



计算机网络原理及 应用基础

JISUANJI WANGLUOYUANLI JI YINGYONGJICHU

瞿 坦 主编

华中理工大学出版社



前 言

计算机学科与通信学科相结合,形成了一个学科分支,叫做计算机网络。计算机网络技术从简单的“交互信息”阶段、“资源共享”阶段发展到“网络计算”阶段。计算机网络技术的发展又推动了计算机学科的前进,目前出现了一个新名词叫做网络计算机(Networking Computer),也就是说,只有具备联网功能的计算机才能称之为现代计算机。计算机网络从局域网发展到广域网,现在正在向虚拟网络的目标前进。网络产品花样之多,技术更新速度之快,令世人瞩目。

从学科交叉角度观察,80年代末人们普遍认为,计算机应该成为各学科各专业的重要工具。进入90年代后,这种观念发生了变化,有识之士呼吁,计算机和计算机网络技术应该成为各学科各专业的有机组成部分,计算机和计算机网络技术是推动和促进各学科发展的主要动力之一。

国内广泛应用的计算机主要是微型计算机,使用的历史短,至今不过十多年的时间。由于受多种因素的制约,目前高等院校非计算机类专业的计算机和计算机网络技术的教学落后于社会的需求;大中型企业中工程技术人员的知识结构赶不上设备更新和知识更新的步伐。为此,加速计算机网络知识的普及,适应客观形势的需要已成为当务之急。

计算机网络技术是一个新的庞大的学科分支。为满足读者的需要,国内已出版了许多计算机网络方面的教材、专著和译文,其中有不少优秀作品。本书是计算机网络技术的基础性读物。首先,本书紧紧抓住网络的层次体系结构,反复论证,使读者对网络各层次的作用以及层间的相互关系有一个清晰的概念。当一种新的网络产品推出时,或某种新的网络技术问世时,读者就可运用层次概念对新产品或新技术进行分析和学习,从而可以大大缩短知识更新所需的时间。其次,书中重点介绍了网络中最低的也是最重要的3个层次,即物理层、数据链路层和网络层。这3个层次的技术及其规范相对于其它高层次而言,比较成熟和稳定,另外这3个层次所涉及的有关网络通信的基本概念与术语也特别多,也能为进一步深入网络世界打下良好的基础。最后,书中以国内流行的Novell网络和Internet网络为例,介绍局域网和Internet的最基本部分的原理、安装方法和使用方法,读者可以融安装、使用和学习于一体,一步步地向“计算机网络王国”迈进。

本书是为适应当前人才培养目标而编写的,书中内容的取舍着重考虑高等院校工科各专业计算机基础教育的实际,并兼顾了网络技术的发展。全书内容包括两部分:第一部分为原理篇(共七章),介绍了网络协议ISO/OSI模型、信号传输原理、数据链路层协议、局域网基本原理及IEEE802标准、网络层、Internet基本概念以及网络新技术。第二部分为技术与应用篇(共四章),介绍了Novell网络、Novell Netware平台上的TCP/IP、远程通信网络以及Internet实用技术与应用。书中最后有两个附录,附录一是思考题,附录二是Internet常用网址。

全书由墨坦主编。其中第一章至第七章由墨坦执笔;第八章至第十一章以及两个附录由瞿彬彬执笔。在编写过程中得到了谭聪硕士和郑炜煜硕士的大力协助,在此表示感谢。

限于编者的水平,书中的缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

编者

1998年10月

原 理 篇

第一章 概 述

19 世纪是蒸汽机时代,20 世纪是信息的收集、处理和分配时代。由于信息收集和加工的需要,在最近 20 多年来,通信技术和计算机技术相互渗透,逐渐形成了计算机网络这个新兴的学科分支。计算机网络的诞生和发展反过来又促进了通信技术的发展,并对计算机系统的组织方式也产生了深刻的影响。

计算机网络是利用通信线路,把分布在不同地点的多个独立的计算机系统连接起来的一种网络,使广大用户能够共享网络中的硬件、软件和数据等资源。由于资源共享,可以充分发挥各地资源的作用和特长,提高可靠性,降低运行费用,而且可避免人力和物力的重复投资。

自 1968 年美国国防部高级研究计划局(ARPA)主持研制的 ARPA 计算机网络投运以来,世界各地计算机网络的建设和发展迅速发展,一些网络还相互连接形成国际网络,促进了世界上各个国家之间的文化交流和技术发展。

1.1 计算机网络发展简介

计算机网络经历了一个从简单到复杂,从低级到高级的发展过程,其发展可分为 4 个阶段:主机—终端阶段、主机—主机阶段、局域网阶段和网络互联阶段。

1. 主机—终端阶段(Mainframe Host to Terminal)

早期计算机很昂贵,只有计算机中心才能拥有。计算机的用户要从远地到计算中心上机,这不仅耗费大量时间、精力和资金,而且还无法及时处理信息。为解决这个问题,人们在大型计算机内部增加了通信控制功能,使远地站点(远程终端)的输入输出设备能通过通信线路直接和计算机相连,达到一边输入信息,一边处理信息,最后的处理结果再经过通信线路直接送回到远地站点。这种系统称为单机系统,也称为联机系统,如图 1-1(a)所示,这种联机方式提高了计算机系统的效率和服务能力。

单机系统有两个明显的缺点:首先是主机任务繁重,它既要承担本身的数据处理工作,又要承担和终端的通信工作,尤其是在通信量很大时,会影响主机的数据处理工作。其次是线路利用率低,特别是当终端距离主机甚远时尤其如此。

克服第一个缺点的办法是在主机前设置一个前置处理机,专门负责与终端的通信工作,使主机摆脱通信负担,集中更多的时间进行数据处理。克服第二个缺点的常用办法是在终端集中的区域设置线路集中器,各终端通过低速通信线路连到集中器上,然后再通过高速通信线路把

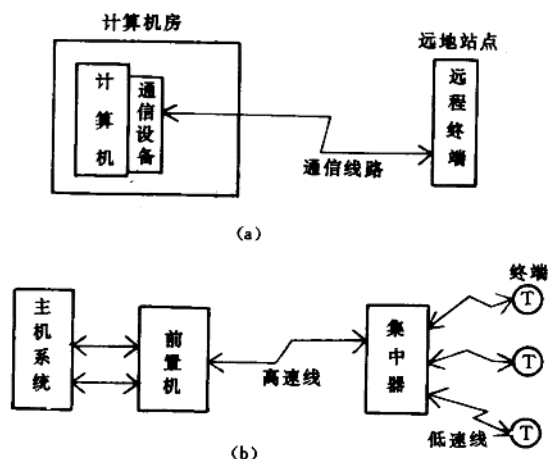


图 1-1 主机—终端系统

(a)具有通信功能的单机系统 (b)具有通信功能的多机系统

集中器和主机(前置机)相连接。终端信息先通过低速通信线路汇集到集中器上,然后在集中器中按一定格式组成汇总信息,再由高速通信线路送给主机。

前置机和集中器一般采用内存容量较小,通信功能较强的小型机,这些小型机除了能完成通信任务外,还能进行通信处理、信息压缩、代码变换等其它工作。这种多机系统的结构如图 1-1(b)所示。

2. 主机—主机阶段(Host to Host)

联机系统的发展,为计算机应用开拓了新的领域。随着计算机硬件价格的下降和计算机应用的发展,一个部门或一个大公司通常会拥有多台主机系统,这些主机系统分布在不同的地区,它们间经常需要交换信息,进行各种业务联系,如各子公司的主机系统需将其信息汇总后送给总公司的主机系统,供有关人员使用。这种以传输信息为主要目的,用通信线路把各主机系统连接起来的计算机群,称为计算机通信网络,它是计算机网的低级形式。世界上早期最有代表性的计算机通信网是 ARPA 网,该网在 1969 年下半年建成,最初只有 4 个站点,1975 年该网中计算机系统已达 100 多个,终端数千台。计算机网的许多设计经验都是由此总结出来的。

随着计算机通信网络的发展和应用,对计算机网络提出了更高的要求。计算机系统的用户希望使用其它计算机系统的资源或希望将几个计算机系统联合起来共同完成某项工作,这就形成了以资源共享为主要目的的计算机网络的要求。为了实现这个目的,除了要有可靠有效的计算机通信系统外,还要求制定一套全网一致遵守的规则(协议)、支持软件和网络操作系统。用户使用网中的资源就像使用本地资源一样,即从本地用户的角度看,整个网络就是一个大的计算机系统,使用网中资源时,并不感觉到这些资源在地理上的差别。

从逻辑功能上看,计算机网可由两级子网组成,即资源子网和通信子网。前者负责数据处理,后者负责全网的通信。

为了适应计算机网络的需要,从事通信事业的部门和公司纷纷建立公用数据通信网络,增设各类数据通信服务。使用公用数据通信网时,不需要铺设或租用专用线路,所以投资少,通信费用低,便于中小型企业、事业单位的计算机和终端入网。另外,由于采用标准的通信接口设备,有利于网络的扩展。

3. 局域网阶段(LAN, Local Area Network)

1971年微处理器(Microprocessor)问世,微型计算机以其崭新的姿态进入计算机家族。大规模和超大规模集成电路的发展,使微型计算机的性能不断提高,价格迅速下降,微型计算机的应用已遍及各行各业。在80年代初期,计算机外部设备,包括硬磁盘和打印机,价格相当昂贵,人们自然想到能否在不大的地理范围内,让多台微型计算机(简称微型机)共享一台打印机和硬磁盘,这样就产生了局域网。80年代后期到90年代初,局域网技术取得了长足的进步,从技术角度的一个侧面看,大概经历了4个阶段。

(1) 共享服务器硬件

在局域网配置一台带有硬盘和打印机的较高档微型机,叫做服务器(Server),局域网上的其它微型机,叫做工作站(Workstation),工作站与服务器通过某种传输介质相连接并按一定的方式分享服务器硬盘资源和打印机,如图1-2所示。

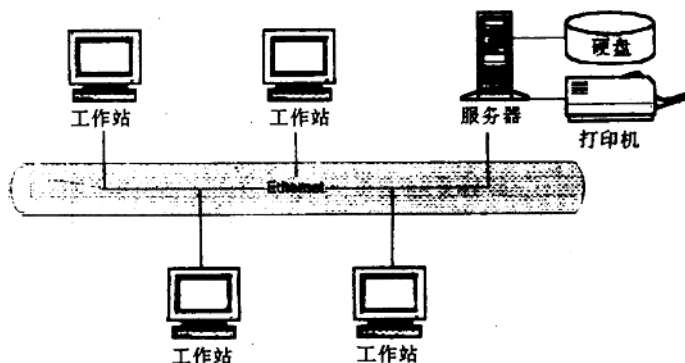


图1-2 局域网示意图

服务器把硬盘划分为若干个区,每个工作站访问指定的硬盘区。这时,可将服务器看作是工作站外设的延伸。

(2) 共享服务器文件

从单纯的硬件共享跨越到共享信息资源阶段,是一重大的进步,这时的服务器称为文件服务器。这一时期,办公自动化系统(OAS)、管理信息系统(MIS)以及生产过程自动化系统(PAS),例如,集散式控制系统(TDCS),纷纷将局域网技术引入各自的领域,成为各系统的主干和框架。

(3) 客户/服务器(Client/Server)计算模式

文件服务器对共享文件的安全性、保密性和可靠性考虑较多,但它只能起到文件“保管员”作用。例如,某个工作站要检索某大学基本工资1500元以上的教职工名单,假设该校教职工人数有7000人,且工资在1500元以上的人数为100人,工作站向服务器提出文件访问请求,服务器需要将7000条工资记录全部送到工作站,再由工作站从7000条记录中挑出100人的名单。很显然,这种模式的缺点是:首先,信息利用率甚低,有效信息只占总信息量的1/70;其次,

增加了网络通信的流量,容易造成流量拥挤和堵塞。

如果服务器不仅有文件(信息)“保管”功能,还具备数据处理(计算)功能,则工作站和服务器的就可进行分工,由工作站运行面向客户的应用程序,而服务器则根据客户的请求进行数据处理,并将结果返回给工作站,这种模式谓之客户/服务器计算模式。仍以上述为例,这时工作站向服务器提出请求:“请将工资在 1500 元以上的教职工名单送给我”。服务器接到该请求后,通过一系列检索排序等操作,最后向工作站客户程序提交有关 100 人的工资额及名单信息。这种模式不仅大大减轻了网络负载,而且可充分发挥服务器硬、软件平台的性能。

(4) 分布式计算(Distributed Computing)

随着数据库技术从集中式数据库发展到分布式数据库,服务器已能为应用提供远程进程服务(RPS, Remote Process Server),局域网技术进入高级客户/服务器计算模式,即分布式计算模式,这时,响应客户应用程序所提出的请求是透明的。

4. 网络互联阶段(Network Interconnection)

20 世纪 90 年代初,Novell Netware V3.11 的推出,标志着局域网文件服务器已趋成熟以及向网络互联过渡。与此同时,以 Internet 为代表的广域网(WAN, Wide Area Network)已遍及全球各国家和地区。近年来,网络发展的主要方向是:在更大范围内共享资源,尽最大可能提高网络数据速率和利用率,以及提供更多的网上服务。网络互联主要有:

- ① 局域网与广域网互联。例如,局域网与 Internet,即局域网用户如何访问 Internet 资源。
- ② 局域网与局域网互联(LAN to LAN)。
- ③ 局域网与某种系统网络体系结构互联。

协议(或规范)是技术与经济利益的折中产物,某些大公司为维护自身的既得利益,各自设计了网络体系结构,如 IBM 的系统网络体系结构(SNA, System Network Architecture)和 DEC 的 DEC 网络体系结构(DNA, DEC Network Architecture)。局域网为了访问 SAN 或 DEC,必须通过某些特殊设备(叫做网关)。当然,SAN 和 DEC 为了自身的生存和发展,也必须提供与其它网络互联的接口(Interface)。

网络技术日新月异,当前网络技术的热点是虚拟网(Virtual Network)和多媒体网络(Multimedia Network),网络应用更是各学科关注的焦点之一。

1.2 开系统互联参考模型

数据通信是分布式控制与管理系统(DCMS)的最主要支持。通信子网的目的和任务是将数据经通信子网从一处安全传送到另一处。在设计通信系统时,为了简化设计,采用了高度结构化的方法,将系统的功能分为若干层(Layer),每层完成确定的功能集,上层利用下层的服务功能,下层为上层提供服务。挂在通信系统上的两台计算机对应层之间,均按相应的协议(Protocol)通信。所谓协议,就是通信双方事先约定的通信的语义和语法规则的集合。各层功能及其通信协议构成了通信体系,为了使通信体系标准化,国际标准化组织 ISO(International Standards Organization)从 1978 年 2 月开始研究开系统互联参考模型 RM/OSI(Reference Model/Open Systems Interconnection),1980 年 12 月提出了第一个草案(Dp7498)征求意见,1982 年 4 月形成国际标准草案(ISO/DIS7498)。这个 7 层模型如图 1-3 所示,它已为 ISO, CCITT, ANSI 和许多厂商所接受,并作为发展计算机通信系统标准的参考。

本节介绍开系统互联参考模型,以后各章节将按这种模型的分层展开讨论。

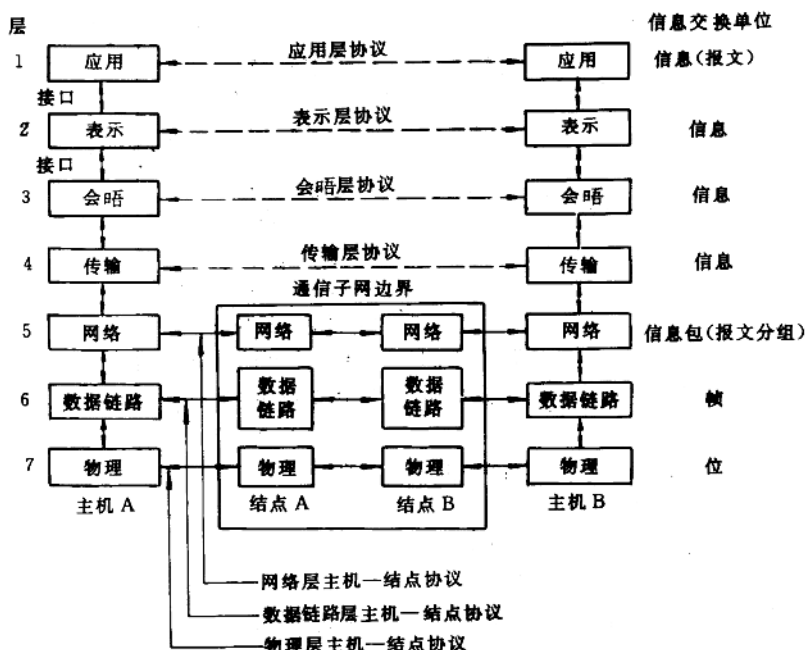


图 1-3 RM/OSI 模型的网络体系结构

1.2.1 RM/OSI 的分层结构

如果一个计算机系统中的应用进程(或称用户进程)只能在该计算机系统内部操作,则称之为闭系统,如单计算机系统。如果一个计算机系统中的应用进程能与另一个计算机系统的进程通信,则称之为开系统。显然,开系统是由通信子网连接的计算机系统。

参考模型 RM/OSI 的目标是协调多个计算机系统中的应用进程,使其间的信息交换过程标准化。为此 RM/OSI 将开系统环境分成两部分:本地系统环境和开系统互联环境。开系统互联环境包括 7 层功能及其对应的协议;本地系统环境包括本地系统管理、应用进程以及各层功能协议对应的处理程序,它们都是在本地系统环境下执行的。

RM/OSI 只关心开系统互联环境,它把应用进程间的通信分为 7 层,每层完成一个明确定义的功能集合,并按协议相互通信。层与层之间的联系如图 1-4 所示。每层向上层提供它所需要的服务,在完成本层协议时使用下层提供的服务。各层的功能是独立的,层间的相互作用通过层接口来实现,只要保证层接口不变,任何一层实现技术的改变均不影响其余层次。注意,参考模型 RM/OSI 的目标是使各层的功能和协议标准化,而不考虑用何种技术(软件、硬件或固件)。怎样去实现这些功能和协议,这些工作由开系统互联的实现者去完成,以便使其在实现中有更大的灵活性。

RM/OSI 模型分层的原则是:

- ① 分层不要太多;
- ② 在服务的描述工作最少的地方、在穿过边界相互作用次数最少的地方建立边界;对每一层只建立它与上、下层的边界;

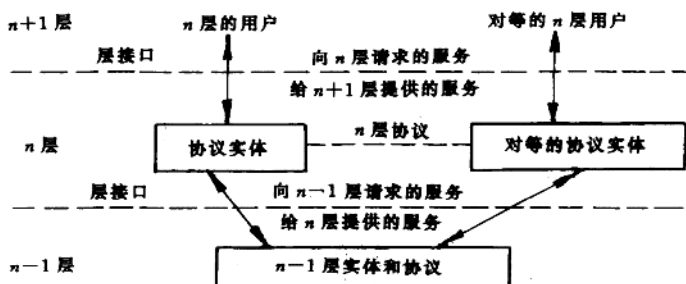


图 1-4 RM/OSI 层与层之间的联系

③ 对技术上或处理上有明显不同的功能,应建立不同的层来处理;

④ 对功能界线明显的功能集单设一层,以便在整体重新设计时,不改变该层与邻层的关系。

设计时,为了标识每个层次,应该提供以下内容:

- ① 概述建立该层的目的;
- ② 描述该层的功能和要用到的下层服务;
- ③ 描述该层给上层提供的服务。

分层原则对发展开系统互联标准起着指导、决策的作用。

1.2.2 RM/OSI 的各层内容

1. 物理层(Physical Layer)

物理层是 RM/OSI 模型的最低层,其任务是实现互联系统间物理上的位流的透明传输。这一层实现系统间的物理通信,而其余各层都是虚拟通信。该层关心的是:当发送“1”(或“0”)时对方是否正确接收到“1”(或“0”);对“1”和“0”的电平,每一比特持续多少时间;通信是否可在两个方向上进行;双方如何建立连接和拆除连接;接插件的体积、引线的数目和每条引线的意义。这一层的设计还会遇到有关计算机和通信设备连接的机械、电气和程序接口等问题。

2. 数据链路层(Data Link Layer)

该层的基本功能是在两个数据链路层之间建立和维持一条或多条数据链路,从网络层看,它提供了无差错的通信服务。具体工作是:接收来自上层的数据(报文分组),按一定格式形成帧,从物理通道上发送出去;处理接收方发来的应答,重传出错帧和丢失帧;保证按发送次序把帧正确地传给对方。为了保证正确发送,还应有流量控制功能。使用的标准之一是面向比特的 HDLC(High-Level Data Link Control)协议。

3. 网络层(Network Layer)

该层的基本工作是接收来自传输层的报文(Message)分段,把它们转换成报文分组(Packet)后送到指定的目的机。对存储转发子网来说,该层的主要问题是确定报文分组传送的路径(称为路由选择),在每个结点中都要存放一张出境线路表,指出该结点通往每个目的结点的所有可能的线路及有关信息,供路由选择算法使用。

网络层用网络地址唯一地标识其逻辑通道。在源机与目的机之间进行数据交换时,应建立网络地址之间的连接。在同一对网络地址之间可以建立多个网络连接。网络层是通信子网的

边界,它决定主机与子网接口的主要特征,也就是传输层与网络层接口的特点。

ISO 已建立了物理层、数据链路层和网络层的国际标准,例如,公用数据网的协议标准 X.25(X.25 层 1,物理层,使用 X.21;X.25 层 2,数据链路层,使用 HDLC)。

4. 传输层(Transport Layer)

该层又称为主机—主机(Host to Host)协议或端—端(End to End)协议。它的任务是提供一种独立于通信子网的数据传输服务,即对高层隐藏通信子网的结构,使源机和目的机之间的连接就像简单的点对点的连接,尽管实际的连接要复杂得多。传输层的具体工作是为会话层提供服务,接收会话层送来的报文,必要时把它分成若干较短的报文分段,保证每一分段都能正确到达对方,并按它们发送的顺序在目的机中重新装配起来。传输层使用传输地址建立传输连接,在同一对传输地址之间可以建立多个传输连接。为了使两台主机的处理速度匹配,就要有某种流量控制机构;为了优化子网资源的使用,为上层用户提供不同质量要求的服务,可能要把几个传输连接映射到一个网络连接,或者把一个传输连接映射到多个网络连接。传输层还没有确认的标准,但有几个候选标准。

5. 会话层(Session Layer)

该层的任务是为两个表示层进程建立会话连接,并管理它们在该连接上的对话。开始会话是一项复杂的工作:首先要证实会话双方的身份并检查其会话权限,以及通信方式是否一致;为了实现双方的数据传输,必须把会话连接映射到传输连接上,当前的 RM/OSI 规定这种映射是一一对应的,但对某传输连接而言,在使用它的会话连接结束后,又可用于另一个会话连接。会话层还没有公认的标准。

6. 表示层(Presentation Layer)

该层为应用层提供有关信息表示的服务。该层提供的具体服务有:文本压缩、代码转换、数据加密与解密、文件格式变换、信息格式变换、终端属性转换等。

7. 应用层(Application Layer)

它是 RM/OSI 的最高层,负责开系统中两个应用进程间的信息交换。

1.2.3 RM/OSI 的数据流程

在介绍 RM/OSI 的数据流程之前,先介绍一个类比的例子。设有两个体制完全相同的单位,各单位分别设有主任、班长、组长、办事员。他们的工作方法很机械,下级只向他的直接上级报告情况,上级只能要他的下级办事。两个单位的主任、班长、组长都不能直接往来,但可通过书信协商工作,且仅接收对方对应职位人员的信件,唯一能直接见面的是双方的办事员。这种甲、乙两单位协商办事的方式如图 1-5 所示。甲主任要和乙主任协商事宜,必须通过信函,并将信封在信封内交给甲班长;甲班长拿出与乙班长通信的专用信封(否则乙班长不收),将甲主任的信装入其中,并将它交给甲组长;甲组长将其装入给乙组长的专用信封中交给甲办事员,让他交给乙办事员。乙办事员收到信后送给乙组长;乙组长检查信封,是甲组长的信封才接收,并剥去信封查看内容,若是给自己的就自行处理,若是给上级的就递给乙班长;乙班长收到信后也按相同的方法处理,直至把信送给乙主任为止。

按 RM/OSI 模型设计的网络系统的通信过程与上例类似,其数据流程如图 1-6 所示。用户数据送入应用层后,该层给它附加控制信息 H_1 ,后送表示层。表示层可能要对数据作适当变换(如代码转换、数据压缩)后附加控制信息 H_2 ,再送会话层。会话层加上控制信息 H_3 送传输层。传输层可能要把长报文分成若干段,给每段加上控制信息 H_4 ,后送网络层。网络层加上控

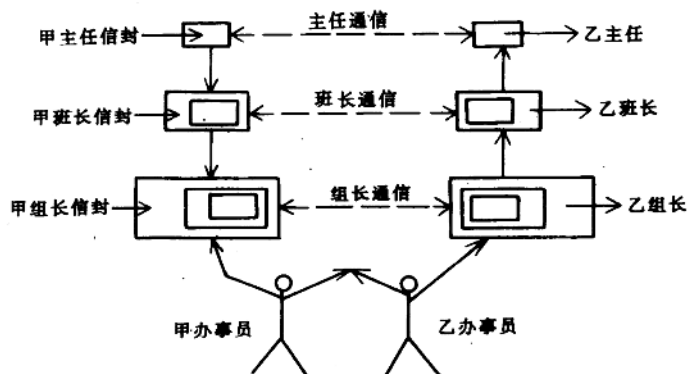


图 1-5 两单位之间的一种通信结构

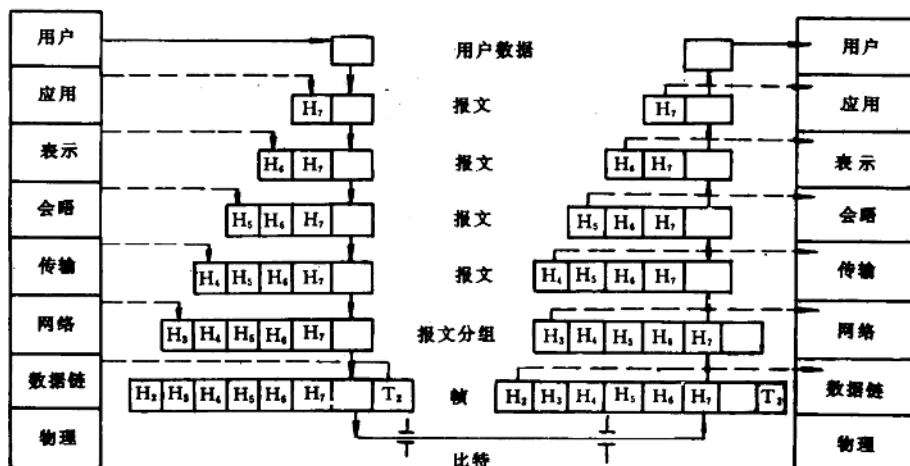


图 1-6 RM/OSI 中用户之间通信的实际信息流动

制信息 H_3 形成报文分组送数据链层。数据链层给报文分组附加头 H_2 和尾 T_2 形成帧 (Frame), 经物理层发送到对方。对方系统则进行上述过程的逆处理, 直至将数据送给用户进程为止。如果从一个用户进程到另一个用户进程要经过中间转发结点, 则中间结点的信息流动如图 1-7 所示, 而两个数据链路层以上的信息流仍和图 1-6 所示的一样。

1.2.4 对 RM/OSI 的评价

RM/OSI 模型提出以来, 受到人们广泛的重视, 其低 3 层协议和接口已经标准化, 成为发展公用数据网的 CCITT 标准 X. 25。高层协议和接口还没有标准化, 模型本身还在不断演进, 尽管如此, 其指导意义已明显地显示出来了。

① RM/OSI 模型总结了过去计算机网络设计的经验, 这些经验许多直接来自 ARPANET, 使计算机网络设计更加条理化、系统化、标准化, 成为指导计算机互联网结构设计的参考。许多厂商开始接受这一标准, 生产与该标准接口兼容的设备。许多开发者在设计系统

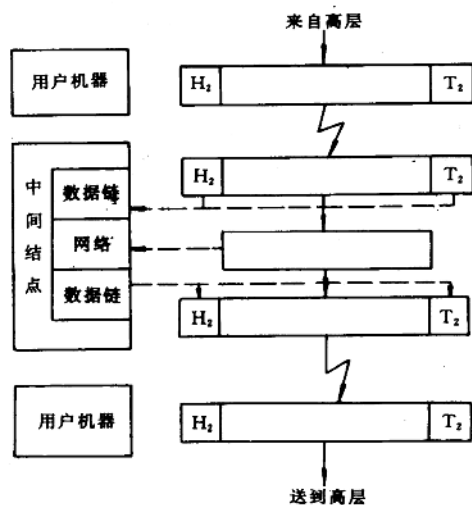


图 1-7 中间结点的信息流动

时参考这一标准,或向它靠拢。

② RM/OSI 模型使计算机网络复杂的结构变得层次分明、概念清晰,便于人们学习和研究,从而加速了网络的发展和应用。

③ 简化了网络的设计、实现和管理。RM/OSI 把整个网络功能的设计变成对各层的设计。由于各层有确定的功能和接口,且是相对独立的,故容易实现和管理。

④ 系统的正确性容易得到保证。系统的正确性可由每层的功能和协议的正确性以及上下层间接口的正确性保证。各层的正确性可用各种抽象模型(如有限状态机模型)和单独测试加以验证。

RM/OSI 是参考标准,在设计具体系统时,可能将某一层分为若干子层,也可能将某些层合并,或者直接为用户提供传输层或更低层的服务接口。

第二章 信号传输原理

数据通信以信号传输为基础。最简单的理想的信号传输如图 2-1 所示。信号从源机出发,经源机端口(Port)进入信道,再经目的机端口进入目的机。理想信道无损耗、无干扰,接收信号的幅度和波形与发送信号完全一样。但任何实际的信道都有延迟、耗损和干扰,会使传送的信号衰减、变形,致使接收信号与发送信号不一致,甚至使目的机不能正确识别信号所携带的信息,故需采用各种信号传输技术和抗干扰编码技术,以保证数据在物理层上无差错地传送。

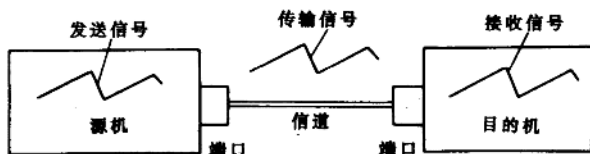


图 2-1 信号传输示意图

2.1 信号传输方式

本节讨论的中心问题是信道上传输的是什么样的信号,亦即信息的载体是脉冲形的还是正弦形的,是数字式的还是模拟式的;采用的是什么样的传输方式。当前实现物理通信的基本信号传输方式是基带传输方式和宽带传输方式。

2.1.1 基带传输

计算机的信息是以二进制形式表示的。所谓基带传输就是指二进制信息借助电(矩形)脉冲表示形式(载体)直接送入信道的传输方式,其基本传输信号随时间变化的函数为

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} a_n g(t - nT) \quad (2-1)$$

其中, a_n 为第 n 个脉冲的振幅, a_n 的取值由 2^L 决定, L 是一个由物理状态表示的二进制位数; $g(t)$ 为所有脉冲的共同波形函数; T 为脉冲发生的时间间隔。

1. 二级矩形

$L=1, a_n = \pm 1, g(t)$ 为矩形脉冲函数,它分别表示二进制的“1”和“0”。图 2-2(a)用了正负两个电平的双极信号,调制解调器和计算机串行通信卡的接口就需要这种信号。美国的工业标准 EIA RS-232 对接口设备和基本信号参数作了规定,RS-232-C 广泛用于微、小型机通信接口和低速外设互联接口,如串行打印机和 CRT 等。

2. 多级矩形

a_n 取 2^L 个整数值。当 $L=2$ 时为四级矩形,如图 2-2(b)所示。多级矩形基带传输数据的速率为 L/T 。

3. 二级矩形基带传输的派生形式

二级矩形基带传输的派生形式较多,通常有 3 种分类方法:

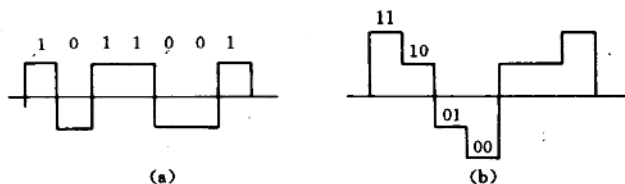


图 2-2 基带信号

(a) 二级矩形 (b) 四级矩形

① 根据信息传输的方式分。可分为平衡传输和非平衡传输。

a. 平衡传输。无论“0”或“1”都是传输格式的一部分；

b. 非平衡传输。只有“1”被传输，而“0”则用在指定的时刻没有脉冲变化信号来表示。

② 根据对零电平的关系分。可分为归零制和不归零制。

a. 归零制(RZ)。在每一位二进制信息传输之后均返回零电平；

b. 不归零制(NRZ)。

③ 根据信号的极性分。可分为单极性(即脉冲信号是单向的)和双极性。

实际的基带传输方式往往是上述几种方式的结合，常用的有如图 2-3 所示的 8 种。

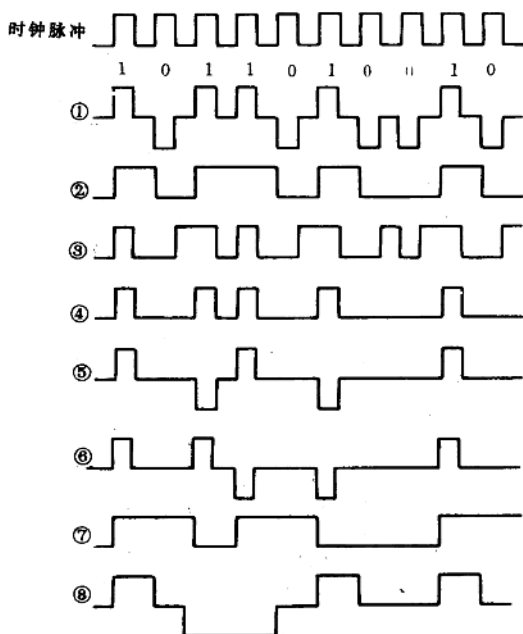


图 2-3 二级矩形基带传输方式

①平衡、双极性、归零型 ②平衡、单极性、不归零型 ③平衡、单极性、归零型 ④非平衡、单极性、归零型

⑤非平衡、双极性、归零型 ⑥非平衡、变形双极性、归零型 ⑦非平衡、单极性、不归零型 ⑧非平衡、双极性、不归零型

① 平衡、归零、双极型。在这种方式中，信息是通过两种极性的脉冲传输的，而且在脉冲之间保留一定的空闲间隔。主要用于低速传输(如 600b/s)，其优点是比较可靠。

② 平衡、不归零、单极型。这是最普遍采用的传输形式，主要用于串行传输，适用于传输速率为 600/1200/2400b/s 的范围，它能够比较有效地利用信道的带宽。

③ 平衡、归零、单极型。这是曼彻斯特编码方式。该方式具有对称形式，在每个比特期间内均有跳变，可以简化同步的处理。由于具有较可靠的同步，所以它也是常被采用的一种方式。

④ 非平衡、归零、单极型。这种方式除了“0”脉冲被取消之外，其余与形式①相同。

⑤ 非平衡、归零、双极型。此方式与形式④的区别在于：每相邻脉冲的极性总是交替变化的。此方式有助于差错检测，通常用于高速传输。

⑥ 非平衡、归零、变形双极型。此方式与形式⑤的区别在于：只有在出现相邻的“1”信号时，脉冲极性才发生变化。由于进一步减少了脉冲之间的干扰，所以有助于较好地利用信道带宽。

⑦ 非平衡、不归零、单极型。这种方式是：凡是遇到“1”，脉冲幅值便发生变化，故也称为“跳1法”，又名 NRZ1 编码方法，广泛用于磁带记录中，也可以用于数据传输中。

⑧ 非平衡、不归零、双极型。这里“0”用零电平表示，而“1”用双极性形式表示。当两个“1”之间的“0”是奇数个时，“1”的脉冲极性发生变化，否则保持相同极性。

2.1.2 宽带传输

二进制数据(信息)的载体为正弦波。基带传输方式不适用于远距离数据传送，要进行远距离数据传输时，就需要进行调制。只有将基带信号对载波进行调制之后，才能在适当的线路上进行远距离传输。

1. 常用的调制方式

信息“1”和“0”在基带传输中一般以矩形脉冲表示。矩形脉冲含有较大的低频和高频分量，普通通信电缆传输特性较差，其通频带约为 30~3400Hz。因此，远距离传输时就需要将矩形脉冲信号加以变换，调制成两种不同的正弦波，分别代表数字“0”和“1”。正弦电压可用下式表示：

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (2-2)$$

正弦函数的 3 个可变参数为振幅 U_m 、角频率 ω 及相位 φ ，对应应有“键控调幅”、“键控调频”和“键控调相”3 种类型的调制方式，如图 2-4 所示。

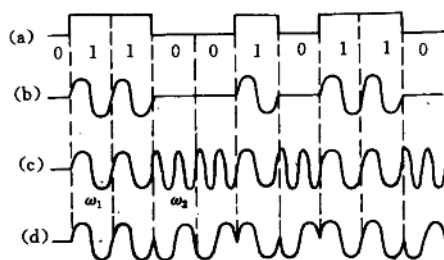


图 2-4 3 种类型的调制方式

(a) 原始信号 (b) 键控调幅后信号 (c) 键控调频后信号 (d) 键控调相后信号

① 键控调幅(ASK)。频率、相位不变，而振幅随信号而变化。

$$\begin{aligned} u(t) &= 0, & \text{代表数字“0”} \\ u(t) &= U_m \sin \omega t, & \text{代表数字“1”} \end{aligned}$$

② 键控调频(FSK)。振幅、相位不变，而频率随信号而变化。

$$u(t) = U_m \sin \omega_2 t, \quad \text{代表数字“0”}$$

$$u(t) = U_m \sin \omega_1 t, \quad \text{代表数字“1”}$$

③ 键控调相 (PSK)。相位随信号变化, 其余两个参数不变。

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \pi), \quad \text{代表数字“0”}$$

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + 0), \quad \text{代表数字“1”}$$

衡量调制方式的优劣大体上可从 3 个角度去考虑: 第一是数字波形的差异性, 第二是波形的频谱, 第三是技术实现的难易程度。一般希望, 代表“0”、“1”两种状态的数字波形之间的差异要尽量大些, 另外, 数字波形与干扰波形的差异也要尽量大。描述两个波形之间差异程度的定量参数叫“波形相关”系数, 根据计算, “键控调相”波形差异最大, 具有较高的抗干扰能力, 是一种较好的调制方式。

2. 调制解调器 (MODEM)

当进行远距离数据通信时, 需要采用调制与解调技术, 调制解调器 (MODEM) 便是完成这一功能的设备, 它是调制器 (Modulator) 和解调器 (Demodulator) 复合体的总称。为了能利用电话线传送数字信号, 通常需把数字信号先转换 (调制) 为某种形式的模拟信号, 发至电话线上, 当信号到达另一端时再还原 (解调) 为数字信号, 供终端设备或计算机使用。下面简单介绍 MODEM 的结构原理。

(1) 调制器 (Modulator)

调频式调制器的原理如图 2-5 所示。输入数字信号为 01010。图中上面的振荡器的频率为 1270Hz, 当输入信号为“0”时启动该振荡器工作; 下面的振荡器频率为 1070Hz, 当输入信号为“1”时, 启动它工作。两个振荡器输出的组合就是调制的输出信号。

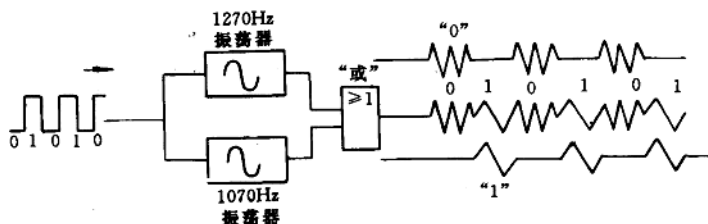


图 2-5 键控调频调制器原理图

(2) 解调器 (Demodulator)

如图 2-6 所示, 输入信号是由键控调频调制后的信号 (模拟量), 它由两种频率组成: 代表“1”的频率 1070Hz 和代表“0”的频率 1270Hz。输入信号加到图中由虚线框勾出的上下两部分电路中, 经带通滤波器分离出两种频率信号, 再经检波器检出数字信号, 检波器 1 输出代表“0”的信号, 检波器 2 输出代表“1”的信号, 两路输出经运算放大器汇集后获得二进制数字脉冲波形。

3. MODEM 与终端接口——CCITT V. 24/EIA RS232-C

数字设备如终端或计算机与 MODEM 之间需要有一个标准接口, 如图 2-7 所示。RS 232-C 是美国电子工业协会 EIA (Electronic Industries Association) 于 1969 年发布的标准。RS (Recommended Standard) 为推荐标准词头的缩写, 232 是具体标准的标识号, C 表示 RS-232 标准的最新一次修订。该标准是定义数据终端设备 DTE (Data Terminal Equipment) 和数据电路端接设备 DCE (Data Circuit-terminating Equipment) 之间接口的电气特性。连接器是用 DB-25, 以 +8V 代表“0” (空号 space), -8V 代表“1” (传号 mark)。

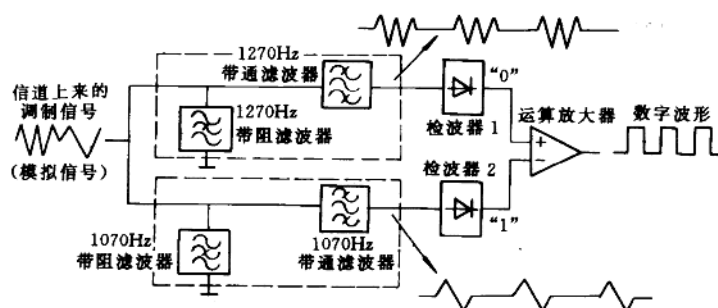


图 2-6 键控调频解调器原理图

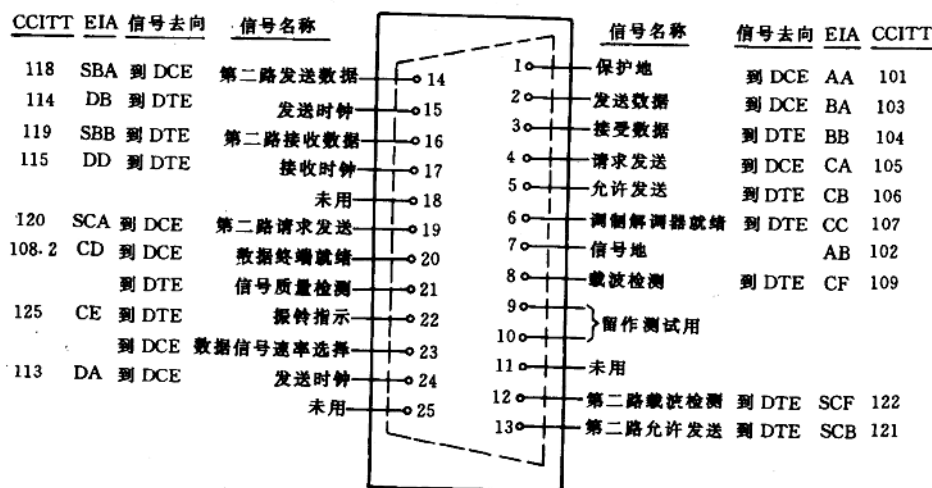


图 2-7 RS232-C 引线(DB-25)的分配

DTE—数据终端设备(计算机,终端,打印机) DCE—数据电路端设备(Modem)

现以发送数据为例,说明 V.24/RS 232-C 的接口工作过程,如图 2-8 所示。

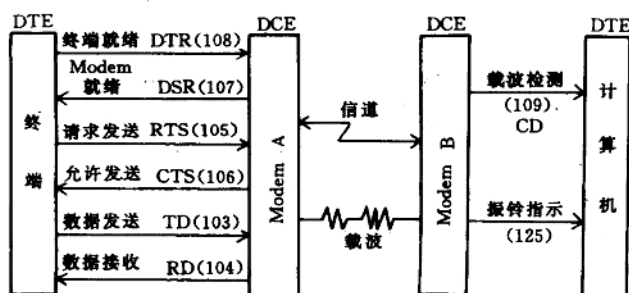


图 2-8 V.24/RS 232-C 接口连接图

① 当终端有数据要发送时,置 108(CD)线为高电平,令 Modem A 连入线路。Modem A 置 107(CC)线为高电平作为响应,通知终端,它已连入线路。

② 终端置 105(CA)线为高电平,表示请求发送数据。Modem A 检测到 105 线为高电平后,立即通过信道(电话线)向接收方 Modem B 发载波信号,通知 Modem B 准备接收数据,同时置 106(CB)线为高电平通知终端 Modem A 已准备好发送数据。Modem B 检测到载波后,立即置 109(CF)线为高电平,置 125(CE)线为高电平,发中断通知计算机准备接收数据。

③ 终端检测到 106 线为高电平后,经过一定延时(等待接收方作接收准备的时间),由 103(BA)线发送数据,接收方 Modem B 从 104(BB)线将数据送计算机。

④ 终端结束发送时,置 105(CA)线为低电平,Modem A 检测到请求发送线 105 为低电平后,即停止向电话线发送载波,并置 106 线为低电平。Modem B 检测不到载波后,即置载波检测线 109 为低电平,恢复原状态。

Modem 逻辑信号流程图给出从 DTE 角度看的一个查询式数据发送过程,如图 2-9 所示。

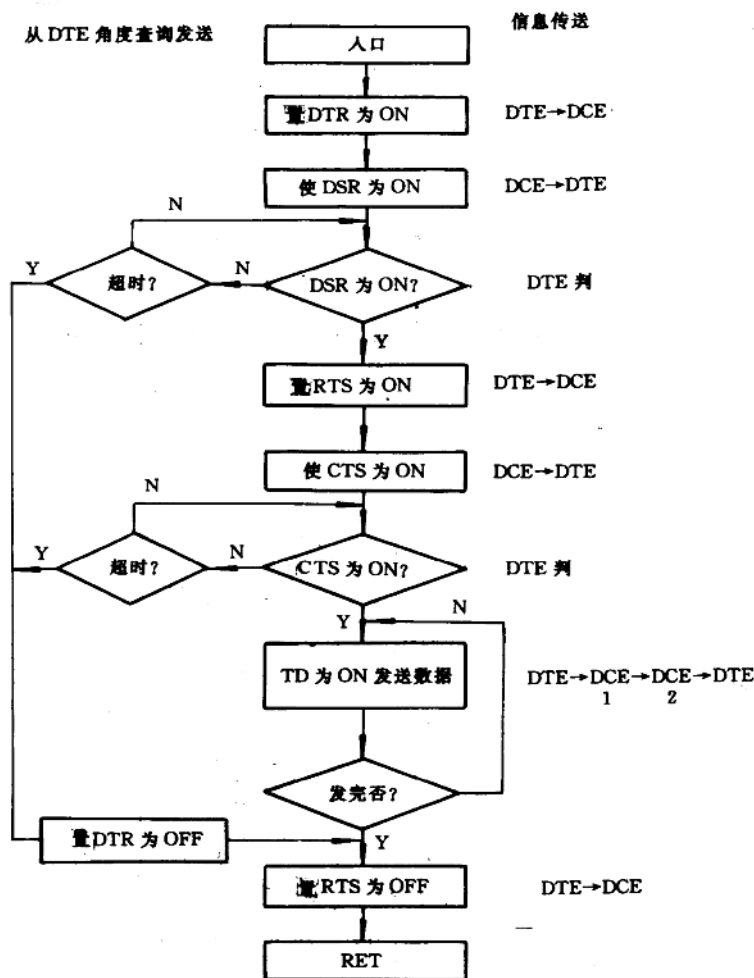


图 2-9 DTE 与 Modem 之间的信息流图