



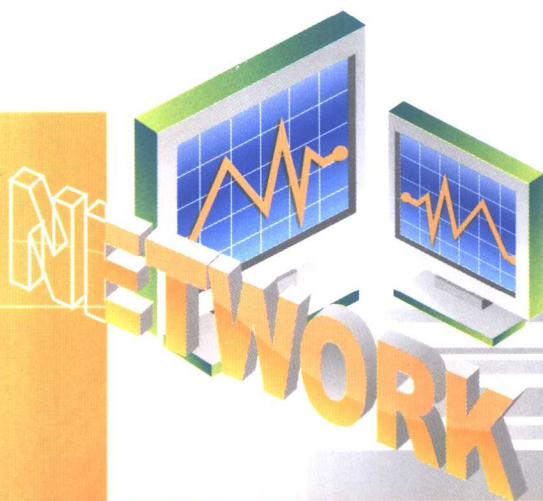
21st CENTURY

实用规划教材

21世纪全国应用型本科

电子通信系列

实用规划教材



数据通信技术教程

主 编 吴延海 陈光军



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

数据通信技术教程

主 编 吴延海 陈光军
副主编 富 璇 李慧贞
参 编 何 蓉



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书深入浅出地介绍了数据通信的基本知识和数据通信的主要技术,具体包括数据通信系统的传输方式及主要性能指标、有线信道和无线信道的结构特点及工作机理、基带传输和频带传输系统、调制解调器的结构及功能、多路复用技术的原理及特点、同步技术及实现方法、交换技术、数据通信的接口与规程、差错控制技术、数据通信网的组成原理及基本技术、数据通信组网设备、多媒体数据通信技术等。

本书系本科教材,删减部分内容也可作为专科教材,书中图文并茂、内容较充实,各章均附有习题。本书既可作为高等院校电子信息类、计算机类及相关专业的数据通信课程的教材,也适用于数据通信的初学者和工程技术人员。

图书在版编目(CIP)数据

数据通信技术教程/吴延海,陈光军主编. —北京:北京大学出版社,2006.8

(21世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材)

ISBN 7-301-10764-1

I. 数… II. ①吴… ②陈… III. 数据通信—高等学校—教材 IV. TN919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 057956 号

书 名: 数据通信技术教程

著作责任者: 吴延海 陈光军 主编

策 划 编 辑: 徐 凡

责 任 编 辑: 翟 源

标 准 书 号: ISBN 7-301-10764-1/TN · 0034

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 涿州市星河印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.25 印张 510 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 29.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

丛书总序

随着招生规模迅速扩大,我国高等教育已经从“精英教育”转化为“大众教育”,全面素质教育必须在教育模式、教学手段等各个环节进行深入改革,以适应大众化教育的新形势。面对社会对高等教育人才的需求结构变化,自上个世纪 90 年代以来,全国范围内出现了一大批以培养应用型人才为主要目标的应用型本科院校,很大程度上弥补了我国高等教育人才培养规格单一的缺陷。

但是,作为教学体系中重要信息载体的教材建设并没有能够及时跟上高等学校人才培养规格目标的变化,相当长一段时间以来,应用型本科院校仍只能借用长期存在的精英教育模式下研究型教学所使用的教材体系,出现了人才培养目标与教材体系的不协调,影响着应用型本科院校人才培养的质量,因此,认真研究应用型本科教育教学的特点,建立适合其发展需要的教材新体系越来越成为摆在广大应用型本科院校教师面前的迫切任务。

2005 年 4 月北京大学出版社在南京工程学院组织召开《21 世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》编写研讨会,会议邀请了全国知名学科专家、工业企业工程技术人员和部分应用型本科院校骨干教师共 70 余人,研究制定电子信息类应用型本科专业基础课程和主干专业课程体系,并遴选了各教材的编写组成人员,落实制定教材编写大纲。

2005 年 8 月在北京召开了《21 世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》审纲会,广泛征求了用人单位对应用型本科毕业生的知识能力需求和应用型本科院校教学一线教师的意见,对各本教材主编提出的编写大纲进行了认真细致的审核和修改,在会上确定了 32 本教材的编写大纲,为这套系列教材的质量奠定了基础。

经过各位主编、副主编和参编教师的努力,在北京大学出版社和各参编学校领导的关心和支持下,经过北大出版社编辑们的辛苦工作,我们这套系列教材终于在 2006 年与读者见面了。

《21 世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》涵盖了电子信息、通信等专业的基础课程和主干专业课程,同时还包括其他非电类专业的电工电子基础课程。

电工电子与信息技术越来越渗透到社会的各行各业,知识和技术更新迅速,要求应用型本科院校在人才培养过程中,必须紧密结合现行工业企业技术现状。因此,教材内容必须能够将技术的最新发展和当今应用状况及时反映进来。

参加系列教材编写的作者主要是来自全国各地应用型本科院校的第一线教师和部分工业企业工程技术人员,他们都具有多年从事应用型本科教学的经验,非常熟悉应用型本科教育教学的现状、目标,同时还熟悉工业企业的技术现状和人才知识能力需求。本系列教材明确定位于“应用型人才”培养”目标,具有以下特点:

(1) **强调大基础:**针对应用型本科教学对象特点和电子信息学科知识结构,调整理顺了课程之间的关系,避免了内容的重复,将众多电子、电气类专业基础课程整合在一个统

一的大平台上,有利于教学过程的实施。

(2) **突出应用性:**教材内容编排上力求尽可能把科学技术发展的新成果吸收进来、把工业企业的实际应用情况反映到教材中,教材中的例题和习题尽量选用具有实际工程背景的问题,避免空洞。

(3) **坚持科学发展观:**教材内容组织从可持续发展的观念出发,根据课程特点,力求反映学科现代新理论、新技术、新材料、新工艺。

(4) **教学资源齐全:**与纸质教材相配套,同时编制配套的电子教案、数字化素材、网络课程等多种媒体形式的教学资源,方便教师和学生的教学组织实施。

衷心感谢本套系列教材的各位编著者,没有他们在教学第一线的教改和工程第一线的辛勤实践,要出版如此规模的系列实用教材是不可能的。同时感谢北京大学出版社为我们广大编著者提供了广阔的平台,为我们进一步提高本专业领域的教学质量和教学水平提供了很好的条件。

我们真诚希望使用本系列教材的教师和学生,不吝指正,随时给我们提出宝贵的意见,以期进一步对本系列教材进行修订、完善。

《21 世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》

专家编审委员会

2006 年 4 月

前言

随着计算机技术和通信技术的迅速发展,在 20 世纪 50 年代出现了一种新兴的通信方式——数据通信,它是计算机技术与通信技术相结合的产物。在信息化时代的今天,数据通信内容已渗透到社会的各个领域,数据通信产品在人们的生活方式和活动中发挥着越来越重要的作用,数据通信技术越来越反映一个地区的信息化水平乃至一个国家的综合实力。

本书旨在全面系统地阐述数据通信的基本原理;深入浅出地叙述数据通信的基本技术;在取材内容上,力求反映国内外数据通信技术的最新进展;在讲述方法上,注重理论与实际、原理与应用相结合。

全书共分 13 章。第 1 章绪论,介绍了数据通信系统的构成及特点,叙述了数据通信研究的主要内容及技术,简要介绍了数据通信标准的制定机构及数据通信的应用。第 2 章数据通信基础知识,介绍了数据通信的基本概念,叙述了数据通信系统的传输方式,简要介绍了数据通信系统的主要性能指标。第 3 章数据通信信道,介绍了信道分类、特性及容量,叙述了有线信道和无线信道的构成特点及工作机理。第 4 章传输技术,分别介绍了基带传输和频带传输的基本概念,叙述了基带信号的波形和码型、基带传输系统的构成及无码间干扰传输的条件、频带传输中二进制(ASK、FSK、PSK)和多进制(MASK、MFSK、MPSK、APK)调制解调的原理及方法。第 5 章调制解调技术,叙述了调制解调器的结构、功能、分类、标准、主要性能指标及选择原则,简要介绍了调制解调新技术。第 6 章多路复用技术,介绍了多路复用技术的基本概念,分别叙述了频分多路复用、时分多路复用、统计时分复用等技术的原理和特点,介绍了频分多路复用和时分多路复用技术的比较、同步时分多路复用和统计时分复用技术的比较。简单介绍了码分多路复用、波分多路复用、数字复接与分接等技术。第 7 章同步技术,简要介绍了同步的基本概念,叙述了载波同步、位(码元)同步、群同步、网同步等技术的基本原理及实现方法。第 8 章交换技术,介绍了交换技术的基本概念,分别叙述了电路交换、报文交换、分组交换(X.25 分组交换)、帧中继交换、ATM 交换等技术。第 9 章数据通信的接口与规程,介绍了常用接口 RS-232C/V.24、X.21、USB 标准的四大特性及使用方法,分别介绍了面向字符型和面向比特型传输控制规程的帧结构及工作原理。第 10 章差错控制技术,介绍了奇偶校验码、行列监督码、正反码、恒比码、群计数码等简单差错控制编码的编码规则和译码方法,分别叙述了线性分组码、汉明码、循环码的编译码原理及实现方法,最后简要介绍了卷积码、Turbo 码的编译码原理及特点。第 11 章数据通信网,叙述了分组交换数据网、数字数据网、综合业务数字网、宽带 IP 网的组成原理、基本技术、主要特点、业务功能及应用,简单介绍了计算机局域网、接入网的组成及特点。第 12 章数据通信组网设备,叙述了数据终端设备、线路终接设备、传输控制设备、通信控制设备、自动辅助设备及有关专门用途设备的组成、主要功能及作用。第 13 章多媒体数据通信,介绍了多媒体通信的基础知识,叙述了多媒体信息处理中的音视频处理技术、现有网络对多媒体通信支持的情况、多媒体通信终端的组成及关键技术、

多媒体通信同步中的分级和实现技术，最后简单介绍了多媒体通信的应用。

本书系本科教学用书，各章均附有习题。通过本书，读者可对数据通信的内容有一个系统的了解，对数据通信的相关技术有一个全面的学习。

本书第 1、10、11、13 章由吴延海编写，第 2、3、4 章由富璇编写，第 5、9 章由何蓉编写，第 6、7、8 章由陈光军编写，第 12 章由李慧贞编写，全书由吴延海统稿。感谢刘少亭、李白萍、李国民等老师为本书写作提供的帮助。同时也感谢本书所列文献的作者，没有这些文献是难以编写本书的。

由于数据通信属于学科交叉、发展迅速的技术领域，加之编者理论水平和实践能力有限，书中疏漏和错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2006 年 8 月

目 录

第 1 章 绪论	1	3.2 信道特性	21
1.1 概述	1	3.2.1 信道分类	21
1.2 数据通信系统	2	3.2.2 信道特性	22
1.2.1 数据通信系统的基本构成	2	3.2.3 信道容量	24
1.2.2 数据通信系统的主要特点	3	3.3 有线信道	25
1.3 数据通信研究的主要内容及技术	4	3.3.1 双绞线	25
1.3.1 数据通信研究的主要内容	4	3.3.2 同轴电缆	27
1.3.2 数据通信涉及的主要技术	4	3.3.3 光纤	28
1.4 数据通信标准制定机构	6	3.4 无线信道	31
1.4.1 制定数据通信标准意义	6	3.4.1 微波信道	31
1.4.2 部分数据通信标准制定机构	6	3.4.2 卫星信道	32
1.5 数据通信的应用	7	3.5 小结	33
1.6 小结	9	3.6 习题	33
1.7 习题	9	第 4 章 传输技术	35
第 2 章 数据通信基础知识	10	4.1 概述	35
2.1 概述	10	4.2 基带传输技术	35
2.2 消息、信息和信号	10	4.2.1 基本概念	35
2.3 模拟通信与数字通信	12	4.2.2 常用基带信号波形	37
2.3.1 模拟通信	13	4.2.3 常用基带信号码型	38
2.3.2 数字通信	14	4.2.4 基带传输系统	40
2.3.3 数据通信	14	4.3 频带传输技术	45
2.4 数据通信的传输方式	15	4.3.1 基本概念	45
2.4.1 串行传输与并行传输	15	4.3.2 二进制数字调制	47
2.4.2 异步传输与同步传输	16	4.3.3 多进制数字调制	53
2.4.3 单工传输与双工传输	17	4.4 小结	57
2.5 数据通信系统的主要性能指标	18	4.5 习题	57
2.5.1 有效性	18	第 5 章 调制解调技术	59
2.5.2 可靠性	19	5.1 概述	59
2.6 小结	19	5.2 调制解调器的结构	59
2.7 习题	20	5.2.1 调制解调器的作用	59
第 3 章 数据通信信道	21	5.2.2 调制解调器的结构	60
3.1 概述	21	5.3 调制解调器的功能与通信过程	61

5.3.1 调制解调器的功能.....	61	7.1.1 不同功能的同步	96
5.3.2 调制解调器的通信用程.....	62	7.1.2 不同传输方式的同步	97
5.4 调制解调器的分类与标准	62	7.2 载波同步	97
5.4.1 调制解调器的分类.....	62	7.2.1 插入导频法	98
5.4.2 调制解调器的标准.....	65	7.2.2 直接提取载波法	99
5.5 调制解调器的主要性能指标及选择		7.2.3 载波同步的性能指标	102
原则.....	66	7.3 位同步	102
5.5.1 调制解调器的主要性能指标....	66	7.3.1 外同步法	102
5.5.2 调制解调器的选择.....	66	7.3.2 自同步法	103
5.6 调制解调新技术	67	7.3.3 位同步系统的性能指标	105
5.6.1 网格编码调制(TCM)技术	67	7.4 群同步	106
5.6.2 其他新技术.....	72	7.4.1 起止式同步法	107
5.7 小结	74	7.4.2 连贯式插入法	107
5.8 习题	74	7.4.3 间歇式插入特殊码字	
第 6 章 多路复用技术	76	同步法	112
6.1 概述	76	7.5 网同步	114
6.2 频分多路复用	77	7.5.1 网同步的基本概念	114
6.2.1 频分多路复用原理.....	77	7.5.2 全网同步系统	114
6.2.2 正交频分多路复用(OFDM)	78	7.5.3 准同步系统	115
6.2.3 FDM 应用系统.....	80	7.6 小结	117
6.3 同步时分多路复用	82	7.7 习题	117
6.3.1 同步时分多路复用原理.....	82	第 8 章 交换技术.....	119
6.3.2 PCM 基群帧结构	84	8.1 概述	119
6.3.3 PCM 高次群	86	8.2 电路交换技术	119
6.3.4 时分复用技术和频分复用		8.3 报文交换技术	123
技术的比较.....	87	8.4 分组交换技术	124
6.4 统计时分多路复用	87	8.5 X.25 分组交换技术.....	126
6.4.1 统计时分复用原理.....	87	8.6 帧中继技术 FR.....	127
6.4.2 同步时分复用与统计时分		8.6.1 帧中继概述	127
复用的比较.....	90	8.6.2 帧中继的帧格式	128
6.5 码分多路复用	91	8.6.3 帧中继的应用	129
6.6 密集波分复用	92	8.7 ATM 交换技术.....	129
6.7 数字复接技术	93	8.7.1 ATM 概述.....	129
6.8 小结	94	8.7.2 ATM 协议参考模型.....	129
6.9 习题	95	8.7.3 ATM 的信元格式.....	132
第 7 章 同步技术.....	96	8.7.4 ATM 的工作方式.....	132
7.1 概述	96	8.8 小结	134
		8.9 习题	134

第 9 章 数据通信的接口与规程	135	第 10 章 差错控制技术	177
9.1 概述	135	10.1 概述	177
9.1.1 接口特性.....	136	10.2 差错控制的基本概念	177
9.1.2 接口标准.....	138	10.2.1 差错的来源及降低误码率 的途径	177
9.2 RS-232C/V.24 接口.....	138	10.2.2 差错控制技术	178
9.2.1 功能特性.....	139	10.2.3 差错控制的基本方式	178
9.2.2 过程特性.....	142	10.3 差错控制编码	180
9.2.3 电气特性.....	143	10.3.1 差错控制编码的基本原理 ...	180
9.2.4 机械特性.....	143	10.3.2 差错控制编码的特性	180
9.2.5 RS-232C 的应用.....	144	10.3.3 差错控制编码的分类	181
9.3 X.21 标准.....	146	10.4 简单的差错控制编码	182
9.3.1 功能特性.....	146	10.4.1 奇偶校验码	182
9.3.2 过程特性.....	147	10.4.2 行列监督码	183
9.3.3 电气特性.....	148	10.4.3 正反码	183
9.3.4 机械特性.....	149	10.4.4 恒比码	184
9.3.5 X.21b 建议.....	149	10.4.5 群计数码	185
9.4 通用串行总线(USB).....	149	10.5 线性分组码	185
9.4.1 USB 规程.....	150	10.5.1 基本概念	185
9.4.2 USB 体系结构.....	151	10.5.2 汉明码	190
9.5 数据链路传输控制规程	155	10.5.3 循环码	190
9.5.1 数据链路传输控制规程 的功能.....	155	10.6 卷积码	195
9.5.2 数据链路传输控制的过程.....	156	10.6.1 卷积码编码	195
9.6 面向字符型传输控制规程	156	10.6.2 卷积码的译码	196
9.6.1 基本特征.....	156	10.7 Turbo 码.....	197
9.6.2 传输控制字符.....	157	10.7.1 Turbo 码编码器.....	198
9.6.3 报文格式.....	158	10.7.2 Turbo 码译码器.....	198
9.6.4 工作过程.....	160	10.8 小结	199
9.7 面向比特型传输控制规程	162	10.9 习题	199
9.7.1 基本特征.....	162	第 11 章 数据通信网	201
9.7.2 HDLC 概述.....	163	11.1 概述	201
9.7.3 HDLC 的帧结构.....	165	11.2 计算机局域网	202
9.7.4 HDLC 帧类型和功能.....	167	11.2.1 局域网的定义	202
9.7.5 HDLC 操作规程.....	169	11.2.2 局域网的组成	202
9.7.6 规程应用举例.....	170	11.2.3 局域网的基本技术	203
9.7.7 HDLC 的子集与相关协议.....	173	11.2.4 局域网标准	206
9.8 小结	174	11.2.5 常见的局域网	206
9.9 习题	174	11.3 分组交换数据网	207

11.3.1 分组交换网的现状.....	207	12.3 线路终接设备	263
11.3.2 分组交换网的组成.....	207	12.3.1 调制解调器	263
11.3.3 分组交换网的协议.....	211	12.3.2 声耦合器	265
11.3.4 路由选择及流量控制技术.....	212	12.4 传输控制设备	266
11.3.5 分组交换网的特点及业务 功能.....	215	12.4.1 多路复用器	266
11.3.6 中国公用分组交换网.....	216	12.4.2 集中器	268
11.4 数字数据网(DDN)	217	12.4.3 前置处理机	270
11.4.1 数字数据网的组成.....	218	12.5 通信控制设备	272
11.4.2 数字数据网的结构.....	220	12.5.1 通信控制设备的地位 及作用	272
11.4.3 DDN 的接入方式及特点	220	12.5.2 通信控制设备的功能 及类型	272
11.4.4 DDN 的业务功能及应用	221	12.5.3 通信控制设备组成 及工作过程	273
11.4.5 中国公用数字数据网 CHINADDN	221	12.6 其他设备	277
11.5 综合业务数字网(ISDN)	222	12.6.1 自动辅助设备	277
11.5.1 综合业务数字网的发展 与现状.....	222	12.6.2 专用设备	279
11.5.2 窄带综合业务数字网 (N-ISDN 简称 ISDN)	223	12.7 小结	284
11.5.3 宽带综合业务数字网 (B-ISDN).....	232	12.8 习题	285
11.6 宽带 IP 网	234	第 13 章 多媒体数据通信	286
11.6.1 IP 网络的发展与现状.....	234	13.1 概述	286
11.6.2 宽带 IP 网络协议(IPv6).....	235	13.2 多媒体通信的基础知识	286
11.6.3 宽带 IP 传输	239	13.2.1 多媒体通信的基本概念	286
11.6.4 宽带 IP 交换	243	13.2.2 多媒体通信的体系结构	289
11.7 接入网	245	13.2.3 多媒体通信的标准	290
11.7.1 接入网概述.....	246	13.3 多媒体信息处理技术	291
11.7.2 有线接入网技术.....	248	13.3.1 音频信息处理技术	291
11.7.3 无线接入网技术.....	252	13.3.2 视频(图像)信息处理技术	295
11.8 小结	255	13.3.3 多媒体信息处理技术 的发展趋势	300
11.9 习题	256	13.4 多媒体通信网络技术	301
第 12 章 数据通信组网设备.....	259	13.4.1 多媒体通信对通信网 的要求	301
12.1 概述	259	13.4.2 现有网络对多媒体通信 的支撑情况	302
12.2 数据终端设备	259	13.4.3 多媒体实时通信协议	305
12.2.1 数据终端设备的组成 及分类.....	259	13.4.4 多媒体通信的用户接入 技术	310
12.2.2 常见数据终端设备.....	260		

13.4.5 多媒体通信网络技术发展趋势.....	310	13.6.4 同步的模型	320
13.5 多媒体通信终端技术	311	13.6.5 同步的实现	321
13.5.1 多媒体通信终端的组成及特点.....	311	13.7 多媒体通信的应用	321
13.5.2 多媒体通信终端的关键技术.....	312	13.7.1 多媒体通信业务的类型	321
13.5.3 多媒体通信终端的相关标准.....	312	13.7.2 多媒体通信业务的应用	323
13.5.4 基于特定网络的多媒体通信终端.....	314	13.7.2 多媒体通信应用举例	324
13.5.5 多媒体通信终端的发展趋势.....	318	13.8 小结	327
13.6 多媒体通信同步技术	318	13.9 习题	328
13.6.1 同步的概念.....	318	附录.....	329
13.6.2 同步的类型.....	319	附录 I ITU-T V 系列建议(电话网上数 据通信的标准).....	329
13.6.3 同步的分级.....	319	附录 II ITU-T X 系列建议(公共 数据网数据通信标准).....	331
		附录 III ISO 数据通信标准	336
		参考文献	338

第1章 绪 论

教学提示：本章在介绍数据通信系统知识的基础上，重点讨论了数据通信研究的主要内容、数据通信涉及的主要技术，最后简要介绍了数据通信标准的制定机构及数据通信的应用。

教学要求：通过本章的学习，读者应理解数据通信系统的基本构成；掌握数据通信研究的主要内容及技术；了解数据通信的相关标准及数据通信的应用。

1.1 概 述

随着人类社会的进步和科学技术的发展，当今世界已步入信息化时代，通信内容已渗透到社会的各个领域，通信产品在人们的生活方式和活动中起到了越来越重要的作用，通信技术越来越反映了一个地区的信息化水平和一个国家的综合实力。

随着计算机技术和通信技术的迅速发展，以及两者之间的相互渗透与结合，在 20 世纪 50 年代出现了一种新兴的通信方式——数据通信。数据通信是依照一定的协议，利用数据传输技术在两个终端之间传递数据信息的一种通信方式。它可以实现远程计算机、终端间的相互通信，以达到软硬件资源、信息资源及数据处理的共享。它是计算机技术与通信技术相结合的产物，是各种计算机网络赖以生存的基础，是一种继电报、电话通信之后的新的通信业务。

数据通信不同于电报、电话通信，它所实现的主要是“人(通过终端)-机(计算机)”通信与“机-机”通信，但也包括“人(通过智能终端)-人”的通信。数据通信中传递的信息均以二进制数据形式表示，并且它总是与远程信息处理相联系，这里的信息处理是广义上的，其中包括：科学计算、过程控制和信息检索等内容。

数据通信系统是由计算机、远程终端和传输信道，以及有关通信设备组成的一个完整系统。任何一个远程信息处理系统都必须实现数据通信与信息处理两方面的功能，前者为后者提供信息传输服务，而后者则是利用前者提供的服务实现系统的应用。

随着计算机的应用和普及，为了快速而优质地采集信息，高效而可靠地传输信息，大量而普遍的处理、存储和使用信息，计算机要检索遍布世界各地的数据库资源，这就需要在各个计算机、工作站及局域网之间实现远距离的联网，数据通信业务由此应运而生。如电子数据互换(EDI)、电子信箱、可视图文、信息检索、智能用户电报、遥测/遥控、远程教育、远程医疗等都是由数据通信而产生的一些增值业务。

在美国大约从 20 世纪 50 年代开始研究并使用数据通信，日本、欧洲等国从 20 世纪 60 年代末到 70 年代初开始发展数据通信。在这些西方发达国家里，数据通信不仅发展迅猛，而且具有相当规模和很高的水平。我们国家从事数据通信理论研究较早，但实际应用较晚。20 世纪 80 年代以前，主要发展了一些局部数据通信网，且主要使用电话线。20 世纪 90 年代初，公用分组交换网和公用数字数据网建成开通，为我国数据通信的发展提供了

强大的网络平台，同时也标志着我国数据通信进入到一个崭新的发展阶段。

本章主要介绍通信系统的组成及功能，数据通信研究的主要内容及技术，数据通信标准及制定机构，最后简述数据通信的应用与未来。

1.2 数据通信系统

1.2.1 数据通信系统的基本构成

数据通信系统的基本构成如图 1.1 所示，它由数据终端子系统、数据传输子系统和数据处理子系统三个部分组成。

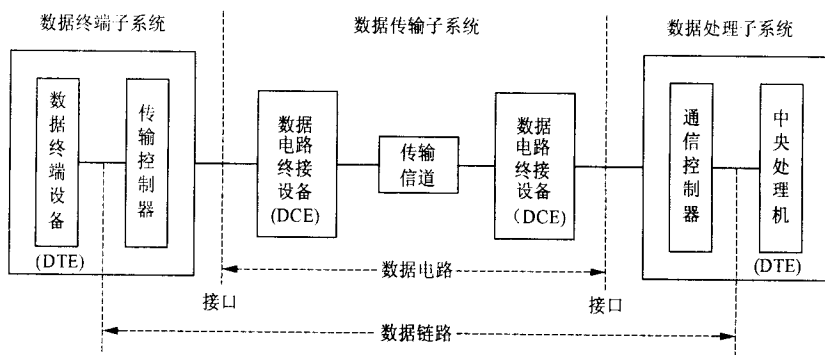


图 1.1 数据通信系统的基本构成

1. 数据终端子系统

数据终端子系统由数据终端设备(DTE)和传输控制器组成。数据终端设备在数据通信系统中的作用，是将发送的信息变换为数字信号输出，或者把接收的数字信号转换为用户能够理解的信息形式，因而它具有编解码器的功能。终端设备的形式很多，较常用的有键盘终端、显示器、打印机等。传输控制器用于数据传输的控制，借助传输控制代码完成线路控制功能，包括通信线路的自动呼叫、自动接通/断开、确认对方的通信状态，以及实现差错控制等功能。集中器是一种典型的传输控制设备。它可将多条低速线路集中成一条较高速的线路与数据传输子系统相连。需要说明一点，目前，智能终端是一种备有微处理器的、具有一定数据处理能力、并能控制数据传输的一种终端设备，但它的主要功能仍是实现数据转换，而不是完成数据处理。

2. 数据传输子系统

数据传输子系统由传输信道及两端的数据电路终接设备(DCE)所构成。传输信道从不同角度看有不同的分类方法，如模拟信道和数字信道，有线信道和无线信道，频分信道和时分信道，还有专用线路和交换网线路之分。如果是交换网线路，则在每次通信开始之前首先要通过呼叫过程建立连接，通信结束后再拆除连接，这和打电话的情况类似。如果是专线连接则较简单，采用固定连接方法，无需上述的呼叫建立与拆线等过程；DCE 的主要功能是在数据终端设备和其接入的网络之间，进行接口规程及电气上的适配，不同的数据通信

系统所用的数据通信设备可以有所不同。如果传输信道属于模拟信道, DCE 的作用就是把 DTE 送来的数据信号变换为模拟信号再送往信道; 如果信道是数字的, 则 DCE 的作用是实现信号码型与电平的转换、信道特性的均衡、收发时钟的形成与供给, 以及线路接续控制等。

3. 数据处理子系统

数据处理子系统包括通信控制器和中央处理机。通信控制器把来自主计算机的数据经通信控制器分送给相应的通信线路, 或者把来自通信线路的数据经由通信控制器送往中央处理机, 它是中央处理机与各条通信线路之间的“桥梁”。通信控制器的功能包括: 线路控制、传输控制、接口控制、差错控制、报文处理、速率变换等。中央处理机主要完成数据处理和存储等功能。

当数据电路建立之后, 为了进行有效的通信还必须按一定的规程对传输过程进行控制, 以达到双方协调和可靠的工作。这些功能在图 1.1 所示的系统中是由传输控制器和通信控制器来完成的。它们按照双方事先约定的传输控制规程进行控制。控制装置与传输信道一起又称为数据链路。一般来说, 只有在建立起数据链路之后通信双方才能真正有效地进行数据传输。

1.2.2 数据通信系统的主要特点

数据通信系统与模拟通信系统相比具有以下主要优点:

(1) 便于利用现代技术对信息进行加工处理。由于计算机技术、数字存储技术、数字交换技术, 以及数字处理技术等现代技术的飞速发展, 许多设备、终端接口均是数字信号, 因此, 极易与数据通信系统相连接。正因为如此, 数据通信才得以高速发展。

(2) 抗干扰、抗噪声能力强, 尤其是数字信号通过中继再生后可消除噪声积累。因为在数据通信系统中, 传输的信号是数字信号。以二进制为例, 信号的取值只有两个, 发送端用低电平表示“0”, 用高电平表示“1”。传输过程中由于干扰和噪声的影响, 会使传输波形失真。接收端根据某一门限对其进行采样判决, 只要干扰和噪声的影响使得接收信号不超过判决门限, 就能正确地恢复出数字信号“1”和“0”。

(3) 可靠性高。数字信号在传输过程中出现的错误(差错), 可通过各种纠错编码技术来控制, 使其符合规定的要求, 从而达到很高的可靠性。

(4) 安全保密性能好。在数字通信系统中, 可以有多种加密和解密方法, 使得数据通信具有较好的安全保密性。

(5) 便于集成化。随着微电子技术的发展, 数字集成电路功能越来越强, 数字通信设备的体积越来越小, 使数据通信系统向着集成化方向发展。

数据通信系统主要有以下两个缺点:

(1) 占用频带宽。数字信号传输通常比模拟信号占据更大的带宽。如一路数字电话通常要占据约 20kHz~64kHz 的带宽, 而一路模拟电话仅占用约 4kHz 带宽。

(2) 系统复杂。数据通信总是与远程终端处理相联系的, 这些处理包括科学计算、信息处理、流程控制等, 由于信息处理内容与方式不同, 对数据通信的要求差别很大。例如: 根据系统的不同应用, 即信息处理内容及方式的不同, 对终端类型、传输代码、传输速率、

传输方式、信息的安全性、准确性、系统的实时性与可靠性等方面的要求也不同。因而，在实现数据通信时涉及的因素很多，所以数据通信系统通常比较复杂。

但是，随着信号处理技术水平的提高，随着数字集成技术的发展，数据通信的上述缺点也越来越不明显了。实践表明，数据通信是现代通信的发展方向。

1.3 数据通信研究的主要内容及技术

1.3.1 数据通信研究的主要内容

前已述及，数据通信是计算机与通信技术相结合的产物，数据通信的主要任务是要完成计算机或者数据终端之间数据的传输、交换、存储和加工处理等。从信号形式上看，它传输和处理的是离散数字信号，而不是连续模拟信号；从任务的要求上看，它是计算机或其他数据终端间的通信，要求速度快、可靠性高；从通信的内容上看，不限于单一的话音，还包括视频、图像、文件等数据；从通信信道上，数据通信不限于某种具体的传输媒介。总之，数据通信涉及范围广、应用技术多、研究的内容颇为丰富，为了简化起见，通常从数据通信系统各组成部分功能的角度，把数据通信研究的内容划分为以下三个基本方面：

1. 数据传输

数据传输研究适合传输的电信号形式，以及构成传输媒体和用来控制电信号的各种传输设备，解决如何为消息提供合适的传输通路。

2. 通信接口

通信接口研究如何把发送端的信号变换为适合于传输的电信号，或者把传送到接收端的电信号变换为终端设备可接收的形式。

3. 通信处理

通信处理是数据通信系统中最复杂的部分，它涉及到很多数据处理和控制技术，其基本功能可分为以下三类：

①数据处理。数据处理包括数据编解码、数据压缩解压缩和差错控制等基本功能。它们涉及到数据处理算法和监控策略等。

②转换处理。转换处理包括速度转换和代码转换两个基本功能。速度转换主要是为了适配发送端与接收端之间速度上的差异；代码转换则是将发送端采用的代码(如 ASCII 码)转换为接收端采用的代码(如 EBCDIC 码)，起着代码“翻译”的作用。

③控制处理。控制处理包括网络控制、路由选择控制、流量控制等基本功能。这类功能涉及如何在发送端与接收端之间选择一条有效而经济的路径，控制报文有序且安全地由发送端传送到接收端。

1.3.2 数据通信涉及的主要技术

从上述数据通信研究的主要内容可知，数据通信涉及的技术问题很多，其中主要有信道特性、传输技术、多路复用技术、同步技术、交换技术、通信接口技术、差错控制编码

技术、数据通信网技术、多媒体通信技术等。

1. 通信信道

了解通信信道的分类,掌握信道的特性,对数据通信来说是至关重要的。数据通信研究常用信道的特性及有线和无线信道的工作机理。

2. 数据传输技术

数据传输技术是发送端、接收端对信号进行处理过程中所涉及到的基本技术,它包括基带传输和频带传输。在数字基带传输技术中涉及一系列技术问题,如信号传输码型,码间串扰问题,减少码间串扰的方法等。在数字频带传输技术中的核心技术之一是数字调制解调技术,它将输入的数字信号(基带数字信号)变换为适合于信道传输的频带信号,常见的数字调制方式有:振幅键控(ASK)、频移键控(FSK)、相移键控(PSK)、多进制数字调制等。数字调制解调技术包括调制解调器的结构及其工作机理等。

3. 多路复用技术

多路复用是提高信道利用率的一个十分有效的方法。多路复用技术主要包括频分多路复用(FDM)、时分多路复用(TDM)、码分多路复用(CDM)、波分多路复用(WDM)和数字分解/复接技术等。

4. 同步技术

同步是数据通信系统的基本组成部分。数据通信离不开同步,同步系统性能的好坏,直接影响着数据通信系统性能的优劣。所谓同步就是要使系统的收、发两端在时间上保持步调一致。同步技术的主要内容有载波同步、位同步、群同步及网同步等。

5. 交换技术

交换是实现一点对多点通信的基础,是现代通信的关键技术之一。交换技术不仅包含电路交换、分组交换,而且包含帧中继交换和 ATM 交换等技术。

6. 通信接口技术

通信接口技术包括接口的功能、过程、电气和机械四个方面的特性,其中涉及到怎样把发送端的信号变换为适合于信道传输的形式;把传输到终点的信号变换为适合接收终端设备接收的形式等内容,另外这里还涉及一些通信的规程和协议。

7. 差错控制编码技术

差错控制编码技术主要研究检错、纠错码原理及基本实现方法。编码器是根据输入的信息码元产生相应的监督码元来实现对差错进行控制的,而译码器主要用来进行检错与纠错。

8. 数据通信网技术

数据通信网是实现数据通信的基础平台,是数据通信高效可靠进行的保障。数据通信网技术主要包括:计算机局域网、分组交换数据网、数字数据网、综合业务数字网、宽带 IP 网、接入网等技术。