

HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

高等学校教材



数据通信技术

SHU JU TONG XIN JI SHU

石冰心

华中理工大学出版社



TN 919
18

001369

多 TN 919
8

数据通信技术

石冰心

华中理工大学出版社

内 容 简 介

本书较系统、全面、深入地介绍了数据通信技术。全书共十章，由两部分组成。第一部分为数据通信技术的基础，包括绪论、信道与接口、数据传输、数据链路协议、数据通信硬件和数据通信软件等。第二部分可看作是第一部分 的 扩展，内容包括协议与体系结构、公共数据网络、局部地区网络及面向应用的高层协议等。

本书结构层次清晰，叙述由浅入深、前后连贯。将协议与体系结构贯穿全书并融合到各章是本书的突出特点。

本书可作为高等院校计算机、通信、自动化、电信技术等专业高年级或研究生的教材，亦可供从事数据通信、计算机通信网络、办公室自动化及计算机应用方面的专业技术人员参考。

数 据 通 信 技 术

石 冰 心

责任编辑 唐元瑜

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社沔阳印刷厂印刷

*

开本：787×10921/16 印张：17.25 字数：413 000

1992年7月第1版 1994年6月第2次印刷

印数：1 201—3 200

ISBN 7-5609-0673-7/TP·66

定价：10.00元

(鄂)新登字第10号

前 言

本世纪最令人鼓舞的重大技术成就之一是通信技术和计算机的结合。由于这两者都在以惊人的速度发展,因而它们的结合使整个世界的的生活方式已经并继续发生深刻的变化。

当今世界已进入“信息”社会,但几乎所有大型的信息系统都离不开数据通信技术。现代信息处理系统的支撑环境是各种形式的计算机通信网络,而这种网络则是通过通信技术将协同工作的、地理上分布很广的计算机组合而成的。因此,数据通信与计算机网络在所有现代的计算机系统和信息处理系统设计中占据着重要的地位,它们在工业、商业、军事、教育、办公自动化等各个领域得到了广泛的应用。

本书是一本专门介绍数据通信技术的书,它所涉及的范围甚广。由于计算机网络是利用数据通信技术使各个孤立的计算机能够相互交换数据、软件和共享计算机软、硬件资源的设施,因此,在讨论数据通信时就可避免地要涉及到计算机网络。此外,由于远程通信技术的历史悠久,且各种形式的电话网络已得到了普遍的应用,因此,本书虽也将涉及到远程通信技术,但讨论的重点不是远程通信本身,而是与远程通信网络相关的接口技术和设备。这就是说,我们感兴趣的是数据通信技术,因而所讨论的内容总是围绕数据通信的支撑环境——各种形式的数据通信硬件和软件进行的。

必须强调的是,计算机与数据通信技术的结合组成了各式各样的计算机网络,从而使得各部门、地区甚至国家之间进行相互通信,但促使这些情况发生的“粘合剂”则是通信协议的标准化。因此,本书对协议与网络体系结构给予了足够的重视。

本书共分十章,其中:第一~四章主要讨论数据通信技术的基本内容;第五、六章介绍数据通信的硬件和软件;第七~十章则重点讨论计算机网络方面的内容,并对协议和体系结构作了较详细深入的介绍。因为,对于现代数据通信技术来说,如果没有后面部分的介绍则是不完善的。全书内容的具体安排如下:

第一章:绪论。介绍数据通信的基本概念、数据通信环境、网络体系结构及数据通信的发展历史。

第二章:信道与接口。介绍各种传输介质、信号类型及物理层接口标准。

第三章:数据传输。介绍数据传输基础、传输控制与差错检测方法。

第四章:数据链路协议。重点讨论差错控制、流控制以及各种链路协议。

第五章:数据通信硬件。主要介绍用在数据通信中的几种通用的硬设备,包括终端设备、线路终接设备、线路控制设备和线路交换设备。

第六章:数据通信软件。重点介绍数据通信软件的功能、基本的数据通信软件、远程通信访问方法和远程监控处理程序。同时,对IBM-PC微型计算机的数据通信软件也进行了讨论。

第七章:协议与网络体系结构。主要阐述计算机通信的基础,其内容包括OSI参考模型、协议的层次划分及协议的描述等。这些内容是了解各类计算机通信网络的基础。

第八章:公共数据网络。重点介绍分组交换数据网络,同时也介绍电路交换数据网络,

最后，扼要介绍目前世界上竞相研究的综合业务数字网络 (ISDN)。

第九章：局部地区网络LAN。主要讨论网络的类型、技术和特性，重点介绍CSMA/CD总线、令牌总线和令牌环网络，并对LAN协议与体系结构给予了特别的重视。最后，还讨论了LAN协议的性能。

第十章：面向应用的协议。主要介绍OSI参考模型的最高三层——会话层、表示层和应用层，以及高层协议的标准化对提高网络性能的重要意义。但因这方面尚处于研究发展阶段，故只能给出概括性介绍。

《数据通信技术》一书已酝酿多年，本人与华中理工大学出版社编辑部约稿亦已两年有余，但因琐事缠身，仅利用平常的休息和假期断断续续写到现在这个样子，并以此献给读者。由于本人水平有限，错漏之处在所难免，衷心期望各位读者批评指正。

作者

1990年12月于华中理工大学

目 次

第一章 绪论	(1)
1.1 数据通信概述	(1)
1.1.1 定义和术语	(1)
1.1.2 数据通信的基本内容	(2)
1.1.3 数据通信与数据处理之间的关系	(4)
1.2 数据通信环境	(5)
1.2.1 数据通信系统	(5)
1.2.2 通信信道	(5)
1.2.3 数据通信硬件	(5)
1.2.4 数据通信软件	(6)
1.2.5 分布式处理与网络结构	(6)
1.3 网络体系结构	(7)
1.3.1 人与人之间的通信	(7)
1.3.2 透明与虚拟概念	(8)
1.3.3 通信系统的软件层次	(9)
1.3.4 网络体系结构的特性	(10)
1.3.5 体系结构的开发机构	(11)
1.3.6 OSI参考模型	(11)
1.3.7 系统网络体系结构(SNA)	(13)
1.4 数据通信的历史回顾	(14)
第二章 信道与接口	(16)
2.1 引言	(16)
2.2 传输介质	(17)
2.2.1 双裸线	(17)
2.2.2 双绞线对	(18)
2.2.3 同轴电缆	(18)
2.2.4 光纤电缆	(18)
2.2.5 微波	(19)
2.3 信号类型	(19)
2.3.1 RS-232C/V.24信号	(19)
2.3.2 20mA的电流环信号	(20)
2.3.3 RS-422/V.11信号	(21)
2.3.4 Modem信号	(22)
2.3.5 信号的衰减和失真	(26)
2.3.6 同轴电缆信号	(29)
2.3.7 光导纤维信号	(31)
2.3.8 信号传播延迟	(32)

2.4	物理层接口标准	(33)
2.4.1	RS-232C/V.24标准	(33)
2.4.2	远程通信	(34)
2.4.3	直接的RS-232C连接	(35)
2.4.4	其它物理层接口标准	(36)
第三章	数据传输	(38)
3.1	引言	(38)
3.2	数据传输基础	(38)
3.2.1	串行比特传输	(38)
3.2.2	通信方式	(39)
3.2.3	传输方式	(39)
3.2.4	传输差错控制	(41)
3.2.5	流控制	(42)
3.2.6	通信协议	(42)
3.3	传输控制电路	(42)
3.3.1	异步传输	(43)
3.3.2	同步传输	(46)
3.4	时钟(比特)同步	(50)
3.4.1	时钟编码与抽取	(50)
3.4.2	数据编码与时钟同步	(51)
3.5	差错检测方法	(53)
3.5.1	奇偶校验	(53)
3.5.2	块和校验	(54)
3.5.3	多项式编码	(55)
第四章	数据链路协议	(58)
4.1	引言	(58)
4.2	差错控制	(58)
4.2.1	回声校正	(59)
4.2.2	反馈重传纠错(ARQ)	(59)
4.2.3	序列号1	(74)
4.3	流控制	(76)
4.3.1	X-ON/X-OFF	(76)
4.3.2	窗口机制	(76)
4.3.3	序列号2	(79)
4.3.4	链路效率	(80)
4.4	链路管理	(80)
4.5	面向字符的通信控制协议	(83)
4.5.1	引言	(83)
4.5.2	报文格式	(84)
4.6	面向比特的协议	(86)
4.6.1	基本特征	(87)
4.6.2	数据帧结构	(88)

4.6.3	命令与响应	(89)
4.6.4	HDLC 流控窗口	(91)
4.6.5	HDLC 数据传输过程	(92)
第五章	数据通信硬件	(94)
5.1	终端设备	(94)
5.1.1	引言	(94)
5.1.2	基本的终端部件	(95)
5.1.3	增强型终端部件	(95)
5.1.4	通用终端	(97)
5.1.5	远程作业输入终端	(98)
5.1.6	事务处理终端	(98)
5.1.7	异步显示终端	(99)
5.1.8	同步显示终端	(100)
5.2	线路终接设备	(100)
5.2.1	引言	(100)
5.2.2	调制解调器 Modem	(103)
5.2.3	声耦合	(105)
5.2.4	高速线路终接	(105)
5.2.5	数字线路终接	(106)
5.3	线路控制设备	(106)
5.3.1	数据链路的连通性	(106)
5.3.2	多路器	(107)
5.3.3	集中器	(110)
5.3.4	通信控制器	(112)
5.4	交换设备	(113)
5.4.1	专用分支交换 (PBX)	(114)
5.4.2	交换技术	(115)
第六章	数据通信软件	(120)
6.1	数据通信软件的功能	(120)
6.1.1	基本的传输功能	(120)
6.1.2	附加功能	(121)
6.2	主机中的通信软件	(123)
6.3	远程通信存取方法 (TCAM)	(125)
6.3.1	TCAM 的基本功能	(126)
6.3.2	TCAM 的高级功能	(127)
6.4	远程处理 (TP) 监控程序	(128)
6.5	其它处理机中的通信软件	(132)
6.6	数据通信软件实例	(133)
6.6.1	代码转换	(133)
6.6.2	编辑	(133)
6.7	个人计算机 (PC) 的数据通信软件	(134)
6.7.1	异步终端仿真	(134)

6.7.2	文件传输	(135)
6.7.3	同步终端仿真	(136)
6.7.4	微机-主机链路软件	(136)
6.7.5	集成软件	(137)
第七章	协议与体系结构	(138)
7.1	引言	(138)
7.1.1	数据通信系统与数据库系统的比较	(138)
7.1.2	数据通信软件层次	(139)
7.1.3	计算机与计算机之间的通信	(139)
7.2	开放系统互连模型	(140)
7.2.1	面向应用的各层	(142)
7.2.2	与网络有关的各层	(143)
7.3	计算机通信标准简介	(144)
7.4	协议的各个层次	(145)
7.5	服务定义	(146)
7.5.1	名字	(146)
7.5.2	地址	(146)
7.5.3	服务原语	(147)
7.5.4	服务参数与层间作用	(148)
7.5.5	原语顺序	(150)
7.6	协议描述	(150)
7.6.1	PDU 定义	(151)
7.6.2	协议操作概述	(152)
7.6.3	协议描述方法	(153)
7.7	传送层	(154)
7.7.1	概述	(154)
7.7.2	用户服务	(155)
7.7.3	协议操作	(157)
7.7.4	网络服务	(162)
7.7.5	协议描述	(163)
7.7.6	协议实现	(167)
第八章	公共数据网络	(171)
8.1	公共数据网络特性	(171)
8.1.1	电路交换与分组交换	(172)
8.1.2	数据报与虚电路	(175)
8.1.3	通信交换技术的比较	(177)
8.2	分组交换数据网络	(179)
8.2.1	物理接口	(180)
8.2.2	链路层	(180)
8.2.3	分组(网络)层	(181)
8.2.4	终端访问	(190)
8.3	电路交换数据网络	(192)
8.3.1	X.21接口协议	(192)

8.3.2	X.21bis	(194)
8.3.3	链路层与网络层	(194)
8.4	综合业务数字网络(ISDN)	(194)
8.4.1	引言	(194)
8.4.2	用户接口	(197)
8.4.3	ISDN标准	(198)
8.4.4	ISDN信道	(199)
8.4.5	网络访问点	(200)
8.4.6	用户接口协议	(201)
第九章	局部地区网络	(203)
9.1	局域网概述	(203)
9.1.1	局域网的定义与特性	(203)
9.1.2	局域网网络技术	(205)
9.2	局域网类型	(209)
9.2.1	CSMA/CD总线网络	(209)
9.2.2	令牌总线网络	(213)
9.2.3	令牌环网	(216)
9.3	局域网协议与体系结构	(219)
9.3.1	逻辑链路控制层 (LLC)	(221)
9.3.2	网络层	(227)
9.4	局域网协议性能	(229)
9.4.1	LAN性能评价	(230)
9.4.2	令牌传送与CSMA/CD的性能模型	(233)
9.4.3	分析和模拟研究结果的比较	(235)
第十章	面向应用的高层协议	(238)
10.1	引言	(238)
10.2	会话层	(239)
10.2.1	会话层设计所要解决的问题	(239)
10.2.2	OSI会话服务原语	(243)
10.3	表示层	(245)
10.3.1	表示层设计所面临的问题	(246)
10.3.2	抽象语法表示法一 (ASN.1)	(248)
10.3.3	虚拟终端	(253)
10.4	应用层	(257)
10.4.1	应用层设计面临的问题	(257)
10.4.2	公共应用服务元素 (CASE)	(258)
10.4.3	用户元素 (UE)	(259)
10.4.4	文件传输、访问和管理 (FTAM)	(260)
10.4.5	电子邮件	(263)
10.4.6	其它应用	(264)
	参考文献	(265)

第一章 绪 论

1.1 数据通信概述

通信在人们生活中起着十分重要的作用，几乎每时每刻人们都在进行某种形式的通信活动——写信、交谈、阅读、听报告、看电视及传真等等。数据通信是这个广泛领域中的一个特殊方面，它在现代通信系统中占据非常重要的地位。

1.1.1 定义和术语

在阅读文献时常常由于所使用的术语和定义比较含糊，读者在理解上较为困难，因此，需对若干重要术语给以明确定义。

1. 数据

广义地说，数据 (data) 定义为有意义的实体，它包括模拟数据 (如表示声音、图像等的的数据) 与数字数据 (如表示电压脉冲的二进制数据)。与数据有关的两个术语是消息 (message) 和信息 (information)。这两个术语之间常常容易混淆。其实，在通信论中，消息是指通信系统传送的对象，如语言、文字、图像与数据等，而信息则是有用消息的度量，是以某消息出现的概率的大小来度量的。可见，数据是消息的一种形式。数据通信中所指的消息就是数据。需要说明的是，在大多数数据通信和计算机网络的文献中，消息这个术语常常用另一个称作“报文”的专门术语来取代，但这并不影响消息的本质即是数据。数据和信息的含义是不同的，数据涉及事物的形式，信息则涉及这些数据的内容和解释。本书所讨论的数据是指数字数据，即计算机化了的数据。

2. 信号与信号发送

信号 (signal) 是指由消息变换而来的反映消息的电或光等的表示形式，它是消息的携带者。例如，由声音转换成的音频信号，反映图像的视频信号以及各种编码信号 (“1”、“0”脉冲码) 等。在数据通信中，信号是数据的携带者，它是数据的电子编码或电磁编码，包括模拟信号和数字信号。模拟信号是一种连续变化的电磁波；数字信号则是一系列断续的电压脉冲。信号发送 (signaling) 是沿介质传播信号的动作。无论是模拟数据或数字数据都可以用模拟信号或数字信号进行发送。

3. 电信

电信 (telecommunication) 指的是任意类型的电子信息的电子传输。它实际上是一个包括电话通信、电视信号传输、各种形式的数据通信、传真通信、宇宙飞船的遥测等包罗万象的术语。本书所讨论的数据通信，仅仅是电信的一种应用。

4. 数据通信

数据通信 (data communication) 是指数据的电子传输，是对数据 (有别于模拟的语音) 进行通信的方法。本书中所使用的数据通信 (或数据传输) 一般是指计算机化了的数据

的通信和传输,包括数字计算机之间、终端与计算机之间以及终端与终端之间的通信。因此,它是将所有本地的和远程的各种计算机设备连结起来以实现相互通信的方法。

5. 远程处理

远程处理 (teleprocessing) 是一个比远程通信或数据通信更为新颖的术语,它一般是指应用终端与远程通信设施访问远地的计算机资源 (包括硬件与软件资源)。

6. 计算机通信网络与计算机网络

这两个术语,人们常常将它们混用。例如,同一个网络,有人把它称为计算机通信网络,而另有一些人却将它称为计算机网络。严格说来,这两个术语是不同的,它们各自有自己的特点。

在计算机通信网络中,用户把整个通信网看作是若干功能不同的计算机系统的集合;用户为了访问网络中的资源,首先必须了解网络中是否有所需的资源,然后才能按要求调用它们。这就是说,用户为了共享网内资源,必须熟悉网内每个子系统的资源情况。而各个子系统则是相对独立的,并共同形成一个松散耦合的大系统。

在计算机网络中,用户把整个网络看成是一个大的计算机系统,它不需用户熟悉网内每个子系统有什么资源,这个任务是由网络操作系统(NOS)去完成的。这就是说,计算机网络的特点,是通过网络操作系统实现资源共享,而不需用户自行去了解、调用网络中某一具体资源。

由此可知,在计算机通信网络中,用户要参与管理网络中的计算机资源,而在计算机网络中,网络中的资源是由网络操作系统自动地进行管理的。两者区别的关键就在于此。

因此,严格地说,现有的网络由于尚未具备完善的网络操作系统,仅实现了一定程度的资源共享,因而称之为计算机通信网络。也可以说,计算机通信网络是理想的计算机网络的低级形式,而将其高级形式,即具备了完善功能的网络操作系统的网络称为计算机网络。这样,当今国际上几个有名的网络 (如ARPA网、TYMNET网等) 均应属于计算机通信网络。

1.1.2 数据通信的基本内容

从上述的定义和术语可知,远程处理是一个比数据通信更为广泛的术语。当我们考察一个远程处理系统时,所关心的是包括计算机、终端、远程通信设施以及一个完整的数据处理系统的硬件和软件的整个系统。可是,当我们讨论数据通信系统时,所关心的仅仅是将数据从一点传送到另一点所涉及的那部分。为了对数据通信系统有一个概略的了解,我们首先讨论数据通信系统的一般结构和数据通信系统的基本功能。

1. 广义通信系统模型

图1.1是香农 (C.E.Shannon) 定义的广义通信系统模型。该模型适用于离散的、连续

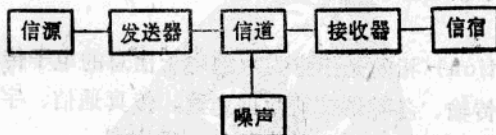


图1.1 广义通信系统模型

的和混合的三种类型的系统。在引入计算机概念后,可对香农广义通信系统作如下解释:

(1) 信源。它产生待传输给接收端的消息或消息序列。对于数据通信系统,消息即是数据,信源即是终端、计算机等。

(2) 发送器。它将消息变换为适合于信道上传输的信号。在计算机通信网络中,这类设备的范围很广,如终端、通信控制器、调制解调器等信源编码器及信道编码器。

(3) 信道。这里指的是物理信道,它是发送器与接收器之间用以传输信号的介质。在传输过程中,传输数据可能受噪声干扰。

(4) 信宿。它将接收到的信号变换为消息(即数据)。

上述这些部件对任何通信处理过程都是最基本的,缺少任何一个部件,通信就不会发生。但是,这些部件中的每一个则可能随系统的不同而变化。例如,当你阅读时,你是通信接收者,作者是发送者,介质则是印制的书本。相同的消息除用文字传递外,也可以用语言传递,如进行一次演讲,其传播介质则是空气。此外,通信系统的发送者与接收者可交换其作用,如两人之间的对话便是如此。在某些通信中,所接收的消息有一定的延迟。这种延迟的一部分是由于需要时间去传送消息,而延迟的另一部分则是接收者需要时间去拾取消息,如邮政通信即属此种情况。可见,发送者和接收者并不总是需要同时存在的。

此外,通信系统尚具有三条基本原则:首先,消息必须是接收者能懂得的。例如,一个外国人向你介绍情况,如果你不懂他讲的语言,那么,这种消息对你毫无意义。如果以每分钟60转的速度将声音录下来,而听的时候却以每分钟120转的速度放该录音,结果你可能很难理解其内容。类似地,如果一台计算机或一个终端期望接收某种特殊速度和特殊代码的消息,但实际上接收到的并不是特殊速度和特殊代码的消息,那么,在这种情况下,有效的通信将不会发生。其次,通信系统的特性由前述的基本部件所确定。被传送的消息的类型往往决定了其特性,这些特性对于一个通信系统中特殊的发送器、传输介质或接收器是最合适的。这一原则对设计有效的通信系统是很重要的。不考虑与其它系统部件的接口方式而设计或选择单个部件是行不通的。为了实现有效的通信,必须平衡协调各部件之间的关系。第三,在传输过程中,接口处可能会使消息恶化。这种系统中出现的不期望的干扰称作噪声,这种噪声将影响接收者正确地理解发送者所传送的消息。

2. 数据通信研究的基本内容

数据通信的功能是将数据从一点传输到另一点,而且,数据是以某种方式编码的。需指出的是,两点间的数据传输必须是成功的。那么,数据是怎样传输的,数据是怎样编码的,数据通信与数据处理之间的关系怎样,所有这些问题,都是需要在讨论中回答的。为了简化,通常可将数据通信划分为三个基本部分(参见图1.2):

(1) 传输。它提供消息通过的路径。

(2) 通信接口。它将用来传输消息的电信号转换为一种对接收器有用的形式(或将发送器来的某种形式转换为便于传输的电信号)。

(3) 通信处理。它依据消息或有关的控制字符来确保成功的输入、传送及接收。

为了对数据传输有较深入的理解,需要对传输过程中消息所采用的电气形式和用来提供传输路径的设备进行研究。因为,某些设备构成传输介质(如导线、微波及卫星设备),而

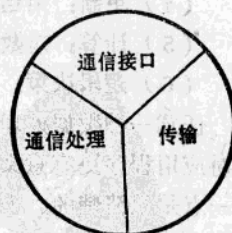


图1.2 数据通信的基本部分

另外一些传输设备(如调制解调器(modem))用来控制消息的电气形式。

接口一般包括将数据从一种对发送者可理解的形式变换为另一种适合于传输的电气信号形式。类似地,通信接口需将这些电气信号转换为字符、字、数字等形式,以便接收者能够理解。

通信处理是数据通信中最复杂的部分,其基本的通信处理功能可划分为三大类:

① 编辑。它包括差错控制、格式化和编辑三种基本的通信处理功能。

② 转换。它包括速度转换和代码转换两种基本通信处理功能。

③ 控制。它包括网络控制、轮询和消息路由三种基本通信处理功能。

编辑通信处理功能既涉及到数据的安排与监控,以便能有效地进行处理,又涉及到处理后有关输出的安排。终端通常以一种与计算机运行不兼容的速度进行传送。为补偿发送端与接收端传输速度的差别,速度转换形式的通信处理是必不可少的。代码转换往往是需要的,如将发送端的传输代码(例如ASCII码)转换为接收端的代码(例如EBCDIC码)。作为控制,执行通信处理的计算机能够安排报文(消息)的顺序及到达的目的地。“轮询”是一种对发送器(如终端)进行询问的功能,它可以用一种预先确定的顺序进行,亦可以按照发送者的重要性来进行,例如高优先度的终端比低优先度的设备可获得更频繁的查询。此外,一个数据通信系统可以中断其正常的轮询顺序而执行高优先度发送者的报文。消息路由则是在发送端与接收端之间选取有效的和经济的路径。

为保证输入、发送及接收等通信处理能在许多设备中成功地实现,这些设备应具有存储和处理功能。本书所要讨论的这些设备包括前端处理机(FEP)、集中器(concentrator)、报文交换器(message switcher)、终端控制器(terminal control unit)以及终端、计算机、调制解调器等。

1.1.3 数据通信与数据处理之间的关系

数据处理是一种对信息进行操作以增加其对端点用户的价值功能的过程,因为,原有的数据信息内容改变了。数据通信也会增加信息的价值但不改变信息的内容。

数据处理功能可以划分为若干子功能:

(1) 分类:按某种有意义的方式来安排数据。

(2) 检索:选择满足一个相关数据文件的某些准则的数据

(3) 存储:将有关数据存入到一个文件。

(4) 更新:用当前的数据信息更新原来的内容。

(5) 计算:对数据执行数字运算操作。

(6) 逻辑决策:应用数据信息内容以决定下一步要执行的动作。

任意一种数据处理子功能都可能影响数据的信息含义。例如,对存储的数据排序,就可使之对应用程序更有意义。尽管在某些情况下,某种特殊的活动不是数据处理就是数据通信,这一点是很清楚的,但其区别往往不甚明显。因为,某种数据处理功能可能被用来完成通信处理任务。例如,消息路由可能包含按照请求传递的时间或接收时间来进行分类;网络控制可能包括存储和更新有关网络性能的统计特性;差错控制则可能包含计算循环冗余校检,等等。可见,数据处理与数据通信的界线是相当模糊的。尽管人们曾花费了许多时间和精力企图对两者加以区别。但由于它们相互交叉,因而难以给予严格的区分。一种比较简单且很直观的区别方法是:如果企图用改变数据信息的内容来增值,则为数据处理;若目的是用在

两点间及时地提供成功的数据传送来增值，则为数据通信。

1.2 数据通信环境

微电子技术的发展，促进了计算机与通信技术的发展。今天，计算机已被广泛应用于工业、商业、农业、政府机关、学校等各个领域，甚至渗透到家庭。这些独立的计算机之间需要建立某种联系，这个任务就是由数据通信来实现的。计算机与数据通信的结合构成了计算机（通信）网络。可以说，数据通信只有在计算机网络环境下才能发挥它的潜力。因此，数据通信与计算机网络是不可分割的。随着数据通信技术的发展，计算机网络亦得到了发展；反过来，计算机网络的发展，又促进了数据通信技术的发展，它们相辅相成。因此，在讨论数据通信技术时是与计算机网络技术不可分割的。

1.2.1 数据通信系统

一台现代的计算机是用电缆将许多部件连接在一起组成的。这些电缆实际上是一些以高比特率运行的数据传输线。将磁带与磁盘驱动器连到I/O信道的电缆，其每秒的传输率高达兆位级比特。如果我们有与机房常用电缆的特性相似的远程通信线路，则可在远处将设备直接连到I/O信道上，这样就不存在数据通信的问题了。然而，这样的信道是不存在的，至少不能以机房电缆那样的简单形式存在。因此，一个将计算机与处在远地的设备相连接的系统的特性与仅仅在本地将计算机与外设连接起来的系统的特性是不同的。

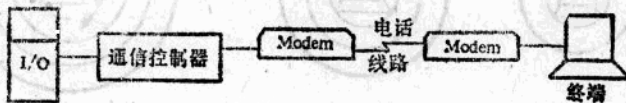


图1.3 简单的数据通信系统

图1.3示出了一个简单的数据通信系统的物理结构。这种终端与远程计算机的通信是目前最普遍的一类数据通信系统。显然，这与一般机房中计算机与各种外设的惯常连接是不同的。随着计算机与通信技术的发展，连接多台计算机的系统将变得越来越普遍。这与一般简单的面向终端的计算机网络相比，无论在设备上，还是在技术上都要复杂得多，这就是计算机（通信）网络。

1.2.2 通信信道

信道是通信系统中重要的组成部分。信道特性对通信系统的性能有重要的影响。后面将详细讨论数据通信中各种类型的信道特性和构造通信信道的各种物理介质以及经过通信信道控制数据传输的各种方法。

1.2.3 数据通信硬件

数据通信必须有硬件环境支持，图1.3介绍了一个简单的数据通信系统。除信道外，终端、计算机、通信控制器以及调制解调器等都是组成数据通信的基本硬件。随着网络的复杂化，硬件也随之增加。前端处理机、集中器、多路转换器（multiplexer）以及信关（gateway）等等，均属于数据通信硬件。

1.2.4 数据通信软件

数据通信系统所使用的软件，是本书讨论的重点之一。通信软件技术发展很快，在早期的数据通信系统中，由应用程序与控制程序一起完成所有的通信功能，如图1.4(a)所示。显然，这种程序结构要求用户了解系统的通信机制，这对用户很不方便。随着对数据通信系统的进一步研究，计算机制造厂商开发了通用的远程通信存取方法，如IBM公司的BTAM (basic telecommunications access methods) 等，如图1.4(b)所示。这些方法在应用程序与通信设备间有效地设置了软件的层次。利用这种特殊的访问方法，虽然程序员与通信的界面被简化了，但应用程序仍相当复杂，且往往要用汇编语言来编写，对应用仍不方便。因此，随着数据通信技术的进一步深入发展，人们后来又开发了远程处理监控程序(TP monitor)，如图1.4(c)所示，从而大大简化了应用程序的编制。如IBM公司的CICS (customer information control system) 与IMS/DC (information management system/data communication) 便是这些软件的例子。

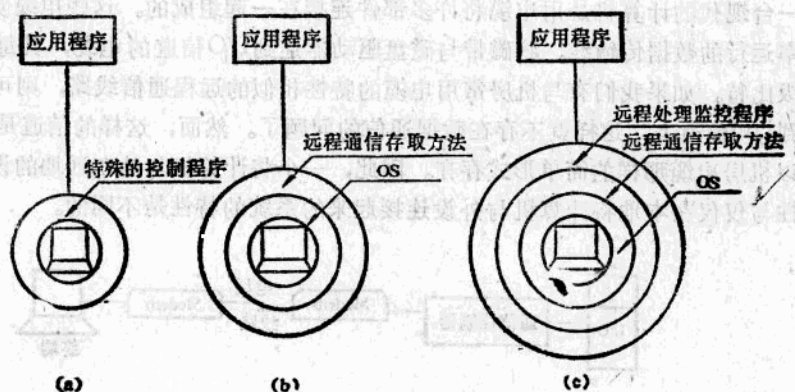


图1.4 数据通信软件的发展过程

(a)早期的数据通信软件环境；(b)远程通信存取方法；(c)远程处理监控程序

现代的大多数数据传输系统都拥有上述三种软件实体——应用程序、远程处理监控程序和远程通信存取方法。

1.2.5 分布式处理与网络结构

到70年代中期止，大多数数据通信系统在结构上与前述图1.3所示的简单系统是相似的，但现在的数据通信系统则复杂多了。这是由于各种形式的信息网络（银行、商业、交通运输等）的出现，特别是国家范围以及全球范围的网路的出现，使得数据通信方式迅速地转向分布式处理技术的应用，并且，越来越多的数据传输被用来将一台计算机连接到另外的计算机，或将一个计算机网络连接到另外的计算机网络，而不是仅将简单的终端连到中央计算机。这也是本书中要讨论的问题。

图1.5所示的是一个典型的分布式处理应用的例子。在这个系统中，使用称作通信控制器的特殊处理机承担控制通信功能的任务。通信控制器相互连接并与位于终端用户集中地的集中器相连接。每一个集中器连接一组终端（或个人计算机）。特殊的软件不仅在主机中需要，而且在通信控制器、集中器，甚至在终端中都需要。如果硬件与软件能够紧密地协调与

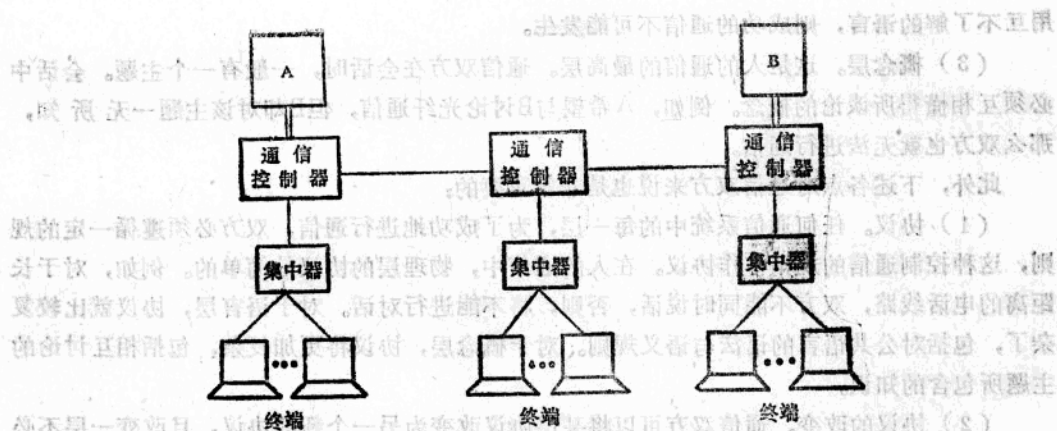


图1.5 计算机与计算机互连

配合，则任意的用户终端可与一个运行在任意主机中的应用程序通信，这就是我们通常所指的计算机通信网。这种硬、软件的综合运用，若使用过去的简单方法是不可能实现的。通信网络体系结构（如IBM的SNA，DEC的DNA，以及ISO/OSI等）就是这种应用环境的产物。

1.3 网络体系结构

早期的数据通信，由于各计算机厂商仅生产自己的通信产品，而不同厂商的产品互连是十分困难的，因而阻碍了计算机网络的发展。当今的计算机网络，无论在功能上还是在复杂性方面均有了很大的发展。现代数据通信系统中，有关连接到通信线路（或连到网络）的各个站点的数据传输是由装在通信站点中的软件或固件完成的。这种软件或固件所执行的功能可分成几个独立的层次，每一层的功能都互相隔离，类似洋葱皮，故而称为洋葱皮体系结构。

为了实现不同厂商的计算机之间的互连，要求每一软件层所实现的功能高度标准化，这就是网络体系结构的作用。网络体系结构是驾驭构成数据通信系统硬件和软件设计的整体规划。本书中将讨论几种典型的网络体系结构。为了对网络体系结构有一个直观的理解，下面先考察一个数据通信系统中所执行的功能并且看看这些功能是怎样由各个独立的软件层来完成的。

1.3.1 人与人之间的通信

为了洞悉数据通信系统的机理，可将一个数据通信系统所执行的功能与人的通信所执行的功能作一个类比。图1.6表示人与人之间的通信模型，它可粗略地划分为三层：

（1）物理层。通信双方必须同意使用共同的通信介质。典型的通信介质是声波或邮递的书信。

（2）语言层。在物理层被确定后，通信双方就必须使用相互能懂的语言。如果双方使

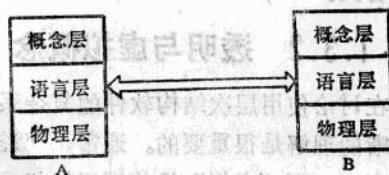


图1.6 人与人的通信模型