

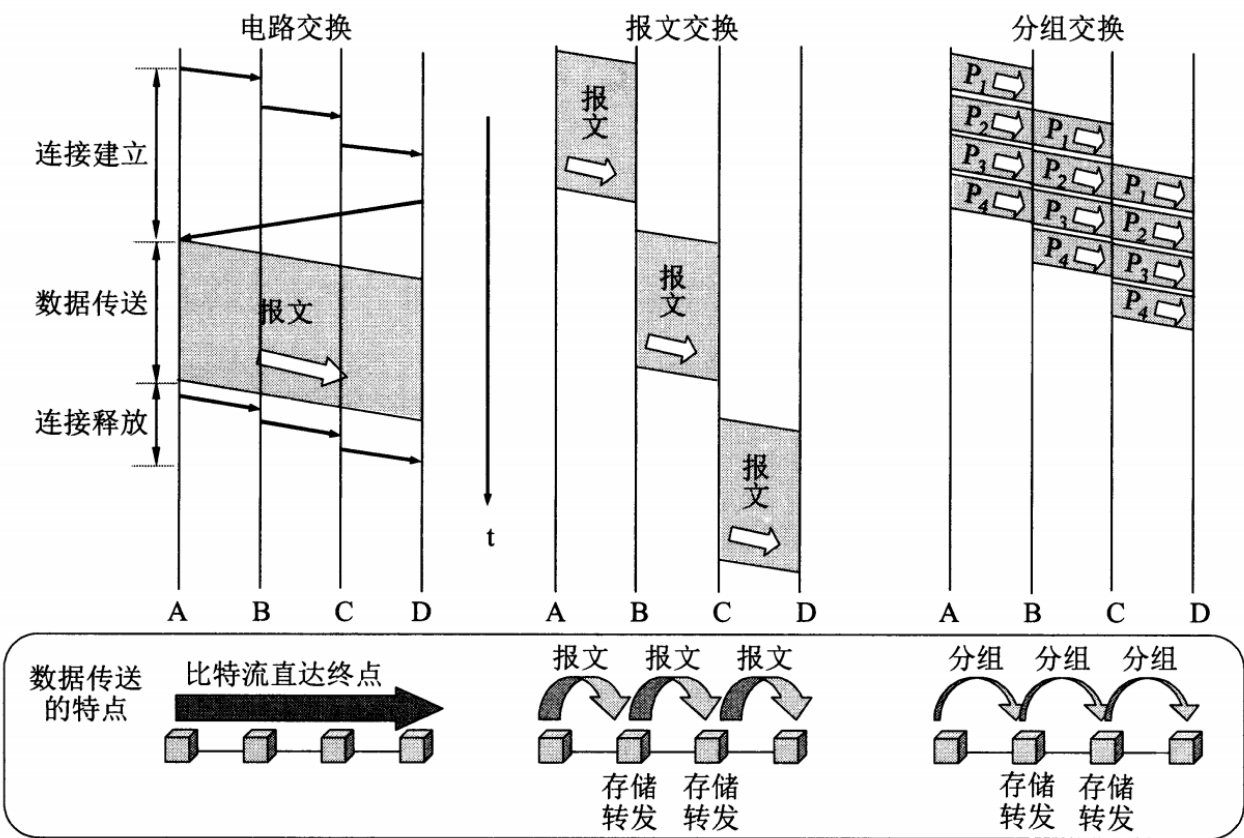
计算机网络

第一章

计算机网络简述

互联网和互连网

- 互联网指Internet，基于TCP/IP协议。范围大
- 互连网指几台计算机连接到一起，协议自定。范围小
- 主机之间通信是指主机A的进程和主机B上的另一个进程通信 通信方式：客户-服务器（C/S）和对等方式（P2P）
- 互联网核心：路由——>分组交换 电路交换：建立连接（占用通信资源）——通话（一直占用通信资源）——释放资源（归还通信资源） 报文交换：整个报文在节点间传输，全部存储下来再转发到下一节点 分组交换：储存转发技术。报文被分割成几部分（分组），携带目标地址信息，通过路由寻址，自动找到转发分组的最合适的路径，然后再组合起来。各个分组单独发送接收。
电路交换面向连接，全程占用信道资源，分组交换无连接，仅在数据传输时占用信道资源



- 不同类型的计算机网络
 1. 广域网WAN (wide area network)
 2. 城域网MAN (metropolitan area network)
 3. 局域网LAN (local area network)
 4. 个人局域网PAN (personal area network)

- 计算机网络性能衡量指标
 1. 速率——比特率 (bit/s)
 2. 带宽
 3. 吞吐量
 4. 时延
 5. 时延带宽积 = 传播时延 x 带宽
 6. 往返时间RTT (round trip time)
 7. 利用率 (利用率与时延成反比)
- 网络协议 三要素： (1) 语法 (2) 语义 (3) 同步

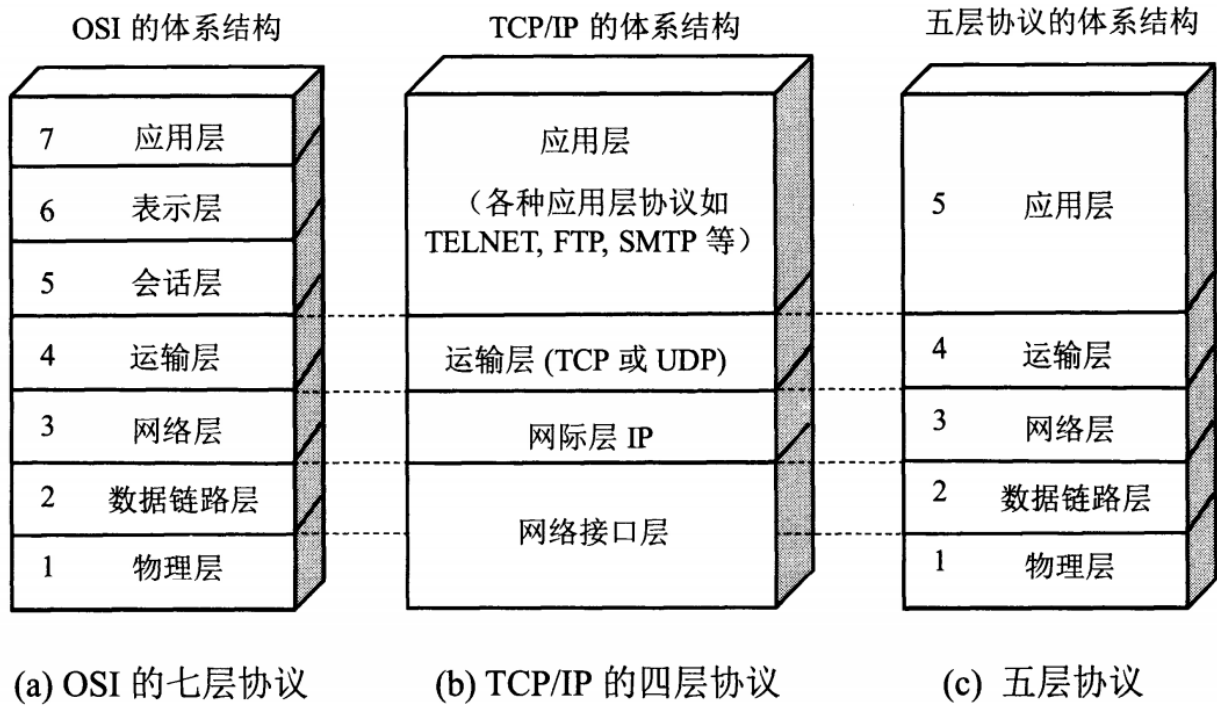


图 1-18 计算机网络体系结构

1. 应用层（最高层）—— 进程(主机程序)交互 数据单元（报文） DNS, HTTP,FTP
2. 运输层 —— 为进程通信提供通用的数据传输服务。
 传输控制协议TCP 面向连接，可靠的数据传输服务 报文段
 用户数据报协议UDP 提供无连接的、尽最大努力的数据传输服务 用户数据报
3. 网络层（IP层）—— 为分组交换网上的不同主机（路由器）提供通信，无连接 ip数据报（分组）
 IP协议 路由
4. 数据链路层 透明传递的是帧（frame） 检错/纠错，如果出错，丢弃或者TCP纠错
5. 物理层 比特

eg.发送电子邮件，电子邮件协议需要使用面向连接的TCP协议，但TCP 协议需要使用下面无连接的IP 协议，IP 协议又使用数据链路层面面向连接的PPP协议。

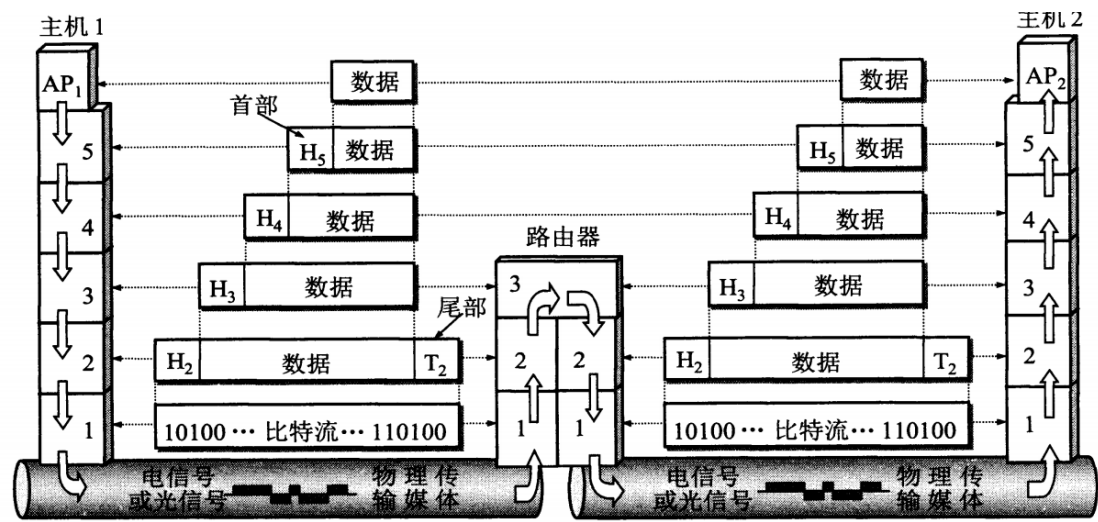


图 1-19 数据在各层之间的传递过程

假定主机 1 的应用进程 AP₁ 向主机 2 的应用进程 AP₂ 传送数据。AP₁ 先将其数据交给本主机的第 5 层（应用层）。第 5 层加上必要的控制信息 H₅ 就变成了下一层的数据单元。第 4 层（运输层）收到这个数据单元后，加上本层的控制信息 H₄，再交给第 3 层（网络层），成为第 3 层的数据单元。依此类推。不过到了第 2 层（数据链路层）后，控制信息被分成两部分，分别加到本层数据单元的首部(H₂)和尾部(T₂)；而第 1 层（物理层）由于是比特流的传送，所以不再加上控制信息。请注意，传送比特流时应从首部开始传送。

应用层	运输层	网络层	数据链路层	物理层
报文	报文段/用户数据报	IP数据报	帧	比特

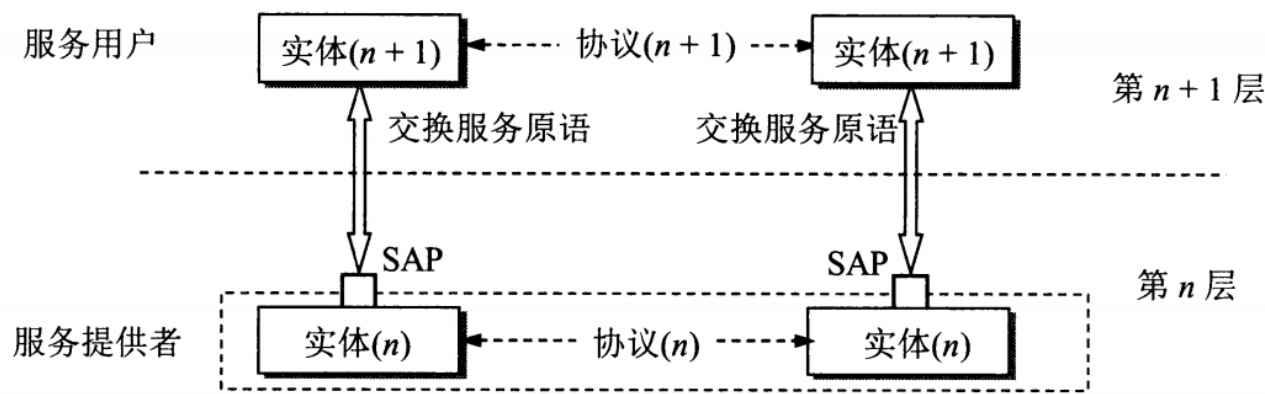


图 1-20 相邻两层之间的关系

协议是水平的（控制对等实体之间的通信的规则），服务是垂直的（由下层向上层通过层间接口提供）在协议的控制下，两个对等实体间的通信使得本层能够向上一层提供服务。要实现本层协议，还需要使用下面一层所提供的服务。

- TCP/IP的体系结构

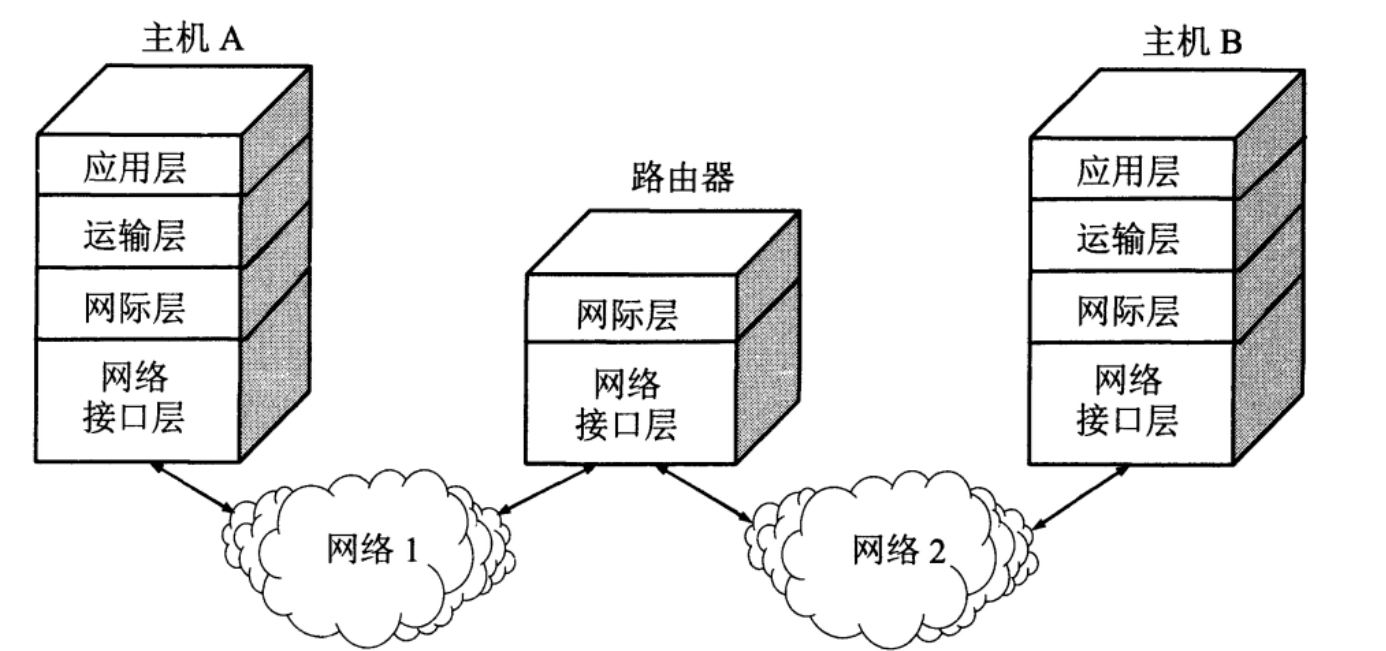


图 1-22 TCP/IP 四层协议的表示方法举例

IP协议处于中心位置

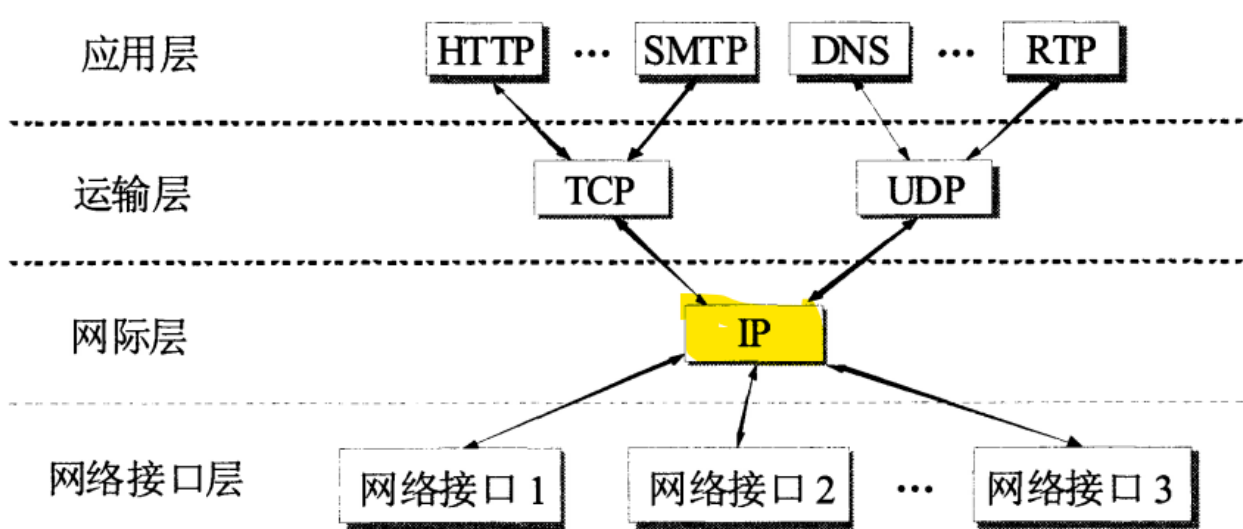


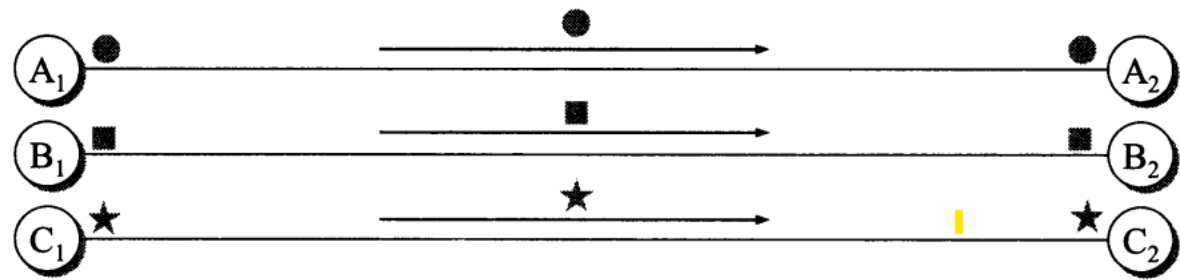
图 1-24 沙漏计时器形状的 TCP/IP 协议族示意

第二章 物理层

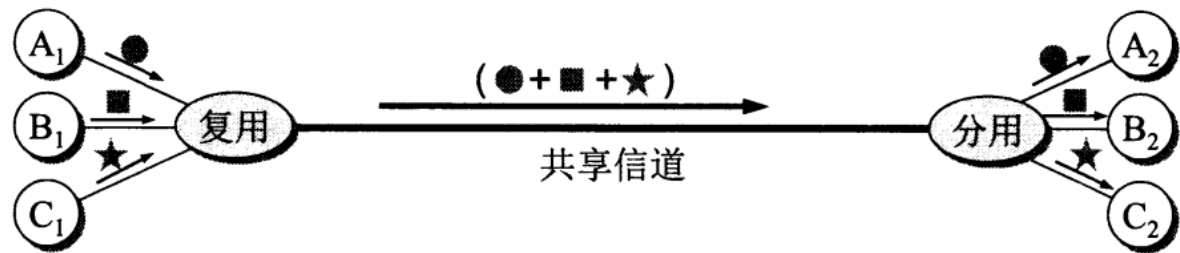
- 1. 物理层的任务
- 2. 信道复用技术
- 3. 宽带接入技术 (ADSL和FTTx)

- 通信方式: (单工通信[单向交互, 广播]; 半双工通信[一方发一方收]; 双工通信[同时收发])

• 信道复用



(a) 使用单独的信道



(b) 使用共享信道

图 2-13 复用的示意图

频分复用，每个用户在通信过程中始终独占一定频带，所有用户在相同时间占用不同的带宽。时分复

用，每个用户在不同的时间占用所有同样的频带宽度，具有周期性。

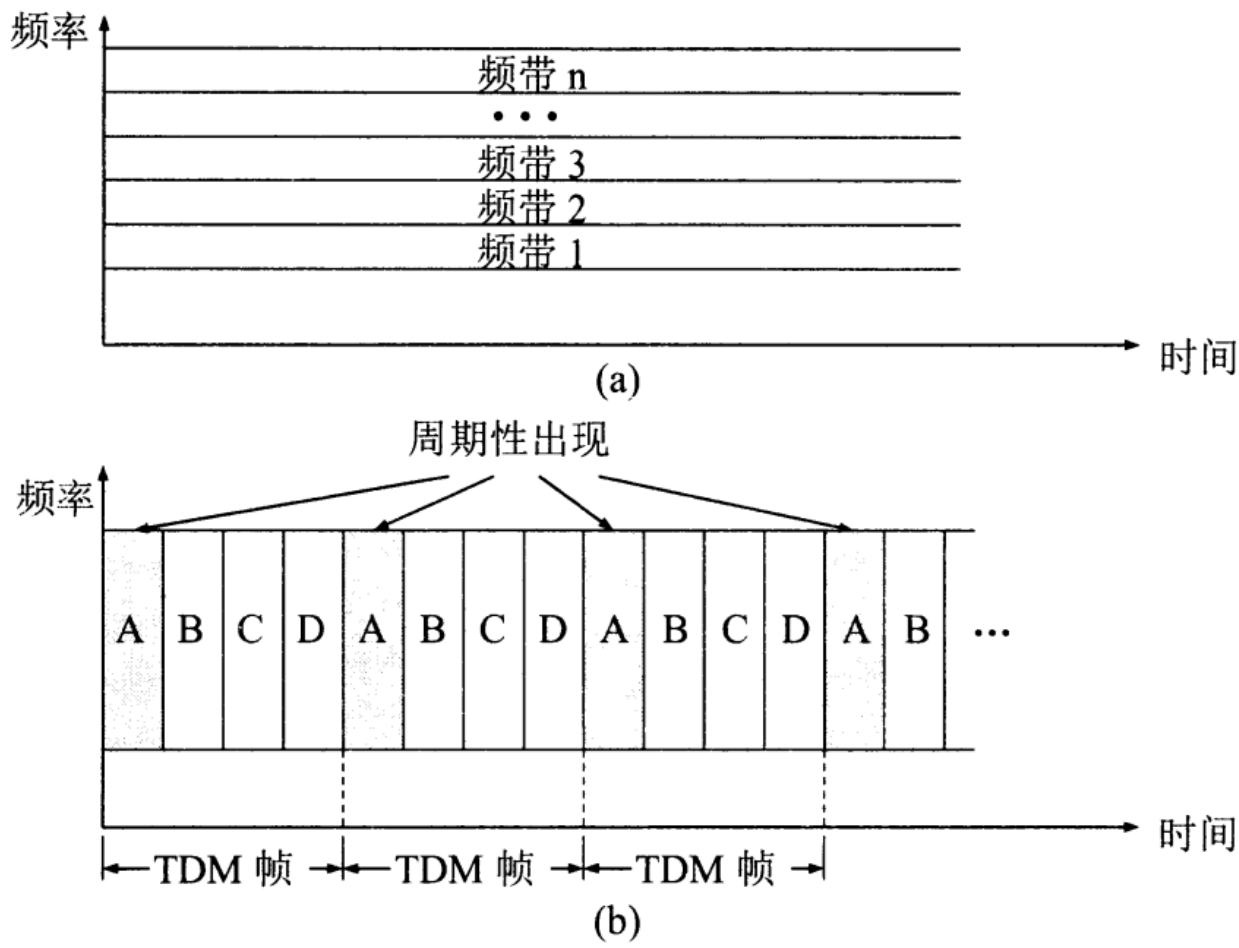


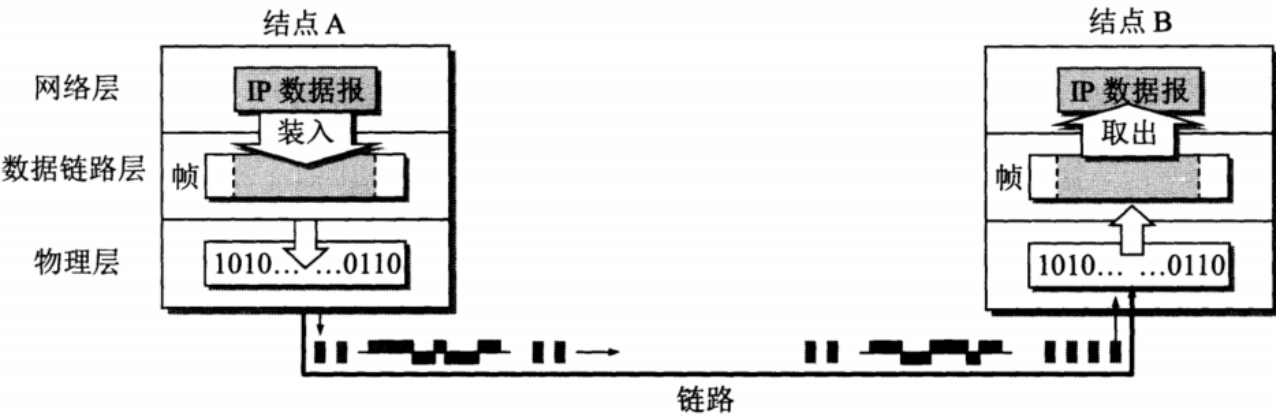
图 2-14 频分复用(a)和时分复用(b)

统计时分复用 波分复用即光的频分复用。 码分复用 宽带接入技术 有线宽带接入

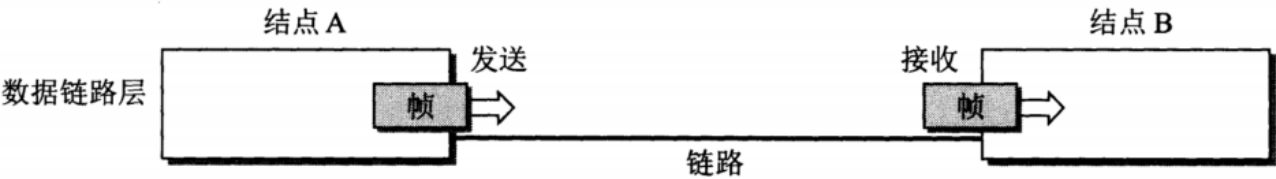
- ADSL非对称数字用户线——电话线为基础
- HFC光纤同轴混合网——有线电视网为基础
- FTTx光纤到户 无线宽带接入 ()

第三章 数据链路层

数据链路层信道：（1）点对点信道 （2）广播信道



(a) 三层的简化模型



(b) 只考虑数据链路层

封装成帧，透明传输和差错检测(接收端)

- 1. 结点A的数据链路层把网络层的IP数据报添加首部和尾部封装成帧
- 2. 结点A把封装好的帧发送给结点B的数据链路层
- 3. 若结点B收到无差错的帧，则从收到的帧中提取出IP数据报交给上面的网络层；否则丢弃这个帧。

点对点协议PPP(point to point protocol) 广播信道传输（局域网）

局域网分类：星型网；环形网；总线型；

局域网的两个子层：逻辑链路控制（logical link control）和媒体接入控制（media access control）

以太网（**基带总线局域网**）的特点：无连接的工作方式，尽最大努力的交付，差错重传由高层决定 以太网的协议（CSMA/CD）：具有冲突检测的**载波监听多点接入**CSMA/CD。发送前先监听，边发送边监听，一旦发现总线上出现了碰撞，就立即停止发送。然后按照退避算法等待一段时间后再继续发送。因此以太网上各站点平等的争用以太网信道。

以太网物理上是星型网，逻辑上是总线型

第四章 网络层

- 互联网设计之初的两种设计思想：
 - 虚电路模式
 - 简单灵活，无连接，尽最大努力的数据报服务

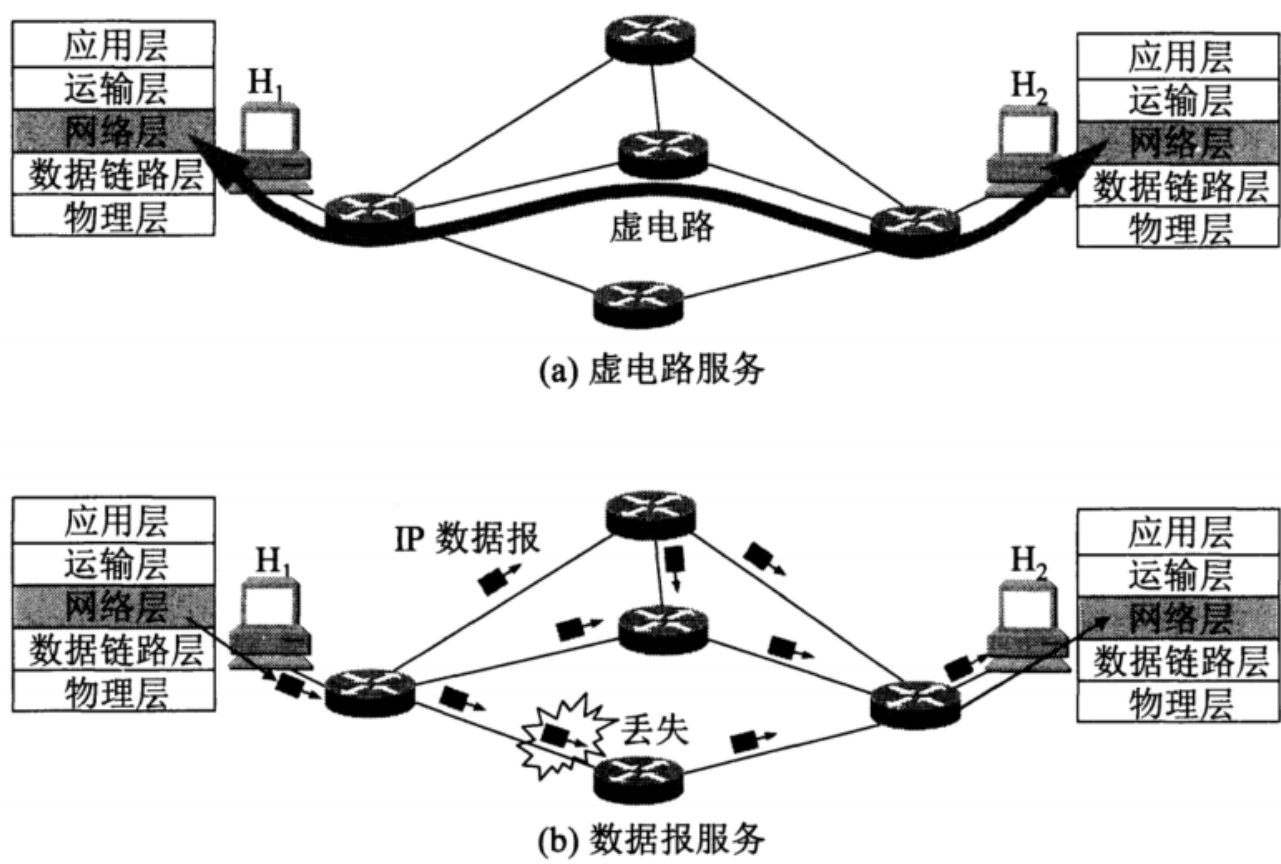


图 4-1 网络层提供的两种服务

网络互相连接的中间设备：

物理层 —— 转发器

数据链路层 —— 网桥 网络层 —— 路由器 网络层以上 —— 网关

IP地址就是给每一台主机（路由器）的每一个接口分配一个在全世界范围内是**唯一的32位的标识符**。

包括A类，B类和C类（单播）以及D类（多播） IP地址 == {网络号，主机号}；每8位分开

路由器是多归属主机，因为一个路由器最少连接两个网络。不同的网络号必须经由路由器相连。

IP地址是逻辑地址，物理地址是数据链路层的物理地址

MAC（media access control address）地址，即**局域网地址，以太网地址或物理地址**，每个网卡有唯一的MAC地址 eg. 00-16-EA-AE-3C-40

网络层的IP数据报，在发送时添加首部尾部，按照MAC寻址，每次转发添加新的源地址和目标地址，在数据链路层看不见IP地址；反之网络层看到是已经剥离MAC地址的，因此看不到MAC地址

在实际寻址过程中，利用地址解析协议（ARP）找到MAC地址

路由表由（目标地址和下一跳地址组成）

三级IP地址 = {网络号，子网号，主机号} 分组先找到网络，然后由网络转发到各个子网，子网再找主机（路由表：目的网络地址，子网掩码，下一跳地址） 子网掩码，按照子网掩码与IP地址求与即得到网络号，为了更快查找路由信息

分组转发示意

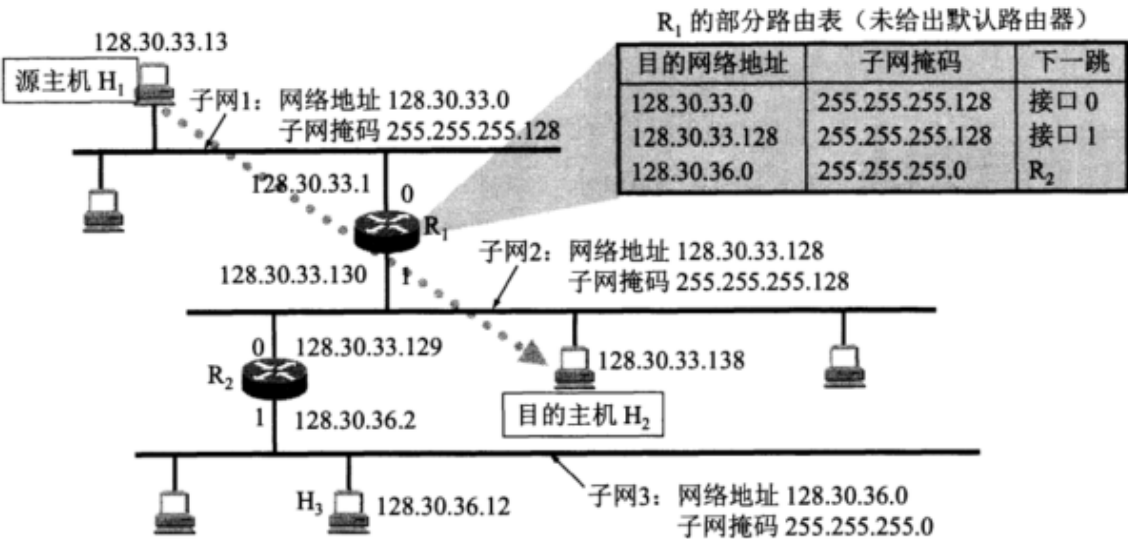


图 4-24 主机 H₁ 向 H₂ 发送分组

【解】源主机 H₁ 向目的主机 H₂ 发送的分组的目的地址是 H₂ 的 IP 地址 128.30.33.138。

源主机 H₁ 首先要进行的操作是要判断：发送的这个分组，是在本子网上进行直接交付还是要通过本子网上的路由器进行间接交付？

源主机 H₁ 把本子网的“子网掩码 255.255.255.128”与目的主机 H₂ 的“IP 地址 128.30.33.138”逐位相“与”（即逐位进行 AND 操作），得出 128.30.33.128，它不等于 H₁ 的网络地址（128.30.33.0）。这说明 H₂ 与 H₁ 不在同一个子网上。因此 H₁ 不能把分组直接交付 H₂，而必须交给子网上的默认路由器 R₁，由 R₁ 来转发。

路由器 R₁ 在收到一个分组后，就在其路由表中逐行寻找有无匹配的网络地址。

先看 R₁ 路由表中的第一行。用这一行的“子网掩码 255.255.255.128”和收到的分组的“目的地址 128.30.33.138”逐位相“与”（即逐位进行 AND 操作），得出 128.30.33.128。然后和这一行给出的目的网络地址 128.30.33.0 进行比较。但比较的结果不一致（即不匹配）。

用同样方法继续往下找第二行。用第二行的“子网掩码 255.255.255.128”和该分组的“目的地址 128.30.33.138”逐位相“与”（即逐位进行 AND 操作），结果也是 128.30.33.128。这个结果和第二行的目的网络地址 128.30.33.128 相匹配，说明这个网络（子网 2）就是收到的分组所要寻找的目的网络。于是需要再继续查找下去。R₁ 把分组从接口 1 直接交付主机 H₂（它们都在一个子网上）。

分组网间探测PING(packet interNet Groper)：测试两台主机的联通性

转发和路由选择的区别：

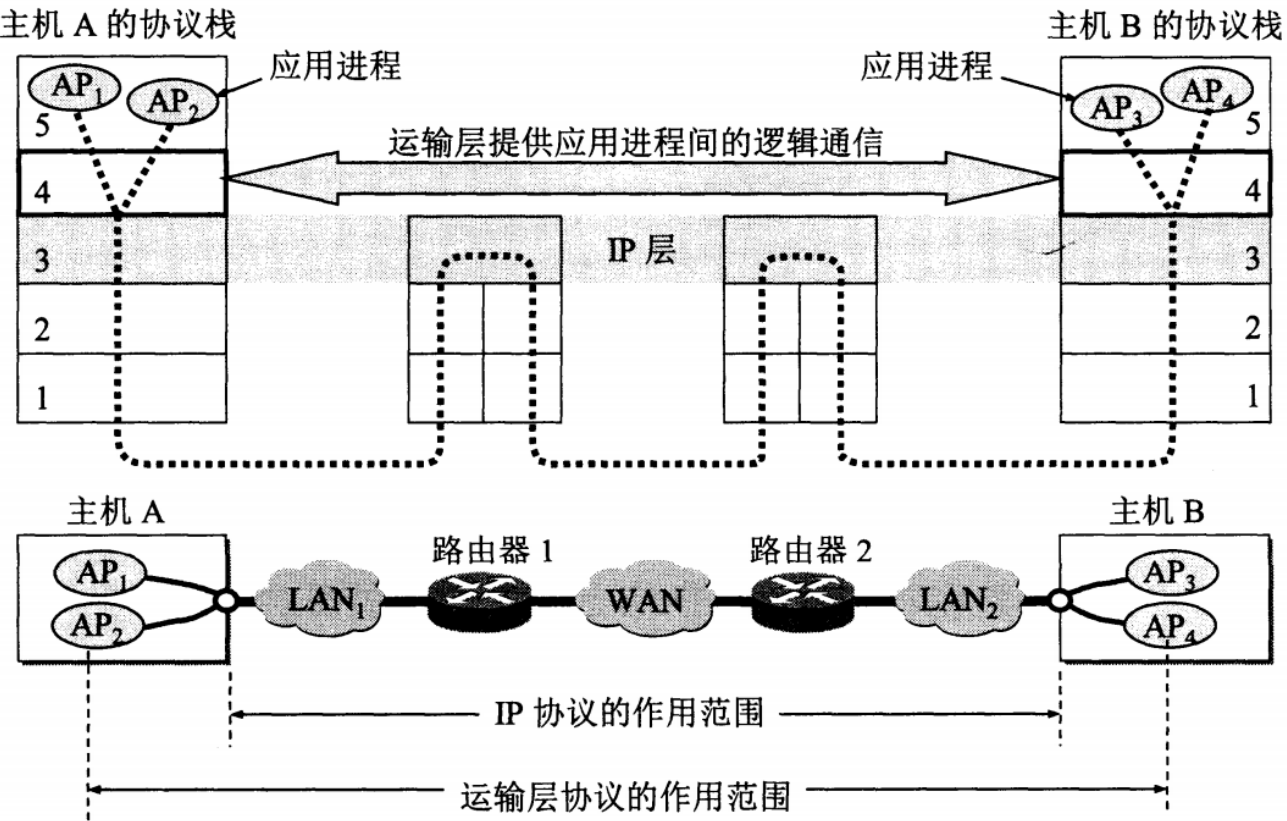
“转发”是单个路由器的动作。“路由选择”是许多路由器共同协作的过程，这些路由器相互交换信息，目的是生成路由表，再由路由表导出转发表。

路由选择协议：内部网关协议（RIP,OSPF）和外部网关协议BGP-4

第五章 运输层

为什么需要运输层？

ip层将数据从一台主机转发到另一台主机，但通信的真正的端点并不是主机而是主机中的进程，通信是两个主机的应用进程相互通信。



当运输层采用面向连接的TCP协议时，尽管下面的网络不可靠，当此时的逻辑信道相当于一条全双工的可靠信道。端口（port）表示本计算机应用层中的各个进程和运输层交互时的层间接口。计算机进程之间的通信不仅要知道ip地址（找计算机），还要知道端口号（找对方计算机的应用进程）

UDP用户数据报协议

无连接的，减少时延和开销
尽最大努力交付，
面向报文的，
没有拥塞控制，对实时应用很有用，视频会议等
支持一对一，一对多，多对多

传输控制协议

面向连接的运输层协议
一对一建立连接
提供可靠交付（无差错，不丢失，不重复，按序到达）
全双工通信
面向字节流

端口拼接到IP地址构成套接字 (socket) 。如ip地址为192.3.4.5, 端口号为80 套接字为192.3.4.5:80
TCP连接 = {socket1, socket2} = {(ip1:port1),(ip2:port2)}

可靠传输工作原理

- 1. 停止等待协议：每次发过去分组，需要确认是否收到，当收到后才发下一个，当超过一定时间则重新发送该分组（备份）。
- 2. 连续滑动窗口ARQ协议

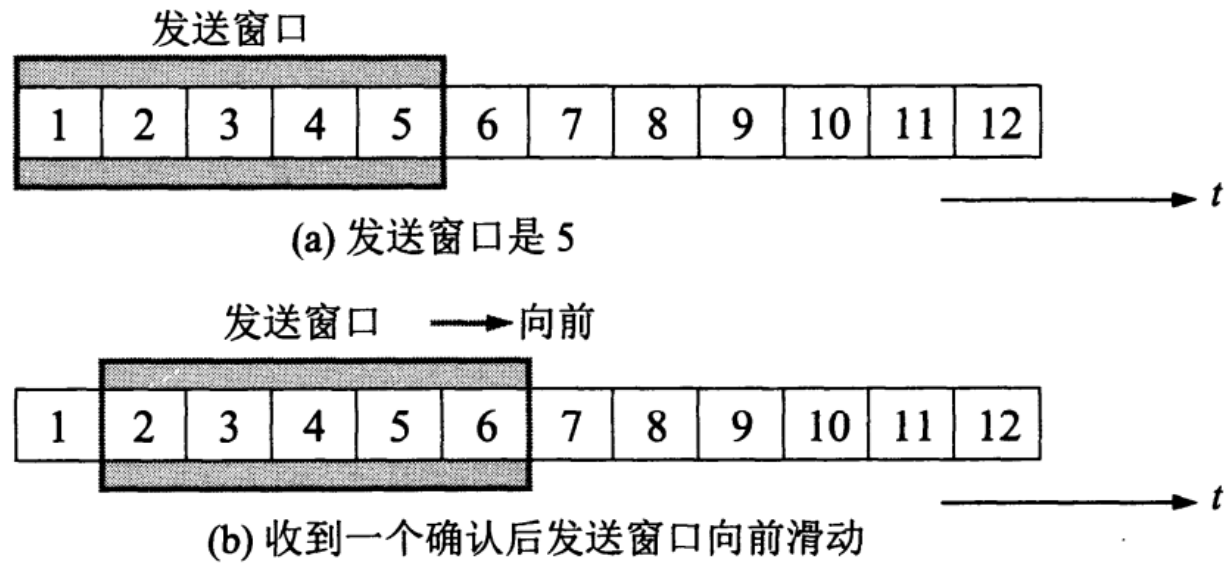
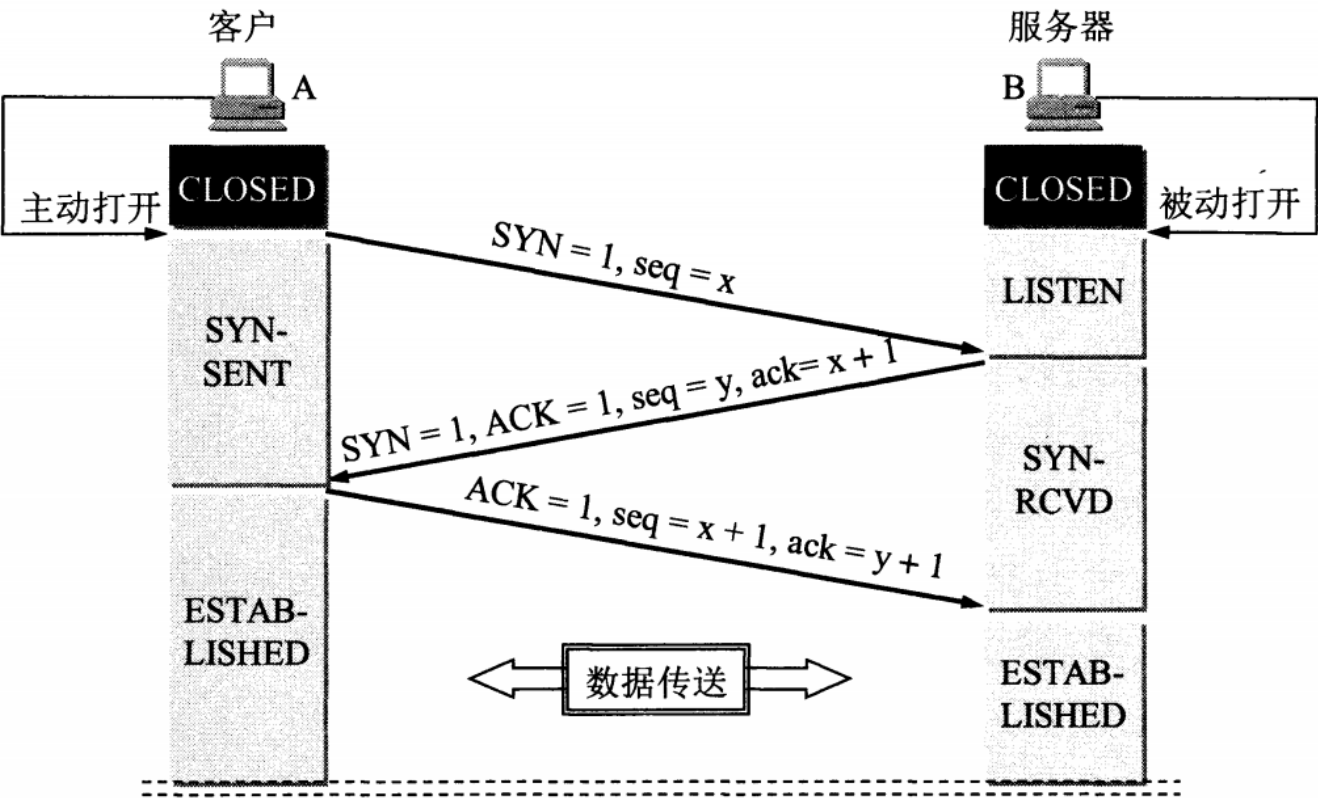


图 5-13 连续 ARQ 协议的工作原理

发送窗口内的5个分组连续发送出去，不需要对方确认，每收到一个确认，把发送窗口往前滑动一个位置。收到对第一个分组的确认，可以发送第6个了。

- 1. 滑动窗口，超时重传，选择确认，拥塞管理，连接建立。
运输连接管理：三次握手： 建立连接，数据传输，释放连接。采用C/S形式。
三次握手解决三个问题：
- 2. 使每一方知道对方的存在
- 3. 允许双方协商一些参数（最大窗口，时间窗选项等）
- 4. 对运输实体（缓存大小等）进行分配。



叫三次握手的原因是握手需要在客户端和服务端之间交换三个TCP报文段。每次交换涉及：同步位，初始序号，和确认号

刚开始客户端和服务端都是关闭的。B的服务器进程先创建传输控制块（TCB）。进入listen状态，得待客户端的请求，一旦接收到连接请求，立刻response。

A的客户进程也首先创建TCB。向B发送连接请求报文段，首部的同步位为 $SYN = 1$ (不能携带数据，消耗一个序号)，初始序号为 $seq = x$;此时，客户进程进入SYN-SENT（同步已发送）状态。

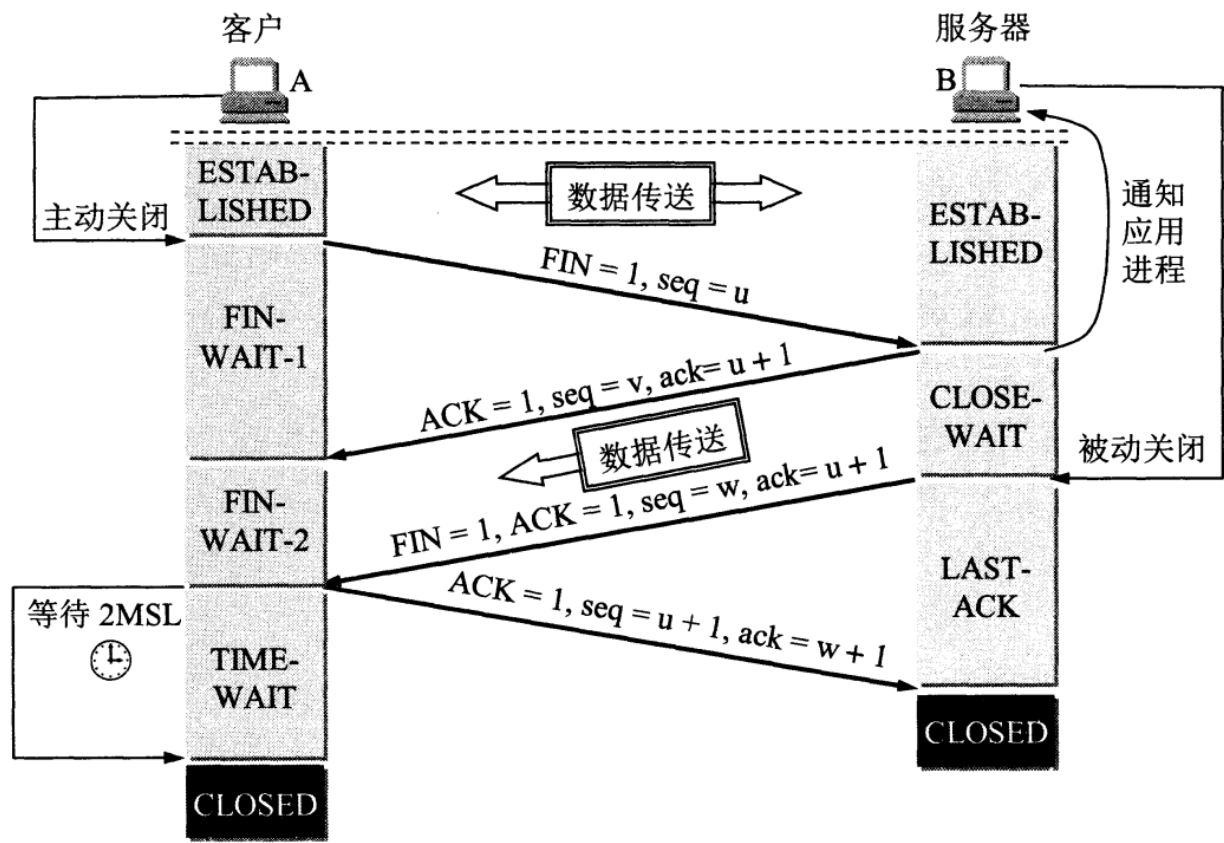
B收到请求报文段后，同意建立连接，则向A发送确认信息。确认报文段中ACK和SYN位都为1，（不携带数据，消耗一个序号）确认号是 $ack = x + 1$;同时为自己选择一个初始序号 $seq = y$; TCP服务器端进入SYN-RCVD（同步收到）状态。

TCP客户收到B的确认后，还要再向B确认。确认报文段的 $ACK = 1$ ，确认号 $ack = y + 1$ ，自己序号为 $seq = x + 1$ 。（此时ACK可携带数据，不携带数据不消耗序列号）。连接建立。

为什么最后A还要发给B确认信息呢？

防止已失效的连接请求发送到B，产生错误。因为A可能因为延误导致请求没到B，但并未丢失，于是会重新发送。如果没有最后一次确认，B收到失效的请求也会建立连接，大大浪费了B的资源。

连接释放过程



A提出关闭连接，B收到后，确认关闭，应答A。此时A——>B不能发送数据，B——>A还可以发送数据（连接半关闭）当B没有要发送的数据给A时，应用进程释放连接，B发送释放报文，并等待A的确认。A收到B的报文后，立马确认。B收到A的确认后，立马关闭。进入到TIME-WAIT状态，连接还没释放，等待2MSL之后，A关闭。

为什么等待2MSL时间呢？

确保A的最后一个报文段能到B
使本连接时间内的所有报文都消失，防止已失效的连接请求报文段出现在本连接。