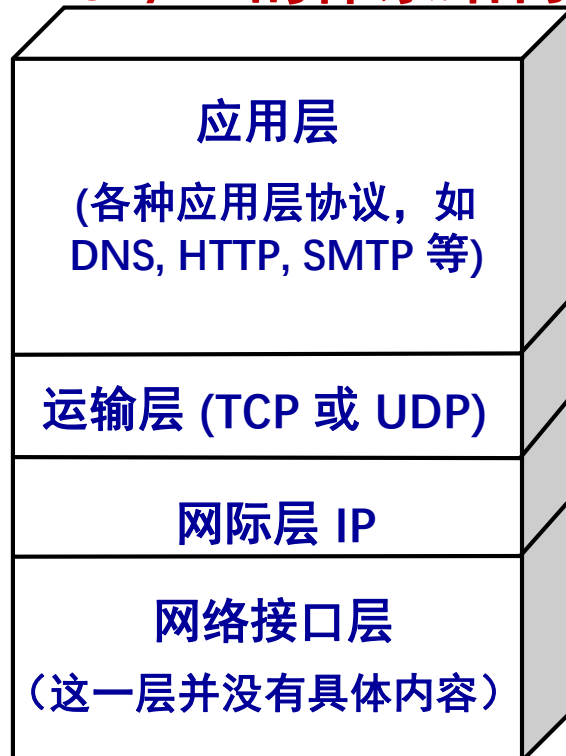
参考模型

OSI 的体系结构



(a)

TCP/IP 的体系结构



(b)

五层协议的体系结构



(c)

计算机网络体系结构:

(a) OSI 的七层协议; (b) TCP/IP 的四层协议; (c) 五层协议

各层分工



程序员



网络工程师

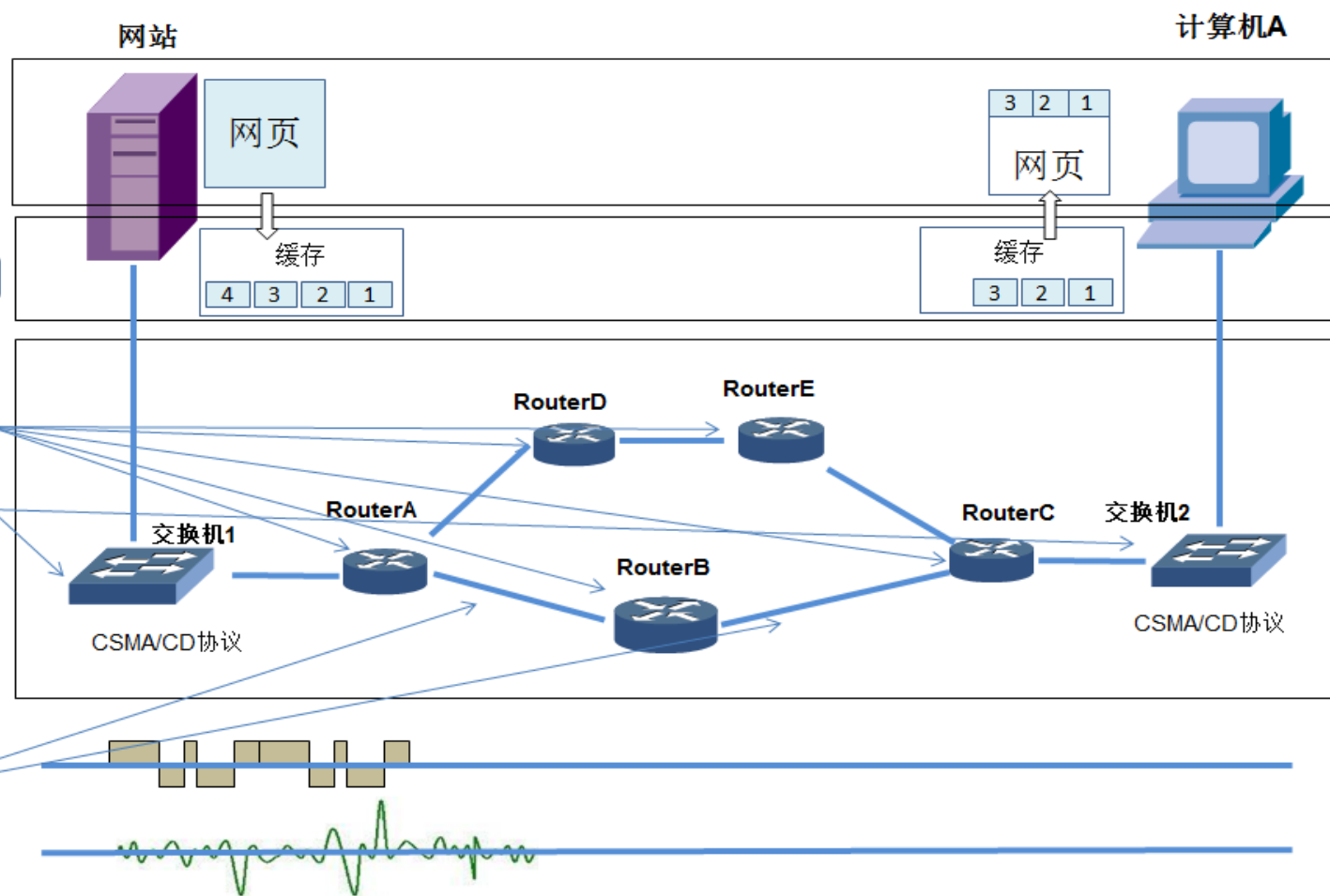


通信工程师

应用层
层示表
会话层
传输层

网络层
数据链路层

物理层



五层参考模型各层总结

	分层	任务	功能	协议	数据单位	主要硬件设备
端系统	应用层 (用户对用户)	提供系统与用户的接口	文件传输、电子邮件、万维网、域名服务、访问管理等	FTP、SMTP、POP3、HTTP、SNMP、DNS等	应用数据	网关、防火墙等
	传输层 (进程对进程)	负责主机中两个进程之间的通信	端到端传输服务，为端到端连接提供流量控制、差错控制、拥塞控制、服务质量等管理服务	TCP、UDP	报文	网关、防火墙等
网络系统	网络层 (主机对主机)	将上层报文封装，选择路由，转发，交付目的主机	为传输层提供无连接的网络服务，组包和拆包，路由选择，拥塞控制等	IP、ICMP、IGMP、ARP等	包、分组	路由器
	链路层	将网络层的数据包封装成帧	帧定界，帧同步，差错校验，链路管理，多路访问	Ethernet、802.11、PPP、HDLC	帧	交换机、网桥
通信系统	物理层	透明传输比特流，屏蔽传输媒介和物理网络形态的差别	提供数据传输通路	相关物理层规程	比特	中继器、集线器

性能指标

- 速率
- 带宽
- 吞吐率

- 速度相关
- bit/s
- Packet/s

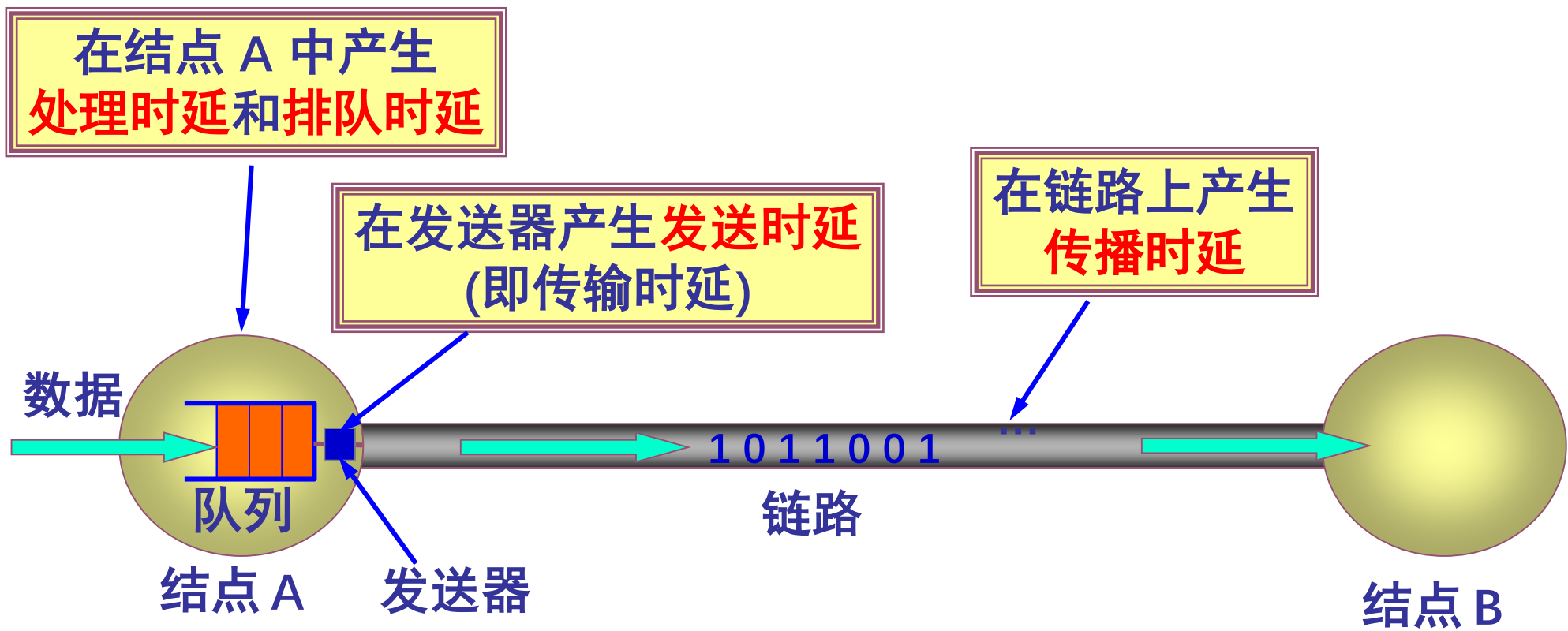
- 时延
- 抖动
- 时延带宽积
- 往返时间 RTT

- 时间相关

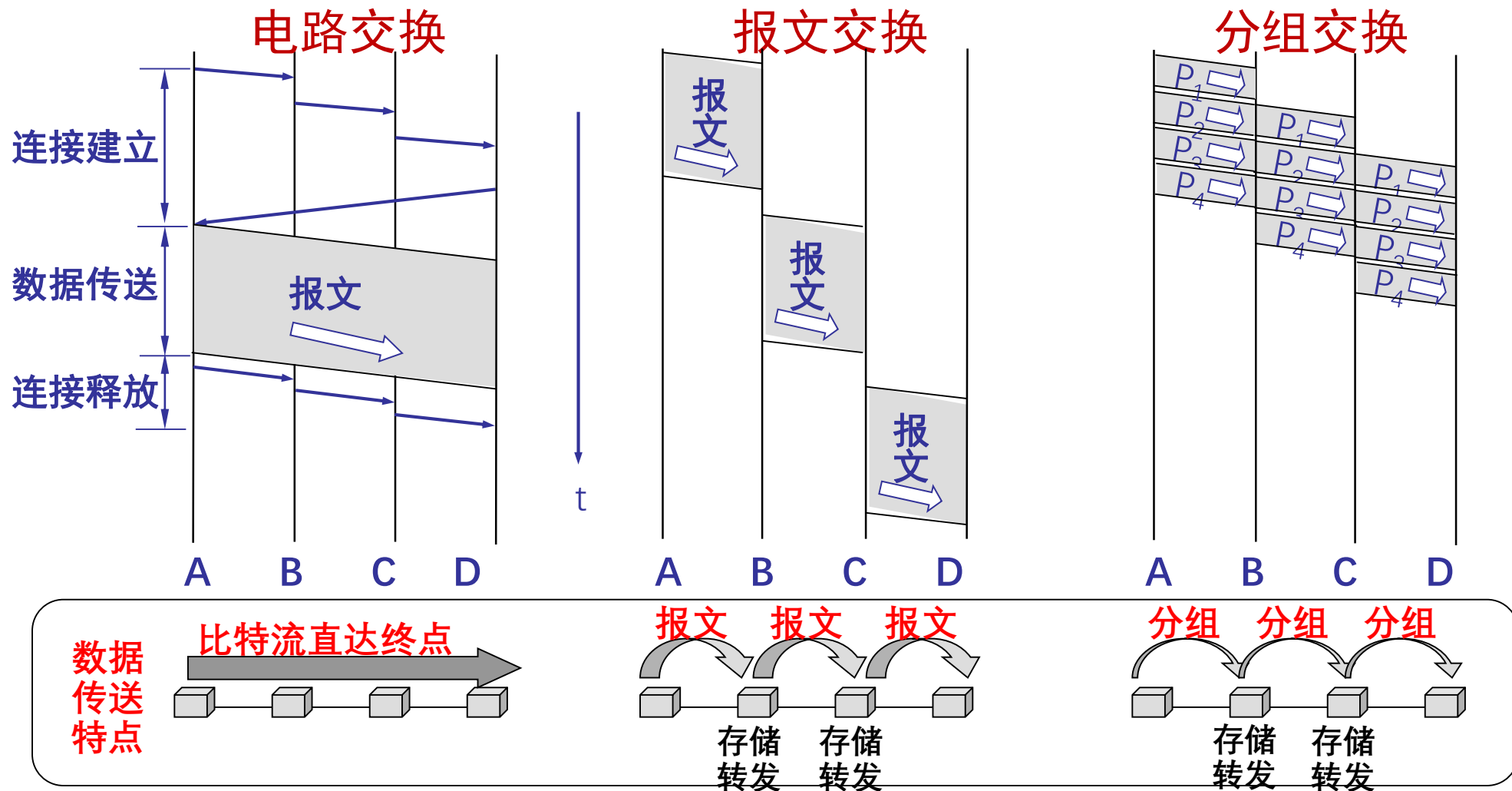
- 利用率

- 比值

时延



交换（三种方式特点和区别）



第二章 物理层

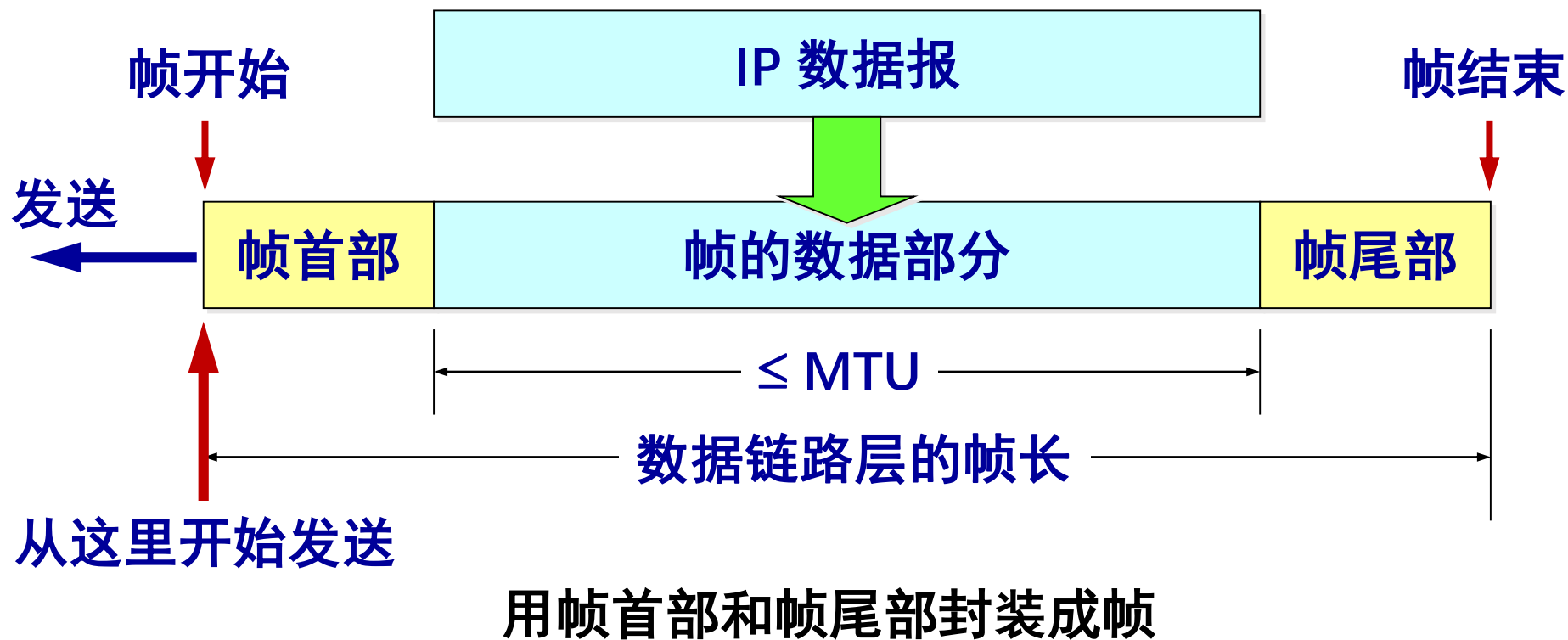
- 数据通信概念 ★★
 - 源系统、传输系统、目的系统
 - 信号、模拟信号、数字信号、基带信号、带通信号
 - 数据、信息、码元、信道编码
 - 调制：调幅、调频、调相、QAM
 - 信道容量、信噪比、香农公式
- 物理传输媒介★★
 - 双绞线、同轴电缆、光纤、无线
- 信道复用★★
 - 时分复用、频分复用、波分复用、码分复用
- 数字传输系统★
 - PCM、PDH、SDH、STM-1/4/16/64
- 接入网技术★
 - ADSL、PON、HFC

第三章 链路层

- 三个基本问题：
 - 封装成帧★ ★、透明传输★ ★、差错控制★
- PPP（字节填充、零比特填充）★
- CSMA/CD ★ ★ ★
 - 流程、争用期、最短有效帧、二进制指数退避
- 以太网
 - MAC地址、帧结构、帧长度★ ★ ★
 - 集线器、交换机（网桥）★ ★ ★
 - 碰撞域、广播域★ ★ ★
 - VLAN ★ ★

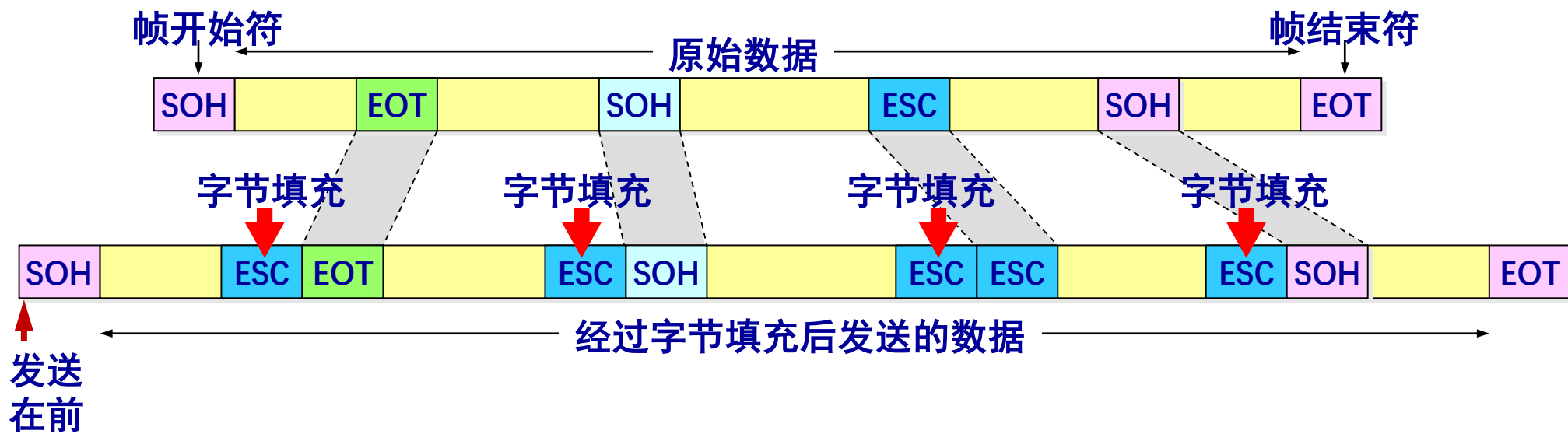
封装成帧

- **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**。



透明传输

- 解决方法：字节填充 (byte stuffing) 或字符填充 (character stuffing)。
- 发送端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)。
- 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在数据当中，那么应在转义字符前面插入一个转义字符 ESC。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。

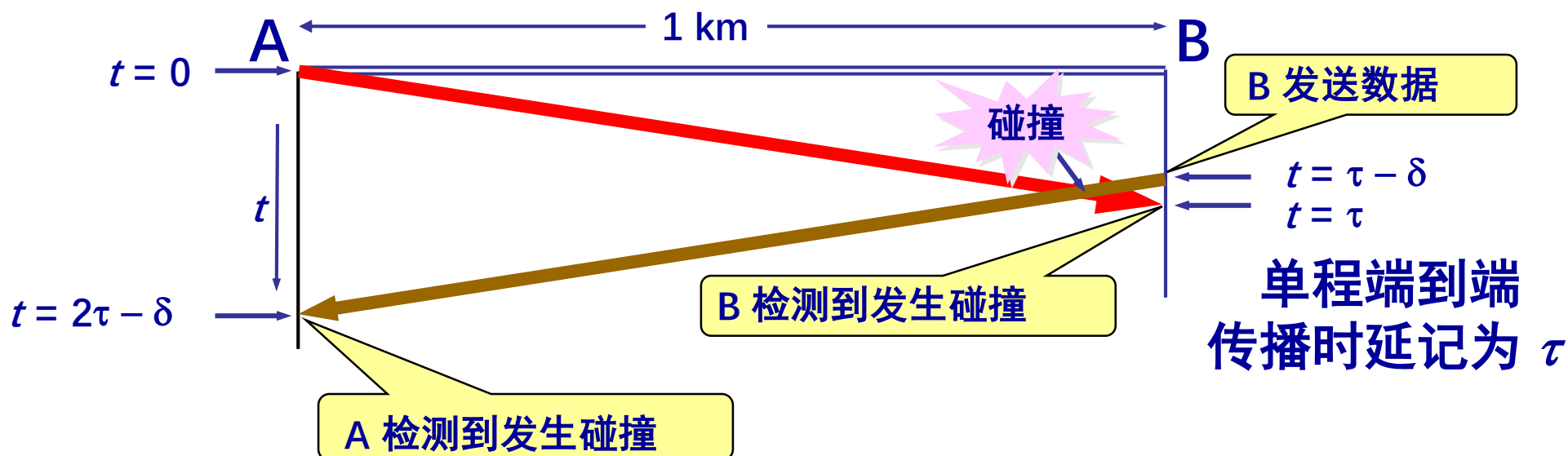


CSMA/CD协议

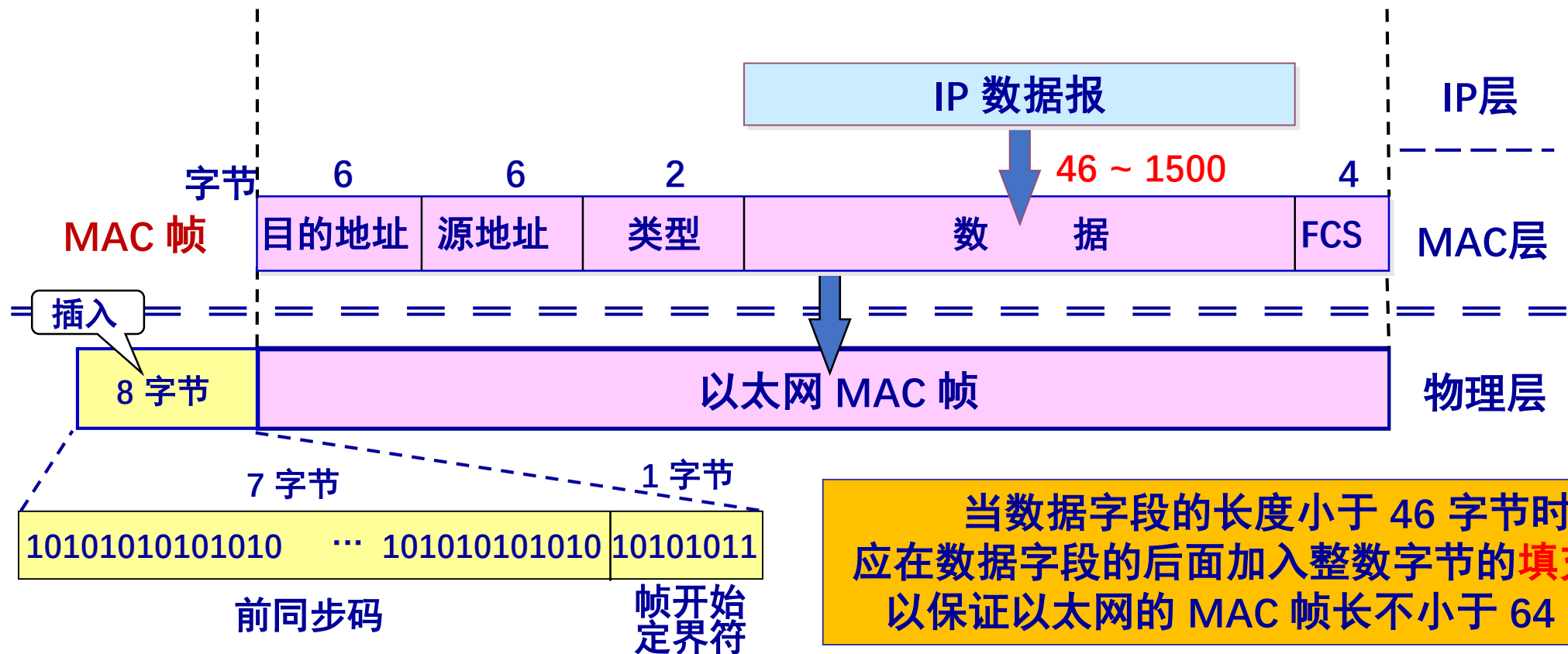
- CSMA/CD 含义：载波监听多点接入 / 碰撞检测 (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) 。
- “多点接入”：表示许多计算机以多点接入的方式连接在一根总线上。
- “载波监听”：是指每一个站在发送数据之前先要检测一下总线上是否有其他计算机在发送数据，如果有，则暂时不要发送数据，以免发生碰撞。
- “碰撞检测”就是计算机边发送数据边检测信道上的信号电压大小。
- 当一个站检测到的信号电压摆动值超过一定的门限值时，就认为总线上至少有两个站同时在发送数据，表明产生了碰撞（冲突）。
- 每一个正在发送数据的站，一旦发现总线上出现了碰撞，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。

争用期(碰撞窗口)

- 最先发送数据帧的站，在发送数据帧后至多经过时间 2τ （两倍的端到端往返时延）就可知道发送的数据帧是否遭受了碰撞。
- 经过争用期这段时间还没有检测到碰撞，才能肯定这次发送不会发生碰撞。
(最短有效帧长度的计算依据)
- 以太网规定了最短有效帧长为 64 字节，凡长度小于 64 字节的帧都是由于冲突而异常中止的无效帧。



以太网V2的 MAC 帧格式



使用集线器扩展以太网

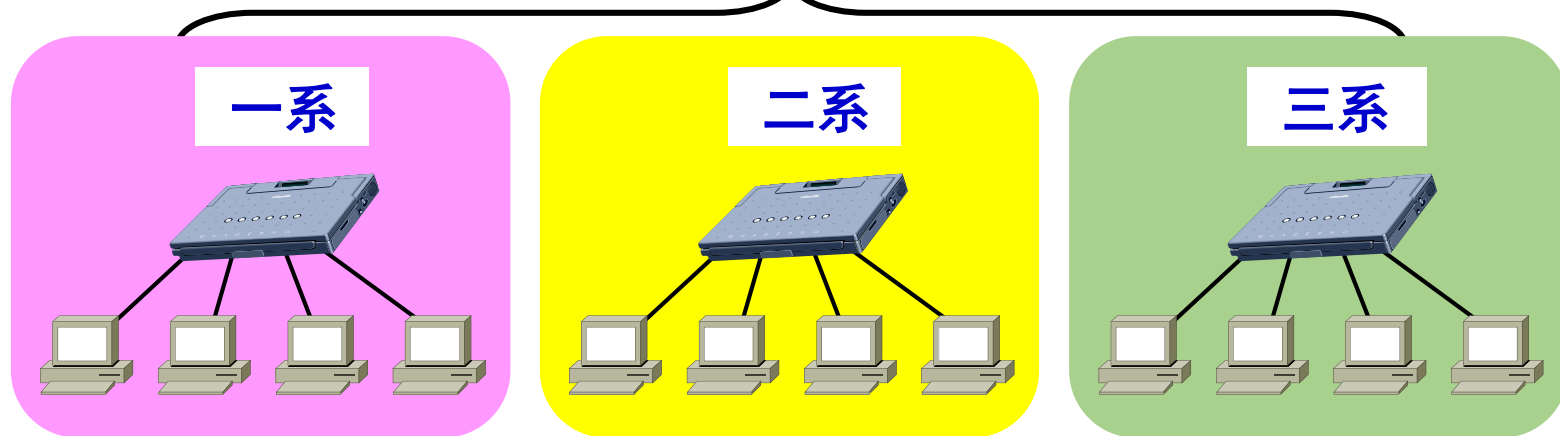
• 作用

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

• 缺点

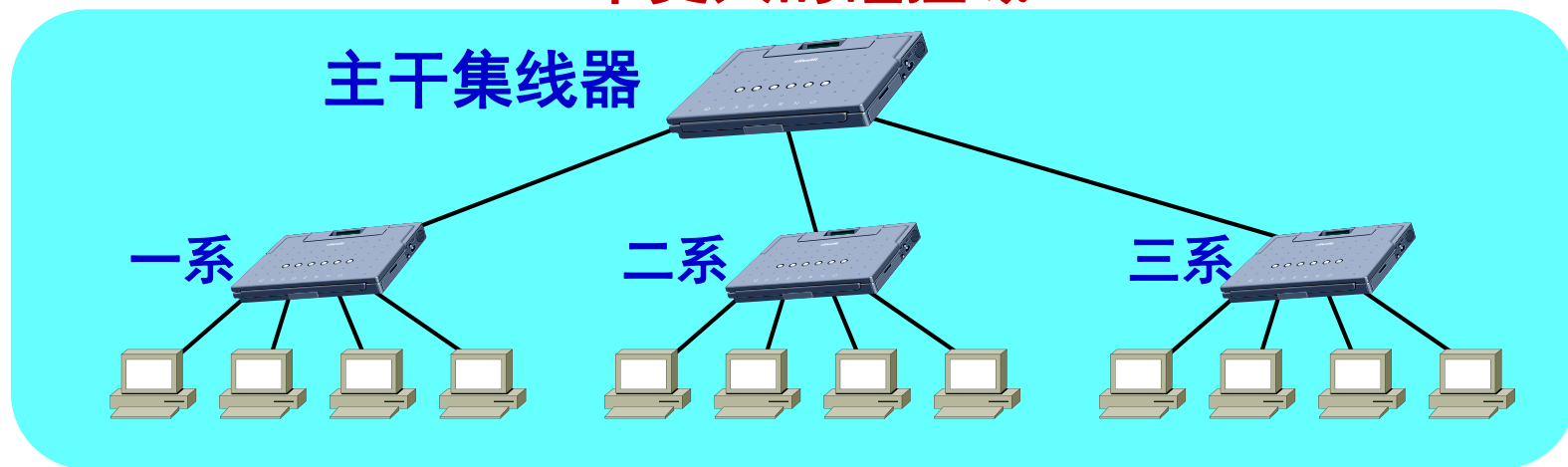
- 碰撞域增大了，但总的吞吐量并未提高。
- 如果不同的碰撞域使用不同的数据率，那么就不能用集线器将它们互连起来。

三个独立的碰撞域



三个独立的以太网

一个更大的碰撞域

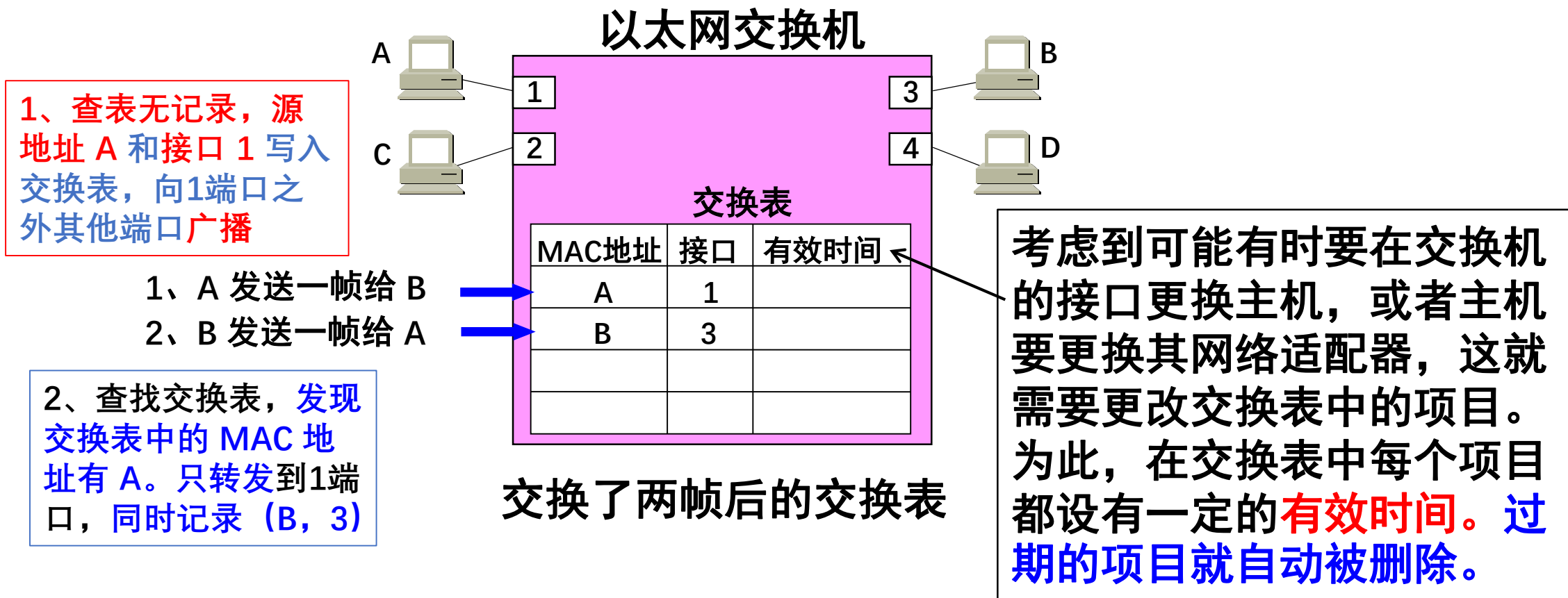


一个扩展的以太网

使用以太网交换机扩展以太网

- 以太网交换机实质上就是一个多接口的网桥。
- 每个接口都直接与一个单台主机或另一个以太网交换机相连，并且一般都工作在全双工方式。
- 相互通信的主机都是独占传输媒体，无碰撞地传输数据。
- 用户独享带宽，增加了总容量。
 - 对于普通 10 Mbit/s 的共享式以太网，若共有 N 个用户，则每个用户占有的平均带宽只有总带宽 (10 Mbit/s) 的 N 分之一。
 - 使用以太网交换机时，虽然在每个接口到主机的带宽还是 10 Mbit/s，但由于一个用户在通信时是独占而不是和其他网络用户共享传输媒体的带宽，因此对于拥有 N 个接口的交换机的总容量为 $N \times 10$ Mbit/s。

按照自学习算法处理收到的帧和建立交换表

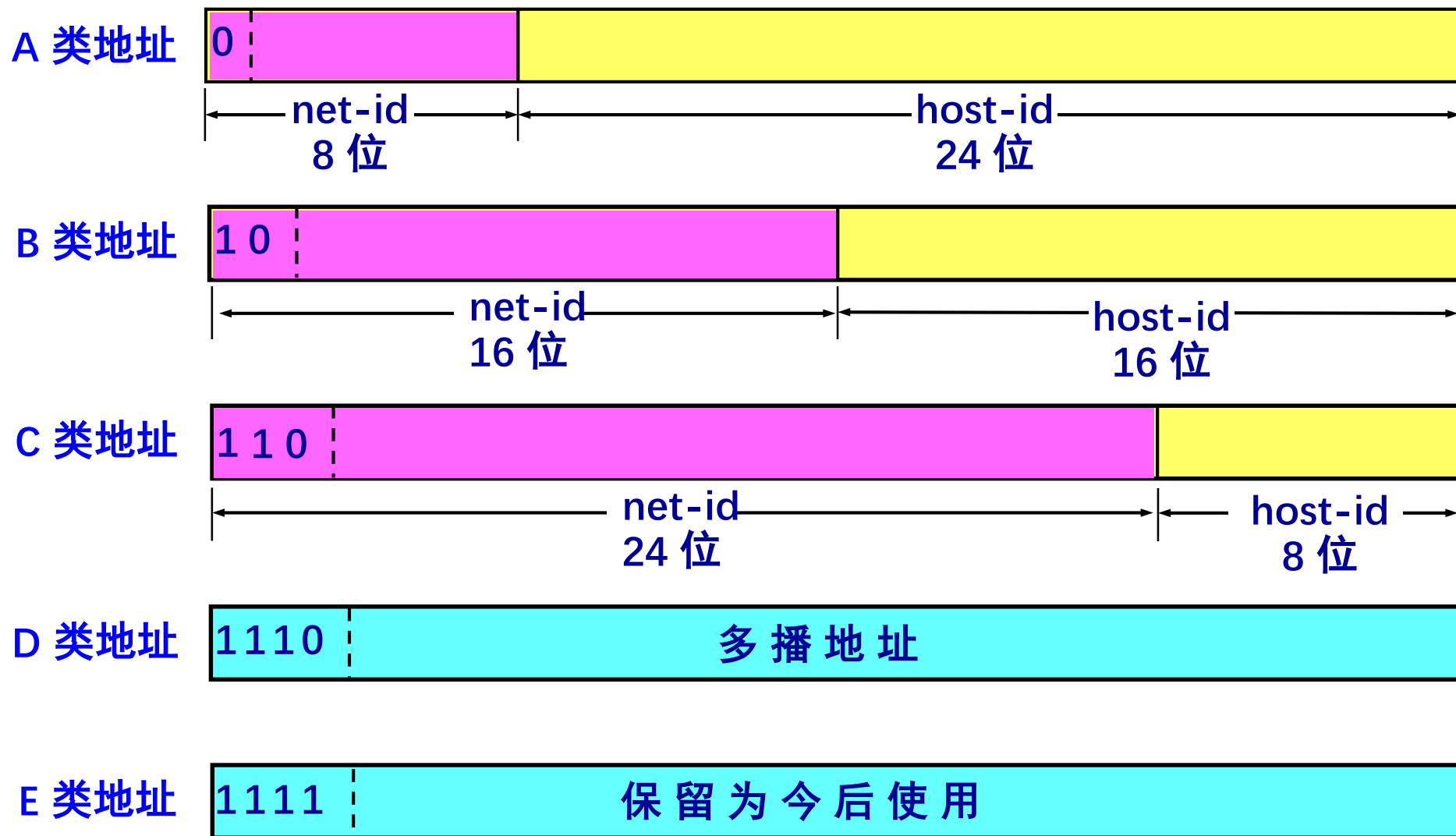


以太网交换机的自学习方法使得以太网交换机能够即插即用，不必人工进行配置，非常方便。

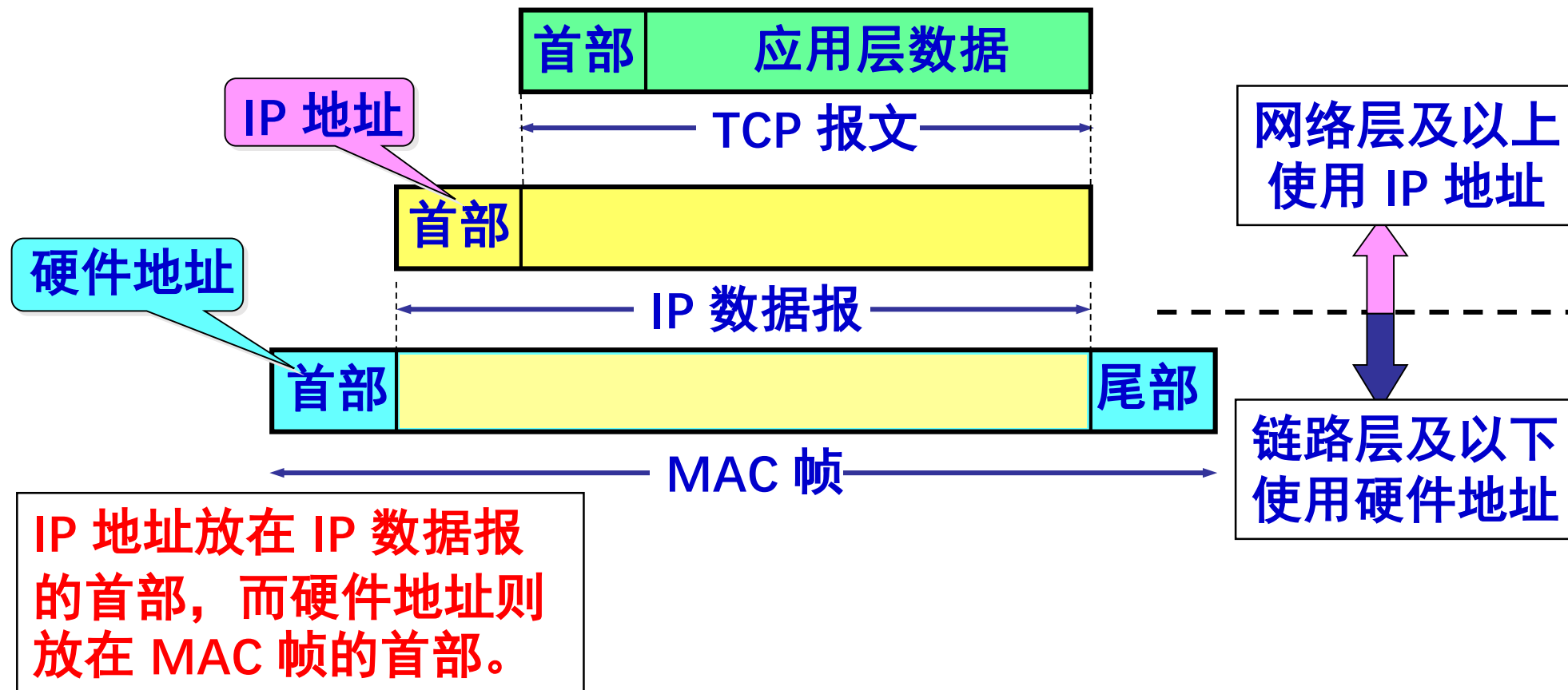
第四章 网络层

- 网络层两种服务：虚电路、数据报★
- IP★★★
 - IP地址：分类、CIDR★★★★
 - ARP★★
 - IP数据包格式：首部格式★★、IP数据报的分段与重组★★★★
 - 路由器工作原理：路由表、直接/间接交付、缺省路由、最长前缀匹配★★
- 子网划分和构造超网★★★★
 - 掩码、地址块大小、首末地址、有效主机地址★★★★
- ICMP (eg. ping) ★★
- 路由协议：自治系统、域内/域间路由★★★★
 - 距离矢量路由、链路状态路由★★
 - 内部网关协议：RIP、OSPF ★；外部网关协议：BGP★
- IPv6★★
- 多播★、VPN ★、NAT (NAPT) ★★、MPLS★

各类 IP 地址的网络号字段和主机号字段



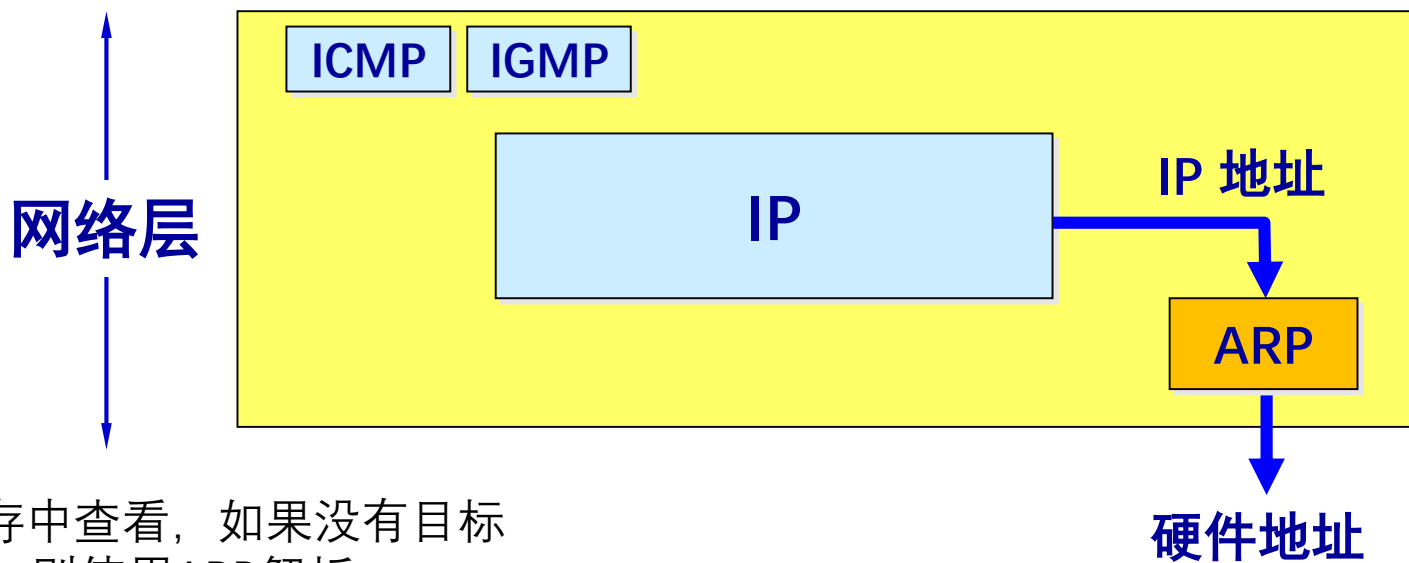
IP 地址与硬件地址



IP 地址与硬件地址的区别

地址解析协议 ARP

- 已经知道了一个机器（主机或路由器）的IP地址，如何找出其相应的硬件地址？
- 地址解析协议 ARP 就是用来解决这样的问题的。



ARP 作用：
从网络层使用的 IP 地址，
解析出在数据链路层使用的
硬件地址。

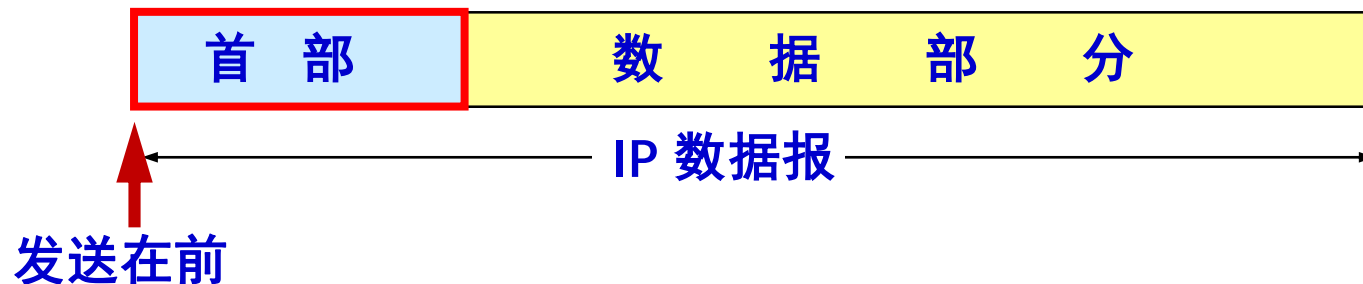
在ARP 高速缓存中查看，如果没有目标主机MAC地址，则使用ARP解析。

ARP请求分组：本地广播

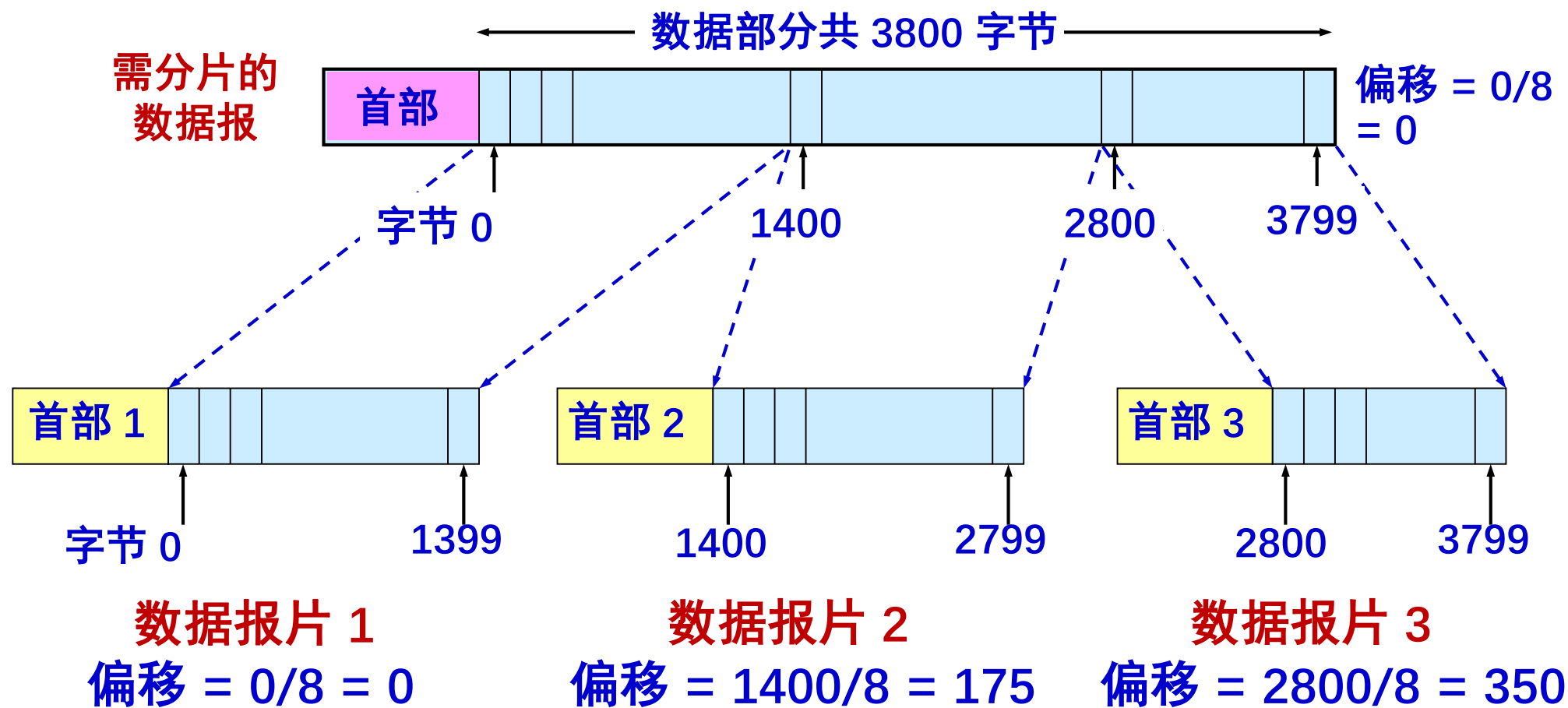
ARP 响应分组：单播

ARP 协议的作用

IP 数据报由首部和数据两部分组成

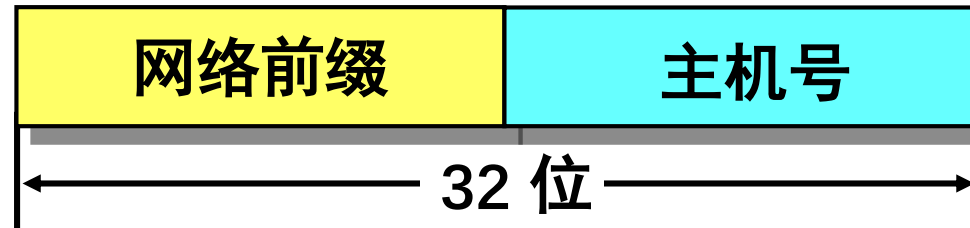


【例4-1】 IP 数据报分片



无分类的两级编址

- 无分类的两级编址的记法是：



IP地址 ::= {<网络前缀>, <主机号>} (4-3)

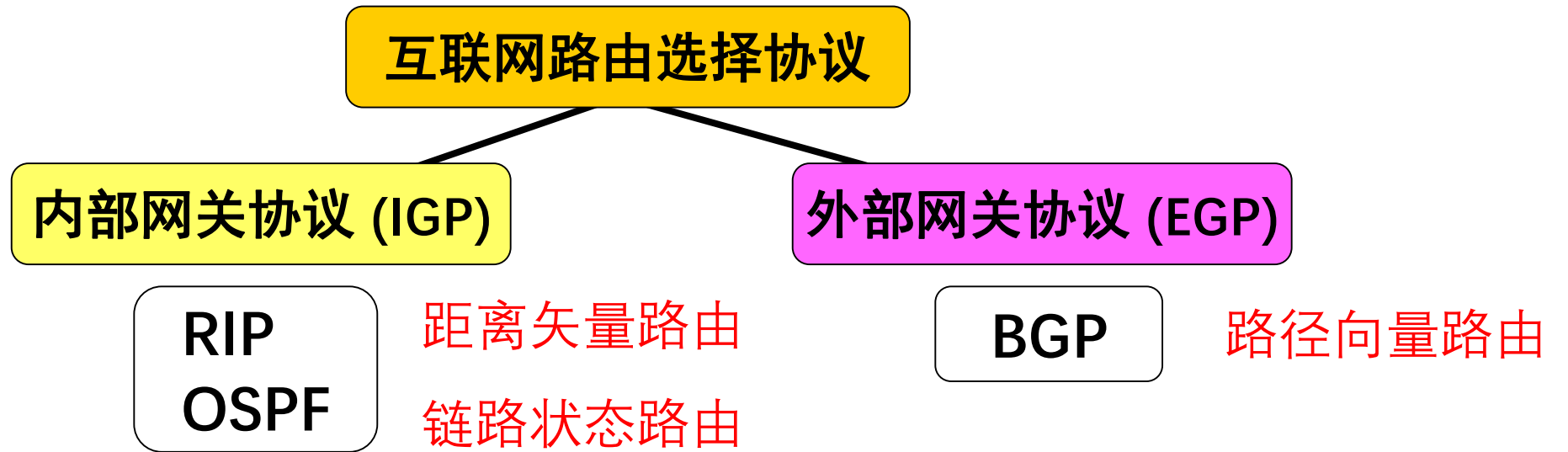
- CIDR 使用“**斜线记法**”(slash notation)，它又称为 **CIDR 记法**，即在 IP 地址面加上一个斜线“/”，然后写上网络前缀所占的位数（这个数值对应于三级编址中子网掩码中 1 的个数）。例如：
220.78.168.0/24
- 掩码用于区分网络部分和主机部分**

CIDR 地址块

- 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）。
 - 这个地址块的起始地址是 128.14.32.0。
 - 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”。
 - 128.14.32.0/20 地址块的最小地址：128.14.32.0
 - 128.14.32.0/20 地址块的最大地址：128.14.47.255
 - 全 0 和全 1 的主机号地址一般不使用。

互联网的路由选择协议

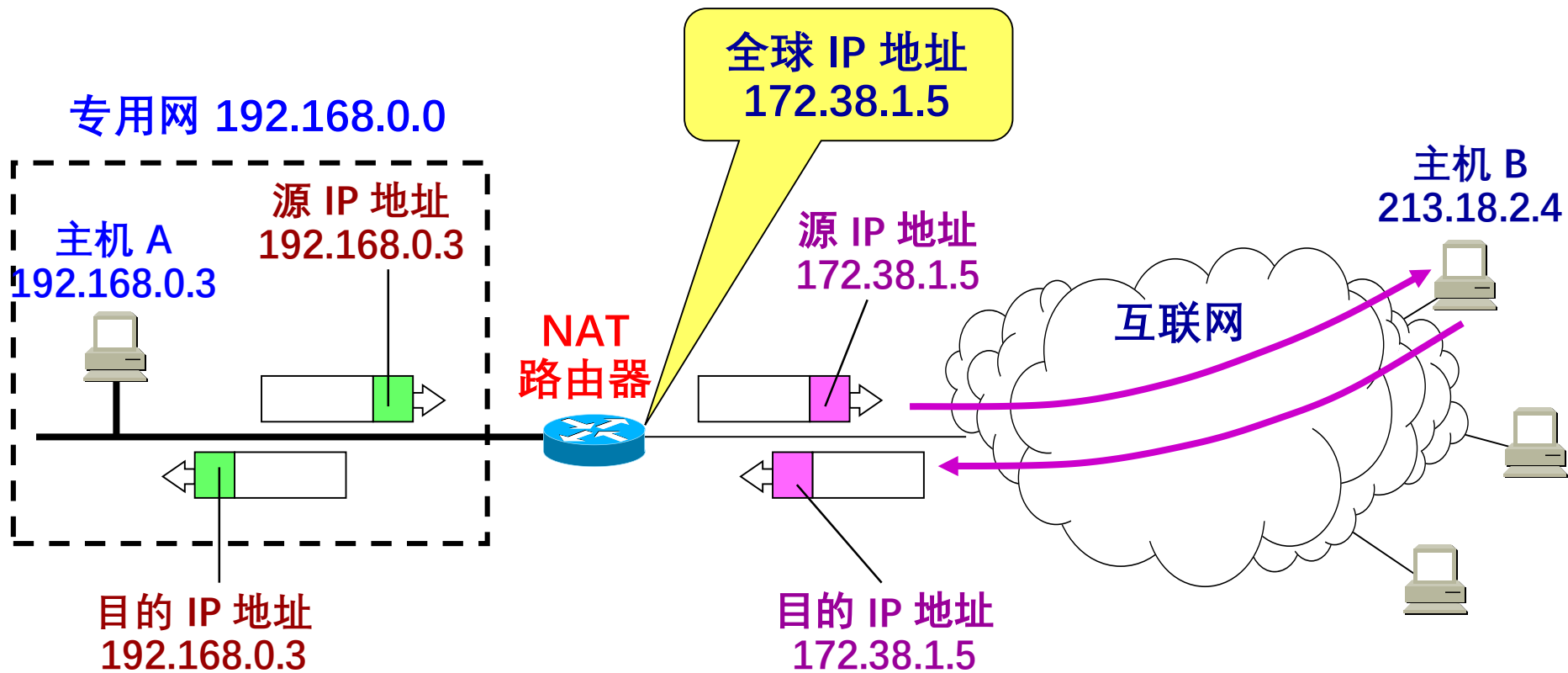
- 内部网关协议 IGP: 具体的协议有多种, 如 RIP 和 OSPF 等。
- 外部网关协议 EGP: 目前使用的协议就是 BGP。



IPv6 的基本首部

- IPv6 所引进的**主要变化**如下：
 - **更大的地址空间**。IPv6 将地址从 IPv4 的 32 位 增大到了 128 位。
 - **扩展的地址层次结构**。
 - **灵活的首部格式**。IPv6 定义了许多可选的扩展首部。
 - **改进的选项**。IPv6 允许数据报包含有选项的控制信息，其选项放在有效载荷中。
 - **允许协议继续扩充**。
 - **支持即插即用（即自动配置）**。因此 IPv6 不需要使用 DHCP。
 - **支持资源的预分配**。IPv6 支持实时视像等要求，保证一定的带宽和时延的应用。
 - **IPv6 首部改为 8 字节对齐**。首部长度的必须是 8 字节的整数倍。IPv4 首部是 4 字节对齐。

网络地址转换NAT



方向	字段	旧的IP地址	新的IP地址
出	源IP地址	192.168.0.3	172.38.1.5
入	目的IP地址	172.38.1.5	192.168.0.3
出	源IP地址	192.168.0.7	172.38.1.6
入	目的IP地址	172.38.1.6	192.168.0.7

NAT 路由器的工作原理

网络地址与端口号转换 NAPT

- 为了更加有效地利用 NAT 路由器上的全球IP地址，现在常用的 NAT 转换表把运输层的端口号也利用上。这样，就可以使多个拥有本地地址的主机，共用一个 NAT 路由器上的全球 IP 地址，因而可以同时和互联网上的不同主机进行通信。
- 使用端口号的 NAT 叫做网络地址与端口号转换NAPT (Network Address and Port Translation)，而不使用端口号的 NAT 就叫做传统的 NAT (traditional NAT)。

举例：

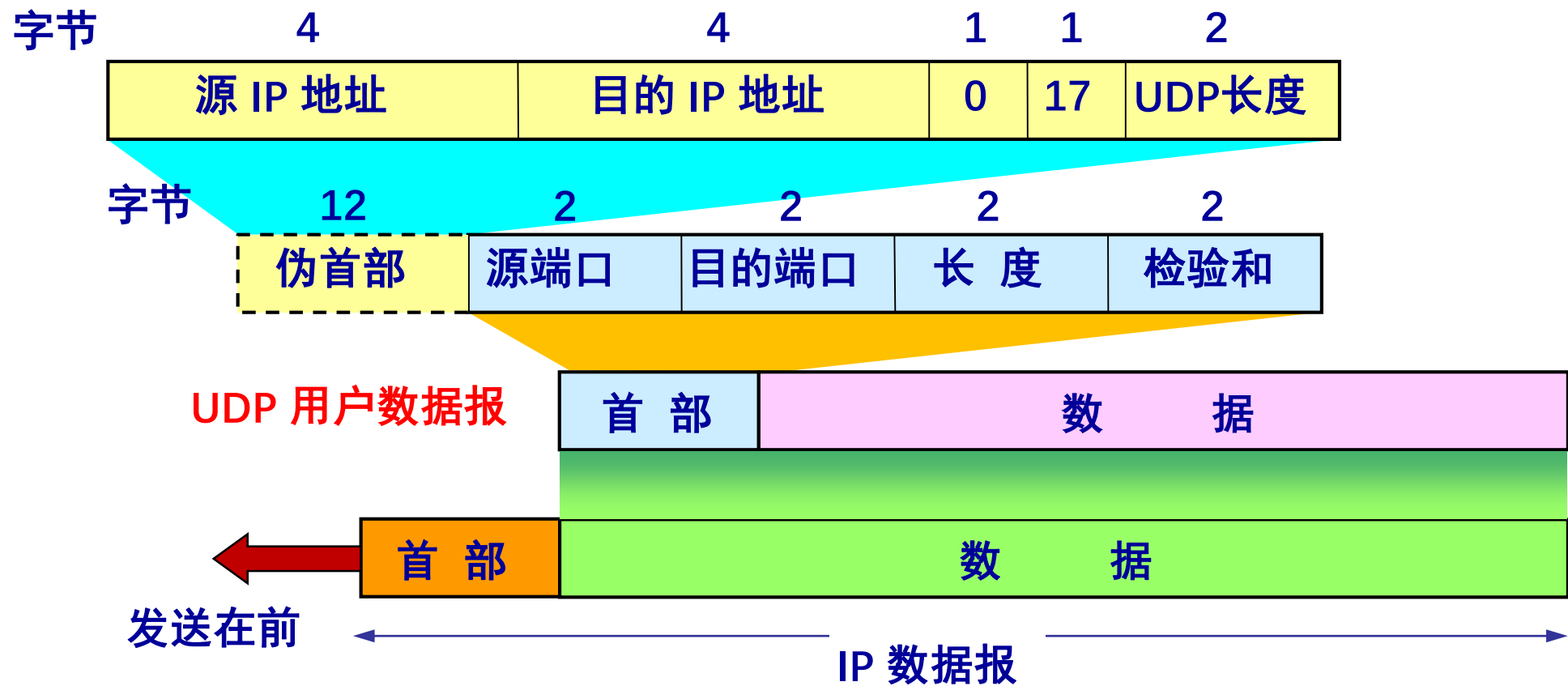
方向	字段	旧的IP地址和端口号	新的IP地址和端口号
出	源IP地址:TCP源端口	192.168.0.3:30000	172.38.1.5:40001
出	源IP地址:TCP源端口	192.168.0.4:30000	172.38.1.5:40002
入	目的IP地址:TCP目的端口	172.38.1.5:40001	192.168.0.3:30000
入	目的IP地址:TCP目的端口	172.38.1.5:40002	192.168.0.4:30000

第四章 运输层

- 运输层概念：
 - 进程间通信★
 - TCP、UDP的区别★★
 - 端口号：熟知端口号、登记端口号、暂时端口号★★
- UDP★★
 - 无连接、面向报文。无流量控制和拥塞控制★★
- TCP★★★
 - 面向连接，面向字节流、可靠交付★★
 - 套接字Socket (IP + Port) ★★
 - TCP数据报文格式：端口号、序号、确认号、标志位、通知窗口★★★★
 - 可靠传输：停等、连续ARQ、回退N、选择确认、超时重传时间★★★★
 - 流量控制：滑动窗口、传输效率问题 ★★★
 - 拥塞控制：拥塞窗口、慢开始、拥塞避免、快重传、快恢复★★★★

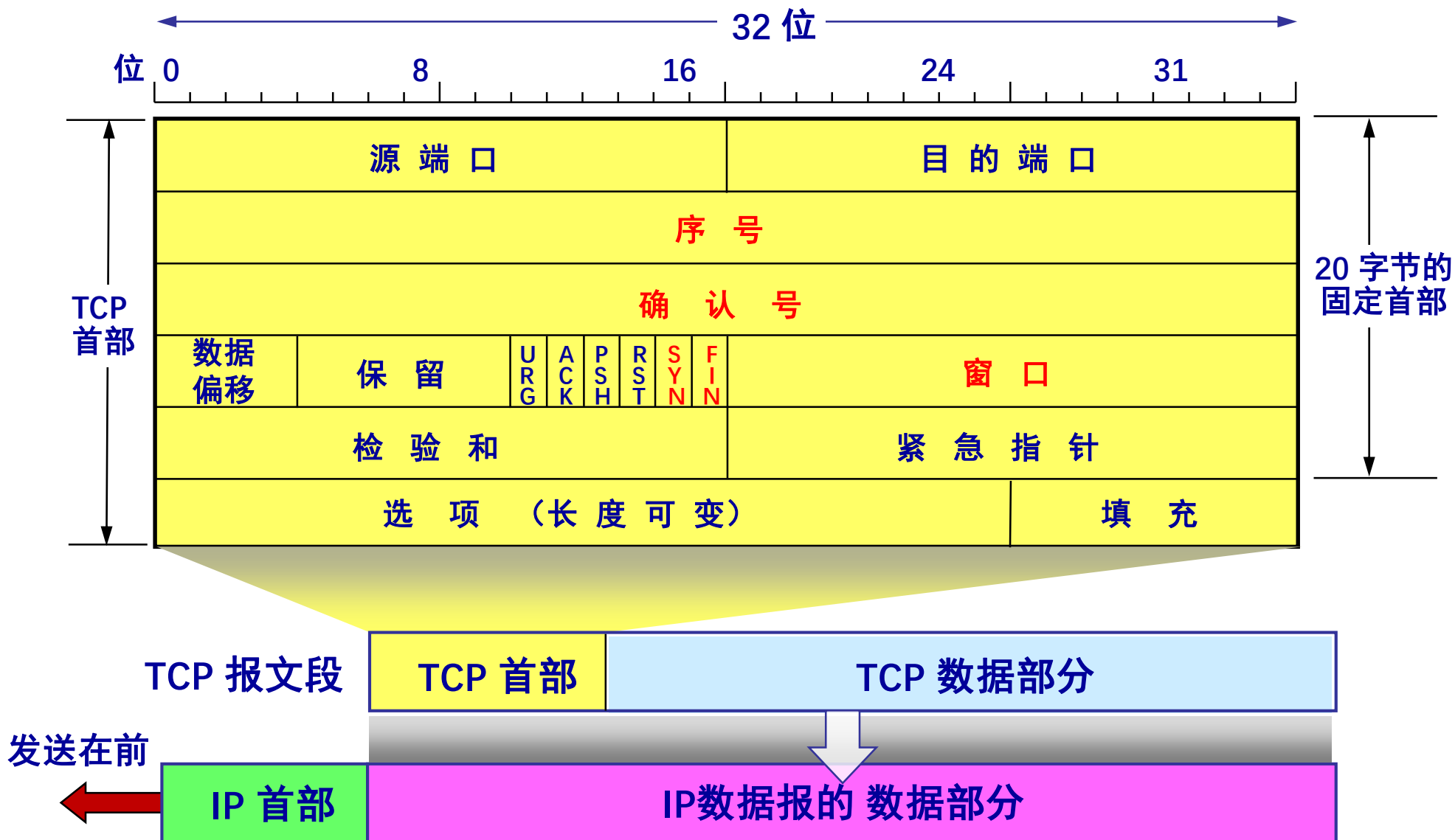
UDP 的首部格式

用户数据报 UDP 有两个字段：数据字段和首部字段。
首部字段很简单，只有 8 个字节。



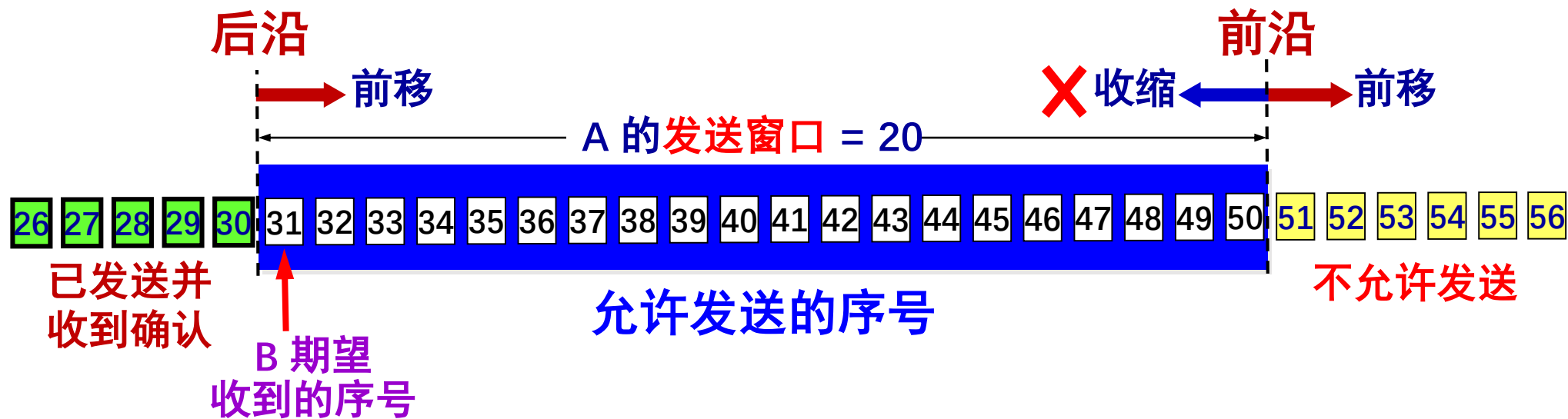
UD P用户数据报的首部和伪首部

TCP 报文段的首部格式



滑动窗口

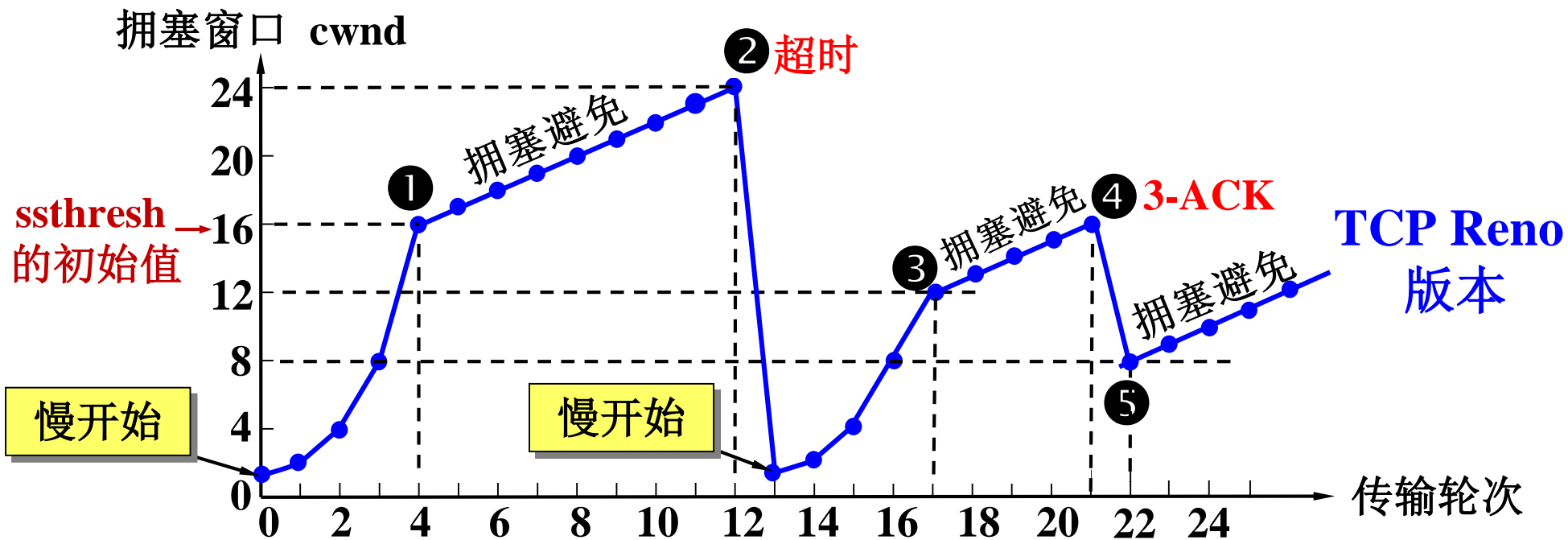
- 根据 B 给出的窗口值，A 构造出自己的发送窗口。
- **发送窗口表示：**在没有收到 B 的确认的情况下，A 可以连续把窗口内的数据都发送出去。
- **发送窗口里面的序号表示允许发送的序号。**
- **发送窗口：**由窗口前沿和后沿的位置共同决定。



后沿：不动（没有收到新的确认）或者前移（收到新的确认）。

前沿：通常不断向前移动或者不动（没有新确认，通知窗口大小不变；收到新确认，通知的窗口缩小）

慢开始和拥塞避免算法的实现举例



当 TCP 连接进行初始化时，将拥塞窗口置为 1。

慢开始门限的初始值设置为 16 个报文段，即 $ssthresh = 16$ 。

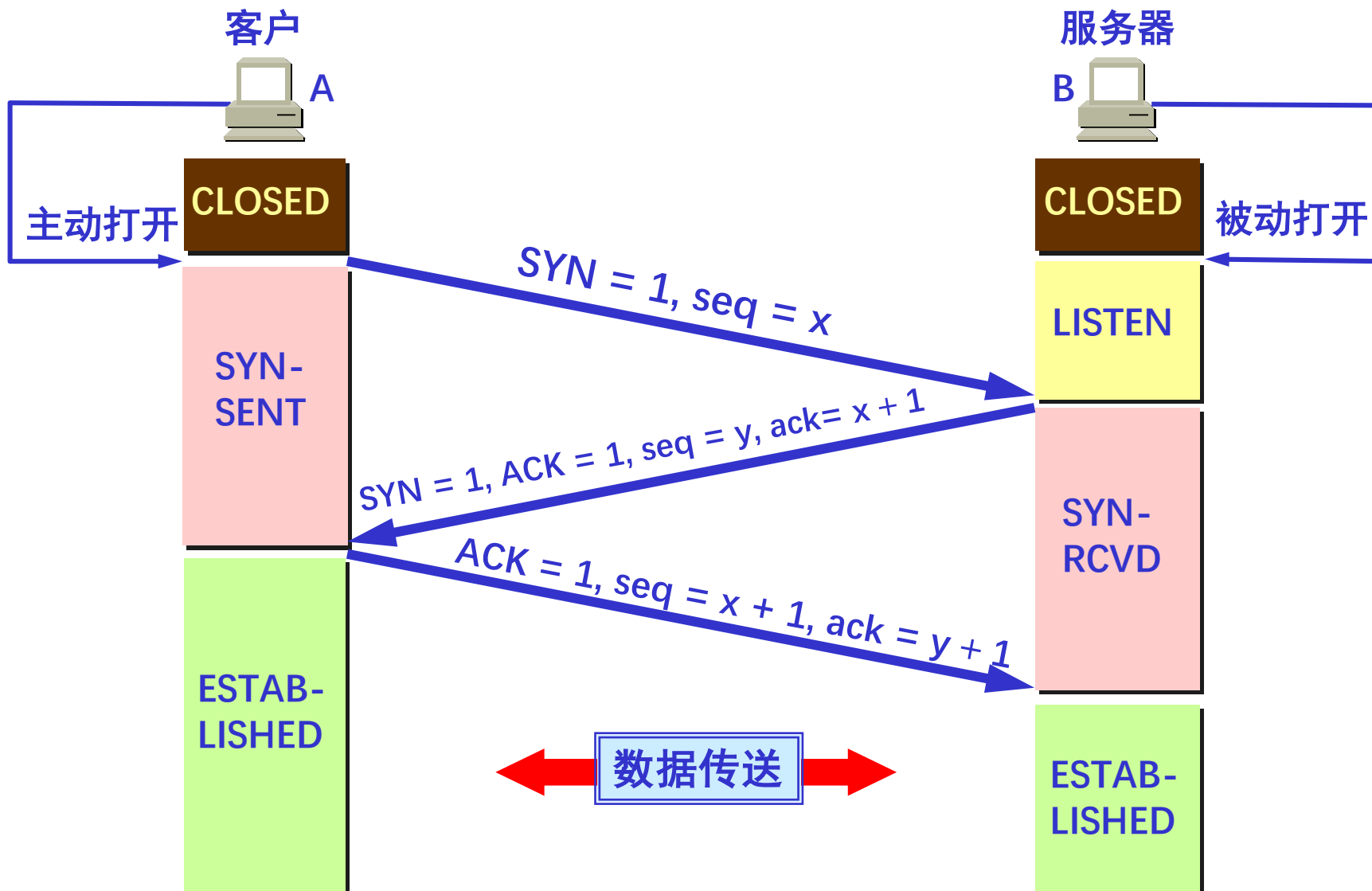
到达门限进入拥塞避免阶段;

超时或3ACK事件发生时门限变为当前拥塞窗口的一半;

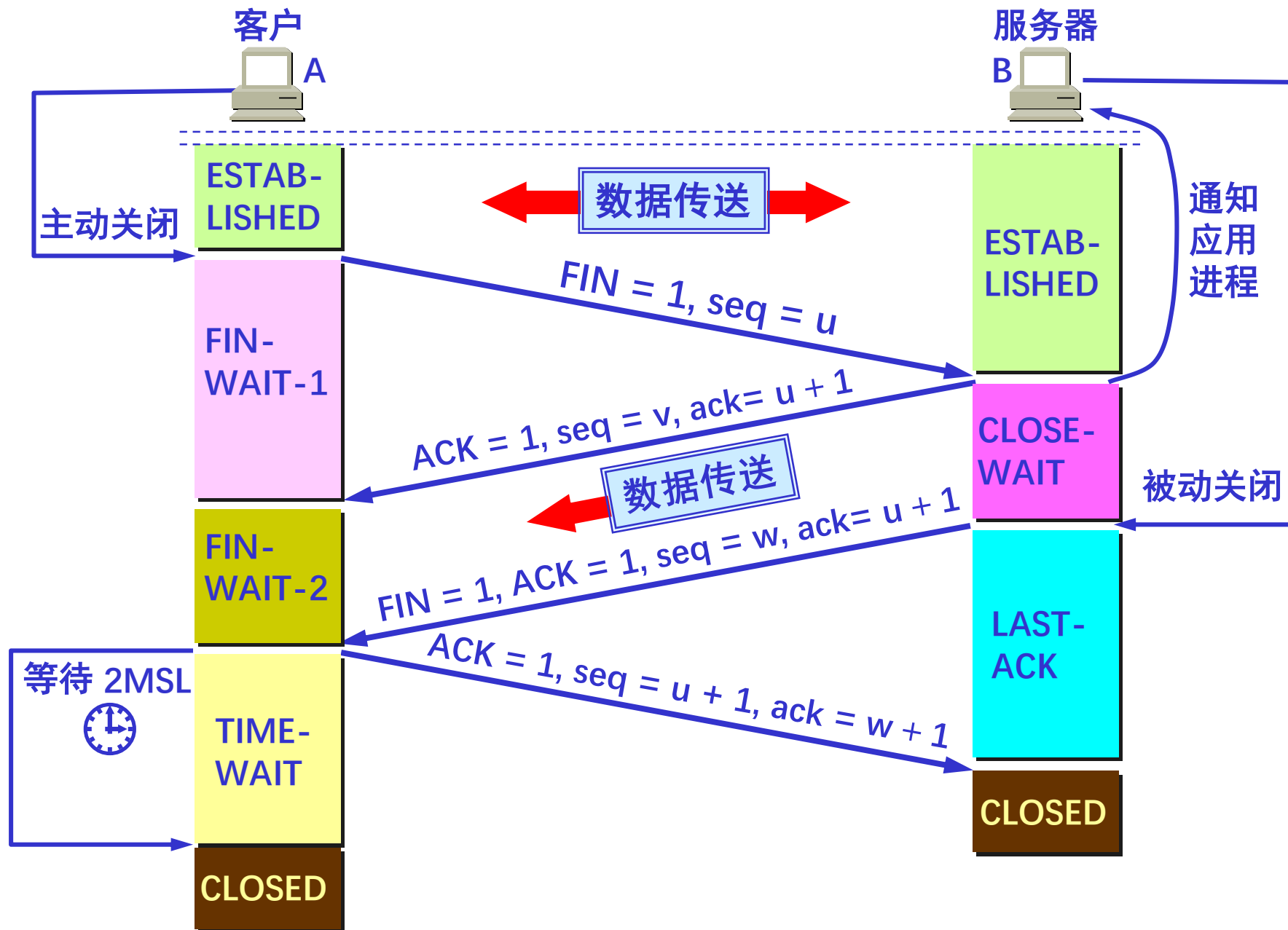
从慢开始或拥塞避免阶段重新调整拥塞窗口

TCP 的连接建立：采用三报文握手

采用三报文握手建立 TCP 连接的各状态



TCP 的连接释放



第六章 应用层

1、域名系统

(1) 基本概念

(2) 熟悉域名解析过程

2、文件传送协议

3、远程终端协议

4、万维网WWW: URL、HTTP

5、电子邮件: 组成结构、SMTP、POP3、IMAP

6、DHCP协议: 基本概念、工作过程

实验相关内容

- 地址划分
 - 先确定每个子网需要的主机数=>确定子网大小（掩码）
 - 从大到小分配各子网地址块（确定首末地址）
 - 有效主机地址（可分配给主机的地址） 排除全0全1
- Wireshark抓包
 - 链路层地址、网络层地址、运输层地址
 - 源，目的
 - 协议数据包类型作用