

## ★

**计算机网络定义:**以共享资源(硬软件/数据等)为目的连接起来的,在协议控制下,由一或多如计算机,终端设备,数据传输设备等组成的系统集成.这些系统具有独立自主的能力,可独立运行的系统.

**含义:**

- 1 互联性:借助物理媒介(有线和无线)实现
- 2 自主性:计算机之间地理分布、功能实现、操作系统等独立,接入网络不受地点、功能和系统平台限制。
- 3 规范性:通过协议通信,协议是网络工作的基础。

**计算机通信实质:**进/线程之间的通信,各进程间相互制约的等待或互通消息.同系统中,共享内存缓冲区文件;不同系统间,通过网络进行通信,利用线路和中继设备的传输存储处理能力.

**计算机网络通信协议:**是一组约定和规则的集合.通信两实体在通信内容,方式,时序等方面,要亲人相互可理解的协议.

**协议三要素:**

语法,确定双方通信时报文格式;

语义,确定双方通信内容;

时序规则,指出通信双方信息交互顺序.

**计算机网络演变过程:**

单机,单用户独占系统资源,46 年/分时系统,多用户系统,大型机,50 年代末,多用户用多台终端共享单计算机资源,主机轮询终端,获得指令,提供服务,返回结果/远程访问系统,利用通信线路将远程终端连至主机,不受地域限制使用计算机资源,60 年代中后期/网络,多台计算机连在一起,相互共享资源,68 年世界上第一个计算机网络 ARPANET。

**通信子网:**面向数据传输或通信部分资源集合,包括传输线路,交换机的网控中心等硬软件设施。

**资源子网:**面向数据处理资源集合,包括用户主机,应用外设和可共享数据

ARPANethas 200 nodes Cerf and Kahn's internetworking principles:

- 1.minimalism, autonomy-no internal changes required to interconnect networks
- 2.best effort service model
- 3.stateless routers
- 4.decentralized control

define today's Internet architecture。

★ 第二章 (数据通信原理):

**通信系统基本组成:**三要素)信源:信息发送者;信宿:信息接收者;载体:传送信息媒体信道;

**变换器:**将信源发出信息变换成载体可传输格式;

**反变换器:**将载体传输信息变换成信宿可识别处理格式|

**信道:**信息单向传输途径,含传输媒体和中继通信设施;

**传媒类型划分:**有线,能集中导线附近;无线,能向空间发散/

**传方式划分:**模拟,信号衰减,长距需放大器;数字|

**信道带宽,**可不失真传信号频率范围;信道带宽取决于信道的质量,

**设计信道的指标;**信道容量,单位时内可传最大信号量;数据传输速率(bps)

**比特率:**单位时内可传最大比特数/容量带宽正比|

**差错率/误码率  $P_e$** =出错比特数传输/比特总数,与信号传速率和距离正比|

**调制/解调:**利用模拟信道支持数据信息传输的技术

**调制:**将数据信息变换成适合于模拟信道上传输的电磁波(称为载波)信号,(数字-->模拟)

**解调:** 将从模拟信道上收取的载波信号还原成数据信息。(模拟-->数字)

**调制解调器:** 具有调制/解调功能的通信设备。

**调制:** 调幅,调制为不同幅度同频率载波信号;调频,调制为同幅度不同频率载波;调相,用相邻载波相位变化值表示相邻信号是否有相同数据信息值,幅度频率不变|

**调制速率,**

**波特率:** 调制设备每秒可调制符号数,信道秒传输符号数|

**数据传输速率:** 信道单位时间内可传最大比特数|

**调制速率(波特率为 M,调制出每符号有 N 种取值(线路的状态数.数据传输速率= $M \times \log_2 N$  = 波特率  $\times \log_2 N$  |**

**编码:** 将模拟信息转为数字信号的过程;

**解码:** 将数字信号还原模拟信息的逆过程|

**脉码调制技术 PCM:**

**模拟信号转数字信号:** 三步)

**取样,**通过某频率取样脉冲将模拟信息值取出,变连续模拟信息为离散信号;

**量化,**目的是确定取样出的模拟信号数值.对取样离散值取整量化,得离散信号具体数值;

**编码:** 将量化后的值编码成一定位数二进制值.尼奎斯特取样定理:最大频率 F 的模拟信号不失真还原的前提条件是采样频率不低 2F|8 级量化,可用 3 位表示;一般的语音传输,采用 64 级量化,数字传输时占 8 位|

**数字信号发送和接收:** 发送设备据自身时钟分频形成指定频率(发送频率)的数据波(脉冲序列),并发往线路;接收端设备据自身时钟形成指定频率(接收频率)的取样脉冲,对信道数据波进行取样,并通过设置阈值电平识别数据波对应值|

**单极性脉冲:** 无电压或无电流 0,恒定正电压或有电流 1;

**双极性:** 数字信号 0 或 1,同幅度正电压或负电压|

**通信编码:** 用特定电平信号来表 0|1 比特值,并通过计机或其它通设的输入输出端口传输.RS-232 编码,+15V 表数信 0,-15V 表数字信号 1;

**不归 0 交替编码(NRZI):** 比特间隔发生电平变化表 1,不发生电平变化表 0.特点-编码不含同步信息,发/接设备时钟有差异可造成误差积累,造成取样脉冲偏移;

**曼彻斯特编码,**一比特时间一分二,发生低电平到高的变化表 1,高到低表 0;

**差分曼,**一比特时间一分二,当前比特前半电平不同前一比特的最终电平状态(位间电平变)表示 0,相同(位间电平不变)表 1.特点-编码中含同步信息(每比特中部电平跃变信号)接收方可据该同步信息调整接收脉冲的产生,可支持较大数据块传输,要求发送/接收设备能产生较高频率的发/收脉冲,编码效率低,50%;4b/5b 码,光纤应用降成本,5 位(5b)符号表示 4 位(4b)信息用 NRZI 表 5 位符号,要求每符号至少有 2 个以上的 1 比特(跃变)出现.特点-含同步信号,支持批量数据传输,编码效率高,80%|

**传输方式:**

**并行传输,**字符编码各个比特同传,特点=一比特时间内可传输一字符,传速快,每比特传输要一单独的信道支持,成本高,远距离传输时,线间干扰可靠性下降|

**串行传输,**将组成字符的各比特串行发往线路,特点=传输速度低,一次一比特,成本低,只需一道|

**同步传输:** 以多字符或多比特组合成的数据块为单位进行传输,用独特同步模式限定数据块,达到同步接收的目的|

**异步传输,**字符内各比特用固定时间模式,字符独立传输,字符间隔任意,用独特起始和终止位来限定每字符,传输效率低

**|同步技术:** 保证接收方在时间上与发方同步,正确识别和接收发送方的数据.

**位同步:**使接收方可以正确地接收各个比特.

**自同步法:**接收方直接从数据波中获取同步信号(曼码)

**外同步法:**发送方在发数据前,先向接收方发串同步时钟序列,接收方据这时序锁定接收频率;

**字符同步,**使接收方可正确识别数据群,用同步传输时的同步字符,接收方在识别到独特同步字符或同步模式后,开始数据接收

**传输形式:**

**单工传输,**任时刻只许向一方向进行信息传输;

**半双工,**可交替改变方向的信息传输,但在任一时刻,只向一方向传输;

**全双工,**任时刻都可进行双向信息传输

**传输差错处理,**目的:保证信息传输正确性,噪声导差错,无此能力的系统是不可用系统.

**法一:反馈重传法(ARQ)**①发送方发检错码②接收方据代码的编码规则,验证接收到的代码,将结果反馈给发方③发方据反馈结果决定是否重传,若未正确接收,重传④在规定时间内,若未收到反馈结果,则发方可认为传输出错,执行重传;

**停-等协议:**发送一块数据,计时.等待接收方的反馈结果,若接到否定确认,重传本块,若收到接收确认,发送后继数据,若超时,重传本块.半双工方式,特点=控制简单易实现,等待验证效率低

**滑动窗口协议:**①发方一次连发多块②收方对每块数据差错分析,若发现错,立反馈发方③收方可对收到的多个正确块一次性确认④发方据反馈结果,重发指定块或重发指定块及其后所有块或者发送后续块.其中窗口尺寸为 $\leq (\text{MaxNum}+1)/2$ (原因会分析),发送方的窗口在发送帧时缩小,接受确认消息时扩大;而接受方的窗口在接收消息时缩小,发送确认消息时扩大.特点=提高信道利用率,全双工方式,控制复杂

**法二:前向纠错法(FEC)**发方发送具有纠错能力的编码;收方据编码规则纠正传输中差错.特点=无需反馈信道,编码复杂,纠错力有限

**检错码=信息字段+校验字段(冗余字段).**校验字段和信息字段之间存在相关性联动性.

**传输顺序:**信息字段在前,校验字段在后|奇/偶校验码的校验字段仅占一个比特(一位校验位)

①**水平奇/偶校验码**(可发现奇位错)校验位的取值应使整个码字(包括校验位)中为1的比特个数为奇(偶)数.例信息字段 0110001 奇校验码 01100010 偶校验码 01100011 编码效率:  $Q/(Q+1)$ , 信息字段占 Q 个比特.异步传输方式中采用偶校验,同步传输方式中采用奇校验

②**垂直奇/偶校验码**(可发现有限位错)将被传输的信息进行分组,组中每个字符的相同位进行奇/偶校验,编码效率  $PQ/P(Q+1)$ ,假设信息分组占 Q 行 P 列

③**水平垂直奇/偶校验码**,可用于纠一位错,同时实施水平,垂直校验,只能使用偶校验.信息分组占 Q 行 P 列,编码效率  $QP/(P+1)(Q+1)$ 正反码,编码效率 50%,可纠一位错.发方:校验与信息字段占相同位数.奇个 1,校验字段=信息字段,偶个 1,校验字段=信息字段反码;收方:合成码=信息字段与校验字段按位相加.信息段奇个 1,校验码组=合成码组,偶个 1,校验码组=合成码组的反码;校验码组,一个 0,信息字段对应位错;一个 1,校验字段对应位错;其它多位错|循环校验码(CRC)采用多项式除法,得余数,作为校验字段,拼到最后,接收方收到后,将收到的字段除以相同的生成码,能够除尽,则正确,否则,错误。|

**(数据链路层) 传输控制规程.**目的:协调通信双方的动作,保证数据信息传输的正确性.异步传输控制规程:实现以字符为单位的传输;同步传输控制规程,实现以多个字符或比特组合成的数据块为单位的传输|面向字符型的传输控制规程(支持字符数据传输).

**规程实例,**二进制同步通信规程(BSC),目标=支持任意字符型数据在计算机之间的传输,当用于支持位序列传输时,位序列将以 7 位或 8 位(有校验位)一组形成字符,不足位补 0,最终形成字符串.用户以其他方式说明位序列的实际长度|数据块组成和歧义问题的解决.

**字符转义:**区分控制字符和数据块中的假控制字符,在控制字符前前缀转义字符 DLE 形成特定语义的控制字符组,增加匹配控制字符组的难度;

**字符填充:**在数据 DLE 前再增加一个 DLE,使其转义为一般字符,避免数据中同时出现 DLE 和控制字符时可能的歧义|

**面向字符型传输控制规程**特点:半双工的停-等协议,超时重发,传输效率低.数据块和控制序列格式不统一,易引起二义性.控制序列的差错校验能力仅依赖于控制字符本身的字符奇偶校验,可靠低.以字符传输为目标,适用性弱.仅需要很少的缓存容量,规程简单,易于实现|

**面向比特型的传输控制规程**,支持任意二进制数据的传输/

**帧:**通信双方交换的最小单位,比特序列.帧的组成:帧间隔符,比特序列,终止标志;

**站:**发送和接收帧的实体.

**主站,**控制整个链路的工作.

**次站,**受主站控制,只发出响应的站.

**组合站,**兼有主/次站功能的站;

**链路,**支持帧传输的信道.

**非平衡结构:**由一个主站和一个或多个次站组成,支持点-点,点-多点操作.

**平衡结构,**由两个组合站组成,适用于点-点操作|

**数据传输模式**①正常响应模式(NRM):主站具有选择,轮询次站的能力,并可向次站发送命令或数据;次站只有在主站询问时才能作为响应传输数据②异步响应模式(ARM):主站具有初始链路,差错校正和逻辑拆链功能;次站可以主动传输数据③异步平衡模式(ABM):任一组合站均可控制链路,主动传送数据|一般帧结构: 起始标志 地址字段 控制字段 信息 校验码 结束标志。“0”比特插入法: 避免帧内出现间隔符‘01111110’模式。发送方: 逢 5 个‘1’, 自动插入一个‘0’; 接收方: 若 5 个‘1’后为‘0’, 移去‘0’; 否则帧结束: |

**HDLC 窗口机制:**提高效率的保障/

**传输窗口:**通信双方同意在同一条链路上连续使用的信息帧序号/

**窗口尺寸:**通信双方协商同意的在同一条链路上可连续发送且未被认可的信息帧个数;

HDLC 窗口尺寸确定为 7,即任一方可以最多连续发送 7 帧无需对方的确认,帧序号循环使用(模 8);在信息帧中用  $Nr, Ns$  来表示当前窗口的情况/捎带应答:允许在反向传输的信息帧中附带确认信息/超时重发:超时表示传输故障,准备重发所有未被确认的帧/发送方每发送一信息帧,计时,直到收到接收方的确认(包括捎带应答),若超时则重发/接收方在正确接收到信息帧后,计时;若有数据待发,发送且携带应答;否则若在一一定的时间内未收到后继信息,则发 RR 帧,准备继续接收后续帧|HDLC 数据传输过程: 建立链路->传输信息帧->拆除链路|

**HDLC 特点:** 采用统一帧格式实现数据, 命令和响应的传输; 采用 0 位插入法: 使得规程可以支持任意的位流传输, 保证信息的透明性; 采用窗口机制和捎带应答, 提高传输的效率; 采用帧校验序列, 提高了信息传输的效率|

**多路复用,**提高线路利用率,使多路信号可共用一信道,将多路信号组合在一条物理信道上传,充分利用信道容量

①**频分多路复用(FDM)**主要用于模拟信道的复用(铜线,微波线路)/原理:对整个物理信道的可用带宽进行分割,利用载波调制技术,实现原始信号的频谱迁移,使多路信号在整个物理信道带宽允许范围内,在频谱上不重叠,从而共用一个信道

②**时分多路复用(TDM)**主要用于数字信道的复用/原理:当物理信道可支持的比特传输速率(bps)超过单原始信号要求的数据传输速率时,可将该物理信道划分成若干时间片,将各时间片轮流地分配给多路信号,使它们在时间上不重叠.习惯上,将各子信道组合结果为帧

③**波分多路复用(WDM)**类似①,将不同路信号调制成不同波长光,借助于光纤信道传|

、T1 系统(北美):24 路/帧,8bit/路,帧/125 微秒,帧长度: $24 \times 8 = 192\text{bit} + 1$ (同步位),传输速率: $193/125 \text{ 微秒} = 1.544\text{Mbps}(1.536\text{Mbps})$ /借助 T1 系统的语音传输.适用频率:4Khz;采样频率:8Khz(1 次采样/125us);量化级:256(8 位);传输速率:64Kbps;24 路语音信息的传输.E1 系统

(欧洲):32路/帧,8bit/路,125微秒/帧;传输速率: $32 \times 8 / 125 \text{ 微秒} = 2.048 \text{ Mbps}$ ;0路和16路用于同步和控制信号;E1系统可支持30路语音信息的传输|(3)波分多路复用(WDM)类似频分多路复用(FDM),将不同路信号调制成不同波长的光,借助于光纤信道传输。集中传输,对多路复用技术改进。

**多路复用特点:**各子信道(频分多路复用中子频段,时分多路复用中时间片,波分多路复用中波长)被静态地分配给各路信号传输,接收方可直接通过识别固定子频段,时间片或波长来完成信号分离。

**不足处:**信道利用率不高,信号的传输间断,在某时刻子信道会出现空闲|数据传输的过程实质上是数据交换的过程。

### 数据交换方式

①**线路交换**(电路交换),跳线接续工作方式,无存储能力,原理类似于电话;过程:建线路,占线路并传数据,释放线路.特点:独占性,线路利用率较低,易引起建链时拥塞;实时性好,传输延迟小(近似线速,使用整个线路资源);线路交换不提供任何缓存装置,数据透明传输;收发双方自动进行速率匹配(交换机设备比较简单)

②**报文交换**(存储—转发报文交换)利用结点的存储能力提高线路利用率;中间结点由具有存储能力的计算机承担;用户信息(报文)加目的地地址,传给中间结点;中间结点暂存报文,据地址确定输出端口,排队等待线路空闲时再转发给下一结点,直至终点.特点:存储—转发.不独占线路,多用户的数据可以通过存储和排队共享一线路,无线路建立过程,提高线路利用率;报文中增加地址字段,结点根据地址字段进行复制和转发;可以支持多点传输(一个报文传输给多个用户);中间结点可进行数据格式的转换,方便接收站点的收取;增加差错检测功能,避免出错数据无谓传输.不足处:存储—转发浪费线路资源;报文长度未规定,只能暂存磁盘,读盘占额外时间;任何报文都须排队等,PIPO,公平性不足;报文交换难以支持实时通信和交互式通信要求

③**分组交换**,关键是分组长度选择,结合线路交换和报文交换两优点,优化性能;类似报文交换,只是它规定了交换设备处理和传输的数据长度,将长报文分成若干个小分组传输.不同站点的数据分组可交织在同一线路上传,提高线路利用率.分组长度固定,中间结点可以采用高速缓存技术来暂存分组,提高了转发速度.分组长度有限,可以较早利用后继线路资源|

### 线路交换和分组交换比较

①分配通信资源(主要是线路)方式.线路交换:静态分配线路,线路资源浪费,接续困难;分组交换:动态(按序)分配线路,提高线路利用率;使用缓存技术暂存分组;可能出现内存资源耗尽,丢弃分组的现象

②用户的灵活性.线路交换:信息传输透明,用户自行定义传输信息内容\速率\体积\格式,因此可以同时传输语音\数据\图像;分组交换:半透明传输,按照分组设备的要求使用基本参数

③数据传输实时性.线路交换:接续难,传输快;分组交换:基本满足要求

④资费情况.线路交换网络:依赖通信距离和使用时间;分组交换网络:传输的字节或分组数和连接时间|

**数据报**—面向无连接的数据传输.借鉴报文交换思想.传输的分组称为数据报.当一对站点之间需要传输多个数据报时,由于每个数据报均被独立地路由,排队和传输,在网络中可能会走不同的路径,产生不同的时间延迟.按序发送的多个数据报可能以不同的顺序达到终点.站点必须具有存储和重新排序的能力|

**虚电路**—面向连接的数据传输.借鉴线路交换思想,但电路是虚拟的.采用多路复用技术,物理媒体被理解为由多个子信道(逻辑信道—LC)组成,子信道的串接形成虚电路(VC),利用不同的虚电路来支持不同的用户数据的传输.虚电路进行数据传输的过程:虚电路建立,数据传输,虚电路释放|

**永久虚电路:**在两个站点之间事先建立固定的链接,占用固定的逻辑信道,类似于存在一条专

用电路,任何时候,站点之间都可以进行通信;

**呼叫虚电路:**根据需要,动态建立和释放虚电路

**数据报和虚电路比较.**

数据报:传输无需连接建立和释放过程;每个数据报中需带地址信息,占用信道资源;用户的连续数据块会无序到达目的地,接收站点处理复杂;当使用网状拓扑组建网络时,任一中间结点或者线路故障不会影响数据报传输,可靠性高;数据报较适合站点之间小批量数据传输/

虚电路:传输需连接建立和释放虚电路过程;数据分组中仅含少量地址信息,用户的连续数据块沿着相同路径,按序到达目的地,接收站点处理方便;若虚电路中的某个结点或者线路出现故障,将导致虚电路传输失效;虚电路方式较适合站点之间大块数据传输

### ★ 第三章 (计算机网络体系结构和协议)

**计网标准化目的:**定义和描述一组用于计机及其通信设施之间互连的标准和规范,遵循这组规范可以方便地实现计机设备之间的通信

**OSI/ISO 模型设计思想:**抽象标准的本身独立于实现的具体环境,确定总体框架和模块的接口方式,确定模块可提供的服务,确定模块的协议规范

**设计方法:**分解将整个系统功能分解为子模块,通过对子模块的功能,交换的数据结构和时序进行约定,协调模块之间的动作,保证系统设计的合理性和互操作性,根据子模块间的依赖关系,采用具有层次结构的模型与之对应

**OSI 相关术语 开放** 所遵循的标准是开放的,遵循标准的系统式开放的,允许接受请求,同构和异构系统之间对等开放。开放系统互连 遵循 OSI 标准的开放系统之间的通信。

**|OSI/RM 的层次-七层体系结构:**

①物理层(PH),包括数据编码,数据速率,传输方式,确定物理设备接口规范,提供点-点的比特流传输的物理链路.通过规定物理设备和物理媒体之间的接口技术,实现物理设备之间的比特流透明传输(包括 DTE—DTE 和 DCE—DCE 之间的比特流传输)

②数据链路层(DL) (包括前面的传输控制规程),利用差错处理技术,提供高可靠传输的数据链路.流量控制技术(对比网络拥塞通信子网中输入、出负荷超过路由功能)(等一停协议,窗口机制【窗口大小取决于接收端】),解决速度不匹配的问题;差错处理技术,变不可靠的物理连接为可靠的数据链路,从而保证点-点的数据传输正确性.数据链路是指活动着的物理连接,通信之前,收/发双方互相联系而建立;传输完毕,双方协商而释放;媒体访问控制:多个设备连接到一条线路上

③网络层(N),基于分组交换,通信子网协议最高层,提供面向连接的虚电路-ATM 网和数据报的因特网,利用路由技术,实现用户数据的端-端传输.提供编址,逻辑寻址和路由技术,确保用户数据可以端-端传输;利用复用/解复用技术,将一条 DL 划分为若干条逻辑电路(称为逻辑信道 LC),并且采用 LC 号来区分不同用户的数据,实现多对用户的数据可以交织在同一条数据链路上传输;提供分组/组装功能,实现用户数据的分组和组装,提高链路利用率

④运输层(T),屏蔽通信子网差异,以及用户要求和网络服务之间的差异;利用低吞吐量、低速率和高传输延迟的网络支持用户高速传输数据的要求;利用高吞吐量、高速率和低传输延迟、且高费用的网络支持用户低传输成本的要求;利用有限分组长度的网络支持用户的大数据块传输;利用差错率较高的网络支持用户高可靠数据传输的要求;避免网络拥塞

⑤会话层(S),提供控制会话和数据传输的手段;利用令牌技术来保证数据交换、会话同步的有序性;拥有令牌的一方可以发送数据,或执行其它动作,令牌可以被申请和转让;利用活动和同步技术来保证用户数据的完整性;并让用户知道整个交换的过程;利用分段和拼接技术来提高数据交换的效率;多块用户数据可以合并在一起进行传输;利用重新同步技术来实现用户会话的延续性;支持传输过程中的故障恢复

⑥表示层(P),解决异种系统之间的信息表示问题,屏蔽不同系统在数据表示方面的差异;协商传送语法,并执行抽象语法和传送语法之间的转换,通过这种转换来统一表示被传送的用户数据,使得通信双方都可互相识别

⑦应用层(A),利用下层的服,支持各种应用服务要求.

**N 层表** OSI 层次中任一;N+1 层表指定层次的上邻层;N-1 层表指定层次下邻层

**对应电话层次体系解释.**

物理层:话机—交换机—交换机—话机的点到点物理连接;

数据链路层:点到点连接的可靠性(话音质量);

网络层:交换机的协作,支持话机—话机的沟通;

运输层:需求和支持能力的匹配;

会话层:会话时序控制(习惯);

表示层:表达语言的匹配(包括翻译);

应用层:商讨具体事务|

**层间通信.**

**相邻层之间通信:**相邻上下层间通信;属于局部问题,标准中只定义了通信内容,未规定这些内容的表现形式和层间通信实现具体方法;

**对等层间通信:**不同开放系统中的相同层次之间的通信,对等层实体之间的信息交换;

OSI 标准为每层的通信都严格定义了协议数据单元格式.对等层间的通信是目的(对等层实体的协作保证该层功能和服务的实现);相邻层间的通信是手段(保证对等层实体之间的通信得以实施)通过相邻层之间的通信,来实现对等层之间的通信.(为了保证各层服务的实现,要求各层实体的合作,但是对等实体之间没有直接的通路,必须借助相邻下层的服来实现,这种过程继续下去,直至物理层进行实际的数据传输)|

分层导致了层间通信的问题:对等层间通信,相邻层间通信,两者间的关系(目的和手段);只有执行相同协议的对等层实体之间才能进行有意义的通信;数据单元的形成,层层封装,通信的有效率下降|

**数据类型**

**数据单元(DU):**OSI 环境中交换的数据;

**服务数据单元(SDU):**相邻层间交换的数据单元,SDU 为服务原语的表现形式;

**接口数据单元(IDU):**相邻层界面上体现的数据单元,IDU=SDU+接口控制信息;

**协议数据单元(PDU):**对等层间交换的数据单元,PDU 的内容和格式由协议精确地定义;

(N)PDU 作为(N-1)SDU 的一部分,传递给下层,直至对等层实体;(N)SDU=SCI(服务控制信息)+(N+1)PDU;(N)PDU=PCI(协议控制信息)+(N)SDU|

**OSI 通信特点:**规定接口,有利于各个子模块独立设计,提高设计的灵活性兼容性;严格定义交换的信息,有利于互操作;层次过多,数据处理过多,耗费了大量的资源;控制信息层层增加,通信效率随着层次的增加而降低|

**OSI 环境下的数据传输方式**

(1)**面向连接:**对等实体在传输 PDU 之前,必须建立连接,整个过程包括①建立连接:包括鉴别对等实体的身份,协商数据传输时控制信息②传输数据:包括传输用户数据,为了数据传输而进行的交互控制③释放连接:释放双方已经建立起来的连接.特点:传输数据和释放连接时,无需携带地址信息,所有的动作均基于已经建立的连接

(2)**面向无连接:**对等实体在传输 PDU 之前,无需首先建立连接,传输的数据中须携带地址信息,有关控制要求只能静态约定

**OSI 实现的基本原理/方法:**设计虚拟模型(如:协议/虚拟文件),实现虚/实映射(如:数据/协议负载)|

**局域网**是允许中等地域内的众多独立设备通过中等速率的物理信道直接互连通信的数据通信系统|

**服务原语**：要么完全执行，要么不；

**层服务被引用的接口**：分两类：无确认和有确认。**Request** 原语  $n+1 \rightarrow n$ ；**confirm** 原语  $n \rightarrow n+1$ ；**indication** 原语  $n \rightarrow n+1$ ；**response** 原语  $n+1 \rightarrow n$

#### ★ 第四章（局域网）：：：：：：

##### （1）LAN 的描述或者特性

—**传输媒体**：双绞线、同轴电缆和光纤（光缆），在特殊的环境下，也可以考虑使用微波、红外线 and 激光等无线传输媒体；

—**传输技术**：使用传输媒体进行通信的技术，常用的有基带传输和宽带传输；

—**网络拓扑**：指组网时的电缆铺设形式，常见的有总线形、环形和星形，局域网的网络拓扑描述对应网络中数据收发的方式。

—**访问控制方法**：网络设备访问传输媒体的控制方法，常用的有竞争、令牌传递和令牌环等。

**（2）LAN 的特点**：网络覆盖范围小，25 公里内；选用较高特性的传输媒体，高的传输速率和低的传输误码率；硬软件设施及协议方面有所简化；媒体访问控制方法相对简单；广播方式传输数据信号，不考虑路由选择和忽略 OSI 网络层|

**（3）站地址**：标识局域网中设备的形式；通用格式：由网络设备制造商指定的地址，通常占 48 比特 本地管理地址格式：管理员分配，网络内有效，通常为 16 比特|

##### 传输方式

**（1）基带传输**：保持数据波的原样进行传输；常采用时分或波分多路复用技术支持多路信号传输，信号传输将占用整个信道的带宽；数据波信号的传输会随着距离增加而衰减，随着频率增加而容易发生畸变，因此基带传输不适合高速和远距离传输

**（2）宽带传输**：采用调制的方法，以连续不间断的电磁波来传输信号；常采用频分多路复用的技术，支持多路信号的传输；与基带传输相比，具有较高传输速率和抗干扰能力。无论基带/宽带，都可保证结点间数据传输|

**传输方向**：信号在媒体中的传输方向

**（1）基带传输**：基带信号可以同时向两个方向扩散，直至被终端适配器吸收

**（2）宽带传输**：模拟信号仅向单个方向传输|

**传输距离**：基带传输：信号同时向两个方向扩散，传播时间与实际距离成正比，实际距离最远的两个结点之间的信号传播距离也最远；宽带传输：信号仅向一个方向扩散，传播时间与实际距离不一定成正比，相邻两结点传播距离可能最远，传播距离正比于至转换/连接器的距离|

**局域网逻辑结构**：局域网中存在多种类型的传输媒体以及多种解决媒体共享的方法，数层分为逻辑链路控制子层，媒体访问控制子层；LAN 差别体现在物理层和 MAC 子层。

**局域网中逻辑链路层(LLC)的作用**：屏蔽不同的媒体访问控制方法，以向高层(网络层)提供统一的服务和接口|

**总线型局域网**：所有结点通过专门网卡附接到一条总线上；所有结点的信息都发送到同一条总线上；所有结点都从同一媒体上收取信息；防止信号反射，总线两端用终接器，吸收信号。采用分布式方式工作，结点间不存在控制关系。应解决的问题：对总线的访问和控制|

**载波侦听**：侦听媒体是否空闲(说前先听)；

**多路访问**：多个结点共享媒体，多个结点同时获取信息；

**冲突检测(CSMA/CD—竞争总线)**：监听媒体，检测冲突(边说边听)

**二进制退避算法**：错开重发时间，使之随失败次数增多而增加。等待时间为 0 和  $2^i-1$  之间的随机数乘以 51.2us。



帧格式: CSMA/CD 前导码 F、帧开始标志 SFD、信宿地址 DA、信源地址 SA、数据长度 L、用户数据 DATA、填充字段 PAD 和帧校验序列 FCS。|

帧最小长度需求说明:CSMA/CD 要求整个帧长度应不小于 64 字节。

目的:保证发送结点可对发生的冲突进行有效检测。帧发送完前,应保证所有结点都可侦听到媒体上有信息在传,从而暂停发送动作;或若某个其他结点也启动发送过程,则结点应在发送完帧之前感知到冲突信号,基带传输,整个帧发送时间不小于信号在网中传播距离最大的两个节点传播时间两倍,宽带: 离连接器最远节点和连接器传播时间 4 倍|

**CSMA/CD 特点:**竞争总线,各结点抢占对共享媒体访问权;结点共享媒体,任时刻只一个结点可发信息;任何一个结点故障不会影响整个网络工作,维护方便,增删结点容易;轻负载时冲突少,效率高;重负载时冲突概率加大,效率低;发送时间难预测,可能不适合实时传输|

**基于总线以太网特点:**采用 CSMA/CD 工作模式共享总线;重负载时碰撞多,性能降;协议简单控制方便;用户多,造价低;接入结点时,需割缆,易引起碰线导致整网瘫;不利于故障查找,搬迁和布线。改进:采用双绞线代替同轴缆|

**令牌总线.总线拓扑,**半双工, CSMA/CD 无序地使用总线一竞争;Token-Bus 有序地访问总线一令牌.令牌是结点获得总线使用权的标志|

**逻辑环路:**结点之间通过有序传递令牌(特定比特模式)来分配各结点对共享型总线的访问权利,形成闭合的逻辑环路;为了保证逻辑闭合环路的形成,每个结点都动态地维护着一个连接表,该表记录着本结点在环路中的前继,后继和本结点的地址,每个结点根据后继地址确定下一占有令牌的结点|

**令牌维护**①令牌传递:拥有令牌的结点,执行环路维护工作,传递令牌给后继结点②多个令牌的处理:简单地丢弃令牌,回到原接收状态(目的在于减少环路中令牌的个数)可能产生的后果:令牌丢失③令牌丢失的处理:所有感知环不工作的结点,采用竞争总线的方法争夺生成令牌的权利,“环不工作计时器”超时,丢失,各结点发“要求令牌命令帧”,冲突,最长帧获得令牌,进行环路重构。

**环路重构:**令牌获得者发“请求后继命令帧”,限定范围,多个结点用“冲突解决”响应,再限定范围,直到一个结点,此为后继结点。

帧格式: 前导码 P、帧开始标志 SD、帧控制字段 FC(08H 是令牌)、信宿地址 DA、信源地址 SA、数据字段 DATA、帧校验序列 FCS、帧结束标志 ED |

**令牌总线网特点:**令牌传递,使所有结点可对媒体进行公平和有序访问;可传输多种类型的帧,无最小帧长限制,控制方式复杂;整个网络具有最小传输延时,无数据可传输的结点,仍然需要处理令牌的传递和进行环路维护工作;可估算整个网络具有的最大发送延时,帧长度,最大令牌占有时间和入网结点数后,可估算出每个结点的最大发送延时;令牌总线网适合具有一定实时要求环境|

**令牌环: 环形局域网,**通过结点环中继(RPU),具有共享性。原理:令牌绕环传递,发送数据结点将数据组成 MAC 帧,获得令牌后发送,发送节点收到绕环一周后撤出该帧释放令。支持结点有序地访问环路,优先级预定和处理机制。

帧格式: 访问控制字段 AC: Pr、T(0 为令牌)、M(监视位,发送节点置 0,监控器置 1)、Rr。令牌帧 SD+AC+ED 信息帧 SD+AC+FC+DA+SA+DATA+FCS+ED+FS(帧状态标志,包含 A 和 C)|

**工作过程:**帧中包括本帧优先级(Pr)和预定优先级(Rr),结点有待发帧优先级(Pm)。

1 结点组装帧(FC-FCS), 监听环路;

2 如获得是令牌帧,比较 Pm 和 Pr,如大等,AC 中 T 置 1,要发信息帧,Pr 置 Pm, Rr 置 0;如小,转发令牌;

3 如是信息帧,分析信宿,比较 Pm 和 Rr。本地收,复制帧,置 FS (A 地址确认 C 信息复

制)。如小等,转发信帧;如大,置 Rr 为 Pm 预约,转发帧;

4 源收到绕环信息帧,分析 FS(A 和 C),比较 Pm 和 Rr; FS 正确,发新帧。如小,传递令牌,Pr 置 Rr, Rr 置 0; 如大等,继续发信息帧,置 Pr 为 Pm, Rr 为 0; 不要发信息,则释放令牌,置 Pr 为 Rr, Rr 为 0。规定每个节点占用令牌最大时间。

**特点:**所有结个节点的发送延迟可以计算,用于实时|

**光纤分布式数字接口(FDDI)特点:** 环形,双环(可靠和较高速率),发送数据后释放令牌,可发多个帧,数据编码: 4b/4b 或交替不归 0,长距离(光纤),高可靠性。

**PMD (物下):** 定义物理部件和接口; **PHY(物上):** 定义编码,符号和时钟。

**帧格式:** PA+SD+FC+DA+SA+INFO+ED+FS 令牌帧 PA+SD+FC+ED

**工作原理:** 令牌绕环点共享环路;环路中仅有一个帧;高优先级帧优先获令牌;容许连续发帧;具有令牌占用时间,每传递;访媒获得令牌发送信息,传递令;所有结点对信息帧校验,置 E (传输差错位);只有接收结点接收帧,置 A、C;发送结点根据绕环一周的信息帧 FS,确定后继动作。

容错的原因:冗余设计,双环结构,使得结点能够自动检测环路故障,并予以部分恢复|

**定时令牌协议:** TTRT 令牌循环时间,初始化形成,值包括各站传递令牌时间、发送同步、异步帧和环道延时时间; TRT 令牌循环定时器,环结点对两次接收令牌时间计时,是 THT 初值; THT 令牌保持计时器,由 TRT 设置,并以保持的值计时,  $THT < TTRT$  时可发异步帧,用于控制发异步帧数量。|

**FDDI 和令牌环网的性能比较(媒体,速率,编码,令牌产生,环路帧数,令牌协议):** FDDI(光纤/双绞线, 100Mbps, 4b/5b 编码,发送后产生令牌,多个帧,定时令牌);令牌环(屏蔽双绞线, 4 或 16Mbps,差分曼特斯特,回收后产生令牌,一个帧,优先级预约)|

**局域网中逻辑链路层(LLC)作用:** 屏蔽不同媒体访问控制方法,以向高层(网络层)提供统一服务和接口。

## ★ 第五章(广域网)

**帧中继特点:** 取消链路层的差错处理,将网络层和链路层相融合,减少层次间的接口处理,提高处理效率;用光纤作为传输介质,传输误码率低;将分组重发、流量控制、纠正错误、防止拥塞等功能交与端系统,简化节点处理,降低网络延时,形成了一种精简优化的网络传输机制;面向连接的数据传输服务(虚电路);使用帧中继,减少接入成本。

**ISDN 目标:** 将数字电话和数据传输相融合,即将电话网络用语传输音频、视频及文本数据。

**综合服务:** 载体服务、远程服务和增值服务。

**基本速率接口 BRI:** 由两个 64Kbps 的 B 信道和一个 16Kbps 的 D 信道 (2B+D) 组成,通常速率为 144Kbps。两条 B 信道支持语音和数据传输;一条 D 信道用语传输控制信号和数据。适用于家庭或小型企业。主速率接口 PRI: (每帧 193 位) 主要支持企业用户接入 ISDN 网,北美及日本 23B+D,支持 23 个 64Kbps 的 B 通道和一个 64Kbps 的 D 通道,速率达 1.544Mbps;欧洲 30B+2D 接口,支持 30 个 64Kbps 的 B 通道和一个 64Kbps 的 D 通道,速率达 2.048Mbps。基本速率接口分析: B 和 D 信道对应于帧的 B1(16 位)、B2(16 位)、D(4 位)。BRI 发送速率为每秒 4000 帧,及 250us 一帧。因此得到 B 和 D 信道速率分别为 64Kbps (16 位/帧\*4000 帧/秒) 和 16Kbps (4 位/帧\*4000 帧/秒),总数据速率为 192Kbps,实际用户为 144Kbps。

**ATM 虚电路原理:** 复用/解复用技术,物理链路逻辑上分为虚拟路径 VP,VP 分为多条虚拟信道 VC,每条 VP 和 VC 都有标识符(VPI 和 VCI,包含在信元头中),VPI 和 VCI 的组合唯一地标志一条 VC,支持一对用户信息单向交换。

**ATM 连接建立:** VPI/VCI 映射的建立过程。VP 对应交换机端口和端口的线路,VC 对应其

中的逻辑信道：信元交换基于已建的虚拟连接。

**信元交换实现方法：**时分交换和空分交换结构

## ★ 第六章(网络互连)

**网络互连的目的：**将两个或者两个以上具有独立自治能力的计算机网络连接起来,实现数据流通,扩大资源共享范围,或容纳更多用户.网络互连包括同构网络,异构网络的互连,并主要体现在局域网与局域网(LAN/LAN)的互连,局域网与广域网(LAN/WAN)或者局域网经广域网的互连|

**网络互连的优点：**扩大资源共享的范围,容纳更多的用户;提高网络的性能,子网性能;降低成本;提高安全性,统一监控和管理;提高可靠性,子网和冗余|

**网络互连部件和子网之间的关系：**协议转换包括协议数据格式的转换、地址映射、速率匹配、网间流量控制等,不转发子网特有的控制信息|

**网络互连的原则：**对原有网络的硬件和软件或者网络结构和协议不应作太大的修改；执行网络互连的部件应当具有协调子网不同特性的能力，例如：编制方案，分组大小，访问机制和协议转换等，不应为提高网络之间的传输性能而影响各个子网内部的传输功能和性能|

**互连部件作用：**低层协议的转换;原则上可以对应到 OSI 的任何层次/

物理层:转发器;

链路层及以下层:网桥;

网络层及以下层:路由器;

运输层及以上层:网关

### 网络互连部件

(1)转发器(中继器,集线器)①目的:延伸网段,改变传输媒体②过程:信号(含噪声)接收和再生③形式:电缆延伸、光电转换等④特点:延伸网段,信号(含噪声)接收和再生;易于实现,成本低;通过转发器互连的设备处于同一广播域,一个结点发出的信息被域中所有结点感知,限制了域中结点数

(2)网桥(含交换机)①目的:互连两个独立的,仅在低两层实现上有差异的子网,完成冲突域的划分②过程:信息帧的转发(含异构网互连时的重新封装)③功能及特点:网络层以下的协议转换,帧格式转换,速度匹配,地址过滤,帧限制,监控功能,缓存能力,透明性,地址学习-逆向学习法

(3)路由器①目的:互连两个或多个独立的同构或异构的网络,形成广域网②过程:分组的封装和转发,屏蔽3层以下的差异,OSI网络层主要功能:路由选择一路由器③路由器主要功能:寻址(运行路由算法 RIP OSPF BGP),路由选择,分组分段/合段,格式封装,存储—转发(分组过滤)路由器功能主要由软件完成,效率较低,高性能的路由器具有高的价格。

(4)网关①目的:支持更高层的协议转换(主要是应用协议的转换)②实施方法:软件实现③实质:解出对应层的用户数据,用新协议进行封装和传输|二层/三层交换(L2/L3 交换) L2 交换:交换机根据帧的宿地址和映射表,不作修改地交换至输出端口;交换对象:帧。L3 交换:工作在网络层,实现 OSI 下三层的数据交换,交换对象是数据分组,不是数据帧。根据分组的宿地址和路由表,在路由器上实现分组的交换。根据应用的不同选择不同的交换网络设备;当需要跨越广域网互连时,必须选择路由器;

**主要网络设备：**网络适配器(卡)、共享式集线器(HUB)、交换器(Switch)、路由器(Router)。

**三层交换机：**互联相同类型的网络(以太网+TCP/IP 协议),相对于路由器要简单得多,不需要进行任何协议的转换,仅仅是在二层以太网交换机的基础上增加了 IP 路由功能。|

**转发器,桥接器,路由器和网关的功能和用于场合。**处理的对象所处的层次不同导致不同设备;转发器:屏蔽物理层(传输媒体)差异,包括改变媒体类型,延伸网段;

桥接器:屏蔽低二层差异,处理对象为帧,仅互连局域网;

路由器:屏蔽低三层差异,主要是互连广域网(局域网/广域网);

网关:屏蔽 4 层及以上差异,主要用于应用协议的转换

### 互连时关注的问题:

①**广播风暴**(不确定出口时进行广播)和自学习形成地址映射表;网桥的路径选择—避免广播风暴.原始网桥对信息帧宿地址的处理:若该地址不属于原子网,则向所有的端口转发,大量的无用帧散布到网上,产生广播风暴,可导致帧在网上无限制转发.解决方法:设置地址映射表—有选择地转发;设置计数器—丢弃转发过的帧

②**冗余网桥**:避免设备故障导致网络瘫痪—自学习方式的矛盾;生成树的目的及原理:保证网络的连通性,但不产生环路/

**网桥循环的避免—冗余网桥及生成树**.为提高网络可靠性,通常需设置冗余网桥或者冗余连接.解决方法:执行生成树算法,消除循环,多余资源留作备用;目标:任意两个结点之间仅有一条的路径;原理:逐个增加网桥,一旦出现环路,则阻塞引起该环路的端口/路由行为 寻径:判定到达目的节点的最佳路径,由路由协议和选择算法,根据网络的信息产生路由表。转发:沿寻径好的最佳路径。

### 算法:

**RIP 算法**:在相邻路由器之间传播路由信息,根据收到的路由信息计算本地路由表。收集局部(邻居)的信息,距离向量算法,慢收敛问题(解决:水平分割:任何路由器不回发信息给原有信息来源的路由器,毒性反转:C 仍然把来自 B 的信息回传给 B,但距离为无穷大)。

**OSPF 算法**:需要每个路由器向其同一管理域的所有其他路由器发送链路状态广播信息,包括接口信息、所有的度量和其他一些变量。链路状态算法,收集链路状态信息并对某一个节点运行最短路径算法可得该节点的路由表。

**路由算法要求**:正确性、简单性、健壮性、稳定性、公平性和最优化。

**静态路由**:在路由器中设置固定的路由表,不能对网络的改变作出反应,用于规模不大,拓扑结构固定的网络,简单、高效、可靠。

**动态路由**:路由器之间动态传递路由信息,不断更新路由表,能实时适应网络结构的变化,通过路由算法,更新各自路由表以动态反映网络拓扑变化。适用于网络规模大、拓扑复杂的网络,会占用网络宽带和 CPU 资源。

**优先级比较**:静态路由优先级最高,当动态路由与静态路由冲突,以静态路由为准。网络动态路由通常作为静态路由的补充,首先查找静态路由,查到则转发分组,否则查动态路由。

## ★ 第 7 章(因特网)

**因特网组成及结构**:因特网是由网络互连而成的网络;是由路由器和用户端设备(包括主机)构成的网络(路由器:互连网络;用户端设备:辅助用户访问因特网的资源,向因特网提供各种信息资源)

**用户端接入因特网必要条件**:具有接入网络的接口(转发服务),运行统一的软件(TCP/IP 协议集),具有全网的唯一标识(IP 地址)

**子网掩码**:是利用一个码字来屏蔽原有的网络地址划分,从而获得一个适配需求的、实际的网络地址(子网地址),从而减少 IP 地址资源的浪费。

**子网掩码特点**:1 便于网络设备尽快地区分本子网地址与非本子网地址;2 调整子网的地址分配空间,使其更适配网络的实际规模。必要时还可放大分配空间。

**专用 IP 地址**:全局 IP 地址,用于接入因特网;专用 IP 地址仅限企业内部专用网使用。通过代理服务器访问因特网。

(1)**因特网上的地址类型**①域名地址:人类用于识别与记忆因特网中的设备②IP 地址:因特网

设施可识别的地址，标志了每台主机或网络设备③物理地址:支撑网络中标识/识别设施的地址，不同子网具有不同的物理地址.地址映射:物理地址—IP 地址—域名地址

(2)**IP 地址向物理地址的映射—ARP 地址解析协议**（用户间数据交换是通过 IP 地址进行传输的，而数据传输必须通过物理网络实现。物理网络不能直接识别 IP 地址）具有广播能力的网络（如，各种类型的局域网）中主机（或路由器）A 与主机 B 进行数据通信过程：①A 发 ARP 请求广播帧（带接收方 IP 地址、本机 IP 地址和物理地址）；②B 收到 A 发来的 ARP 请求，予以响应，发 ARP 响应帧，返回自己的物理地址③双方用物理地址在物理网中进行数据通信。无广播能力的网络，借助因特网网关（路由器 R）实现跨网段投递。

(3)**物理地址向 IP 地址的映射—RARP 反向地址解析协议** 无盘工作站：网卡上增加了特殊的 ROM 模块启动时通过网络由服务器引导（BOOTP）其 IP 地址保留在服务器上。当主机加电时，ROM 模块中驻留的软件（以广播的方式）发出携带本结点物理地址的 RARP 请求，服务器予以响应，返回该结点的 IP 地址，保存在内存中。

**动态主机配置：**通过动态主机配置协议（DHCP）实现，提高 IP 地址的利用率借助于地址服务器动态获取 IP 地址客户端 IP 地址设为自动获取 IP 地址启动时，向 DHCP 服务器发出请求 IP 地址的 DHCP 请求；DHCP 服务器接到 DHCP 请求时，分配一个空闲的 IP 地址。

**IP 地址的分配和回收策略：**租用期

**域名系统(DNS)：**是一种用于 TCP/IP 应用程序的分布式数据库，它提供主机名字和 IP 地址之间的转换及有关电子邮件的选录信息。

(4)**域名地址和 IP 地址的映射—DNS 域名系统**域名服务器因特网中设置一系列的域名服务器，记录本域内的主机域名和 IP 地址的映射信息，以及上一级域名服务器的 IP 地址等，并以 C/S 模式响应客户机的请求。为保证用户主机可以访问因特网，主机应保存域名服务器的信息；DNS 的工作过程—逐级解析:1.应用程序调用 Gethostbyname()函数，系统自动调用解析程 resolver()，请求本地域名服务器解析某主机域名.2.本地 DNS—>根 DNS，域名服务器按最多匹配项检索域名配置文件，若无任何匹配项，则访问根 DNS，得顶级域名服务器 IP 地址。3.本地—>顶级域 DNS，得子域 DNS 服务器 IP 地址。4.本地 DNS—>子域 DNS，得主机所在域的 DNS 服务器的 IP 地址。5.本地 DNS—>主机所在域 DNS，得主机 IP 地址。6.本地 DNS—>应用程序，将所查主机地 IP 地址传给应用程序。迭代：客户追踪 递归：第一个服务器追踪 DNS 域名查询的效率改进:扩充第一级域名服务器的域名表(域名数据库)；第一级域名服务器直接向根服务器查询；充分利用机器的高速缓存，暂存解析后的 IP 地址；原理：用户可能习惯连续地访问相同的系统。补充说明一台计算机可以有多个域名；按名访问，无需知道该计算机的物理位置；主机 IP 地址改变，不会影响对该主机的访问；主机 IP 地址改变，需要在本地 DNS 服务器上维护。（修改 DNS 数据库）|

**内部网络地址与 Internet 的互联-NAT 服务器|**

**数据帧在协议栈中的分用过程-依靠帧头的类型进行区分，**

DL 层：根据以太网首部中的帧类型进行分用，

网络层：根据 IP 首部的协议值分用，

传输层：根据 tcp 和 udp 首部中的端口号分用

**IP 地址空间紧张的原因及其解决方案:**子网掩码,动态分配,专用地址—NAT,新型协议|

**IP 协议的特点:**无连接的投递服务,不可靠的投递服务,尽力投递服务。

其原因 **IPv4 的局限性：**32 位的 IP 地址空间无法满足 internet 迅速增长的要求，不定长的数据报头域处理影响力路由器的性能提高，单调的服务类型处理，缺乏安全性能要求的考虑，负载的分段、组装功能影响了路由器处理的效率。

**IPv6 的特点：**扩展地址和路由的能力，简化了 IP 报头的格式，支持扩展选项的能力。|

**ICMP 的作用：**IP 协议的局限性，为了反映数据报的投递状态，增加 ICMP 协议。用于网络

设备和结点的控制及差错报告报文传递，向源发主机告知网络环境中出现的问题。Error Message, ping, traceroute。封装在 IP 的数据包内，错误报文包含原 IP 数据包的头部和前 8 个字节（port 号），目的是使接受该 ICMP 报文的主机识别上层协议和应用程序。|

**TCP 的能力:**在 IP 协议（不可靠）的基础上,增加了确认-重发、滑动窗口和复用/解复用，数据分割使之适应于网络传输，定时重传，校验和，重复丢弃和时序纠正等机制，提供面向连接的,端到端(应用进程之间)的,可靠的,面向字节流的投递服务;

**TCP 原理及特性:**以文件操作方式为设计准则,操作对象为进程间的管道;面向字节流的投递服务;可靠传输服务;端到端传输;面向连接的投递服务;缓冲传输;全双工传输;流量控制;利用端口标识和区分应用进程。开始前三次握手，结束时四次握手。**TCP 超时及重传:**通信端收到对方分组后发送确认信息 ACK,发送端等待 ACK，发送后启动定时器，超时重传。

**Tcp 的 Ack 与 ICMP 错误报告的区别:**层次不同（传输层和网络层），icmp 是错误报告，tcp ack 是确认应答|TCP 窗口机制

**UDP:**等同于 TCP 的通信协议，与 TCP 的差异在于他直接利用 IP 协议进行 UDP 数据报的传输，因此 UDP 提供的是无连接、不可靠的数据报投递服务。常用于数据量较少的数据传输，通信双方不需要连接过程，减少了如 TCP 连接一样的过程，可以提高工作效率；不足是用户应用程序必须负责解决数据报排序，差错确认等问题。常用 TCP 支持数据传输，用 UDP 支持音频视频传输。|

**TCP 和 UDP 的区别:**首先，tcp 面向连接，udp 无连接。第一：TCP 协议是以连接作为协议数据的最终目标的。UDP 协议则是以目标端口作为协议数据的最终目标。因此，TCP 的协议端口是可以复用的，UDP 协议的端口在同一时间则只能为一个应用程序所用。第二，一个连接是由两个端点构成的，并为该连接分配一定的资源（缓冲区）。UDP 协议则不需要这个过程，可以直接发送和接收数据。其次，TCP 提供的是可靠的传输服务，而 UDP 协议提供的是不可靠的服务。使用不可靠的服务进行数据传输时，数据可能会丢失，失序，重复等。而可靠的服务能保证发送方发送的数据能原样到达接收方。最后，TCP 提供的是面向字节流的服务。应用程序只需将要传输的数据以字节流的形式提交给 TCP 协议，在连接的另一端，数据以同样的字节流顺序出现在接收程序中。而 UDP 协议的传输单位是数据块，一个数据块只能封装在一个 UDP 数据包中。

**应用对比:**可靠应用需要 TCP 协议；TCP 协议建立连接耗时，不适合实时性应用；具有一定丢失不敏感的应用使用 UDP 协议。|

**TCP/UDP 端口(TU 端口)标识和区分应用实体,标识特定的应用进程;IP 地址+TCP/UDP 端口号确定因特网中的某主机上的某个应用进程 |因特网的基本应用服务:Email(SMTP) 1 服务举例—电子邮件（SMTP—RFC821）提供简单的电子邮件服务；使用 TCP 连接，端口号为 25；邮件地址：用户名@主机名|**

**WWW 目标支持构建分布式的协作超媒体信息系统，将整个因特网的信息资源组合在一起，信息以页面的形式提供给客户。页面及其关系以链接的方式形成一超文本；混合了音频/视频的内容，需要多种播放媒体的支持—超媒体。基本原理服务器监听 TU 端口（缺省值为 80），获取客户（浏览器）的指令（方法），并返回信息；浏览器解释和显示获取的信息。**

**支撑协议: HTML（超文本标记语言 RFC2854）—页面表示； HTTP（超文本传输协议 RFC1945/2616）—页面传输|**

**HTML 三个主要缺点:**1、不能适应现在越多的网络设备和应用的需要，比如手机、PDA、信息家电都不能直接显示 HTML;2、由于 HTML 代码不规范、臃肿，浏览器需要足够智能和庞大才能够正确显示 HTML;3、数据与表现混杂，你的页面要改变显示，就必须重新制作 HTML。

**XML:** XML 是一种简单、与平台无关并被广泛采用的标准。XML 标记用于定义数据本身

的结构和数据类型，XML 相对于 HTML 的优点是它将用户界面与结构化数据分隔开来|

**ftp: 服务器**（命令 21 端口，数据 20 端口）PI DTP 客户端 UI PI DTP 建立两个连接，一命令，一数据|RFC1918 定义的专用 IP 地址：10.0.0.0 — 10.255.255.255 1 个 A 类地址；172.16.0.0 — 172.31.255.255 16 个连续的 B 类地址；192.168.0.0 — 192.168.255.255 256 个连续的 C 类地址。

第八章(网络管理和网络安全):.....

**联网的目的:**资源(信息,软件,硬件)共享;

**信息资源具有价值:**合法或非法用户的获取或窃取;

**期望:**信息资源的安全共享。

**网络安全的目的:**保护网络资源(主要指信息资源)免受攻击,信息机密性,信息完整性,信息可用性。|

**信息的安全:**信息系统的安全,涉及网络操作系统,应用软件,包括病毒;局域网安全, internet 互联安全,数据的安全,涉及数据的存储,访问,包括权限。|

**可能的攻击及防范**①窃取:加密,一次一密(随机密钥,防猜测密钥)②篡改:完整性检查,摘录技术③重播:完整性检查,序号+摘录④假冒:数字签名,摘录+秘密密钥加密;实体身份认证,随机数+摘录(防认证信息窃取)⑤否认:CA,第三方参与|

**防火墙**,阻止非法入侵.位置:本地网对外的接口处,路由器的位置应是防火墙位置;各种防火墙技术原理:①分组过滤式:分析 IP 报文,对应其中所有参数,设置过滤策略,根据分组的源地地址、目的地址、端口号、协议类型等标志确定允许或拒绝数据报的穿越,满足过滤逻辑的数据包被转发,否则丢弃。作用在网络层和传输层。②代理服务式:代理外或内部用户访问内或外部网络,杜绝内和外部直接访问,作用在应用层,阻隔内外网的信息流,通过对每种应用服务编制专门的代理程序,实现监视和控制应用层通信流的功能。③地址迁移 NAT:当内外用户希望相访,NAT 路由器负责全局/本地 IP 地址映射,屏蔽内 IP 地址;通过地址绑定、地址查找和转换、地址解绑定实现。NAT 服务器专进行地址迁移,增加安全策略,限制地址转换,隔离内外网络|

**防火墙仅隔绝内外网直连**,无法防御内网自身侵袭.内网资源需设置必要的访问控制:基于角色的访问控制(用户-角色-权限)|

**抵御攻击的安全服务:**防窃取,内容保密,防止报文内容被未授权地阅读,采用数据加密技术解决;防篡改,内容完整性,保证被交换的报文未被篡改,采用摘录技术解决;防重播和插播,序列完整性,防止数据的重播和丢失,在报文中增加序号的时标解决;防伪造/冒充:采用数据源鉴别——数字签名技术解决;抗发方否认,实体鉴别,鉴别数据的来源和通信实体的身份;抗收方否认,防御发送方否认曾经发送过报文,认证技术解决;防接收方否认,防御接收方否认曾经收取过报文,认证技术解决。|

**数据加密技术原理:**利用某变换技术,将原文(明文)变为一般用户无法识别的密文,数据以密文的形式在网上传输,在接收端进行反变换,以恢复数据原样。

**对称密钥加密算法, DES:**将明文分块为一系列 64b(8B)的块,密钥长度 64b(实际 56b, 8b 奇偶校验码),每个加密成 64b 的密文块,再串接。

**加密过程:**由 16 个独立的加密循环组成,每个循环均使用一个密钥和加密算法(移位、置换和选择),每一循环的密钥是对上一循环密钥进行处理得到,且所产生的密文作为下一循环的输入进一步加密。16 轮迭代运算,每个 bit 实际被迭代 8 次。3DES:将 128b 的密钥分解为 2 个 56b 的密钥,多次使用原 DES 的加密和解密算法以增加破译难度。

**DES 问题:**密钥需要安全传递通道;密钥量与用户数之间是非线性增长关系;不能满足不可信用户的保密性要求;密钥并具备用户的唯一特性。优点:计算机实现相对简单;算法采

用移位和逻辑操作，运行速度快；安全性较高，实现和使用效率较高。

**非对称密钥算法，RSA：**加密密钥  $K$  和解密密钥  $P$ ， $D_p(E_k(M))=D_k(E_p(M))=M$ ；算法易于计算；密钥难以推导。原理：每个用户选择一对  $K$  和  $P$ ，并将  $P$  公开，存入公共存储区，将  $K$  保密；A 向 B 发数据，先得到 B 的公开密钥  $b_p$ ，对数据加密，发送密文给 B；B 用秘密密钥  $b_k$  对密文进行解密得到明文  $M$ 。**RSA：**1 随机选择两个大质数  $P$  和  $Q$ ， $R=P*Q$ ；2 计算  $R$  的欧拉函数  $\phi R=(P-1)*(Q-1)$ ；3 选择整数  $K$  与  $\phi R$  互质， $K$  可以确定为公开  $P_k$  或秘密  $S_k$  密钥；4 计算  $K*T=1(\text{mod } \phi R)$  的解  $T$ ， $T$  也是其中一个密钥；5 对明文  $X$  进行分块，使得字块  $x$  对应的数值  $m$  小于等于  $R-1$ ，没有字块独立加密。加密： $x$  自乘  $P_k$  次，并取模  $R$ ，得到密文  $y$ ，串接为  $Y$ ；解密： $y$  自乘  $S_k$  次，并取模  $R$ ，得到密文  $x$ ，串接为  $X$ 。举例：设  $P=11, Q=7$ ，有  $\phi R=(11-1)*(7-1)=60$ ；选择  $P_k=47$ ，根据  $47*T=1(\text{mod } 60)$  得到  $T=23$ 。若对 35 进行加密，有  $35^{47}(\text{mod } 60)=7$ ；对 7 进行解密，有  $7^{23}(\text{mod } 60)=35$

**RSA 优点：**算法使用方便，用户数据传输之前无需交换密钥；只需记住自己的秘密密钥，并去公开存储区中获取其他用户的公开密钥。不足：隐含了大量的数学运算，运行效率较低；**RSA** 算法仅用于较少数据的加密，常用于数字签名。为了兼顾速度和安全性，一般用对称加密(DES)来加原文,以保证速度,并用非对称加密 (RSA) 来加密 DES 的密钥，以保证安全为了更好的数字签名效果,还可以将加密后的摘要和原文用对称加密方法再次加密,密钥用接收方的公钥进行非对称加密.接受方收到后,首先用自己的私钥解密对成加密的密匙,获得加密后的摘要和原文后,再用发送方的公钥解密摘要,并对原文进行摘要处理,进行对比即可.

**Client - Server(CS 模型)：**主机 A(HostA)作为服务端,主机 B(HostB)作为客户端,两台主机通过 TCP/IP 通信如下:(1)服务器(HostA)首先要启动应用程序服务进程(守护进程 Server),等待客户端的请求;(2)当服务进程 Server 接收到客户端 HostB 的请求时,派生一个子进程(Child1)与 HostB 进行交互,实现数据通信,同时守护进程 Server 继续等待客户端的请求;(3)当服务进程 Server 接收到客户端 HostC 的请求时,派生一个子进程(Child2)与 HostC 进行交互,实现数据通信,同时守护进程 Server 继续等待客户端的请求.

**OSI 网络管理体系结构：**SMAP 管理整个系统资源,SAME 代表 SMAP 执行管理功能,与层管理实体 LME 协作,对分层资源管理.管理者与代理之间信息传递遵循 CMIP(公共管理协议).

#### 网络管理功能组成：

配置管理：定义、监测和管理系统的配置参数，使得网络资源可用、性能较优。

故障管理：对网络设备进行监控，包括故障检测、隔离和恢复。

计费管理：统计、记录网络资源的使用情况，估算用户应付的费用。

性能管理：收集和统计网络系统状态、数据（如网络的吞吐量、用户响应时间和网络资源的利用率等），根据统计信息来评价网络资源的使用等系统性能，分析系统资源的使用趋势，或者平衡系统资源的负载。

安全管理：资源的访问控制、身份认证和授权、安全检查跟踪、密钥管理和信息加密等。