

微型计算机实用大

TP36-61
2538

第7篇 计算机网络

7.1 计算机网络概述

7.1.1 计算机网络定义

多机系统的分类 由多台处理机或计算机组成的计算机系统称多机系统,以提高整个系统的并行性、可靠性、通过系统内资源的共享,提高资源的利用率。多机处理主要用于能同时处理多个程序的应用场合,它比单机处理多个程序要快得多。多机系统可按其耦合程度分成三大类:

(1)最低耦合系统,又称离线处理系统,在计算机之间没有任何物理连接,也没有任何共享的在线硬件资源。计算机之间的联系通过磁盘、磁带等存储介质来实现。例如一台主计算机用来执行用户程序,而外围计算机用于录入用户程序到磁带或磁盘上,由人工将磁带或磁盘装入主机运行,并将运行结果写入磁带或磁盘,交外围计算机输出打印。

(2)松散耦合系统(Loosely-Coupled System),又称间接耦合系统(Indirectly-Coupled System),计算机之间有直接通信通道,以达到互相通信,共享资源的目的。在系统内一台计算机可以把另一台计算机看作是它的外部设备,这样两台计算机通过IO操作可以在主存储器间传输信息。这种系统的特点是每台计算机都有独立的操作系统,可以由不同类型的计算机组成,并且异步工作,计算机网络是松散耦合系统的一个例子。

(3)紧密耦合系统(Tightly-Coupled System),又称直接耦合系统(Directly-Coupled System),由多台CPU通过开关网络或总线共享公共的主存储器,并受一个操作系统的控制,具备任务级作业级的并行处理能力。系统通常由相同类型的CPU组成。这样的系统有时也称为多处理机系统。

有的资料中不把最低耦合系统作为多机系统来对待,把多机系统分为计算机网络和多处理机系统两大类。

多处理机系统 是在计算机系统内部多个处理器或多个功能件通过开关元件按照一定的拓扑结构和控制功能相互连接的系统。它的特点是:

- (1)包含两个或多个功能大致相当的处理器;
- (2)所有处理器都共享一个公共的主存储器;
- (3)所有处理器都共享I/O通道和外围设备;
- (4)整个系统由统一的操作系统控制;
- (5)系统内的处理器和功能部件由具有一定拓扑结构的互连网络互连。

上述特点并不是绝对的,系统可以由异构型处理机构成,多个处理器可以通过互连网络共享主存的多个存储模块,每个处理器也可有自己的存储模块。

作为例子,将CPU,主存模块和I/O处理器通过十字交叉开关网络互连在一起,如图7.1-1所示。多个

CPU 可以同时访问不同的主存模块,也可通过开关网络在 IOP 和主存模块间直接传送数据。但是系统必须具备解决两个处理器企图访问同一存储模块的能力。因此,这样的系统具有很高的可靠性,系统具有多个同类型、同功能的 CPU、主存模块和 IOP、具有较高的冗余度。系统内部部件的故障,不会影响系统的工作。同样系统具有很高的处理速度,因为系统提高了 CPU 处理的并行度,系统内的每个 CPU 可以独立地访问不同的存储模块,并行地运行各自的程序,当然,多处理机系统开关网络的结构和控制以及系统的管理都很复杂。

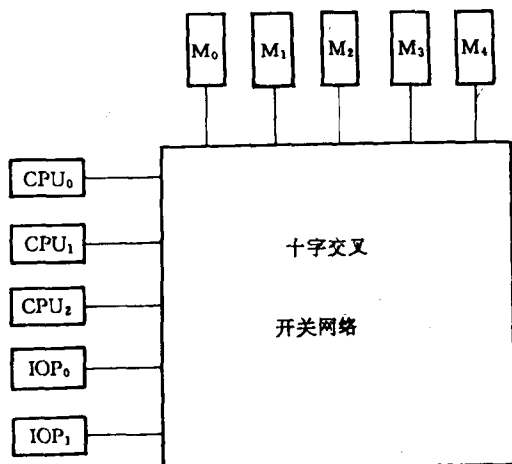


图 7.1-1 十字交叉开关网络

计算机网络 它是通过通信介质互连起来的在地理上分散布置的独立自治计算机的集合,能进行信息传输和信息处理,使网上的用户能共享网络内的硬件、软件和数据等资源,以提高系统的资源利用率,可靠性和信息处理能力。

独立自治计算机是指每台计算机的工作是独立的,它们有自己的操作系统和必要的硬件资源,任何一台计算机不能启动、停止和控制另一台计算机的运行,两台计算机之间没有主从关系。通过通信介质互连可以通过双绞线、同轴电缆、电话线、光缆等有线介质,或者通过激光、微波、地球卫星通信通道等无线介质把计算机互连起来进行信息传输。一台计算机上的用户可以使用另一台计算机的磁盘、打印机、程序或数据。

从 60 年代开始,已建成一些实验性计算机网络,如美国的 ARPA 网,从 70 年代中期开始,一些计算机公司把计算机网络作为产品生产。一些国际组织开展了计算机网络标准化研究,制定了一些标准或建议,如国际标准化组织(ISO)的“开放系统互连参考模式”(OSI-RM),国际电报电话咨询委员会的“CCITT X·25 建议”。

目前,计算机网络已广泛用于数据收集和交换、经营管理、信息服务、电子邮件、办公自动化(OA)和管理信息系统(MIS)、计算机辅助教学、过程控制、计算机综合制造系统(CIMS)等领域。

计算机网络结构在这里只讨论用户能看到的网络结构。计算机网络由网络结点和通信信道组成。通信信道是在两个结点间用来传送二进制数位的传输介质。网络结点由主计算机和接口信息处理机(IMP Interface Message Processor)组成。在主计算机上运行用户程序和连接用户使用的各种资源,如图 7.1-2 所示。IMP 是一台管理通信功能专用计算机,它与网络通信信道连接,根据主机的要求,完成不同 IMP 之间的信息传送。也就是说一台主机与其它主机交换的信息都要通过它所连接的 IMP 来发送或接收。如图 7.1-2 所示,每台

IMP 可连接一台或多台主机和终端。

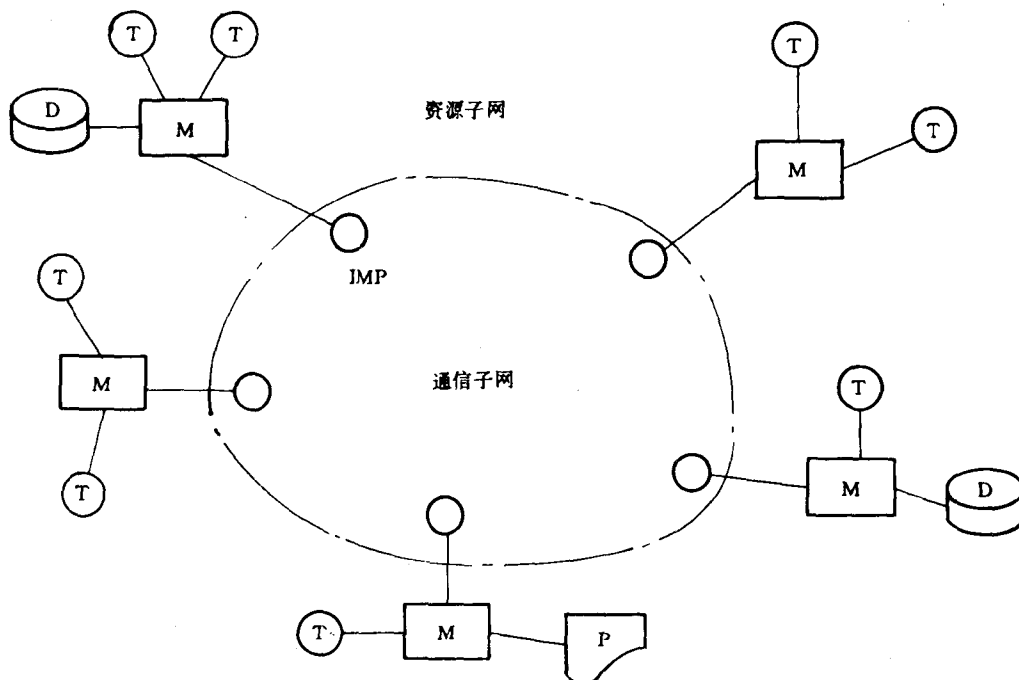


图 7.1-2 计算机网络结构

T—终端, M—主计算机, P—打印设备, D—硬盘, IMP—接口信息处理机

从另一角度可以把计算机网络看成是由通信子网和资源子网组成。通信子网包括 IMP 和通信信道, 由它们完成主机之间的通信任务。由通信子网互连的主机运行用户程序, 向网络用户提供共享的软硬件资源。因此主机和网络共享资源构成资源子网。

通常, 通信子网有两种通信方式: ①点到点通信; ②广播式通信。

在点到点通信方式中, 每一条信道连接一对 IMP。如果两台要通信的 IMP 不在同一条信道上, 只能通过另外的一台或多台 IMP 转接来完成通信。

在广播式通信中, 网络的所有 IMP 共用一个通信信道。任何一台 IMP 发送的信息, 其它 IMP 都能收到。在信息中的地址字段指明信息的接收者, 各 IMP 将检查所收到信息的地址字段, 如地址与本 IMP 地址不符, 则将该信息丢弃。另外, 由于信道是共用的, 在同一时间内只允许一台 IMP 发送信息。因此, 在广播式通信中必须解决信道争用问题。

计算机网络的分类 分类以一个网络覆盖的地理范围来进行分类。由于覆盖的地理范围不同, 采用的通信技术也不尽相同。

(1) 局域网 (Local Area Network, LAN)。在一个局部地理范围内, 例如从几十米到几公里, 可以在一座办公楼、一个仓库或一所校园内, 使用低误码率的物理信道, 数据传输率一般在 1Mbps 以上, 通常为一个单位所拥有, 通常采用共享信道, 广播式通信方式。

(2)广域网(Wide Area Network, WAN) 又称远程网络(Long Haul Network),其覆盖的地理范围从几十公里到几千公里。通常通过公用电话网络或公用事业部门提供的线路将跨越城市、地区甚至国家的计算机连接起来的计算机网络。其使用的信道误码率较高,数据传输率一般低于1Mbps,通常从几百到上万 bps,由于其覆盖的地理范围广,一般采用点到点通信方式。通过卫星或地面无线电系统连接的广域网,则也可采用广播式通信方式。

(3)城市区域网(Metropolitan Area Network, MAN)从覆盖的地理范围来说,MAN 是介于局域网和广域网之间,通常不超过一个城市的范围。MAN 使用的是LAN 技术。

就网络传输速率和覆盖范围,可以用图 7-1-3 所示的比较图来区分三种不同的网络性能范围。

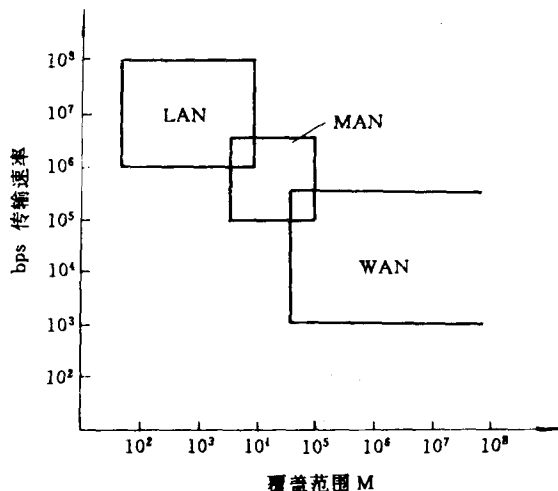


图 7.1-3 网络分类

公共数据网 PDN(Public Data Network) 它是一种广域网,网络的通信子网可以由政府邮电部门或电信经营公司所拥有,但向社会用户提供服务。拥有主计算机的用户只要遵循通信子网的接口标准,并提出申请付一定的租费,就可接入子网,成为公用数据网的用户,共享网络资源。这种通信子网是公用的,传输的是数字化数据,因此称公用数据网。

计算机网络拓扑结构 网络拓扑是指在资源子网中网络结点(IMP)和通信信道互连的几何构形。网络拓扑结构形式与通信子网的地理位置的分布范围、结点数、可靠性、数据平均传输延时、价格和通信方式有关。

对于点到点通信方式的网络拓扑结构有以下几种(见图 7-1-4 所示):

(1)星形:所有用户结点都通过中心结点连接。中心结点为控制结点,任何两个用户结点的通信都要经过中心结点。这种网络采用集中控制方式。使网络控制简单,建网容易。但集中控制带来的问题是可靠性差,一旦中心结点发生故障会造成整个网络不能工作;另外,所有通信的信息都经过中心结点,中心结点处理速度将影响网络的数据平均传输延时,成为系统的“瓶颈”。

(2)树形:子网结点的连接形式如同树枝的分叉,子网的两端为根结点和叶结点。这是一种分级式网络拓扑,适合于上下级之间通信的场合,同级结点之间很少或没有通信要求。因为两个不在同一分叉叶结点之间进行通信,要经过多个结点,甚至根结点的转送,使网络管理复杂,增加数据传输延时。

(3)全连接形:子网中任意两个结点都有通信信道连接,即任意两个结点间都可直接通信。这样,通信速度快,通信信道冗余度大,但建网投资大,特别是结点较多,结点分布分散时更是如此。

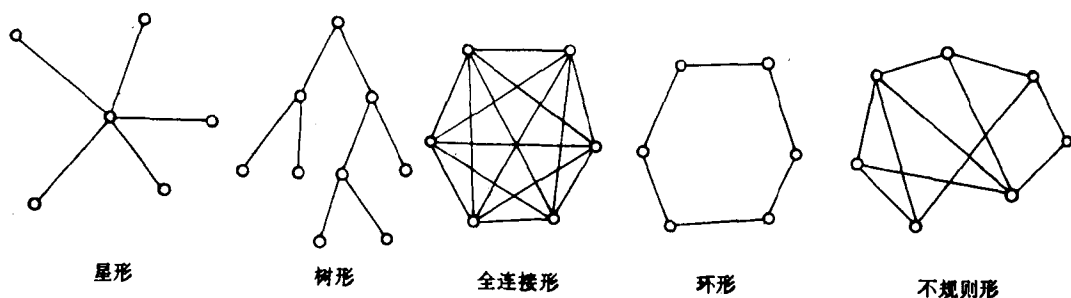


图 7.1-4 点对点通信网络拓扑结构

(4) 环形: 所有结点通过通信信道连接成一闭合回路, 任何结点只有一个输入接口和一个输出接口。信息在环路中单方向传送, 进行点到点通信。当非相邻结点间通信时, 需经过中间结点存储转发。这种子网连接简单, 通信时没有路径选择问题。但它的平均传输延时大, 可靠性低, 当网络中任意一个结点或一段信道出现故障时, 会导致整个网络不能工作。

(5) 不规则形: 在子网络中结点的连接没有一定的规则, 根据结点的地理分布情况, 网络可靠性, 数据传输平均延时和建网投资等要求来综合考虑通信子网的拓扑结构。大部分广域网都采用这种拓扑结构。

对于广播式通信方式的网络拓扑结构有以下几种(图 7.1-5 所示)

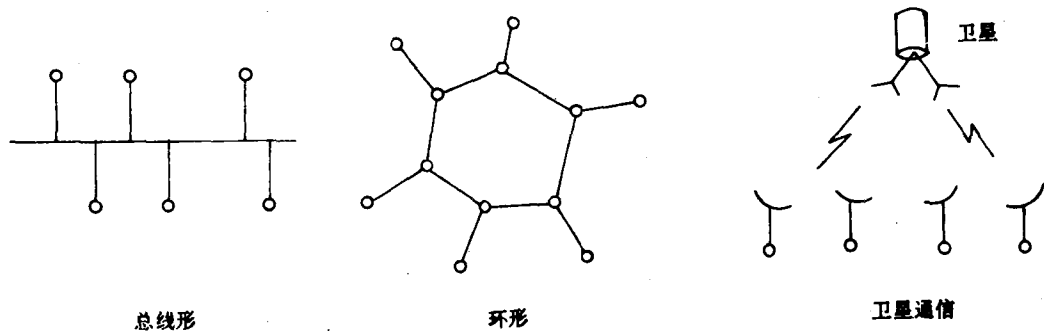


图 7.1-5 广播式通信网络拓扑结构

(1) 总线形: 网中所有结点通过接收器和发送器接到同一条通信信道上。结点的接收器随时接收总线上的信息, 只有发送结点的发送器才与总线接通, 向总线发送信息。总线形网络结构简单, 易于扩充, 一个结点的故障不会影响网络的正常工作。考虑到信号在总线上衰减, 总线的长度将受到限制。当两台或多台机器要同时传送信息时, 要采用某种机制来解决总线竞用问题。

(2) 环形: 从拓扑结构来看与点到点通信方式的环形网是一致的。但通信控制方式不同, 前者, 信息只在两相邻结点间传送, 然后采用存储转发技术。而后者, 信息经过每个中间结点, 只延时 1 位到数个字节, 继续往前传送。因此, 一个结点发送的信息, 几乎同时为环网中所有结点收到, 属于广播式通信方式。信息经过每个结点时, 信号都经过整形、放大。因此, 相对而言, 环形网覆盖的范围要比总线网大一些。在环网中在同一瞬间也只能允许有一个结点发送信息, 需要能解决多个站对环网的同时访问问题。

(3) 无线电或卫星通信: 网络中每个 IMP 都有自己的天线, 可以发送和接收信息。所有 IMP 都能收到卫

星的输出或其它 IMP 发给卫星的信息。这种通信方式,通信范围大和容量大。

7.1.2 计算机网络体系结构

通信协议 为了在通信双方可靠和有效地进行通信,必须制定通信双方共同遵守的规则和约定。例如通信的数据单元格式必须一致,具有相同功能的检错、纠错措施等。这些规则和约定称为通信协议。

协议主要包括三个方面内容:

- (1)语法:包括诸如数据格式,信号电平等规定
- (2)语义:包括用于协调数据传输,差错处理的控制信息。
- (3)时序:包括传输速度匹配和顺序。

协议分层 两个计算机用户之间通信协议包含的内容比较多,如作为一个整体来考虑通信协议的设计,将会非常复杂。不同的计算机用户也会有不同协议的要求,很难设计出一个统一的整体通信协议。为了减少协议设计的复杂性,大多数网络都按层次方式来组织,即将通信协议按功能分成不同层次,每一层的功能都是在下一层功能的支持下得到实现。通信双方是在相同层次间进行通信,它们共同遵守的是这一层的协议。实际上,数据不是从一方的某一层直接传送到对方的相同层次,而是每一层都把数据和这一层的控制信息(协议)作为下一层的数据传给下一层,一直到最底层,然后通过物理信道传给对方。接收的每一层将自己的控制信息(协议)处理后删去,将数据传给上一层,一直到最终用户(最高层)得到的就是对方用户的数据。这一过程可以用图 7.1-6 来表示。在上下层之间都有接口,接口定义了下层向上层提供的一组原语操作和服务。

每一层大致具备的共性功能:

- (1) 每一层都必须有一个建立连接的机制,在网络的不同对等层之间,都存在多个计算机或多个进程。因此,在通信前,必须与要通信的计算机或进程建立连接,并需要相应的寻址手段。
- (2) 所有物理信道或数据在结点内传送都可能产生误码,因此,差错控制在有的层次很重要以保证数据的正确传送。
- (3) 在有的时候接收方不能保证按发送方的顺序接收信息,协议必须保证接收方能按原先的顺序把信息组合起来。
- (4) 协议中还应具有控制发送方发送数据速度的机制。当接收方来不及处理接收到的数据就要通知发送方减缓发送速度。
- (5) 在很多层的进程不能接收任意长的报文,因此,协议必须具有对报文进行分组,传送和重新组装的功能。

不同层次还有自己的特殊功能,将分别在不同层次中介绍。

网络体系结构 计算机网络的层次和协议的集合称网络体系结构。对体系结构的描述,也就是对层次和协议的描述必须包含足够的信息,足以用来为每一层编写程序和进行硬件设计,使之符合相应协议。

OSI 参考模型 随着计算机网络的发展,一些大公司推出了自己的网络体系结构,例如 IBM 公司的 SNA 标准,DEC 公司的 DNA 标准等。这些不同的标准给网络的发展带来障碍。为此国际标准化组织 ISO 在 70 年代初制定了网络分层模型建议。开放系统互连参考模型(Open System Interconnection Reference Model),简称 OSI 参考模型。所谓开放式系统即能与其它符合该标准的系统互连通信而相互开放的系统。所谓参考模型,这个建议并不是具体的标准,而是对网络的层次和每一层的功能进行了描述。

OSI 参考模型的分层原则为:

- (1) 根据功能的需要,每一层都应有一个定义明确的功能。

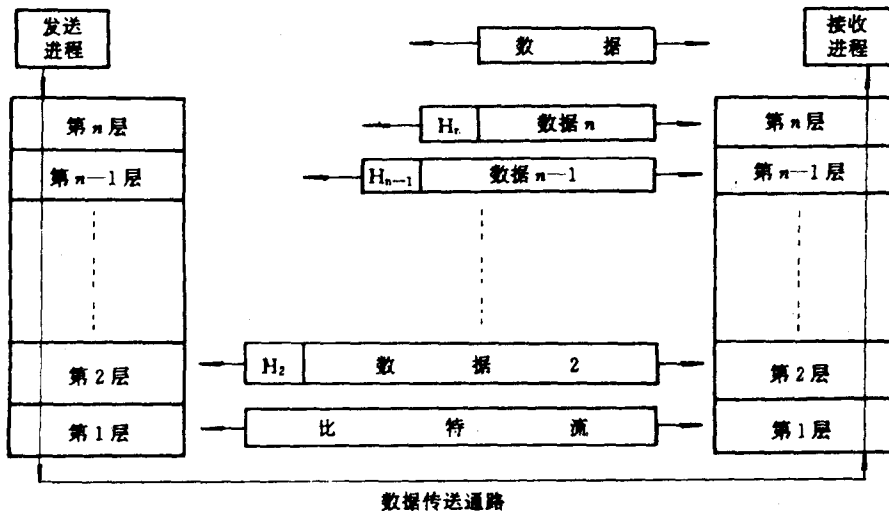


图 7.1-6 协议分层示意图

(2) 功能的划分应有助于制定国际标准化协议。

(3) 层次之间的界面清楚,减少通过接口的信息量。

(4) 层次数应适当,分层太少,使层次功能复杂,失去分层意义;分层太多使体系结构过于庞大。

OSI 模型共有 7 层,自下而上依次为:物理层,数据链路层,网络层,传输层,会话层,表示层和应用层,如图 7.1-7 所示。

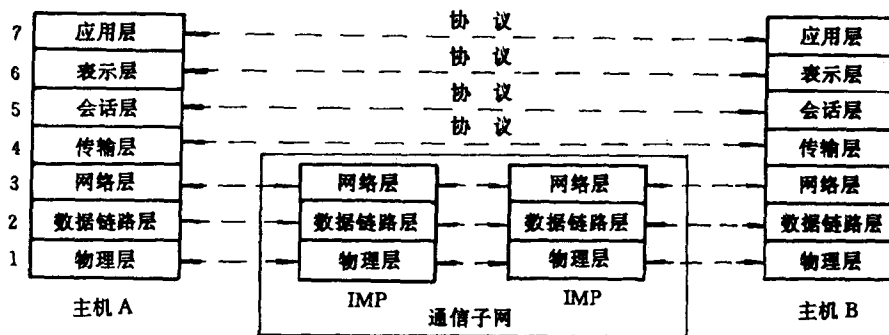


图 7.1-7 OSI 参考模型

物理层:Physical Layer。它是在通信信道上发送信息的层次,保证将信息送入信道,并在接收方取下,不

考虑位串之间的关系和传输差错。

数据链路层: Datalink Layer. 它的功能是在网络中两个相邻结点之间建立, 维护和拆除数据链路, 为高一层提供一条无传输错误的传输通路称数据链路。

在这一层传输的数据单元称“数据链路协议数据单元”。它应具有一定的格式, 能区分数据单元的界线, 校正数据传输的差错, 物理信道的寻址。

网络层: Network Layer. 它在网络中为两个端点(信息的发送端和接收端)提供可靠的逻辑链路, 向着接收端的方向, 在邻接站之间转发信息包。这一层次的功能可以是完成虚电路建立、维护和拆除。它包括路径选择、流量控制、差错控制等。

传输层: Transport Layer. 传输层是主计算机对主计算机的层次, 完成端到端的传输控制功能, 也就是在发送端与接收端之间建立、维护和拆除逻辑信道, 为高一层提供透明的、无差错的数据传输服务, 使高一层不必了解数据是如何传送到目的端的。

会话层: Session Layer. 如忽略表示层的存在, 会话层是用户(或用户进程)入网的接口。用户(或进程)之间的连接, 即建立会话关系称会话。进行一次会话连接, 用户必须提供要与之连接的远程地址, 并要确认对方是否有权参加会话以及会话过程的管理等。

表示层: Presentation Layer. 表示层是控制数据表示形式有关的功能。它的功能可以包括字符集转换, 数据的压缩恢复, 数据的加密和解密, 增强通信的保密性。这些功能可由用户相应的子程序来实现, 它是为应用层(用户)提供一组可选的服务。

应用层: Application Layer. 应用层的内容及功能取决于不同用户的应用要求, 例如文件传送, 电子邮件, 远程任务录入, 目录查询, 网络数据库以及其它网络信息服务。

7.2 网络协议

7.2.1 网络协议

实体 每一层中的活动单元,可以分为软件实体(如一个过程)和硬件实体(如智能输入/输出芯片)。在不同机器上同一层的实体叫作同等实体。

服务 是各层向它的上层提供的一组原语操作。它定义了该层能够代表它的用户完成的操作,但不涉及这些操作是如何实现的。服务描述两层之间的接口,下层是服务提供者,上层是服务用户。

服务原语 服务在形式上是用一组原语(或操作)来描述的,用户和其它实体通过这些原语访问该服务,而原语通知服务采取动作或返回某同层实体已进行的操作,在OSI模型中,服务原语可划分为4类,它们是;Request(请求原语):用户实体要求服务做某种工作;Indication(指示原语):用户实体被告知某事件发生。Response(应答原语):用户实体表示对某事件的响应;Confirm(确认原语):用户实体收到关于它的请求的答复。

服务访问点SAP(Service Access Point) (N)层服务访问点设置在(N)层和(N+1)层逻辑交界面上,是(N)层实体和(N+1)层实体之间的逻辑接口(见图7.2-1)。即(N)实体给(N+1)实体提供服务,(N+1)实体通过(N)SAP请求服务。每个SAP有一个唯一识别它的地址。

服务数据单元SDU(Service Data Unit) 是将要跨过网络传给同层实体的信息。(N)SDU是(N+1)层所维护的完整数据。

接口数据单元IDU(Interface Data Unit) 是(N+1)层实体通过SAP向N层实体传递信息的形式。IDU由服务数据单元SDU和一些控制信息组成。实体之间交换SDU就是通过一次或多次地交互传递接口数据单元实现的。

协议数据单元PDU(Protocol Data Unit) 为了传送SDU,可能将SDU分为几段,每一段加上一个协议控制信息,作为一个独立单元发送,该单元就是PDU。

面向连接的服务 用户先建立连接,使用连接,然后中止连接,连接正如一个管道,发送者在管道的一端放入信息,接收者在另一端按同样的次序取出信息。

无连接服务 每个待发送的信息带有完整的目的地址,它独立于其它信息,经过系统所选择的路线传送。正常情况下,当两个信息发送同一目的地时,先发送的先到达,然而也可能先发送的在途中延误,后发送的反而先到。

7.2.2 物理层协议

物理层 是OSI模型的最低层,它提供通信介质连接的机械的、电气的、功能的及其规程特性,以建立、维护和释放数据链路实体之间的物理连接。物理层的功能包括物理连接的建立和拆除,数据的发送和接收,差错控制及内部管理。

- 机械特性:包括连接器的规格指标,交换信号的插针排列,接插栓锁措施和安全措施等。
- 电气特性:关系到电压电平和电压变化的时间关系,这些特性决定了数据传输率和可达到的距离。

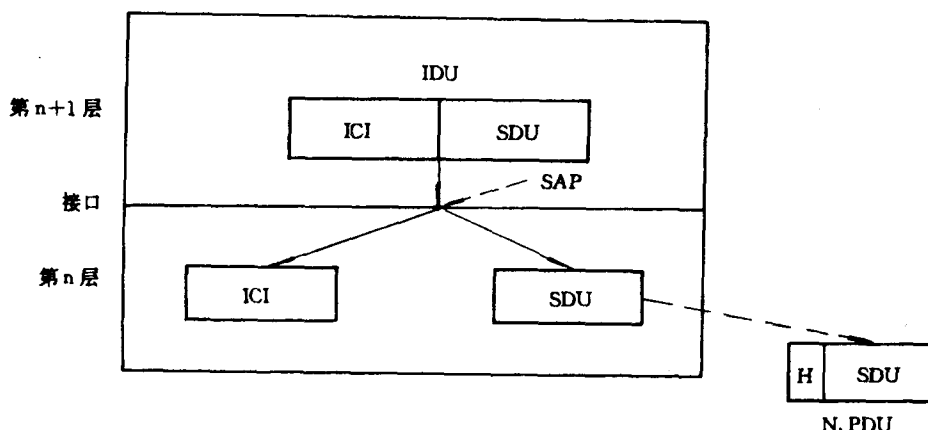


图 7.2-1 相邻层在接口的关系

• 功能特性:说明了通过对各种信号的定义来完成功能,对于大多数物理层标准来说,主要通过说明连接器内各管脚的功能来完成标准的功能说明。

• 规程特性:说明了以功能特性为基础传输数据的先后顺序。

传输介质 是通信网络中发送方和接收方之间的物理通路。

双绞线 由按规则螺旋结构排列的两根绝缘线组成,线芯是铜质的或者是铜镀钢线,通常还把若干对双绞线用坚韧防护套包裹构成电缆。双绞线可用于传输模拟信号也可用于传输数字信号。在传输模拟信号时,最大传输距离为15km,大约每5~6km需要一个放大器,传输数字信号时最大传输距离为1~2km,每2~3km使用一台中继器。双绞线抗干扰能力差,相邻线之间易发生交扰失真,误码率高,保密性差,但成本低,铺设简单。

同轴电缆 正中心是根导线,导线外面是绝缘层,绝缘层的外面是一层屏蔽金属,最外面包了一层绝缘材料。它具有很高的抗干扰能力,带宽高,吞吐量大,性能价格比好,安装方便。

有两种基本类型:基带同轴电缆和宽带同轴电缆。基带同轴电缆通常其屏蔽线用铜做成网状,特征阻抗为50Ω,用于数字传输,基带系统覆盖距离在10km以内,简单,便于安装,接口价格低廉,在1km的距离上提供数据传输率为10Mbps的一条单一数字信道,适宜于大多数数据通信。

宽带同轴电缆其屏蔽层通常是用铝冲压形成的。特征阻抗为75Ω,用于模拟信号传输,宽带系统能提供多个信道,同时传输数据,声音和视频信号,覆盖距离为几十公里,但其从设计到安装均较复杂,价格较高。

光纤 是一种细小(50~100μm)柔软并能够传导光线的介质。由很多细丝组成,通常细丝是由硅材料制成的,外面用其它折射率低的物质包起来。光纤传输的是调制的光信号,数据传输速率可超过1千兆/秒。误码率一般可达到10⁻⁹,传输延迟为光速的70%左右。

光纤主要有三种类型:单模光纤、多模阶跃折射率光纤和模梯度折射率光纤,其中最为广泛应用的是模梯度折射率多模光纤。利用光纤通信有如下优点:频带极高,衰减极低,体积小,重量轻,具有很强的抗干扰性,安全性好。不足点在于拼接和分岔困难。

无线通信 象微波、红外线、激光和无线电波的传输,不需要任何物理介质,只利用大气传输电磁信号,无线通信的数据传输率都很高,但易受天气变化及障碍物的影响。

卫星通信 通信卫星可被看作是一个大的空中微波中继器,它有一个或多个信号转发器,每个接收到的某一波段的输入信号,放大后再用不同的频率广播,以避免干扰输入信号。卫星通信能覆盖较广的地理区域,它的

带宽可以恰当地动态分配给所需的用户,容量大,且与接收者和发送者之间的距离无关。主要缺点是传输时间长,误码率不稳定,受气候条件,卫星相对于地面的方位等因素影响。

波特率 RB 又称信号速度,码元速率,是每秒钟信号状态的变化次数,单位是“波特”。

比特率 Rb 又称信息速率,是每秒钟传输二进制数据的位数,单位是“bps”。

单工通信 使用单工信道,数据信号仅从一个地方传送到另一个地方,亦即信息流仅沿一个方向流动。

半双工通信 采用半双工信道,数据信号可以在两个方向传输,但不能在两个方向上同时传输,只能交替进行。

全双工通信 采用全双工信道,可以同时两个方向上进行数据传输,相当于把两个相反方向的单工信道组合在一起。

同步 接收端要按照发送端所发送的每个码元的重复频率以及起止时间来接收数据。也就是在时间基准上必须取得一致。

同步通常有三种:位同步、字符同步和块同步。

常用的块同步方式有异步方式和同步方式两种。

位同步 使接收端接收的每一位数据信息都要和发送端准确地保持同步,实现这种同步的方法有:外同步和自同步法。

- 外同步法:发送方在发送数据之前,向接收端发出一串同步的时钟,接收端按照这个时钟脉冲频率,调整接收时序,并把接收时的时钟重复频率锁定在接收到的同步频率上,以使接收数据信息时,也能用同步频率的时钟作为外同步信号接收数据。

- 自同步法:是从数据信息波形的本身提取同步信号的方法。

字符同步 是收、发双方对每个字符进行同步,它是由发送端发送同步信息,以使接收端能够识别一个字符的准确接收时刻。

块同步 又称帧同步,对由若干个字符组成的一组数据进行同步,发送端为每组数据加上特殊的组同步字符。接收方根据同步字符与发送端保持同步。

异步方式 是计算机通信网中常用的一种同步方式,每一次传送一个字符(5~8位),每个字符前加1位起始位(“0”)后面加1位校验位和1~2位停止位(“1”),不传输字符时连续发送“1”,接收方根据“1”到“0”的跳变识别起始位。另外,收发双方约定每一位持续时间,使接收端严格跟踪发送端的时标。

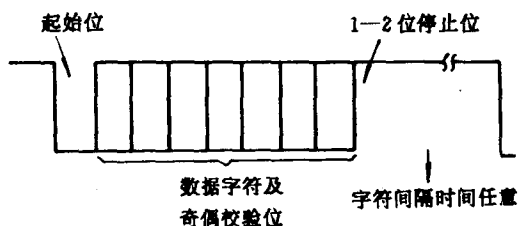


图 7.2-2 异步通信字符格式

同步方式 成块地传送字符或比特流,字符之间不加起始位、校验位和停止位,其同步方法:

- 二进制位的同步:有两种方法,一是在接收与发送端之间单设一根线送时钟脉冲;另一种是采用自同步编码如曼彻斯特编码。

- 数据帧的同步:在数据块前后加上起始和结束标志,形成一个数据帧,使得接收端能了解数据块的起始和结束。

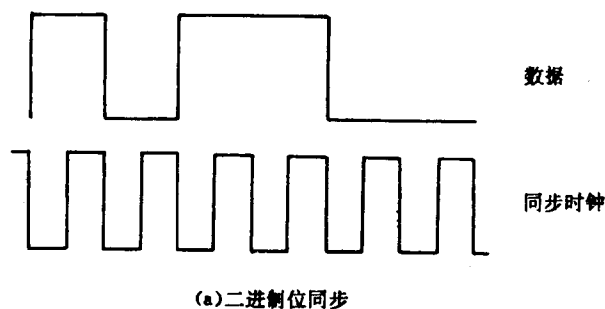


图 7.2-3 同步方式数据格式

无噪声信道上的最高数据传输速率 又称奈氏定理 如果一个无噪声信道的频带宽度为 $H\text{Hz}$, 在这个信道上传输的信号由 V 个离散的电平组成, 那么, 这个信道上的最高数据传输速率为:

$$R = 2H \log_2 V$$

信噪比 信号功率与噪声功率之比。如果用 S 表示信号功率, N 表示噪声功率, 则信噪比为 S/N 。

噪声信道上的最高数据传输速率 如果信道的频带宽度为 $H\text{Hz}$, 信噪比为 S/N , 那么, 信道的最大数据传输速率为 $R = H \log_2 (1 + S/N)$, 和信号使用的电平等级数无关。

基带传输 计算机等数字设备中, 二进制数字序列最方便的电信号形式为方波, 即“1”或“0”分别用高或低电平表示。人们把方波固有频带称为基带, 方波电信号称为基带信号。在信道上直接传送数据的基带信号称为基带传输, 它要求信道具有从直流到高频的频率特性。在模拟信道上容易引起基带信号的畸变。

频带传输 将基带信号转换成便于在模拟信道上传输的具有一定频率的交流信号, 然后在信道上传输, 称频带传输。这种变换称调制, 也就是用基带信号(脉冲)对载波波形(正弦交流波形)的某一个参量进行控制, 使这个参量随基带信号变化。经过调制的信号, 通过通信线路到达接收端, 经过解调, 将调制信号恢复成原始基带信号, 传输给接收端的数据终端设备。完成调制和解调过程的设备称调制解调器(MODEM)。

幅度调制 又称移幅键控。它是使载波的幅度随发送的基带信号而变化, 而频率和相位保持不变, 载波幅度在零和原载波幅度之间变化。

频率调制 又称移频键控。是使载波的频率随发送的基带信号而变化。而幅度和相位保持不变, 载波频率 f 是在低频($f_0 - \Delta f$)和高频($f_0 + \Delta f$)两个频率之间变化, 其中 f_0 为载波的中心频率, Δf 为相对于中心频率的频率偏移。

相位调制 又称移相键控, 使载波的相位受发送的基带信号的控制, 即载波的相位 φ 相对于二进制码“1”和“0”而发生变化, 而载波的幅度和频率保持不变。有各种调相方式, 如两相调制, 四相调制及八相调制。

曼彻斯特编码 把每一个信息位分为两个半位, 用不同的电平来表示。规定, 前半位为所要发送的信息位的原码信号, 后半位为所要发送的信息位的反码信号。经编码后, 前半位为高电平, 后半位为低电平, 表示“1”; 反之, 表示“0”。在曼彻斯特编码中, 每一位的中间总有一个跳变, 该跳变既表示数据, 又作为时钟, 接收方可以从中提取同步信号。这样, 不需要独立的同步信号, 就能使设备保持同步。

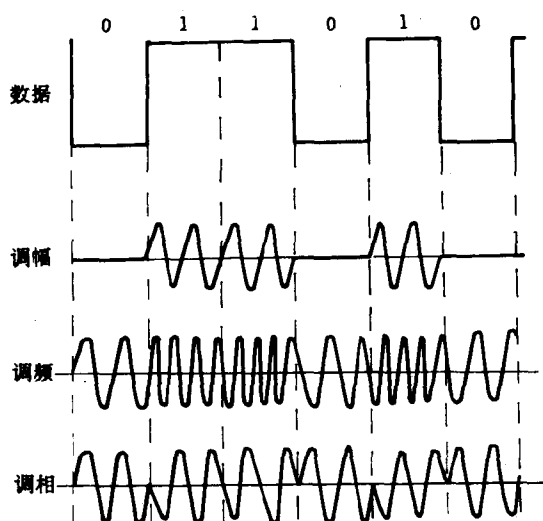


图 7.2-4 调制例图

差分曼彻斯特编码 把一个信息位分成两个半位,用不同的信号电平表示,根据位边界有无跳变信号来决定一个位是数据“1”或“0”,具体方法,比较本位的前半位和前一个位的后半位,若相同,位边界信号电平没有变化,该位为“1”;若不相同,位边界信号电平有变化,该位为“0”。

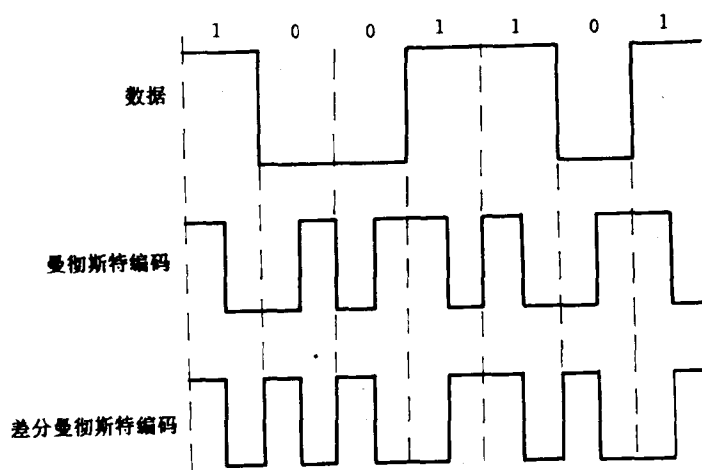


图 7.2-5 两种曼彻斯特编码示意图

违例码 差分曼彻斯特编码每一位的两个半位不能是同样的信号电平,若在半位处没有信号跳变,称为违例码。有意地产生违例码形成一个特殊信号与正常的信号组合在一起可以作为标志信号。

脉冲编码调制PCM 利用取样脉冲对信号源来的信号进行取样,使连续信号变为离散信号,并对取样所得到的信号脉冲幅度进行分级即量化,然后把量化结果转换为对应的二进制编码。

差分脉码调制DPCM 输出的不是每次抽样的二进制编码值,而是将当前和前一次两次抽样的差值进行二进制编码。

增量调制 当抽样时间间隔很短时,模拟数据在两次抽样之间的变化很小,可以选择一个合适的量化值 δ 作为阶距,把两次抽样的差别近似为不是增加一个 δ 就是减小一个 δ ,这样只需要1比特二进制信息即可表示一次抽样结果。

预测编码法 是根据一定的预测算法和前面几次抽样值预测下一个抽样值,然后对实际信号值和预测值间的差编码,该方法中,收发双方必须采用相同的预测算法,该方法缩短了被编码数字的长度,减少了需发送的比特数。

编码解码器 具有编码解码功能的装置。编码是将连续的模拟信号转换为数字位串,解码是将数字位串还原为模拟信号。

量化 对取样所得到的信号脉冲幅度进行分级的过程。

宽带传输 以电视电缆(CATV)技术为基础,采用频率调制等方法把带宽为400兆赫的电视电缆分割成多个子频带,用于模拟或数字信息的单向或双向传输。

多路复用 是在一条物理信道上安排若干条数据传输线路,使多个信号共用一个物理信道。

频分多路复用FDM 是将线路和整个频带划分成多个逻辑信道,每个逻辑信道占据一个专用的频率范围,具有其特定的载波和带宽。各用户的信号经一个与某逻辑信道相适应的调制器调制后,它们互不重叠地排列在线路各逻辑信道指定的频带上,并行送到通信线路上,在接收端,经解调后恢复各用户信号。

时分多路复用TDM 是将时间分割成一个个时间片,给各个站分配一个或多个固定的时间片,每个站只有在自己的时间片内才能发送信息。它们周期地轮流按序共用一个信道,在每个时间片内只有一路信号占用信道,这样在时间上交错开的多路信号在信道上形成了复合信号,在接收端是通过对复合信号的定时分离来恢复各个站发送的信号。

集中器 又称集线器。有多条输入线,分别连接多台设备,但只有一条输出线。在任一时刻,选择一条输入线与输出线接通。

线路交换 当原端发出呼叫时,系统为其在交换设备中寻找一条通往目的端的物理通路,包括三个过程:线路建立、数据传送和线路拆除。

报文交换 不需要在两个站之间建立一条专用通路,发送者以报文为单位,把一个目的地址附加在报文上,然后把报文发到相邻中间结点,中间结点将报文作为一个整体接收并暂时存储起来查错,然后再发往下一个结点。

包(分组)交换 严格限制每次发送时信息的最大长度,将报文分割成若干长度较短的信息包,然后以包为单位发送、存储和转发。

多点线路 利用单一通信媒体为多台通信设备服务,该方法可以直接连接通信设备,也可以经过集中器连接多台通信设备。

DTE 即数据终端设备,包括各种计算机及其终端设备及其它用户通信设备。

DCE 即数据线路设备,提供给用户的通信设备,如调制解调器等。

RS-232-C EIA制定的用于DTE与DCE之间的串行数据接口标准,该接口是一个25芯的连接插头,标准为每一个插脚都作了规定。该接口连接距离不超过15m,数据传输速率不超过20千位/秒,电压在-15V~3V时表示“1”,+3V~+15V时表示“0”。

RS-499 EIA在RS-232-C基础上扩展的新标准,与RS-232-C完全兼容。RS-499接口标准规定了机

械、功能及规程特性。该接口为37脚的插座,数据传输速率从20千位/秒到2兆位/秒。RS-499电气特性分为两类:RS-422A和RS-423A。

RS-422A 采用平衡型,驱动器和接收器均为差动工作方式。每个信号采用双线传输,抗干扰能力很强,当传输距离少于10m时,速率可达10兆位/秒。当距离为1km时,允许的速率不大于100千位/秒。

RS-423A 采用半平衡型,驱动器不平衡。接收器是平衡的差动工作方式,每个信号使用一根导线。当传输距离在10m以内时,数据速率可达300千位/秒。传输距离增加则速率减少,当距离为1km时,允许的最大速率为100千位/秒。

V.24 建议 由CCITT于1964年提出,后分别于1968、1972、1980年进行过修改。是数据终端设备与数据通信设备之间的接口定义表。这个接口传输二进制数据、控制和定时信号以及适当的模拟信号。V系列是针对进入公用电话网设计的,有两套标准接口线即100系列和200系列接口线。100系列接口与EIA-RS-232-C和RS-499相兼容。200系列接口与EIA-RS-366-A兼容。

X.21 建议 是数字信号接口,由CCITT于1976年制定。该建议说明了DTE是通过该接口与DCE交换信号,以建立和释放物理连接的,X系列是针对公用数据网设计的。X.21接口共定义了8根信号接口线,所用的插座为15针。其同步方式:可由DCE的S线送位同步的定时时钟信号,还可由B线提供8位字符帧的同步信号。若不使用B线,则在控制信息序列前至少要加上两个同步字符SYN,以使双方能确定帧的边界。CCITT X.21建议草案中包括两个特殊的部分:一部分规定了一个一般应用的DTE/DCE接口,用于公共数据网上同步操作,这是X.21的物理层部分;另一部分规定了用于交换服务的控制过程,这部分究竟属于哪一层在标准化界尚未取得一致意见。

7.2.3 数据链路层协议

数据链路层 目的是提高物理链路的可靠性,为网络提供一条在逻辑上无差错的数据链路。发送方把输入数据分装在数据帧里,按顺序传送各帧,并处理接收方送回的确帧。由于物理层仅接收和发送比特流,并不关心它的意义和结构,所以只能靠链路层产生和识别帧的边界,可以在帧的前头,末尾附加上特殊的二进制代码模式来达到这一目的,若这些二进制编码要出现在数据中,必须采用特别措施避免混淆。由于传输线上突发的噪声干扰可能使正在传送的帧遭到损坏,还有可能出现帧丢失,重复等问题,必须采取相应办法进行差错控制,同时必须对流量进行控制以防止接收方来不及处理造成数据丢失,另外,数据链路层还具有链路的建立、维护和拆除等管理功能。

面向字符的数据链路控制协议 协议规定传输的数据单元由字符组成,并以特定10个字符序列构成数据单元所必要的专用控制的信息,管理数据的交换,最常用的代码系列是美国国家标准信息交换码(ASCII码)和二一十进制交换码(EBCDIC码)。其链路结构有半双工,全双工,分别适用于双向交替操作及双向同时操作。该协议是从1960年开始发发展起来的。

面向位的数据链路控制协议 协议规定传输的用户信息可以是数据位的任意组合,它的协议数据单元具有固定的格式,称为帧。通常由标志、地址、控制、帧校验序列等字段(详见HDLC条目)组成控制信息完成协议规定的功能。该协议更适合于传输计算机的任意数据格式,也便于计算机实现协议功能。该协议具有可靠性高,传输透明性好和较高的传输效率。

成帧方法 为了利用物理层提供的服务,数据链路层必须将物理层提供的位流划分成具体的帧,常用的方法有4种:

1. **字符计数法**:在帧的开始使用一个字段标明该帧的字符个数,当目的端收到该字段时,即可根据其中的字符计数值接收后面的字符,确定帧尾的位置及下一帧的开始。
2. **首尾界符法**:在帧的开始和结束处分别用开始字符和结束字符标记,例如用DLE STX表示帧的开

始,用DLE ETX表示帧的结束,但是在数据传送中,帧边界控制字符有可能在数据中出现,为了区别帧边界字符和在数据中出现的相同字符,可使用字符填充技术,在数据中每个DLE字符之前插入一个DLE的ASCII代码。

3. 首尾标志法:每个帧使用一个特殊位模式作为开始和结束标志,例如,在HDLC中用01111110作为帧的开始和结束标志。为了将其从数据中区别开来,采用位填充技术,在数据中当遇到5个连续的“1”时,自动在其后插入一个0到输出位流中。

4. 物理层编码违例法:只适用于在物理介质的编码策略中采用了冗余技术的网络,如传送数据采用曼彻斯特编码,要求每位电平都在中间改变一次,如果在帧的开始和结束字段中使用非法序列,即位的中间没有跳变,这样可与一般的数据编码相区别,以确定帧的边界。

差错控制 差错控制包含差错的检测和校正两部分内容,差错检测是对被传送的数据,按照某种逻辑关系加上一定的冗余位(称差错控制编码),构成新的信息组合发送出去;接收端收到数据和冗余位后,检查它们之间是否符合逻辑关系,确定传输是否正确(检测过程)。差错控制有两种类型:

(1)自动请求重发(ARQ—Automatic Request for Repeat):在接收端检测出有关差错时,就通知发送端重发,直到正确接收为止。

(2)前向纠错(FEC—Forward Error Correction):发送端发出具有纠错功能的纠错编码,也就是在接收端不但能发现差错,而且能确定错码元的位置,从而达到纠错的目的。

奇(偶)校验码 是最简单的检错码,编码时,将所要传送的数据分组,在每一组的数据后面附加一位校验位,使得该分组内连同校验位在内“1”的个数为奇(偶)数个。这种方法只能发现奇数个误码。具体实现有三种方法:

(1)垂直奇偶校验:在每个要传送的字符后面附加一个奇偶校验位,使得字符代码中“1”的个数为奇数或偶数,该方法能检查出垂直列上的奇数个差错。

(2)水平奇偶校验:在数据传输中,常将若干个字符组成一个信息块,对这个信息块中所有字符按对应位水平方向进行奇偶校验,该方法可发现水平方向上的奇数个差错,而且能检测出长度小于或等于列长度的所有突发错误。

(3)垂直与水平奇偶校验:在信息块上同时采用垂直和水平奇偶校验,具有较强的检错功能。

海明距离 将两个多位代码逐位比较,代码中不同位的数目称为两个代码的距离。例如,1011001和1010110的距离为4。任意两个合法的代码间的最小距离称“海明距离”。显然海明距离为1的编码是没有检错能力的,因为编码的任意一种组合都是合法的。

群计数 用二进制数表示字符编码中“1”的个数,并将其附在字符编码后面,一起发送。例如,在1100110中有4个“1”,用群计数表示,即在这7个码元后再发送100。这种方法检错能力强,除了“1”变成“0”和“0”变成“1”同时成对出现外,其它差错均可检测出。

水平群计数 把群计数法和水平奇偶校验法结合起来,以检测更长的突发差错。即信息按块发送,将各字符的对应位按水平方向进行群计数并设置水平奇偶校验位,发送时按列发送字符,最后传送校验信息。

海明码 是一种纠错码。它不仅能检查出错误,而且能确定差错的位置,它的检错、纠错性能取决于它的海明距离。编码方法:将码字的每一位从左至右从1开始连续编号,凡编号为2的乘幂的位(1,2,4,8,16,...)是校验位,其余位(3,5,6,...)是数据位,每一个数据位一般由几个校验位共同校验。编码时,将编号展开成2的乘幂的和,则每一项所对应的位即为该数据位的校验位,例如 $5=1+4$,那么编号为5的位的校验位为1和4位,每个校验位将所校验数据位的集合连同自身一起进行奇偶校验。接收端在接收每一个海明码数据之前,先将差错计数器置0,当海明码数据到达后,按照前面的方法逐个检查校验位的奇偶性,若发现奇偶性不一致,就将该校验位的编号加到差错计数器上,等所有校验位核对完毕,若差错计数器仍为0,说明该代码接收无误,否则差错计数器的值即为出错位的编号,将该位求反就可纠正差错,得到正确结果。

循环冗余码 (CRC Cyclic Redundancy Code) 这是在用户数据后面附加若干校验位的检错或纠错编码。可