

# 第一章 概述

1. 互联网两大特性：连通性和共享
2. 互联网发展的三个阶段：
  - (1) 单个网络 ARPANET
  - (2) 三级结构的互联网
  - (3) 多层次 ISP结构的互联网。
3. 互联网的组成：（从工作方式分为两部分）
  - (1) 核心部分：由所有连接在互联网上的主机（端系统）组成。
  - (2) 边缘部分：由大量网络和连接这些网络的路由器组成。
4. 边缘部分分成两大类：
  - (1) 客户和服务方式：客户是服务的请求方，服务器是服务的提供方。客户程序：一对多，必须知道服务器程序的地址。服务程序：可同时处理多个远地或本地客户的请求，被动等待。
  - (2) P2P（对等方式）：平等的、对等连接通信。即是客户端又是服务器。
5. 核心部分：主要是路由器，转发收到的分组，实现分组交换
  - (1) 电路交换：建立连接——>通话——>释放占用资源。质量高，效率低。
  - (2) 分组交换：把大的报文切割成长度固定的较短的数据段，每个数据段加上一个首部，构成一个分组。
  - (3) 报文交换：基于存储转发原理（时延较长）
  - (4) 路由器处理分组的过程：缓存 ->查找转发表 ->找到合适端口
6. 计算机网络的性能  
速率 带宽 时延 吞吐量 时延带宽积 往返时间 RTT 利用率
7. 计算机网络的非性能指标  
费用 质量 标准化 可靠性 可扩展性和可升级性 易于管理和维护
8. 计算机网络体系结构
  - (1) OSI/RM 七层协议  
物理层 数据链路层 网络层 运输层 会话层 表示层 应用层
  - (2) TCP/IP 四层协议  
网络接口层 网际层 IP 运输层 应用层
  - (3) 五层协议  
物理层 数据链路层 网络层 运输层 应用层
  - (4) 分层的好处
    - 1.各层之间是独立的；
    - 2.灵活性好；
    - 3.结构上可分割开；
    - 4.易于实现和维护；
    - 5.能促进标准化工作。
  - (5) 协议：未进行网络中的数据交换而建立的规则、标准、或约定。  
协议三要素：语法 语义 同步
9. 实体、协议、服务之间的关系  
实体：任何可发送或接受信息的硬件或软件进程  
协议：控制两个对等实体进行通信的规则集合  
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，还需要使用下层所提供的服务。  
同一系统相邻两层的实体进行交互的地方，成为服务访问点 SAP  
下面的协议对上面的服务用户是透明的。
10. 计算机网络是一些相互连接的、自治的计算机的集合。

## 第二章 物理层

1. 作用：尽可能屏蔽传输媒体的差异，透明传送和接受比特流。
2. 确定与传输媒体的接口有关的特性：
  - (1) 机械特性：指明接口所用接线器的形状和尺寸、引脚数目和排列、固定和锁定装置等。
  - (2) 电气特性：指明在接口电缆的各条线上出现的电压的范围。
  - (3) 功能特性：指明某条线上出现的某一电平的电压的意义。
  - (4) 过程特性：指明对于不同功能的各种可能事件的出现顺序。
3. 数据通信系统划分为三大部分  
发送端、传输系统、接收端
4. 传输媒体：
  - (1) 导引型传输媒体  
双绞线：屏蔽双绞线、非屏蔽双绞线  
同轴电缆：70 同轴电缆 和 50 同轴电缆  
光纤：单模光纤（光纤直径下只有一个光的波长）、多模光纤
  - (2) 非导引型传输媒体
5. 信道复用技术  
频分复用：所有用户在同样的时间占用不同的资源；  
时分复用（同步）：所有用户在不同的时间用同样的频带宽度；（更有利于数字信号的传输）；  
统计时分复用（异步）：动态分配时隙；  
波分复用：光的频分复用；  
码分复用（码分多址 CDMA）：不同的码型；每个站分配的码片序列不仅必须各不相同，并且还必须互相正交（orthogonal）（相乘为 0，0 为 -1）。在实用的系统中是使用伪随机码序列。  
任何一个码片向量和该码片向量自己的规格化内积都是 1 ；  
任何一个码片向量和该码片反码的向量自己的规格化内积都是 -1 ；  
任何一个码片向量和其他码片向量的规格化内积都是 0 ；
6. 宽带接入技术
  - (1) XDSL技术  
ASDL 非对称数字用户线
  - (2) FTTx技术  
FTTH 光纤到户

### 第三章 数据链路层

1. 作用：将原始的、有差错的物理线路变为对网络层无差错的数据链路。
2. 数据链路层使用的信道主要有以下两种类型：
  - (1) 点对点信道
  - (2) 广播信道
3. 点对点信道的数据链路层的协议数据单元是——帧
4. 每一种链路层协议都规定了帧的数据部分的长度上限：最大传送单元 MTU (Maximum Transfer Unit)。
5. 三个基本问题
  - (1) 封装成帧：在一段数据的前后分别添加首部和尾部
  - (2) 透明传输：字节填充，加上转义字符 ESC( 1B )
  - (3) 差错检测：循环冗余检验 CRC

<div>西安电子科技大学</div> <div>检错码</div> <ul style="list-style-type: none"><li>• 检错码的构造：<b>检错码=信息字段+校验字段</b></li><li>• 信息字段和校验字段之间的对应关系：</li><li>• 校验字段越长，编码的检错能力越强，编码/解码越复杂；附加的冗余信息在整个编码中所占的比例越大，传输的有效成分越低，传输的效率下降。</li><li>• 检错码一旦形成，整个检错码将作为一个整体被发往线路，通常的发送顺序是<b>信息字段在前，校验字段在后</b>。</li></ul>	<div>西安电子科技大学</div> <div>循环冗余检验CRC</div> <ul style="list-style-type: none"><li>• 在一定的时间内，传输错误的比特占所传输的比特总数的比率称为<b>误码率BER</b> (Bit Error Rate)。</li><li>• 在数据链路层广泛使用了<b>循环冗余检验CRC</b> (Cyclic Redundancy Check) 的检错技术。</li><li>• 为了进行检错而添加的冗余码常称为<b>帧检验序列FCS</b> (Frame Check Sequence)</li></ul>
<div>CRC是一种较为复杂的校验方法，它先将要发送的信息数据与一个通信双方共同约定的数据进行除法运算，并根据余数得出一个校验码，然后将这个校验码附加在信息数据帧之后发送出去。接收端接收数据后，将包括校验码在内的数据帧再与约定的数据进行除法运算，若余数为“0”，就表示接收的数据正确，若余数不为“0”，则表明数据在传输的过程中出错。</div>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• 在数据链路层传送的帧中，广泛使用了<b>循环冗余检验CRC</b> 的检错技术。</li><li>• 在发送端，先把数据划分为组。假定每组 <math>k</math> 个比特。</li><li>• 假设待传送的一组数据 <math>M = 101001</math>（现在 <math>k = 6</math>）。我们在 <math>M</math> 的后面再添加供差错检测用的 <math>n</math> 位<b>冗余码</b>一起发送。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 现在 <math>k = 6</math>, <math>M = 101001</math>。</li><li>• 设 <math>n = 3</math>, <b>除数</b> <math>P = 1101</math>，</li><li>• 被除数是 <math>2^6M = 101001000</math>。</li><li>• 模 2 运算的结果是：<b>商</b> <math>Q = 110101</math>，<b>余数</b> <math>R = 001</math>。</li><li>• 把余数 <math>R</math> 作为<b>冗余码</b>添加在数据 <math>M</math> 的后面发送出去。发送的数据是：<math>2^6M + R</math> 即：101001001，共 <math>(k + n)</math> 位。</li></ul>

5. 点对点协议 PPP
  - (1) 三个组成部分
    - 一个将 IP 数据报封装到串行链路的方法。
    - 链路控制协议 LCP (Link Control Protocol)。
    - 网络控制协议 NCP (Network Control Protocol) 。
  - (2) 帧格式
    1. 各字段的意义



2. 字节填充：转义字符（ 0x7D ）

3. 零比特填充：在发送端，先扫描整个信息字段，只要发现有 5 个连续 1，则立即填入一个 0。

#### 6. 广播信道

(1) CSMA/CD 协议 载波监听多点接入检测

(2) CSMA/CD 要点

a) 多点接入：说明这是总线型网络，许多计算机以多点接入的方式连接在一根总线上。

b) 载波监听：用电子技术检测总线上有没有其他计算机也在发送。

c) 碰撞检测：边发送边监听。

(3) 在使用 CSMA/CD 协议时，一个站不可能同时进行发送和收，但必须边发送边接收。只能进行双向交替通信（半双工通信）。

(4) 以太网使用截断二进制指数退避算法来确定碰撞后重传的时机。

## 第四章 网络层

网络层协议数据单元就是 IP 数据报（或简称为数据报、分组或包）

1. 作用：通过路由选择算法，为分组通过通信子网选择最适当的路径。

2. 网际协议 IP

与 IP 协议配套使用的三个协议：

1. 地址解析协议 ARP
2. 网际控制报文协议 ICMP
3. 网际组管理协议

3. 中间设备

- (1) 物理层——转发器
- (2) 数据链路层——网桥 / 桥接器
- (3) 网络层——路由器
- (4) 网络层以上——网关

4. 分类的 IP 地址

- (1) A 类 1-127      B 类 128-191      C 类 192-223
- (2) 广播地址
- (3) 受限地址
- (4) 回送地址

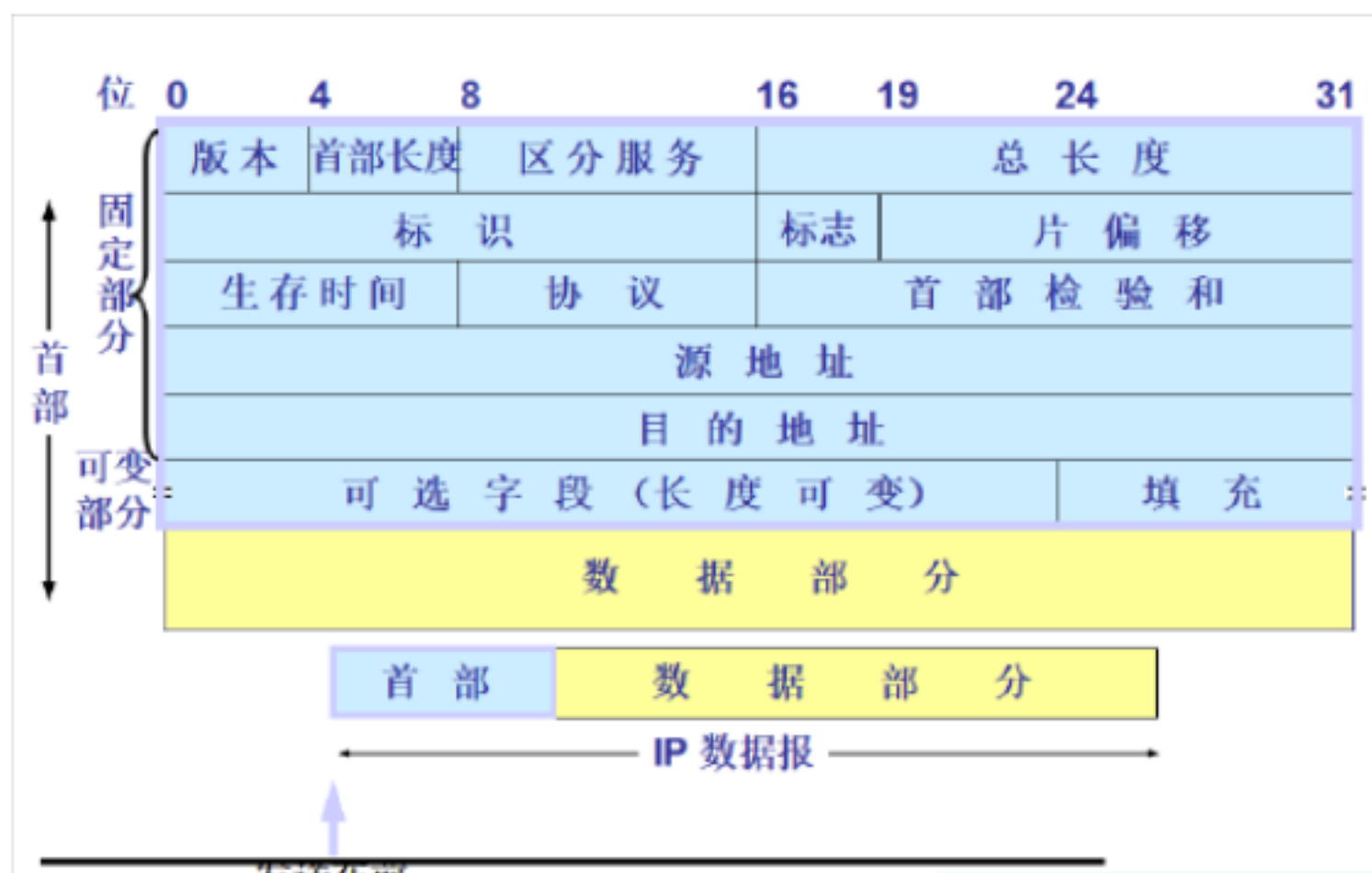
5. IP 地址与硬件地址

物理地址是数据链路层和物理层使用的地址，IP 地址是网络层和以上各层使用的地址，是一种逻辑地址。

6. 地址解析协议 ARP：将 IP 地址解析成对应的 MAC 地址

每一台主机都设有一个 ARP 高速缓存

7. IP 数据报格式



8. 片偏移

占 13 位，片偏移以 8 个字节位偏移单位。

9. 无分类编址 CIDR(构造超网)：无分类域间路由选择

## 10. 网际控制报文协议 ICMP

- (1) 两种分类： ICMP 差错报告报文和 ICMP 询问报文
- (2) ICMP 差错报告报文：终点不可达；时间超过；参数问题；改变路由（重定向）
- (3) ICMP 询问报文：回送请求和回答；时间戳请求和回答
- (4) ICMP 一个重要应用：分组网监探测 PING

## 11. 路由选择协议

- (1) 理想的路由算法
  - i. 必须是正确的和完整的
  - ii. 在计算上应简单
  - iii. 能适应通信量和网络拓扑的变化
  - iv. 具有稳定性
  - v. 应是公平的
  - vi. 应是最佳的
- (2) 从路由算法能否随网络的通信量或拓扑自适应地进行调整变化来划分，有两类：  
静态路由选择策略、动态路由选择策略
- (3) 分层次的路由选择协议  
内部网关协议 IGP、外部网关协议 EGP  
自治系统之间的路由选择也叫做域间路由选择，而在自治系统内部的路由选择叫做域内路由选择。
- (4) 内部网关协议  
RIP: 一种分布式的基于距离向量的路由选择协议  
OSPF: 开放最短路径优先 OSPF
- (5) 外部网关协议  
BGP: 边界网关协议 BGP
- (6) IPV6 地址长度为 128b，采用十六进制表示

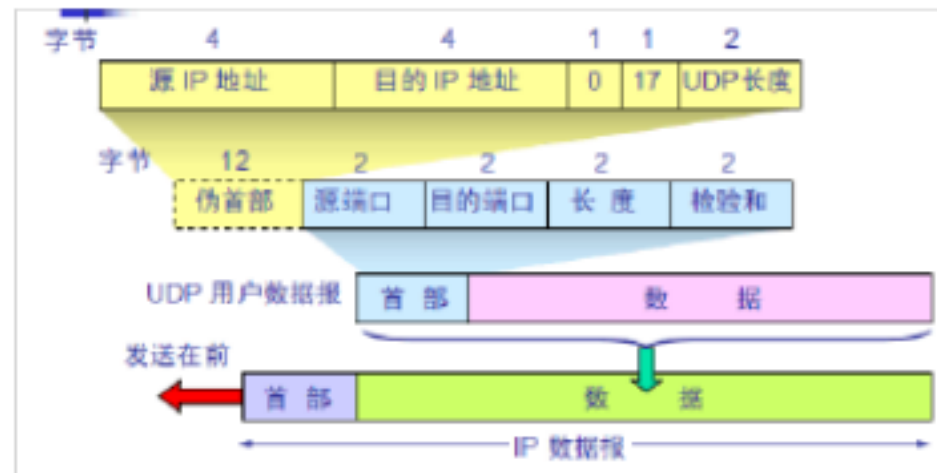


## 第五章 运输层

### 1. 无连接的 UDP 报文格式 首部只有八个字节

- (1) 用户数据报协议 UDP (User Datagram Protocol)
- (2) UDP 传送的数据单位协议时 UDP 报文或用户数据报
- (3) UDP 在 IP 的数据报服务至上增加端口的功能和差错检测的功能
- (4) UDP 首部格式

用户数据报 UDP 有两个字段：数据字段和首部字段。首部字段有 8 个字节，由 4 个字段组成，每个字段都是两个字节。



### (5) 优点：

发送数据之前不需要建立连接

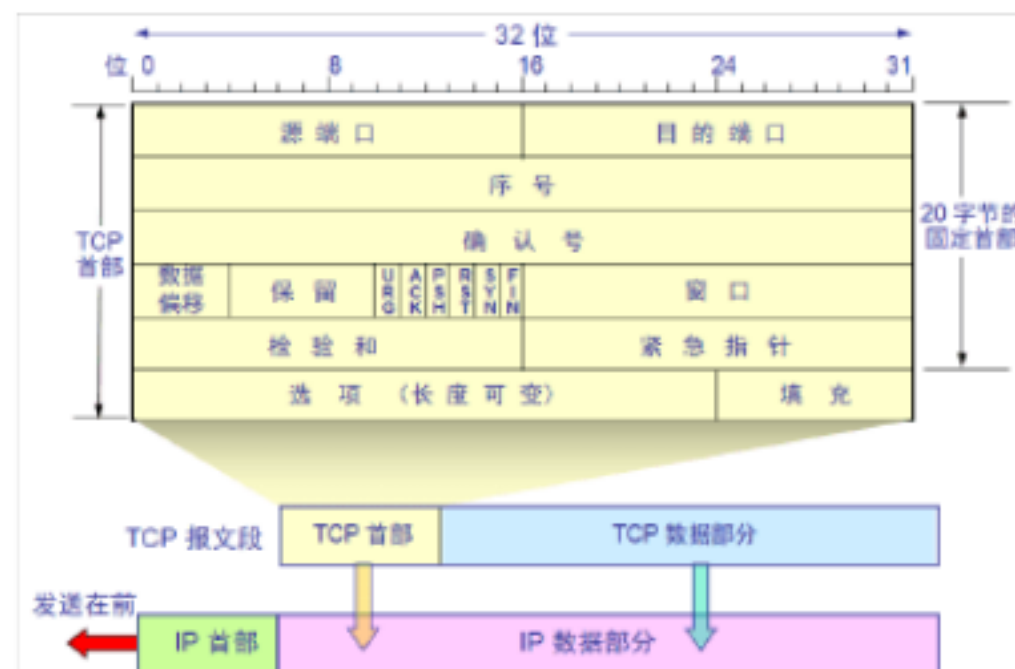
UDP 的主机不需要维持复杂的连接状态表。

UDP 用户数据报只有 8 个字节的首部开销。

网络出现的拥塞不会使源主机的发送速率降低。这对某些实时应用是很重要的。

### 2. TCP( 重点 )

- (1) 传输控制协议 TCP (Transmission Control Protocol)
- (2) TCP是面向连接的可靠的运输层协议
- (3) TCP传送的数据单位的协议时 TCP报文段
- (4) TCP 连接的每一端都必须设有两个窗口——一个发送窗口和一个接收窗口。
- (5) TCP 的可靠传输机制用字节的序号进行控制。 TCP 所有的确认都是基于序号而不是基于报文段。
- (6) TCP 两端的四个窗口经常处于动态变化之中。
- (7) TCP连接的往返时间 RTT 也不是固定不变的。 需要使用特定的算法估算较为合理  
的重传时间。
- (8) TCP报文格式



3. 应用进程之间的通信又称为端到端的通信。
4. 端口就是运输层服务访问点 TSAP。

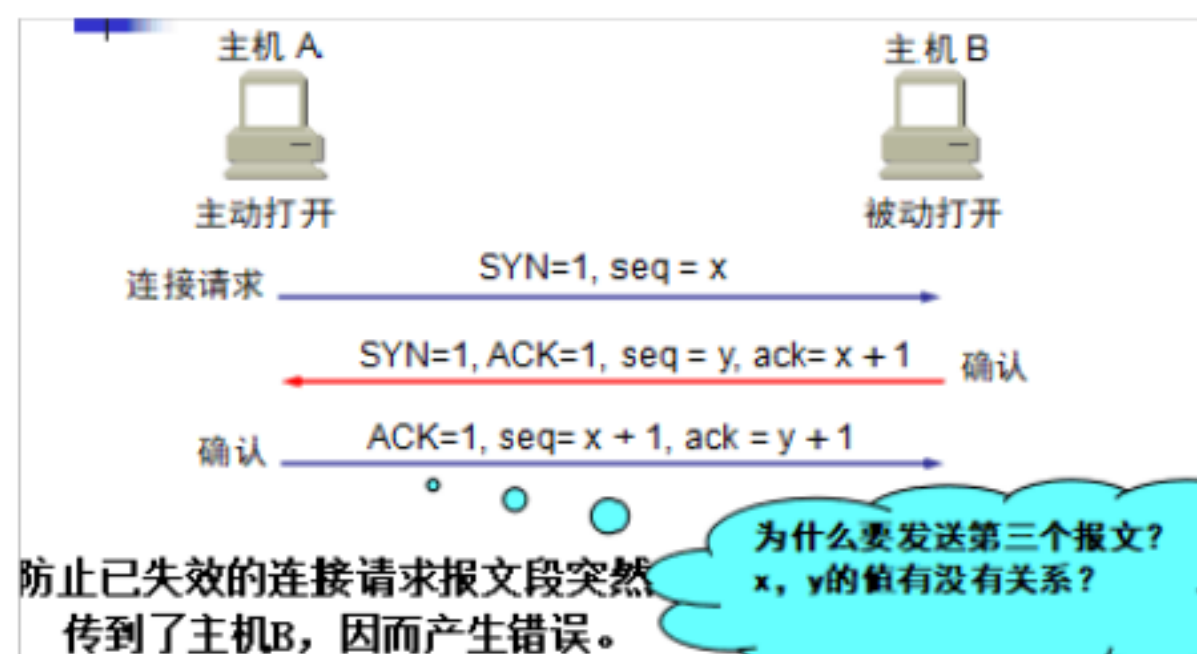
### 使用UDP和TCP协议的各种应用

应用	应用层协议	运输层协议
电子邮件	SMTP	TCP
远程终端接入	TELNET	TCP
万维网	HTTP	TCP
文件传送	FTP	TCP
文件传送	TFTP	UDP
域名解析	DNS	UDP
IP 地址配置	DHCP	UDP
路由选择协议	RIP	UDP
IP 电话	专用协议	UDP
流式多媒体通信	专业协议	UDP

5.

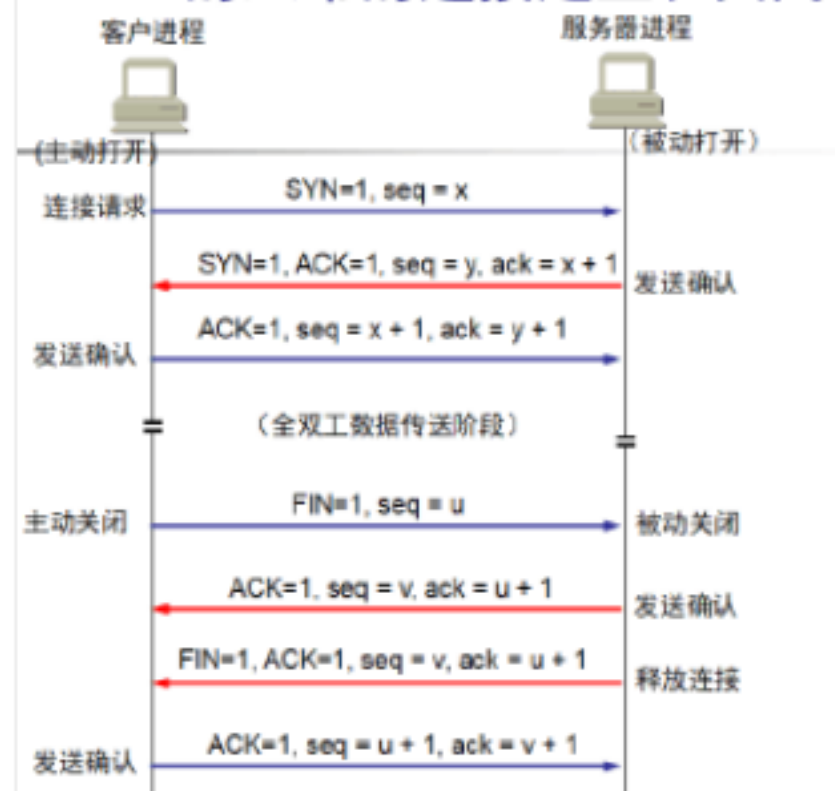
### 6. TCP的运输连接管理

- (1) 运输链接的三个阶段：连接建立、数据传送、连接释放。
- (2) TCP连接的建立都是采用客户服务器方式
- (3) 三次握手建立 TCP连接



1. 建立连接时发送的报文段不包含数据部分。
2. 如果与服务器无法建立连接，客户端就会再次向服务器发送连接请求。在规定的时间内服务器未应答，则连接失败。

### TCP 的正常的连接建立和关闭





## 7. TCP的流量控制

TCP 采用大小可变的滑动窗口进行流量控制。窗口大小的单位是字节。

在 TCP 报文段首部的窗口字段写入的数值就是当前给对方设置的发送窗口数值的上限。

## 8. TCP的拥塞控制

(1) 从大的方面分为 开环控制和闭环控制

(2) TCP的拥塞控制方法

慢开始、拥塞避免、快重传、快恢复。

# 第六章 应用层

## 1. DNS域名系统

(1) 是互联网使用的命名系统，用来把便于人们使用的机器名字转换成 IP 地址。

(2) 域名解析过程

1.客户机提出域名解析请求，并将该请求发送给本地的域名服务器。

2.当本地的域名服务器收到请求后，就先查询本地的缓存，如果有该纪录项，则本地的域名服务器就直接把查询的结果返回。

3.如果本地的缓存中没有该纪录，则本地域名服务器就直接把请求发给根域名服务器，然后根域名服务器再返回给本地域名服务器一个所查询域 (根的子域)的主域名服务器的地址。

4.本地服务器再向上一步返回的域名服务器发送请求，然后接受请求的服务器查询自己的缓存，如果没有该纪录，则返回相关的下级的域名服务器的地址。

5.重复第四步，直到找到正确的纪录。

6.本地域名服务器把返回的结果保存到缓存，以备下一次使用，同时还将结果返回给客户机。

## 2. FTP 文件传输协议 两个数据端口号 21 20 控制连接 数据连接

基本工作原理

主要功能：减少或消除在不同操作系统下处理文件的不兼容性；

使用 TCP可靠的运输服务；使用客户服务器方式；

服务器进程：主进程：接受新的请求；从属进程：处理单个请求；

两个并行的连接：控制连接（端口 21）：会话期间一直打开；数据连接（端口 20）：连接客户端和服务端的数据传送进程。

## 3. 邮件系统 发送 SMTP 接收 POP IMAP 过程

(1)过程

邮件服务器之间采用存储转发的工作方式

邮件服务器之间是通过简单邮件传输协议 ( SMTP) 进行对话，TCP端口号为 25。

发送邮件时，邮件阅读器就通过和邮件服务器建立 SMTP连接，将编辑好的邮件发给邮件服务器；

读取邮件时，邮件阅读器则和邮件服务器通过建立 POP 连接，将邮件从邮件服务器上读取到本地计算机上。

## 4. HTTP 协议 WWW 代理服务器

(1) URL 统一资源定位符

(2) HTTP: 定义了浏览器怎样向万维网服务器请求万维网文档，以及服务器怎样把文档传送给浏览器。

(3) WWW：万维网是一个大规模的联机式的信息储藏所

(4) 代理服务器：又称为万维网高速缓存。把最近的一些请求和响应暂存在本地磁盘中。