

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材

21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

数据通信技术

(第3版)

李斯伟 胡成伟 编著

- 取材新颖，观点创新
- 内容全面，突出应用
- 案例学习，实用易懂



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材

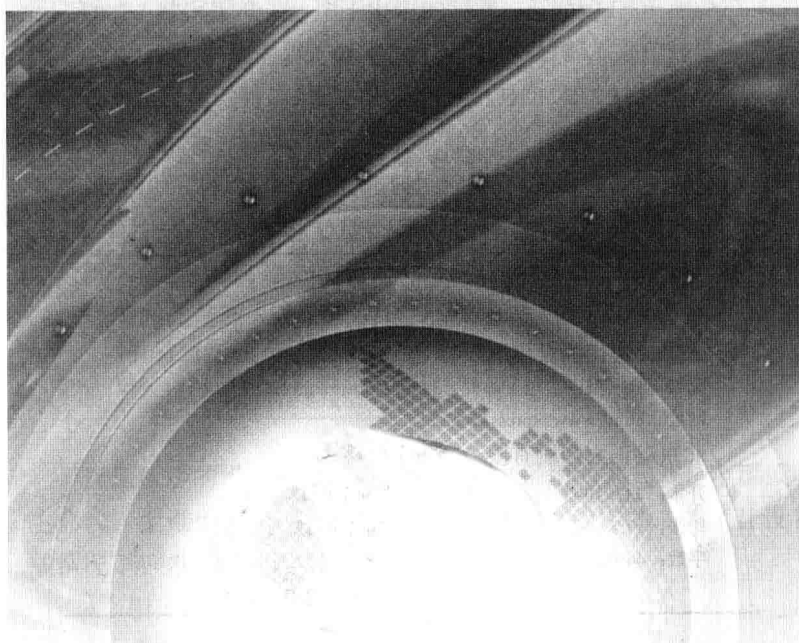
21世纪高职高专电子信息类规划教材

21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

数据通信技术

(第3版)

李斯伟 胡成伟 编著



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

数据通信技术 / 李斯伟, 胡成伟编著. — 3版. —
北京: 人民邮电出版社, 2011.12
21世纪高职高专电子信息类规划教材
ISBN 978-7-115-25723-9

I. ①数… II. ①李… ②胡… III. ①数据通信—通
信技术—高等职业教育—教材 IV. ①TN919

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第165011号

内 容 提 要

本书从先进性和实用性出发较全面地介绍了数据通信的基本概念、基本理论和有关技术。全书共7章, 内容包括: 数据通信概论、数据传输、数据通信协议、数据交换、IP路由、数据通信设网和数据通信宽带接入技术。

本书在介绍了“必需、够用”的基础理论知识的同时, 还介绍了大量的最新的通信网络新技术。内容深入浅出, 条理清晰, 并配有大量的实例与部分学习案例, 便于自学和理解。

本书可以作为高等职业学院和高等专科学校的通信技术类专业、电子类专业、自动化类专业、计算机类专业以及相关专业的教材; 也可作为通信专业的培训教材, 并可供广大IT技术人员参考。

21 世纪高职高专电子信息类规划教材

数据通信技术 (第3版)

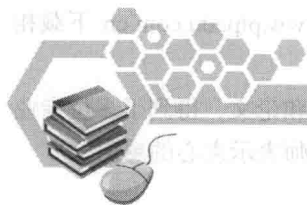
-
- ◆ 编 著 李斯伟 胡成伟
责任编辑 贾楠
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 17.5 2011年12月第3版
字数: 447千字 2011年12月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-25723-9

定价: 36.00元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154



第3版前言

《数据通信技术》教材于2004年首次出版,迄今已整整7年了。值得庆幸的是,该书为多所高职院校采用,受到了许多高职院校师生的肯定和好评。本书还作为2006年和2007年的职业技能鉴定参考用书。

数据通信是计算机和通信技术高度融合交叉,并相互渗透的专业技术。数据通信本身就是一个不断逐步发展和变化的术语。在传送数据的网络上,以TCP/IP为核心的通信网占据了通信网越来越重要的位置。有一种趋势——谈数据通信就是谈IP通信。其实,数据通信一直在解决IP自身存在的诸多问题,如服务质量(QoS)、安全性、地址编号不足等问题。可以说IP通信是数据通信的重要分支。因此,本次修订的原因有二:一是顺应数据通信技术的发展,增加与IP通信相关的内容;二是参考读者反映的问题和建议,进一步完善本书。

本次修订的主要工作如下。

- 继续保持第2版的风格,紧紧围绕当今网络通信及其发展,覆盖所需的数据通信知识。
- 压缩了第2版第2章和第3章的内容。
- 增加IP技术的相关内容。
- 对本书第2版的部分章节进行了细致的加工,同时更新内容,做到经典内容与新增内容有机结合。
- 为方便读者学习,提供了较多的案例学习材料。

本书旨在全面阐述数据通信的基本概念和基本技术;刻意于取材的新颖,力求反映数据通信技术的进展;注重理论与实际相结合,尽可能介绍数据通信的相关实用技术。同时考虑到部分技术人员和没有通信专业技术背景的学生的基础,书中介绍了数据传输方面的通信知识。

本教材覆盖了数据通信课程的主要内容,全书共7章。第1章是概述,简明扼要地介绍数据通信的发展,数据通信的相关概念,并分析了数据通信与计算机网络的关系,以及数据通信与数字通信之间的关系。第2章是数据传输,讲述了数据编码和典型的数据编码技术,介绍了数据传输模式以及多路复用技术和差错控制等技术。第3章是数据通信协议,协议是数据通信的重要内容,本书全面地介绍数据通信协议的概念、OSI参考模型、物理层接口、数据链路规程、TCP/IP。第4章是数据交换,讲述了电路交换、分组交换、帧中继、ATM交换等交换技术,还介绍了软交换等新技术的特点。第5章是IP路由,介绍了IP路由的概念和相关技术,并结合实例讲解IP路由协议。第6章是数据通信网,讲述了数据通信网的基本概念、网络类型,重点介绍了以太网、DDN网、分组交换网等典型的局域网和广域网的组成及特点。第7章是宽带用户接入技术,它是当前数据通信的瓶颈和热点,在讨论其背景、需求等的基础上,讲述了当今一些实用的用户宽带接入技术,如XDSL、EPON接入技术等特点及应用。

本书由李斯伟任主编。新版中第3章的3.4节、第5章、第6章的6.3节和第7章由胡成伟编写,其余内容由李斯伟编写。全书由李斯伟统稿、定稿。

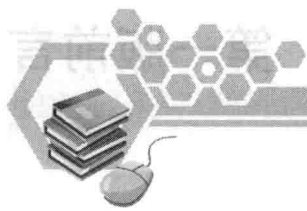
为便于教学，本书配有免费电子课件、习题答案等，读者可登录 www.ptpedu.com.cn 下载相关资料。

本书在编写过程中，参考了许多专家、学者和技术人员的技术专著和论文，得到了多位专业技术人员的帮助。在本书出版之际，对给予我们帮助、鼓励、支持的老师表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中不妥甚至错误之处，恳请广大读者指正。

编 者

2011 年 5 月



再版前言

《数据通信技术》一书自 2004 年出版以来,受到了许多高职院校师生的肯定。结合多年来本课程的教学改革与实践,作者对原书进行了全面的审阅。

根据读者提出的各种建议,对本书进行了修订,这次修订的主要工作如下。

- 保持第一版的原有特色,紧紧围绕当今网络通信及其发展,覆盖所需的数据通信知识。
- 对本书第一版的部分章节进行了较为细致的加工,同时更新内容,做到经典内容与新增内容的有机结合。
- 增加了适合数据通信的实验建议及要求。
- 为方便教师教学和学生参考,本书还精选了两套数据通信综合试题。

数据通信课程对通信类专业学生而言应作为一门主要专业课来学习,在深度和广度上都有较高要求,要求学生有较好的数学基础和对通信原理的了解。数据通信课程与计算机网络(或计算机通信网)、现代交换技术等课程中涉及的交换原理、数据信号的传输以及有关规程和协议密切相关,学习数据通信课程是学习这些后续课程的基础。对于计算机类专业或其他专业的学生来说,学习数据通信的目的在于更好地学习计算机网络及通信子网的各层协议与接口,通常将其作为计算机网络基础课程来学。相对于通信类专业学习的程度来说,计算机类专业或其他专业的学生由于知识结构所限,只需从宏观上了解数据通信的概念、结论和原理,了解数据通信设备及接口的功能、特性和规程,了解主要的通信处理与控制技术,了解数据通信的发展趋势与应用即可。

本教材覆盖了数据通信课程的主要内容,总课时为 72 学时,其中实验学时数为 14 学时,书中带有“*”的内容可视专业要求选学。

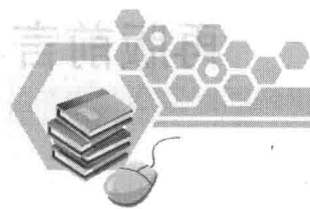
全书共分 9 章,其中第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 6 章、第 7 章、第 8 章和附录内容由李斯伟编写,第 5 章、第 9 章由雷新生编写;全书由李斯伟统稿。本书第一版由李转年教授主审。

编者在此感谢家人的全力支持,在本书修订过程中,还要感谢王秀丽老师做了大量的校对工作,同时感谢负责本书出版的多位人士,他们为本书做了极为出色的工作。

限于编者水平有限,书中难免存在不妥甚至错误之处,恳请广大读者指正。

李斯伟

2006 年 9 月



第一版前言

数据通信技术是当今发展最为迅速的技术之一，数据通信技术正不断地与计算机技术相融合，这种不断融合的发展趋势，引领着世界进入信息与网络时代。数据通信的最大追求目标是：统一在 IP 之下的能够同时提供语音、数据、视频的宽带多媒体通信网络，即“三网合一”。合并已成为不争的事实，任何对数据通信领域的研究都必须在这一新的背景下进行。

编写本书的主要目的是向高职高专类院校提供数据通信类专业教材，由于高职高专教育不同于普通高等教育，它有其自身的特点，高职高专培养的是一种面向生产、管理、服务等第一线的技术应用型人才。目前有关数据通信方面的教材很多是针对大学本科层次的，其中涉及数据通信原理及其分析，高职层次的学生理解起来很困难，实用性不强。因此，编写适合于高职高专层次的数据通信教材是非常必要的。

本书是在十多年积累的数据通信教学经验的基础上吸收外文原版教材和本科教材的优点，通过广泛深入的调查，充分听取专家学者意见编写而成的。

本书具有以下特点。

- 打破原有数据通信学科型教材编写的格局，紧紧围绕当今网络通信及其发展，涵盖所需的数据通信知识，内容较系统全面。
- 数据通信理论部分以“必需、够用”为度，做到深入浅出，避开烦琐的数学推导。
- 突出数据通信技术的先进性和实用性。
- 概念清晰准确，图文并茂，易于理解，便于自学。
- 注重数据通信领域准确而统一的专业词汇的理解。

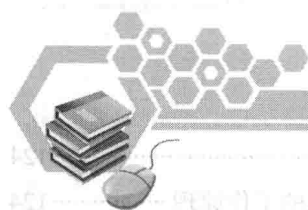
本教材参考学时范围为 72 学时，书中带有“*”的内容可视专业要求选学。

全书共分 9 章，其中第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章、第 6 章、第 7 章、第 8 章由李斯伟编写，第 5 章、第 9 章由雷新生编写。全书由李斯伟统稿。本书由李转年教授主审。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥甚至错误之处，敬请读者批评指正。

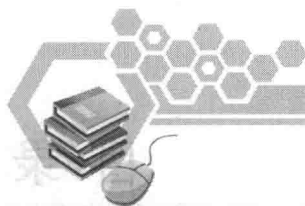
编 者

2003 年 1 月

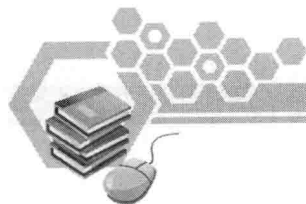


第 1 章 数据通信概述	1
1.1 数据通信的发展及数据通信业务	1
1.1.1 数据通信的发展历史	1
1.1.2 数据业务	3
1.2 数据通信系统	4
1.2.1 数据的概念	4
1.2.2 数据通信的概念	4
1.2.3 数据通信系统模型和基本类型	6
1.3 数据通信的特点与主要内容	9
1.3.1 数据通信的特点	9
1.3.2 数据通信的主要研究内容	10
1.4 数据通信的信号表示	11
1.4.1 消息、信息与信号	11
1.4.2 模拟信号与数字信号	11
1.4.3 数据通信信号的带宽需求	12
1.4.4 网速的几个概念	14
1.5 数据通信的传输代码	14
1.5.1 传输代码概述	14
1.5.2 典型的传输代码	15
1.6 数据通信的传输信道	16
1.6.1 信道概述	16
1.6.2 实线电缆信道	17
1.6.3 语音信道	19
1.6.4 数字信道	19
1.6.5 信道容量	19
1.7 数据通信系统的主要性能指标	20
1.7.1 数据传输速率	20
1.7.2 差错率	22
1.7.3 延迟	23
1.7.4 频带利用率和功率利用率	23
1.7.5 可靠性	23

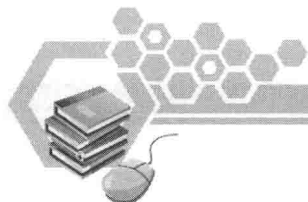
1.8 数据通信技术的标准化组织简介	23
思考题与习题 1	25
第 2 章 数据传输	27
2.1 数据编码技术	27
2.1.1 数字数据的数字编码	27
2.1.2 模拟信息的数字编码	31
2.1.3 数字信息的模拟编码	33
2.2 数据传输模式	36
2.2.1 单工、半双工和全双工传输	36
2.2.2 串行传输和并行传输	37
2.2.3 异步传输和同步传输	38
2.2.4 基带传输和频带传输	39
2.3 数据传输系统的时钟同步	41
2.3.1 同步的概念	41
2.3.2 位同步	42
2.3.3 帧同步	42
2.3.4 网同步	43
2.4 多路复用	44
2.4.1 多路复用概述	44
2.4.2 频分多路复用	44
2.4.3 时分多路复用	46
2.4.4 波分多路复用	50
2.4.5 统计时分多路复用	51
2.5 差错控制	52
2.5.1 差错控制编码概述	52
2.5.2 差错控制的基本方式	53
2.5.3 纠错检错编码的基本原理	56
2.5.4 典型的检错码	57
2.5.5 汉明码	59
2.5.6 循环冗余校验	62
思考题与习题 2	66



第3章 数据通信协议	68	4.2 电路交换.....	124
3.1 通信协议和分层.....	69	4.2.1 电路交换的工作原理.....	124
3.1.1 通信协议及其作用.....	69	4.2.2 电路交换的特点及应用.....	125
3.1.2 协议的分层结构.....	70	4.3 报文交换.....	126
3.2 开放系统互连参考模型.....	73	4.3.1 报文交换的工作原理.....	126
3.2.1 开放系统互连参考模型概述.....	73	4.3.2 报文交换的优缺点.....	126
3.2.2 OSI 模型各层的功能描述.....	73	4.4 分组交换.....	127
3.2.3 网络设备在 OSI 模型中的位置.....	79	4.4.1 分组交换概述.....	127
3.2.4 OSI 模型中的数据封装.....	79	4.4.2 分组交换原理.....	128
3.3 物理层接口.....	80	4.4.3 分组交换的优缺点.....	129
3.3.1 物理层的接口特性.....	80	4.4.4 数据包方式的分组交换.....	130
3.3.2 接口标准.....	81	4.4.5 虚电路方式的分组交换.....	130
3.3.3 串行接口.....	81	4.4.6 分组交换的路由选择.....	133
3.4 数据链路控制规程.....	88	4.4.7 流量控制.....	138
3.4.1 数据链路概述.....	88	4.4.8 几种交换方式的比较.....	141
3.4.2 数据链路控制规程种类.....	89	4.4.9 X.25 协议的基本概念.....	141
3.4.3 面向字符的协议.....	90	4.5 数据交换中的连接和无连接.....	143
3.4.4 面向比特的协议.....	92	4.5.1 面向连接服务和面向无连接服务.....	143
3.4.5 Internet 的点对点协议.....	97	4.5.2 面向连接的方式.....	144
3.5 TCP/IP.....	100	4.6 帧中继.....	145
3.5.1 TCP/IP 概述.....	100	4.6.1 帧中继概述.....	145
3.5.2 网络地址的概念.....	102	4.6.2 帧中继的基本原理.....	146
3.5.3 网际协议 (IP).....	105	4.6.3 帧中继协议体系结构.....	148
3.5.4 TCP.....	109	4.7 ATM 交换.....	149
3.5.5 UDP.....	112	4.7.1 ATM 概述.....	149
3.5.6 TCP 与 UDP 通信实例.....	113	4.7.2 ATM 的异步交换原理.....	150
思考题与习题 3.....	118	4.7.3 ATM 的信元结构.....	151
第4章 数据交换	120	4.7.4 ATM 体系结构.....	153
4.1 数据交换的概念.....	120	4.7.5 ATM 信元的复用与交换.....	155
4.1.1 数据交换的必要性.....	121	4.8 数据交换技术的发展.....	157
4.1.2 交换的概念.....	121	4.8.1 电路交换技术和分组交换技术的融合.....	158
4.1.3 交换方式的分类.....	122	4.8.2 软交换技术.....	159
4.1.4 数据业务的特点及其对交换方式的要求.....	123		



4.9 案例学习	160	6.3 数据通信网	194
4.9.1 中国公用分组交换网上的典型应用	160	6.3.1 数据通信网的发展阶段	194
4.9.2 中国公用帧中继宽带业务网应用实例	162	6.3.2 数据通信网与计算机网络	195
思考题与习题 4	164	6.3.3 数据通信网的分类	196
第 5 章 IP 路由	166	6.4 以太网	199
5.1 IP 路由基础	166	6.4.1 以太网概述	199
5.1.1 路由的基本概念	166	6.4.2 以太网技术	199
5.1.2 IP 数据包传输与处理过程	167	6.4.3 快速以太网技术	202
5.1.3 路由表	169	6.4.4 吉比特以太网技术	203
5.1.4 路由的分类	170	6.4.5 IEEE 802.1q 协议	205
5.1.5 动态路由协议	172	6.5 分组交换网	207
5.2 RIP	173	6.5.1 分组交换网的组成	207
5.2.1 RIP 的基本概念	173	6.5.2 分组交换网的特点	208
5.2.2 RIP 的报文格式	173	6.5.3 分组交换网的编号 X.121	209
5.2.3 RIP 算法——距离向量法	175	6.5.4 分组交换网的应用	210
5.2.4 RIP 配置举例	177	6.5.5 我国分组交换网的结构及现状	211
5.3 OSPF 协议	179	6.6 DDN	212
5.3.1 OSPF 协议概述	179	6.6.1 数字数据传输概述	212
5.3.2 OSPF 协议的协议报文	179	6.6.2 DDN 网络结构	213
5.3.3 OSPF 协议基本算法	180	6.6.3 DDN 的关键技术	215
5.3.4 OSPF 协议的路由计算过程	181	6.6.4 DDN 的网络结构及现状	218
5.3.5 路由聚合	181	6.6.5 DDN 用户接入	220
5.3.6 OSPF 协议典型配置举例	182	6.6.6 DDN 传输应用实例	222
5.4 BGP	183	6.7 帧中继网	223
5.4.1 BGP 概述	183	6.7.1 帧中继网的构成	223
5.4.2 BGP 的消息类型和报文格式	184	6.7.2 帧中继的操作	224
5.4.3 BGP 的路由原理	185	6.7.3 帧中继业务的特点与应用	225
5.5 BGP 典型配置举例	188	6.8 ATM 网	226
思考题与习题 5	189	6.8.1 ATM 网络组成	226
第 6 章 数据通信网	191	6.8.2 ATM 网络组织	228
6.1 网络的基本概念	191	6.9 数据通信骨干网——城域网	231
6.2 网络的结构	192	6.9.1 城域网概念	231
		6.9.2 宽带城域网	232
		6.10 从数据网到三网融合	233



6.10.1 三网融合概述	233
6.10.2 三网融合的基本结构及业务	235
6.11 案例学习	236
6.11.1 DDN 接入 Internet 方案	236
6.11.2 华为 IP 宽带城域网解决方案	237
6.11.3 华为综合宽带城域网解决方案	238
6.11.4 NGN 的典型应用	238
思考题与习题 6	243
第 7 章 数据通信宽带接入技术	244
7.1 宽带接入网的提出	244
7.1.1 宽带接入网的历史背景	244
7.1.2 宽带接入网的概述	245
7.1.3 接入网的技术应用	246
7.2 XDSL 接入技术	247
7.2.1 HDSL 技术	247
7.2.2 ADSL 与 ADSL2+ 技术	248
7.2.3 VDSL 技术	250
7.3 PON/EPON 接入	252
7.3.1 PON 概述	252
7.3.2 PON 的无源光器件	253
7.3.3 PON 的多址接入技术	253
7.3.4 EPON	254
7.4 无线局域网	257
7.4.1 无线局域网的基本概念	257
7.4.2 无线局域网的组成原理	257
7.4.3 介质访问控制方法	258
7.4.4 无线局域网的拓扑结构	259
7.4.5 无线局域网的应用	260
7.5 其他接入技术	260
7.5.1 LMDS 技术	260
7.5.2 WiMAX	262
7.6 案例学习	264
7.6.1 基于 ADSL 的家庭网络和办公网络	264
7.6.2 基于 EPON 的接入网	265
思考题与习题 7	266
附录 通信网常见设施	268
参考文献	270

第1章

数据通信概述

引言

我们现在所处的时代是一个信息与网络的时代，人们每天花费大量的时间通过 Internet 通信和收集信息，数据通信已经进入人们的日常生活。面对诸如波特率、比特率、调制解调器、蜂窝电话、TCP/IP、ATM 之类的术语，我们很有必要了解这些术语背后的知识及应用。要了解数据通信技术，就必须先对它的背景技术和基础知识有一定的了解。本章主要介绍数据通信的基本概念、与数据通信有关的标准及世界主要的标准化组织等，是学习数据通信技术的基础。

学习目标

- 初步理解数据通信的概念
- 举例说明数据通信业务的应用
- 定义数据通信系统的组成，画出数据通信系统的模型
- 讨论数据通信的特点
- 描述数据通信的传输代码
- 讨论数据通信系统的性能指标，并能进行相关的运算
- 了解数据通信的传输信道及其特点
- 了解数据通信的标准化组织

1.1 数据通信的发展及数据通信业务

1.1.1 数据通信的发展历史

数据通信的发展较晚，它是从 20 世纪 50 年代开始，随着计算机网络的发展而发展起来的一种新的通信方式。早期的计算机网都是一些面向终端的网络，以一台或几台主机为中心，通过通信线路与多个远程终端相连，构成一种集中式的网络，这就是数据通



信的初级形式。20 世纪 60 年代末，以美国著名的 ARPAnet（尖端研究项目管理局网络）的诞生为起点，出现了计算机与计算机之间的通信方式，实现了资源共享，从此开辟了计算机技术的一个新领域——网络化与分布处理技术。自 20 世纪 70 年代开始，计算机网络与分布处理技术的飞速发展推动了数据通信技术的快速发展，到了 20 世纪 70 年代中后期，基于 X.25 协议的分组交换数据通信得到广泛应用，并进入了商用化时代。此后，数据通信就日益蓬勃发展，所采用的技术越来越先进，所提供的业务越来越多，传输速率也越来越高。

数据通信具有许多不同于传统的电报和电话通信的特点。数据通信主要是“人（通过终端）与机（计算机）”的通信或“机与机”的通信，因而提出了一系列新的要求，要求数据通信向用户提供及时、准确的数据，通信控制过程应自动实现，在传输中发生差错时要能自动校正。另外，这种通信方式总是与数据传输、数据加工和存储相结合的，对通信的要求会有很大的差别。例如，对通信中的终端类型、传输代码、响应时间、传输速率、传输方式、系统结构和差错率等多方面的要求都与系统的应用及数据处理方式有关。因此，在实现数据通信时，需要考虑的因素比较复杂。

需要指出的是，数据通信的发展离不开原有的通信网基础，从许多国家发展数据通信的过程来看，数据通信网主要是利用原有的电话交换网和用户电报网来开展数据通信业务；或向用户提供租用电路，由用户自己组成专用的数据通信网；为适应数据通信业务的大量增长，还出现了面向公众的公用数据网。

今天，数据通信已遍及各行各业，金融、保险、商业、教育、科研乃至军事部门都在使用数据通信。

表 1-1 按时间线索列出了数据通信的发展历史。

表 1-1

数据通信发展历史表

1840 年	Samuel Morse 发明了电报发送机。这是第一台电子通信设备，广泛用于铁路运输，防止火车撞车
1874 年	Emil Baudot 发明了用 5 个符号表示一个字符的定长代码，这个代码是很多数据处理代码的前身
1876 年	Alexander Graham Bell 发明了电话
1890 年	Gugliemo Marconi 发明了无线电报。这是广播通信发展的一个突破
1910 年	邮局电报系统开始使用自动电报设备，电传打字电报交换机和自动电传打字电报是最出名的
1934 年	建立了联邦通信委员会（FCC），调控美国各州之间电话通信的责任从州际商业委员会移交给联邦通信委员会
1944 年	Mark I 计算机在哈佛大学问世，这是第一台可操作计算机
1947 年	晶体管，这个计算机和通信系统的主要元件由贝尔实验室发明
1958 年	发射了美国第一颗卫星，第一个数据通信网络（半自动地面防空系统）由美国国防部投入使用
1964 年	SABRE 投入使用，这是由 IBM 和美国航空公司开发的飞机订票系统
1969 年	ARPAnet 投入运行，这个网络包括大量的研究和教育网络、电视电话业务
1972 年	Xerox 颁布了以太网络的标准
1974 年	IBM 发布系统网络结构（SNA），其中 IBM 公司使用了大型机通信标准
1976 年	开始使用个人计算机
1981 年	IBM 推出个人计算机，BITNET 网络开始运行，连接美国的各所大学
1983 年	互联网（Internet）开始运行，它将世界各地的不同网络互相连接
1985 年	推出 Ballistic 晶体管，美国电报电话公司使用了这些比原来器件快 1 000 倍的晶体管
1990 年	ARPAnet 退役，主要是由美国国家科学基金会网络（NSFNET）取代
1992 年	实行了综合业务数字网（ISDN）的第一个标准
1994 年	Internet 已经有 2 000 000 多台计算机互相连接



中国早在1987年就由中国科学院高能物理研究所首先通过X.25租用线实现了国际远程联网,并于1988年实现了与欧洲和北美地区的E-mail通信。1994年6月,中国教育与科研计算机网(CERNET)正式连接到Internet。1996年6月,中国电信的CHINANET也正式投入运营。到目前为止,中国共有如下所述9大计算机网。

- ① 中国教育和科研计算机网(CERNET)。
- ② 中国科技网(CSTNET)。
- ③ 中国公用计算机互联网(CHINANET)。
- ④ 中国金桥网(GBNET)。
- ⑤ 中国长城互联网(GWNET)。
- ⑥ 中国联合通信网(UNINET)。
- ⑦ 中国网通通信网(CNCNET)。
- ⑧ 中国移动通信网(CMNET)。
- ⑨ 中国对外经济贸易网(CIENET)。

1.1.2 数据业务

数据通信技术的发展是离不开它所支持和提供的业务的。从信息载体的角度说,数据业务就是由计算机进行运算、处理和存储的数据为信息载体的业务。按照业务是否增值,数据业务可分为基础数据业务和增值数据业务;按照用户活动状态,它又可分为固定数据业务和移动数据业务;按照传送速率,则可分为低速、中速和高速数据业务。在信息产业部发布的《电信条例》中,数据业务分为基础数据业务和增值数据业务两大类。

1. 基础数据业务

基础数据业务主要指公共数据传送业务和移动数据业务。公共数据传送业务是利用电路交换、分组交换或租用电路组成的固定公共数据通信网开发的以传送数据为目的的业务。按照所用技术的不同,公共数据传送业务包括分组交换、数字数据网(DDN)、综合业务数字网(ISDN)、帧中继、异步传送方式(ATM)业务和IP业务等,其中,分组交换、帧中继和ATM业务都采用面向连接的分组交换技术,具有统计复用、用户共享网络带宽等功能,但它们所用的通信协议、能提供的接入速率、控制能力和综合能力有所不同,部分有基本业务和用户选用的业务。基本业务是指向所有网上的用户提供的基本服务功能,包括永久虚电路(PVC)和交换虚电路(SVC)业务。用户选用业务是为了满足用户的特殊要求而向用户提供的特殊业务功能。

利用公用陆地移动蜂窝通信网作为承载网提供的数据业务称为移动数据业务,具体可以包括短消息业务、速率可达64kbit/s的中速移动数据业务、速率在128kbit/s以上的移动多媒体业务。移动数据业务也可以采用电路交换和分组交换方式来实现。

中国电信为提供上述数据传送业务,先后建立了覆盖全国的各种数据通信网络,包括中国公用计算机互联网(CHINANET)、中国公众多媒体通信网(CNINFO)、中国公用分组交换数据网(CHINAPAC)、中国公用数字数据网(CHINADDN)、中国公用帧中继宽带业务网(CHINAFRN)和移动数据网。

2. 增值数据业务

增值数据业务的概念最开始就是从数据业务引入的。它在原基础网络设施的基础上增加必要



的设备构成增值网后，向用户提供新的业务，大大提高原基础网络设施的使用价值。在公共数据网（不包括 Internet）上开发的增值业务很多，主要有电子邮件（E-mail）、可视图文（Videotex）、电子数据交换（EDI）、传真存储转发（S/F Fax）、在线信息库存储和检索以及在线数据处理和交易处理等。由于 Internet 的广泛应用，上面提到的电子邮件、可视图文和电子数据交换这些增值业务已逐渐被 Internet 上的类似业务所取代。

1.2 数据通信系统

1.2.1 数据的概念

数据，人们几乎每天都要接触到它，例如各种实验数据、各类统计报表等。尽管人们经常处理数据，但对数据并没有统一的定义。通常意义上的“数据”在传输时可用离散的数字信号逐一准确表示的，并赋予一定的意义，可以代表文字、符号和数码等。数据的来源、内容相当广泛，几乎涉及一切最终以离散数字信号表示的可被送到计算机中进行处理的信息，例如一份资料、一篇论文、一些图纸，甚至人的思维、语音及活动图像等都包括在内。因此，数据的概念逐渐从狭义过渡到广义的理解和应用。再如，语音和图像等模拟信号经过数字化处理后用数字序列来表示，这种过程称为“信源编码”。这样，不管是什么消息，只要最终能用数字序列表示，并作为计算机的处理对象，都可以认为其是数据。

在数据通信中所说的“数据”，可以认为是预先约定的、具有某种含义的任何一个数字或一个字母（符号）以及它们的组合能被计算机所接收的形式。因此，数据就是能被计算机处理的一种信息编码（或消息）形式。这样像二进制编码的字母/数字符号、软件处理中的操作代码、控制代码、用户地址、程序数据或数据库信息等都是数据，因此，数据是被处理、加工和存储的信息，也是消息的一种表达形式。

1.2.2 数据通信的概念

1. 什么是数据通信

电报电话的出现，使得人们在异地之间可以借助于电信网进行书面的和实时的信息交流。计算机的出现和广泛应用，使得计算机与计算机之间或计算机与其终端之间需要进行信息的沟通。计算机中的信息是以二进制数 1 和 0 表示的，它代表着文字、符号、数码、图像和声音等，这就是数据信息。简单地说，数据通信通常是以传送数据信息为主的通信。数据通信传递数据的目的不仅是为了交换，而主要是为了能够利用计算机对数据进行处理。

“数据通信”一词是在远程联机系统出现时才开始使用的，就是在计算机上设置一个通信装置，使其增加通信功能，将远程用户的输入输出装置通过通信线路（模拟或数字的）直接与计算机的通信控制装置相连，如图 1-1 所示；最后的处理结果也经过通信线路直接送回远程的用户终端设备，这是较早的计算机与通信结合的例子。从这个意义上讲，数据通信是计算机终端与计算机主机之间进行数据交换的通信。

数据通信可以这样定义：依照通信协议，利用数据传输技术在两个功能单元之间传递数据信息，实现计算机与计算机、计算机与终端以及终端与终端之间的数据信息传递。数据通信发展到



今天，它的概念在内涵和外延上，都已经扩展到计算机与计算机之间进行数据交换的通信。

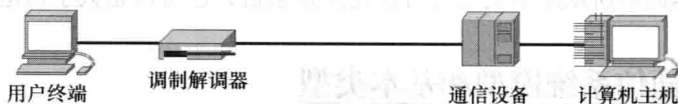


图 1-1 最简单的远程联机数据通信

2. 与数据通信相关联的几个概念

(1) 数据通信与数据传输

为了传递数据信息，首先需要将二进制数据用一定的信号形式来描述，例如采用不同极性的电压或电流脉冲表示，如图 1-2 所示；然后将这样的数据信号加到数据传输信道上传输，到达接收点后再正确地恢复出发送的原始数据信息。

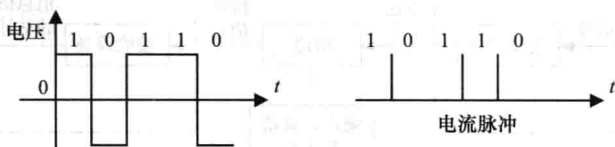


图 1-2 二进制数据的信号表示

需要指出的是，实际上存在的任何数据信道都不可避免地会使数据信号产生失真，同时还可能引入外来的噪声干扰。为了对差错进行控制，同时也为了使整个数据通信过程能按一定的规则有顺序地进行，通信双方必须建立一定的协议或约定，并且具有执行协议的功能，这样才能实现有意义的数据通信。从某种意义上说，数据通信的内容比单纯的数据传输更广泛。数据传输仅涉及传输的内容，而数据通信除包括数据传输外，还涉及数据交换等。因此，可以认为数据传输是实现数据通信的基础，但是单纯的数据传输达不到有效地进行数据通信的目的。这一点，通过后面章节的学习会理解得更清楚。

(2) 数据通信与计算机通信

广义地讲，数据通信是指两个数据终端设备（DTE）之间的通信。计算机属于智能化程度较高的数据终端，因此计算机通信应归入数据通信的范畴。从概念上讲，数据通信应包含计算机通信。由于计算机是目前应用最普遍的数据终端，有许多人又将数据通信与计算机通信等同起来，因此，在许多地方数据通信与计算机通信几乎成了同义语。狭义地讲，数据通信仅指计算机通信中的通信子网的具体实现，它完成通信协议中的下三层功能，主要解决两个数据终端之间的通信传输问题；而计算机通信着重于数据信息的交互，即更侧重于计算机内部进程之间的通信。

从电信的角度来讲，数据通信是一种新的业务，完全不同于现在的电话通信，具有许多新的概念和思想，是一种新的通信技术。简单地说，数据通信是计算机应用开发的产物。由于计算机的大量存在，而单个计算机在使用中不能充分地发挥其潜力，人们自然地想到用通信线路把计算机连接起来进行远程通信，实现资源共享，于是出现了数据通信。从这个角度讲，由于计算机的普遍使用，许多信息以数据形式存在，如何传递数据信息也就成为数据通信需要考虑的内容。

(3) 数据通信与数字通信

数字通信是电信号的一种传输方式，传输由 0 和 1 组成的数字码流。这些码流既可以表示成数据信息，也可以代表语音和图像信息等；它与模拟通信相对应，主要解决模拟信号的数字化传输问题。一般来说，数字通信并不针对某种用户业务，因而不涉及用户终端。但数据通信却是要



针对数据业务的。数据既可以通过调制技术在模拟通信系统上传输，也可以在数字通信系统上传输。也就是说，数据通信所使用的信道既可以是模拟信道，也可以是数字信道。

1.2.3 数据通信系统模型和基本类型

1. 一般数据通信系统模型

通信的基本目的是由信源向信宿传送信息。通信系统有各种不同的类型，不同的通信系统，其设备和所实现的业务功能也不尽相同，如电话、广播、电视、微波通信、卫星通信、移动通信等系统都有成熟的技术与应用。尽管如此，这些通信系统都可以用一个经典的模型来描述，如图 1-3 所示。

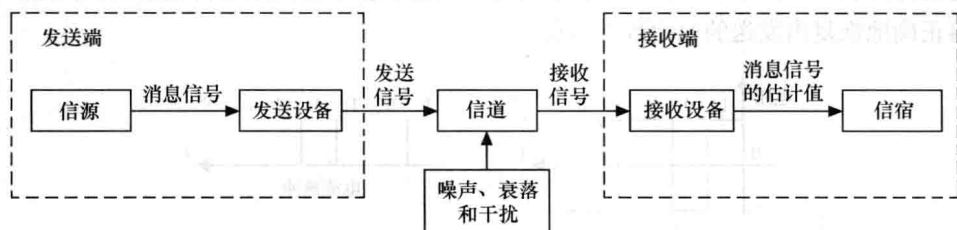
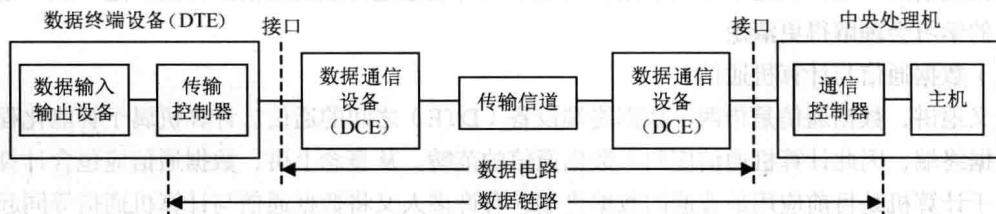
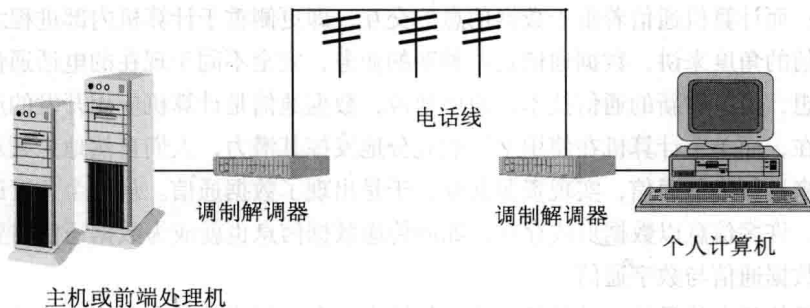


图 1-3 通信系统的组成模型

数据通信系统通过数据电路将分布在远端的数据终端设备与计算机系统连接起来，实现数据的传输、交换、存储和处理。典型的数据通信系统主要由数据终端设备（Data Terminal Equipment, DTE）、数据电路和中央处理机组成。但由于数据通信的需求、手段、技术以及使用条件等的多样化，数据通信系统的组成也是多种多样的。目前，较多的是使用通用数据电路（Universal Data Circuit）来描述一个点与点间的数据通信系统，如图 1-4 所示。



(a) 通用的数据通信系统组成示意



(b) 目前常用的数据通信系统组成图

图 1-4 数据通信系统的组成模型