

全国高等教育自学考试教材

# 计 算 机 网 络

主编 杨明福



电子工业出版社

93  
2/1

(京)新登字 055 号

## 内 容 简 介

本书在叙述计算机网络基本知识的基础上,分别介绍了计算机网开放系统互连(OSI)参考模型和国际标准协议,对物理层、数据链路层、网络层、运输层及高层进行了叙述,并有一章详细介绍了局域网。最后列举了网络的典型应用。各章附有一定量的习题。

本书作为高等教育自学考试计算机信息管理专业的教材,也可作为从事网络及其应用人员的参考书。

JS314/24

## 计 算 机 网 络

主 编:杨明福

责任编辑:吕 迈

电子工业出版社出版

北京市海淀区万寿路 173 信箱(100036)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

曙光印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:18.63 字数:465 千字

1995 年 5 月第一版 1995 年 5 月北京第一次印刷

印数:0,001—18,000 册 定价:22.60 元

ISBN 7-5053-3166-3/TP. 1144

## 出版前言

高等教育自学考试教材是高等教育自学考试工作的一项基本建设。经国家教育委员会同意,我们拟有计划、有步骤地组织编写一些高等教育自学考试教材,以满足社会自学和适应考试的需要。《计算机网络》是为高等教育自学考试计算机信息管理专业组编的一套教材中的一种。这本教材根据专业考试计划,从造就和选拔人才的需要出发,按照全国颁布的《计算机网络自学考试大纲》的要求,结合自学考试的特点,组织高等院校一些专家学者集体编写而成的。

计算机信息管理专业《计算机网络》自学考试教材,是供个人自学、社会助学和国家考试使用的。现经组织专家审定同意予以出版发行。我们相信,随着高教自学考试教材的陆续出版,必将对我国高等教育事业的发展,保证自学考试的质量起到积极的促进作用。

编写高等教育自学考试教材是一种新的尝试,希望得到社会各方面的关怀和支持,使它在使用中不断提高和日臻完善。

全国高等教育自学考试指导委员会  
一九九五年三月

## 编 者 的 话

本书作为高等教育自学考试计算机信息管理专业《计算机网络》课程的自学教材。

计算机网络是计算机技术和通信技术密切结合而形成的新的技术领域,是当今计算机界公认的主流技术之一,也是迅速发展并在信息社会中得到广泛应用的一门综合性学科。计算机网络所涉及的技术范畴比较广泛,为适于计算机专业学生阅读和自学,本书从叙述计算机网络的通信基础知识着手,全面介绍计算机网络开放系统互连(OSI)参考模型和国际标准协议,并对局域网作了重点介绍,最后列举了网络的典型应用。

本书内容共分七章,包括四大部分:计算机网络基础知识、OSI参考模型各层国际标准协议、局域网以及网络应用。第一章的计算机网络基础知识是学习计算机网络所必需的入门基础知识。第二至第四章着眼于七层模型的下三层(每层各有一章)。第五章是高四层的内容。OSI七层模型标准协议是学习网络工作原理和从事网络研究的人员所必须掌握的基本内容。第六章局域网,它是目前得到迅猛发展并广泛应用的一种网络,重点介绍目前主流型的载波监听多路访问/冲突检测(CSMA/CD)、令牌环(Token Ring)和令牌总线(Token Bus)局域网产品,并对分布式队列双总线(DQDB)、光纤分布数据接口(FDDI)、计算机交换分机(CBX)和移动通信等新技术、新产品的工作原理作了介绍。第七章介绍网络在信息社会中的广泛应用。

本书内容安排以实用性为重点,力图在阐明基本原理的基础上,注意理论和实际的兼顾,并列举当今最新的网络技术和流行的网络产品,其目的在于使学生通过学习掌握计算机网络的工作原理,理解有关网络的一系列标准建议,并具有简单网络的组网、规划和设计选型的能力。对本书高层的内容在教学或阅读时可以有选择地省略。

本书由杨明福主编,张惠民、林家骏参加编写。杨明福执笔编写了第一、第六章内容和第五、第七章的部分内容,并统阅了全书。张惠民执笔编写了第二、三、四章内容和第五章的部分内容。林家骏参加了第七章的编写。上海交通大学白英彩教授、复旦大学高传善教授和上海交通大学陈敏逊教授统审了全书并提出了很多有益建议。在编写过程中,编者参考了国内外有关计算机网络的书籍及文献资料。本书的编写还得到了张立科、陆道宏的帮助,编者在此一并致谢。

限于时间与水平,书中难免存在错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

一九九五年三月五日

# 目 录

第一章 计算机网络基础知识 .....	( 1 )
1.1 计算机网络概论 .....	( 1 )
1.1.1 计算机网络的定义、演变和发展 .....	( 2 )
1.1.2 计算机网络的功能 .....	( 4 )
1.1.3 计算机网络的典型实例 .....	( 5 )
1.2 数据通信技术 .....	( 7 )
1.2.1 模拟数据通信和数字数据通信 .....	( 7 )
1.2.2 数据通信中的几个主要指标 .....	( 8 )
1.2.3 通信方式 .....	( 10 )
1.2.4 数据编码技术和时钟同步 .....	( 11 )
1.2.5 多路复用技术 .....	( 18 )
1.2.6 异步传输和同步传输 .....	( 19 )
1.2.7 差错控制 .....	( 21 )
1.3 数据交换技术 .....	( 22 )
1.3.1 电路交换 .....	( 22 )
1.3.2 报文交换 .....	( 23 )
1.3.3 分组交换 .....	( 24 )
1.3.4 交换技术的比较 .....	( 25 )
1.3.5 高速交换技术 .....	( 26 )
1.4 拓扑结构 .....	( 27 )
1.4.1 星型拓扑 .....	( 27 )
1.4.2 总线拓扑 .....	( 29 )
1.4.3 环型拓扑 .....	( 29 )
1.4.4 树型拓扑 .....	( 30 )
1.4.5 混合型拓扑 .....	( 30 )
1.4.6 网型拓扑 .....	( 31 )
1.5 传输媒体 .....	( 31 )
1.5.1 双绞线 .....	( 31 )
1.5.2 同轴电缆 .....	( 32 )
1.5.3 光纤 .....	( 33 )
1.5.4 无线传输媒体 .....	( 36 )
1.5.5 传输媒体选择 .....	( 36 )
1.6 差错检测方法 .....	( 37 )
1.6.1 奇偶校验码 .....	( 37 )
1.6.2 水平垂直奇偶校验 .....	( 39 )
1.6.3 定比码和正反码 .....	( 39 )

1.6.4 循环冗余码 .....	( 41 )
1.6.5 海明码 .....	( 43 )
1.7 网络体系结构及协议 .....	( 45 )
1.7.1 协议和体系结构 .....	( 45 )
1.7.2 开放系统互连基本参考模型 .....	( 47 )
1.7.3 TCP/IP 的体系结构和功能 .....	( 49 )
1.7.4 局域网(LAN)的协议结构 .....	( 52 )
1.7.5 NOVELL Netware 体系结构 .....	( 54 )
1.7.6 LAN Manager 模型和层次功能 .....	( 57 )
1.7.7 有关计算机网络的标准制定机构 .....	( 59 )
练习题 .....	( 60 )
<b>第二章 物理层</b> .....	<b>( 62 )</b>
2.1 物理层接口与协议 .....	( 62 )
2.1.1 机械特性 .....	( 63 )
2.1.2 电气特性 .....	( 64 )
2.1.3 信号的功能特性 .....	( 65 )
2.1.4 规程特性 .....	( 66 )
2.2 物理层协议举例 .....	( 66 )
2.2.1 EIA RS-232C 接口标准 .....	( 66 )
2.2.2 EIA RS-449 及 RS-422 与 RS-423 接口标准 .....	( 69 )
2.2.3 CCITT V.24 建议中的 100 系列和 200 系列接口标准 .....	( 71 )
2.2.4 CCITT X.21 和 X.21 bis 建议 .....	( 72 )
2.3 通信硬件 .....	( 74 )
2.3.1 IBM PC 异步通信适配器 .....	( 74 )
2.3.2 IBM PC BSC 通信适配器 .....	( 76 )
2.3.3 网络接口卡 .....	( 77 )
2.3.4 调制解调器 .....	( 78 )
2.4 串行通信及编程方法 .....	( 83 )
2.4.1 DOS、WINDOWS 和 BIOS 级的 PC 通信 .....	( 83 )
2.4.2 系统级的 PC 通信 .....	( 87 )
2.4.3 调制解调器的编程命令 .....	( 89 )
练习题 .....	( 90 )
<b>第三章 数据链路层</b> .....	<b>( 91 )</b>
3.1 数据链路层功能 .....	( 91 )
3.1.1 帧同步功能 .....	( 91 )
3.1.2 差错控制功能 .....	( 92 )
3.1.3 流量控制功能 .....	( 93 )
3.1.4 链路管理功能 .....	( 93 )
3.2 差错控制 .....	( 93 )
3.2.1 反馈检测法 .....	( 94 )
3.2.2 自动重发请求法(ARQ 法) .....	( 94 )
3.3 流量控制 .....	( 96 )
3.3.1 XON/XOFF 方案 .....	( 96 )

3.3.2 窗口机制 .....	( 96 )
3.4 数据链路控制协议举例 .....	( 98 )
3.4.1 面向字符的同步控制协议 .....	( 99 )
3.4.2 面向比特的同步控制协议 .....	( 101 )
3.4.3 BSC 和 HDLC 特点的比较 .....	( 105 )
练习题 .....	( 107 )
第四章 网络层 .....	( 108 )
4.1 虚电路和数据报 .....	( 108 )
4.1.1 通信子网的虚电路操作方式及网络层提供的虚电路服务 .....	( 109 )
4.1.2 通信子网的数据报操作方式及网络层提供的数据报服务 .....	( 111 )
4.1.3 两种操作方式及两种服务方式的特点 .....	( 111 )
4.2 路由选择及其算法 .....	( 112 )
4.2.1 静态路由选择策略 .....	( 113 )
4.2.2 动态路由选择策略 .....	( 113 )
4.3 阻塞控制 .....	( 114 )
4.3.1 阻塞控制方法 .....	( 115 )
4.3.2 死锁及其防止 .....	( 115 )
4.4 X.25 协议 .....	( 117 )
4.4.1 X.25 协议层次 .....	( 117 )
4.4.2 X.25 分组级的功能 .....	( 117 )
4.4.3 X.25 分组级分组格式 .....	( 118 )
4.5 网际互连 .....	( 121 )
4.5.1 网际互连原理和结构方案 .....	( 121 )
4.5.2 桥接器 .....	( 122 )
4.5.3 路由器和信关 .....	( 123 )
4.6 ISDN 和 ATM .....	( 123 )
4.6.1 ISDN 的定义 .....	( 123 )
4.6.2 ISDN 系统结构 .....	( 123 )
4.6.3 宽带 ISDN(B-ISDN)及其信息传送方式 .....	( 126 )
4.6.4 ATM 工作原理 .....	( 127 )
练习题 .....	( 130 )
第五章 高层协议介绍 .....	( 131 )
5.1 运输层 .....	( 131 )
5.1.1 运输服务 .....	( 131 )
5.1.2 服务质量 .....	( 133 )
5.1.3 OSI 运输原语 .....	( 134 )
5.1.4 运输层协议等级 .....	( 134 )
5.1.5 运输协议数据单元的定义和结构 .....	( 135 )
5.2 会话层 .....	( 137 )
5.2.1 会话层主要特点 .....	( 137 )
5.2.2 OSI 会话服务 .....	( 139 )
5.3 表示层 .....	( 141 )
5.3.1 表示层主要特点 .....	( 141 )

5.3.2 抽象语法标识 ASN.1 .....	( 143 )
5.4 应用层 .....	( 145 )
5.4.1 应用层的主要功能和特点 .....	( 145 )
5.4.2 文件传送、访问和管理(FTAM) .....	( 149 )
5.4.3 电子邮件 .....	( 149 )
5.4.4 虚拟终端协议 .....	( 152 )
练习题 .....	( 154 )
<b>第六章 局域网</b> .....	<b>( 155 )</b>
6.1 局域网的选择 .....	( 155 )
6.1.1 局域网的拓扑 .....	( 155 )
6.1.2 传输媒体 .....	( 156 )
6.1.3 媒体访问控制方法 .....	( 158 )
6.1.4 IEEE 802 系列标准和 ISO 8802 系列标准 .....	( 162 )
6.2 局域网参考模型 .....	( 162 )
6.2.1 服务访问点 SAP .....	( 162 )
6.2.2 逻辑链路控制 LLC 子层 .....	( 162 )
6.2.3 媒体访问控制 MAC 子层 .....	( 163 )
6.3 逻辑链路控制协议 .....	( 163 )
6.3.1 网络层/LLC 子层界面服务规范 .....	( 163 )
6.3.2 LLC 子层/MAC 子层界面服务规范 .....	( 164 )
6.3.3 LLC 协议数据单元 PDU 的结构 .....	( 164 )
6.4 CSMA/CD 媒体访问控制 .....	( 166 )
6.4.1 载波监听多路访问(CSMA) .....	( 166 )
6.4.2 载波监听多路访问/冲突检测(CSMA/CD) .....	( 166 )
6.4.3 退避算法 .....	( 167 )
6.4.4 CSMA/CD 媒体访问控制协议 .....	( 168 )
6.5 令牌环(Token Ring)媒体访问控制 .....	( 172 )
6.5.1 令牌环工作原理 .....	( 172 )
6.5.2 令牌环帧格式 .....	( 173 )
6.5.3 令牌环媒体访问控制协议 .....	( 174 )
6.6 令牌总线(Token Bus)媒体访问控制 .....	( 174 )
6.6.1 令牌总线工作原理 .....	( 175 )
6.6.2 令牌总线媒体访问控制协议 .....	( 176 )
6.7 分布式队列双总线 DQDB .....	( 179 )
6.7.1 分布式队列双总线 DQDB 的工作原理和技术特点 .....	( 179 )
6.7.2 IEEE 802.6 标准 DQDB 所提供的服务 .....	( 187 )
6.8 光纤分布数据接口 .....	( 190 )
6.8.1 数据编码 .....	( 191 )
6.8.2 时钟偏移 .....	( 191 )
6.8.3 FDDI 帧格式 .....	( 192 )
6.8.4 容量分配 .....	( 192 )
6.8.5 FDDI 系统 .....	( 193 )
6.9 计算机交换分机 CBX .....	( 196 )



6.9.1 CBX 的演变和发展 .....	( 196 )
6.9.2 CBX 的一般结构 .....	( 198 )
6.9.3 CBX 与 LAN 的比较 .....	( 200 )
6.9.4 CBX 的联网技术 .....	( 201 )
6.9.5 协议转换和网络间通信 .....	( 203 )
6.10 无线网络与移动通信 .....	( 205 )
6.10.1 ALOHA 网 .....	( 206 )
6.10.2 通信卫星业务系统 .....	( 211 )
6.10.3 移动通信 .....	( 218 )
6.11 NOVELL 网络 .....	( 223 )
6.11.1 NETWARE 结构与特点 .....	( 223 )
6.11.2 NOVELL 网络的安装使用与管理 .....	( 223 )
6.11.3 NETWARE 实用命令介绍 .....	( 235 )
6.11.4 NOVELL 与 TCP/IP、UNIX 连接技术 .....	( 249 )
6.11.5 NOVELL 广域网组网与互连技术 .....	( 253 )
练习题 .....	( 255 )
<b>第七章 网络应用</b> .....	( 258 )
7.1 网络服务器 .....	( 258 )
7.1.1 打印服务器(PS) .....	( 258 )
7.1.2 终端服务器(TC) .....	( 258 )
7.1.3 磁盘服务器(DS) .....	( 259 )
7.2 文件服务器(FS) .....	( 260 )
7.3 网络数据库应用 .....	( 262 )
7.3.1 面向服务器的应用 .....	( 262 )
7.3.2 Client/Server 体系结构 .....	( 262 )
7.3.3 Novell 数据库服务 .....	( 264 )
7.4 办公自动化 .....	( 265 )
7.4.1 办公室通信 .....	( 265 )
7.4.2 信报处理系统(X.400) .....	( 266 )
7.5 电子数据交换 .....	( 266 )
7.5.1 EDI 的标准化 .....	( 266 )
7.5.2 用于信报处理系统 MHS 传输的 EDI—X.435 .....	( 267 )
7.6 在线服务(Online Serving) .....	( 267 )
7.6.1 远程交换(Telecommuting) .....	( 268 )
7.6.2 电子教育(Electronic Education) .....	( 269 )
7.6.3 电子银行 .....	( 270 )
7.6.4 电子布告系统(BBS) .....	( 271 )
7.6.5 证券及期货交易 .....	( 272 )
7.6.6 广播分组交换 .....	( 272 )
7.6.7 国际互联网络通信 .....	( 273 )
7.6.8 校园网(Campus Network) .....	( 273 )
7.6.9 信息高速公路及“三金工程” .....	( 277 )
7.7 工业网络 .....	( 280 )

7.7.1 集散系统.....	( 281 )
7.7.2 计算机集成制造系统 CIMS .....	( 283 )
7.8 智能大厦和结构化综合布线系统.....	( 285 )
7.8.1 智能大厦基本结构.....	( 286 )
7.8.2 结构化综合布线系统.....	( 287 )
参考文献 .....	( 288 )

# 第一章 计算机网络基础知识

## 1.1 计算机网络概论

人类社会正在进入信息社会,信息是二十一世纪的石油,处理信息的计算机和传输信息的互连计算机信息网络成了信息社会的基础,以至近年来美国政府和民间又对信息高速公路计划(National Information Superhighway, 又称全国信息基础设施 National Information Infrastructure 简称NII)进行了热烈议论。这是因为按照目前的预想,通过信息高速公路可能获得的服务大致是:

(1)按人们指定的时间在家中可以观看到所选择的电影和电视节目,这被称为按要求播放电影或电视(movies or TV shows on demand)。

(2)可以自由地查看电子商品簿远地购买商品(TV Shopping)。据称由于大量减小了商业广告的费用,又能节省消费者的时间,所以这种电视购物将具有很强的竞争力。

(3)在家中参加各种课程的学习,阅读电子书刊。

(4)交互式地玩所喜爱的电子游戏。

(5)多种电信服务,例如电视电话,电视会议等。

(6)各种数字信息的查询、处理和传递。

(7)正在快速发展的其它信息和数据服务。例如查找没有及时归家的儿童或其它家人;出门前了解有关道路的交通情况;远程医疗诊断等。

由此可见,信息高速公路也是信息社会的基础建设,在对信息的搜索、积累、处理和应用起关键作用的社会中,它将对社会的发展起到不可替代的作用。作为建设信息高速公路的基础工作之一就是建设并广泛应用计算机广域网和局域网。计算机网络是信息高速公路的重要组成部分。被认为是美国信息高速公路雏形的 Internet 全球计算机网络,在大学、工业部门和政府机关中已得到普遍使用。很多美国人的名片上有一个电子邮件(Email)地址,例如美国副总统戈尔的电子邮件地址是 Vice. president @ whitehouse. gov. Internet 各节点上一般都提供大量(数千兆)可自由取用的信息。这些信息的门类也非常广泛,上至天文,下至历史地理。大学节点上通常含有该校计算机系历年的硕士、博士论文、学术论文、研究报告,大量可自由取用的软件等。一部分美国人已习惯于通过计算机网相互交换信息,自由提问或回答问题。有些人通过计算机网得到帮助,迅速治愈了孩子因虫咬而皮肤红肿的毛病。有些人则通过计算机网互相认识、交友最后结成夫妇。这些就形成了一种新的社会现象:虚拟社团。Internet 上提供的信息也非常及时,例如戈尔在加州大学洛杉矶分校就信息高速公路计划发表演讲后,立即就能在 Internet 上查阅到他的演讲全文。

这个全球性的、最成功的、世界最大的 Internet 计算机网,已覆盖全世界 137 个国家,连接了 200 多万台计算机,共有 1 万个子网,2000 多万个用户,上千个网络服务提供者,它在美国本土已有 27 个区域网,每个区域网覆盖一个州或几个州。通过 NSFNET 主干网连接了 50~150 个部门的校园网(Campus),采用 TCP/IP 互连协议。估计到 2000 年,达到上亿台计算机、

几百万个子网,十亿个用户、上万个网络服务提供者。

总之,计算机网络在当今的信息社会里扮演了不可替代的角色。

### 1.1.1 计算机网络的定义、演变和发展

#### 1. 计算机网络的定义

计算机网络是现代计算机技术与通信技术密切结合的产物,是随社会对信息共享和信息传递的要求而发展起来的。

所谓计算机网络就是利用通信设备和线路将地理位置不同的、功能独立的多个计算机系统互连起来,以功能完善的网络软件(即网络通信协议,信息交换方式及网络操作系统等)实现网络中资源共享和信息传递的系统。

图 1.1(a)为一个典型的计算机网络系统。从图可见一个计算机网络是由资源子网和通信子网构成的,通信子网负责全网中的信息传递。图中分组交换设备 PSE、分组组装/拆装设备 PAD、集中器 C(Concentrator)、网络控制中心 NCC 和网间连接器 G(Gateway)等均属于通信子网的范畴。虚线框外称为用户资源子网,它负责信息处理,向网络提供可用的资源,图中主机 HOST 和终端 T(Terminal)都是网络的资源。

图 1.1(a)所示的是组成一个计算机网络的主要设备。此外,还有实施数字信号和模拟信号之间转换的调制解调器(Modem),用于减轻主机负载的前端通信处理机(FEP),用于局域网的接口适配器,各种多路复用器以及各种类型的通信控制器(CCU)等。

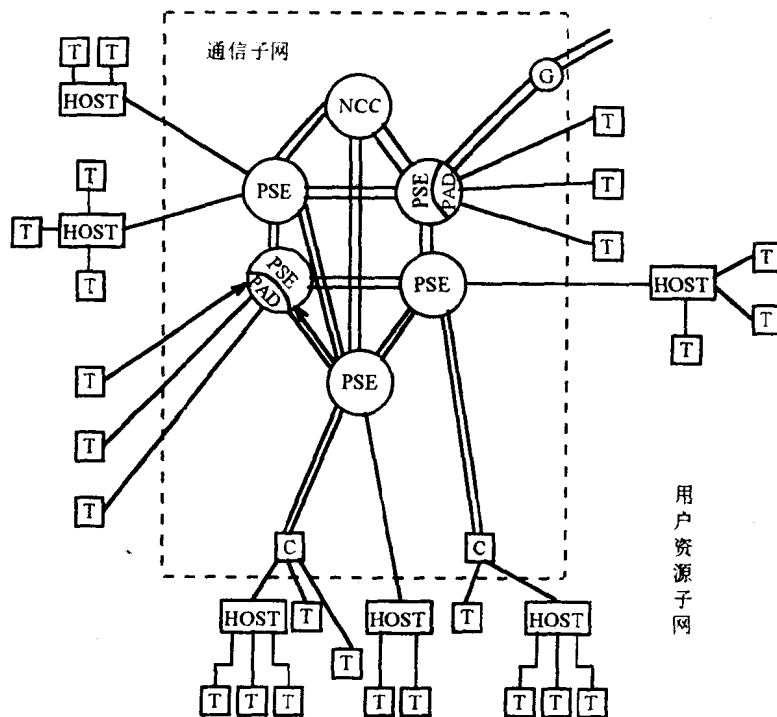


图 1.1(a) 一个典型的计算机网络示例

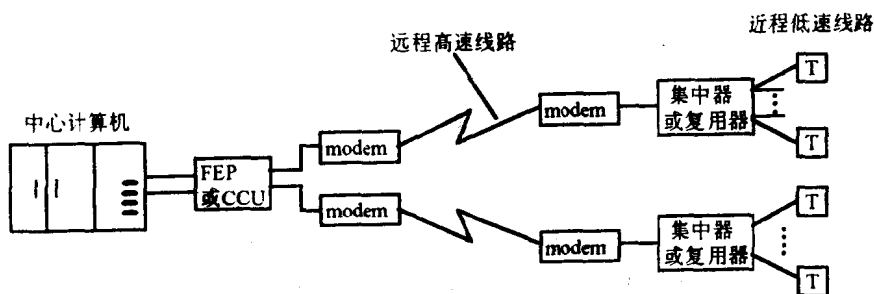


图 1.1(b) 单计算机为中心的远程联机系统

## 2. 计算机网络的演变和发展

追溯计算机网络的发展历史,它的演变可概括地分成三个阶段:

- 以单个计算机为中心的远程联机系统,构成面向终端的计算机网络。
- 多个主计算机通过通信线路互连的计算机网络。
- 具有统一的网络体系结构、遵循国际标准化协议的计算机网络。

所谓联机系统,就是一台中央主计算机连接大量的在地理上处于分散位置的终端。早在五十年代初,美国建立的半自动地面防空系统(SAGE)就是将远距离的雷达和其它测量控制设备的信息通过通信线路汇集到一台中心计算机进行处理,开创了把计算机技术和通信技术相结合的尝试。这类简单的“终端——通信线路——计算机”系统,成了计算机网络的雏形。严格地说,与以后发展成熟的计算机网相比,存在着一个根本的区别。这样的系统除了一台中心计算机外,其余的终端设备都没有自主处理的功能,还不能算计算机网。但现在为了更明确地区别于后来发展的多个计算机互连的计算机网络,专称为面向终端的计算机网络。随着连接的终端数目的增多,为了使承担数据处理的中心计算机减轻负载,在通信线路和中心计算机之间设置了一个前端处理机 FEP(Front End Processor)或通信控制器 CCU(Communication Control Unit),专门负责与终端之间的通信控制,出现了数据处理的分工,从而更好地发挥中心计算机的数据处理能力。另外,在终端较集中的地区,设置集中器和多路复用器,它首先通过低速线路将附近群集的终端连至集中器或复用器,然后通过高速通信线路,调制解调器与远程中心计算机的前端机相连,构成如图 1.1(b)所示的远程联机系统,提高了通信线路的利用率,节约了远程通信线路的投资。

六十年代中期开始,出现、发展了若干个计算机互连的系统,开创了“计算机——计算机”通信的时代,并呈现出多处理中心的特点。以 ARPA 网(ARPAnet)为代表,标志着我们目前常称的计算机网络的兴起。六十年代后期,由美国国防部高级研究计划局 ARPA(目前称为 DARPA——Defense Advanced Research Projects Agency)提供经费,联合计算机公司和大学共同研制而发展起来的,主要目标是借助于通信系统,使网内各计算机系统间能够相互共享资源,最终导致一个实验性的 4 个节点网络开始运行并投入使用。目前 ARPA 网仍在继续运行之中,已经扩展到连接数百台计算机,地理上不仅跨越美国本土,而且通过卫星链路连接夏威夷和欧洲的节点。ARPA 网是一个成功的系统,它在概念、结构和网络设计方面都为后继的计算机网络打下了基础。

以 ARPA 网的兴起为代表的这一阶段计算机网络得到了迅猛的发展。各大计算机公司都陆续推出自己的网络体系结构,以及实现这些网络体系结构的软硬件产品。用户购买计算机公司提供的网络产品,自己提供或租用通信线路,就可以自己组建计算机网络。IBM 公司的 SNA (System Network Architecture)和 DEC 公司的 DNA(Digital Network Architecture)就是两个著名的例子。凡是按 SNA 组建的网络都可称为 SNA 网,而凡是按 DNA 组建的网都可称为 DNA 网或 DECNET。目前世界上已有大量的、各自研制的计算机网络正在运行和提供服务,但也存在不少弊病,满足不了信息社会日益发展的需要,其主要原因是这些各自研制的网络没有统一的网络体系结构,要把不同厂家提供的网络产品实现互连显得十分困难。这种自成体系的系统称为“封闭”系统。因此,人们迫切希望建立一系列的国际标准,渴望得到一个“开放”的系统,这也是推动计算机网络走向国际化的一个重要因素。

正是出于这种动机,开始了对“开放”系统互连的研究。国际标准化组织 ISO(International Standards Organization)经过若干年卓有成效的工作,在 1984 年正式颁布了一个称为“开放系统互连基本参考模型”(Open System Interconnection Basic Reference Model)的国际标准 ISO 7498。该模型分为七个层次,有时也被称为 OSI 七层模型。目前 OSI 标准不仅确保了各厂商生产的计算机间的互连,同时也促进了企业的竞争。厂商感到只有执行这些标准才能有利于产品具有广阔的销路,用户也可从不同制造厂商获得兼容的开放的产品。展望未来,一个类似于公共电话系统和邮政系统那样的一个世界范围内标准化的计算机网络时代的到来已是指日可待了。

#### 1.1.2 计算机网络的功能

计算机网络的实现,为用户构造分布式的网络计算提供了基础。它的功能主要表现在以下三个方面:

(1)硬件资源共享:可以在全网范围内提供对处理资源、存储资源、输入输出资源等的共享,特别是对一些较高级和昂贵的设备,如巨型计算机、具有特殊功能的处理部件、高分辨率的激光打印机、大型绘图仪以及大容量的外部存储器等。从而使用户节省投资,也便于集中管理,均衡分担负荷。

(2)软件资源共享:允许互连网上的用户远程访问各种类型的数据库,可以得到网络文件传送服务,远地进程管理服务和远程文件访问。从而可以避免软件研制上的重复劳动以及数据资源的重复存储,也便于集中管理。

(3)用户之间的信息交换:计算机网络为分布在各地的用户提供了强有力的通信手段。可以通过计算机网络传送电子邮件、发布新闻消息和进行电子数据交换 EDI,极大地方便了用户,提高了工作效率。

计算机网络在以上三个方面所具有的功能,也是其它系统所不可替代的。因此也为用户带来了高可靠性,更高的性能价格比和易扩充性等好处,使得它在工业、农业、交通运输、邮电通信、文化教育、商业、国防以及科学研究等各个领域各个行业日益获得越来越广泛的应用。我国有关部门已制订了“金桥”、“金关”和“金卡”三大工程,以及其它的一些金字号工程,这些工程都是以计算机网络为基础设施,促使国民经济早日实现信息化的主干工程,也是计算机网络的具体应用,在此难以一一枚举,我们在本书的第七章专列一章较为详细介绍计算机网络的典型应用。

### 1.1.3 计算机网络的典型实例

本节简要列举一些实例,包括 ARAP 网、SNA、DNA、MAP、TOP 以及公用数据网。

#### 1. ARAP 网

ARPA 网自 1969 年投入运行以来,以它的高可靠服务证明了 ARPA 网技术的优越性。在 ARPA 网以后,又用同样的技术建立了一个军用网络 MILNET,后来又扩展到欧洲,称为 MINET。MILNET 和 MINET 都连到 ARPA 网上,但它们的网际通信受到严格限制。这以后,开通了两个卫星网络 SATNET 和 WIDEBAND,也连到了 ARPA 网上。再加上许多大学和政府部门的局域网也都陆续加入 ARPA 网,形成了一个带有数百万台主机和超过千万用户的 ARPA 网际网(Internet)。在这几十年中,ARPA 网的设备也在不断更新,例如最早采用 Honeywell 公司 12K16 位内存的小型 DDP-516 作为节点机,后来多次更新,用功能更强的计算机来替代。最初,节点机最多只能为 4 台主机服务,目前已能同时处理数十台主机和数百个终端。最初节点之间是由数据速率为 56kbps 的租用线路来连接的,现在,都采用了 230.4kbps 的高速线路和卫星信道。

ARPA 网的体系结构参考模型 ARM(ARPANET Reference Model)早于 OSI 模型的诞生,因此自然和 OSI 七层模型不完全一致,但下面三层的功能接近于 OSI 模型。但 ARPA 网中使用的某些协议,如 TCP/IP 等得到了广泛采用,因而尽管它不是 OSI 标准协议但仍然广为流传,成为某种意义的事实上的工业标准。

#### 2. SNA 和 DNA

这两个网络体系结构是由著名计算机公司 IBM 和 DEC 推出的。SNA 是 IBM 公司用于计算机网络产品的设计规范,它描述了网络部件的功能以及通过网络传输信息和控制网络配置和运行的逻辑构造、格式和协议等。1974 年最早推出的 SNA 主要适用于集中型的面向终端的计算机网络。1976 年在 SNA 中引进了一个通信功能部件后,将一台主机和它的终端设备连成的树形网络扩展成为带树形分支的多台主机的互连网络,但此时通信仍被限制在各“树根”之间。1979 年修改的 SNA 去掉了上述限制,允许在各用户之间进行通信,从而形成了比较完善的分布式网络体系结构。1985 年以后 SNA 又可支持与局域网组成的任意拓扑结构。SNA 的不断更新和发展又正好反映了计算机网络的演变过程。

SNA 的层次结构也是早于 OSI 模型的诞生,与 OSI 模型不可能完全一致,但底层功能仍有相似之处,例如 SNA 数据链路层采用的协议之一 SDLC(Synchronous Data Link Control)与后来 ISO 宣布为国际标准的高级数据链路控制 HDLC(High Data Link Control)规程极为相似。

DNA 最早在 1975 年发表的名称为 Distributed Network Architecture,可见它诞生之时就强调分布式而不是集中式的网络体系结构。后来为突出 DEC 公司改为 DEC Network Architecture,至今也经过多次改进。I 型(Phase I)的 DNA 支持程序间及点到点通信。1978 年推出 II 型可在 DEC 公司所有实时、分时和多任务操作系统上运行,并支持对远程资源的操作。1980 年的 III 型 DNA 增加了分布式的网络管理,并可进行路径选择和多点间通信,网络的节点可达 255 个。1984 年交付使用的 IV 型,网络的范围进一步扩大了,可包括 64 个域,每域中可有一千个节点,并可和以太网(Ethernet)通信。还增加了支持与 X.25 分组交换网以及 SNA 网互连的网间连接器(Gateway)。1987 年后 DEC 公司还宣布了要使 DNA 逐步向 OSI 靠拢和过渡的计划。

### 3. MAP 和 TOP

MAP 来源于美国通用汽车公司 GM(General Motors)。GM 想建立一个网络来连接它所有的办公室、工厂、代理商和原料供应商,使得顾客无论从何处订购汽车,代理商的计算机将立即把定单发给 GM,然后 GM 向各原料供应商订购必需的原材料,并控制其工厂的装配线生产出所需的产品。办公室、工厂、代理商和原料供应商可以使用不同公司提供的计算机和数字设备,但为了保证它们的互连,必须遵循一个共同的标准,这个标准就是 MAP,它的取材来自于 OSI 基本标准集,是采用 OSI 模型的多层协议的集合。

差不多同时,波音(Boeing)公司对有关办公室自动化的标准发生了兴趣,其应用场合和作为 GM 网络的一个重要部分的工厂自动化应用有一个显著的不同,就是没有实时的要求。波音公司为办公室自动化选取了一组协议,这就是 TOP。MAP 和 TOP 产生后已分别为其它许多公司采纳用于生产制造自动化和办公室自动化。最早从美国开始,逐渐发展成了世界范围的 MAP/TOP 用户协会,并在 MAP 和 TOP 版本各自更新的过程中不断协调与紧密合作。目前 MAP 和 TOP 虽然在低层是不同的,但在中层和高层可以完全兼容。两者之间的不同主要在于,MAP 为了适应生产自动化中的装配线用了令牌传递的信道访问方法,并采纳后面第七章中将介绍的令牌总线 ISO 8802/4 作为其物理层和一部分数据链路层的标准;TOP 由于没有实时要求,则采纳了总线 ISO 8802/3 和令牌环 ISO 8802/5 作为标准。

MAP 和 TOP 虽然不是某个官方的标准化组织制定的,但由于其拥有广大用户,也成了一个事实上的工业标准。目前市场上已有许多实现 MAP/TOP 的产品出现。有人预测,MAP 和 TOP 的用户会激增。

### 4. 公用数据网

计算机网络中负责完成节点之间通信任务的通信子网可由政府部门(例如邮电部门)或电信经营公司所拥有,但向全社会公众开放服务,它如同电话交换网那样。拥有主机资源的单位希望联网的话,只要遵循子网所要求的接口标准,提出申请并付一定的费用,都可接入该通信子网,利用其提供的服务来实现特定资源子网的通信任务。这类通信子网叫作公用网(Public network)。公用网中传输的是数字化的数据,为了与电话交换网这类模拟网相区别,有时也被称作为公用数据网 PDN(Public Data Network)。世界上很多国家都相继组建了自己国家的公用数据网,如法国的 TRANSPAC、加拿大的 DATAPAC、美国的 TELENET、英国的 PSS、联邦德国的 DATEX-P、欧共体的 EURONET 和日本的 DDX-P 等都是公用数据网。我国的公用数据网 CNPAC 也已经于 1989 年开通并正式对外提供服务。

这些公用数据网对于外部用户提供的界面大都采用了国际标准,这就是 CCITT 制定的 X.25 建议。这个建议规定了用分组方式工作和公用数据网连接的数据终端设备 DTE(Data Terminal Equipment)和数据电路端接设备 DCE(Data Circuit-terminating Equipment)之间的接口。在此,DTE 和 DCE 是 CCITT 使用的术语,在我们所述计算机接入公用数据网的场合下,DTE 就是指计算机,而公用数据网中的分组交换节点就是 DCE。这里所说的接口是广义的,泛指界面的意思。在目前 X.25 是广域分组网范畴中的一个十分流行的面向用户的接口标准。

X.25 是为同一个网络上用户进行相互通信而设计的。然而,在两个单独的网络上工作的用户常常需要建立通信来共享资源或交换数据,X.75 就是为满足这个需要而设计的,其目的就是进行网间互连。



## 1.2 数据通信技术

在弄清数据通信的基本概念之前,先要介绍几个术语。

(1)数据:它可定义为有意义的实体,数据涉及到事物的形式。数据可分为模拟数据和数字数据两种形式。模拟数据是在某个区间内连续的值,例如,声音和视频就是强度连续改变的波形。大多数用传感器收集的数据,例如温度和压力,都是连续值。数字数据是离散的值。例如文本信息和整数。

(2)信息:它是这些数据的内容和解释。

(3)信号:它是数据的电磁或电子编码。也可分为模拟信号和数字信号。模拟信号是连续变化的电磁波,可以按照不同频率在各种媒体上传输。数字信号是一系列的电脉冲,直接用二种电平表示二进制的1和0。

### 1.2.1 模拟数据通信和数字数据通信

模拟数据和数字数据都可以用模拟信号或数字信号来表示,因而也可以用这些形式来传播。图1.2表示模拟、数字数据的模拟、数字信号的对应表示。

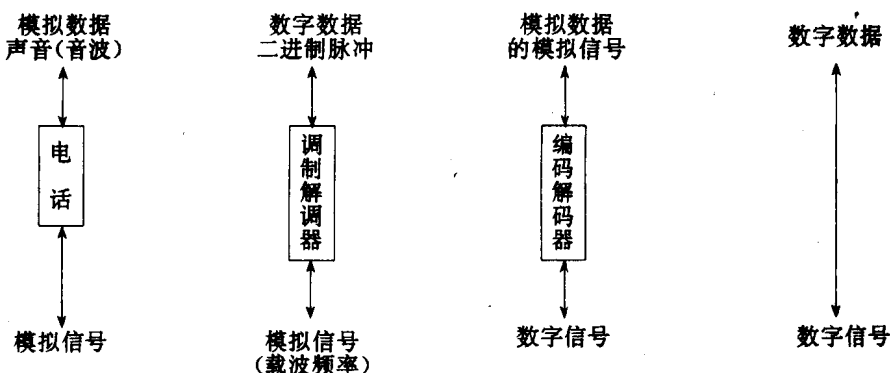


图 1.2 模拟数据、数字数据的模拟、数字信号表示

一般情况下,模拟数据是时间的函数,并占有一定的频谱范围。这种数据可以直接用占有相同频谱范围的电磁波信号来表示,例如,声音数据,其频率范围在20Hz~20kHz之间。然而,大多数语音能量的频率范围要窄得多。声音信号的标准频谱是300Hz~3400Hz,这个频谱已完全足够使声音清楚地传播,电话设备恰恰是按这样的标准运行的。

数字数据也可以用模拟信号表示,但此时要利用调制解调器(MODEM)。它是通过一个载波信号把一串二进制电压脉冲转换为模拟信号,所产生的信号占有以该载波频率为中心的某一频谱,并且能在适合于此种载波的媒体上传播。大多数通用的调制解调器都用语音频谱来表示数字数据,因此能使数字数据在普通的音频电话线上传播,在线路的另一端,调制解调器再把载波信号还原解调成原来的数字数据。

模拟数据也可以用数字信号来表示。与调制解调器完成的操作相类似,对于声音数据来说,完成这种功能的是编码解码器(CODEC),它接收一个直接表示声音数据的模拟信号,然后用二进制位流近似表示这个信号,而线路另一端的CODEC,将二进制位流重新构造为模拟数据。

数字数据也可以直接用二种电平来表示,即用二进制形式的数字脉冲信号来表示。但为改