

面向 **21** 世纪

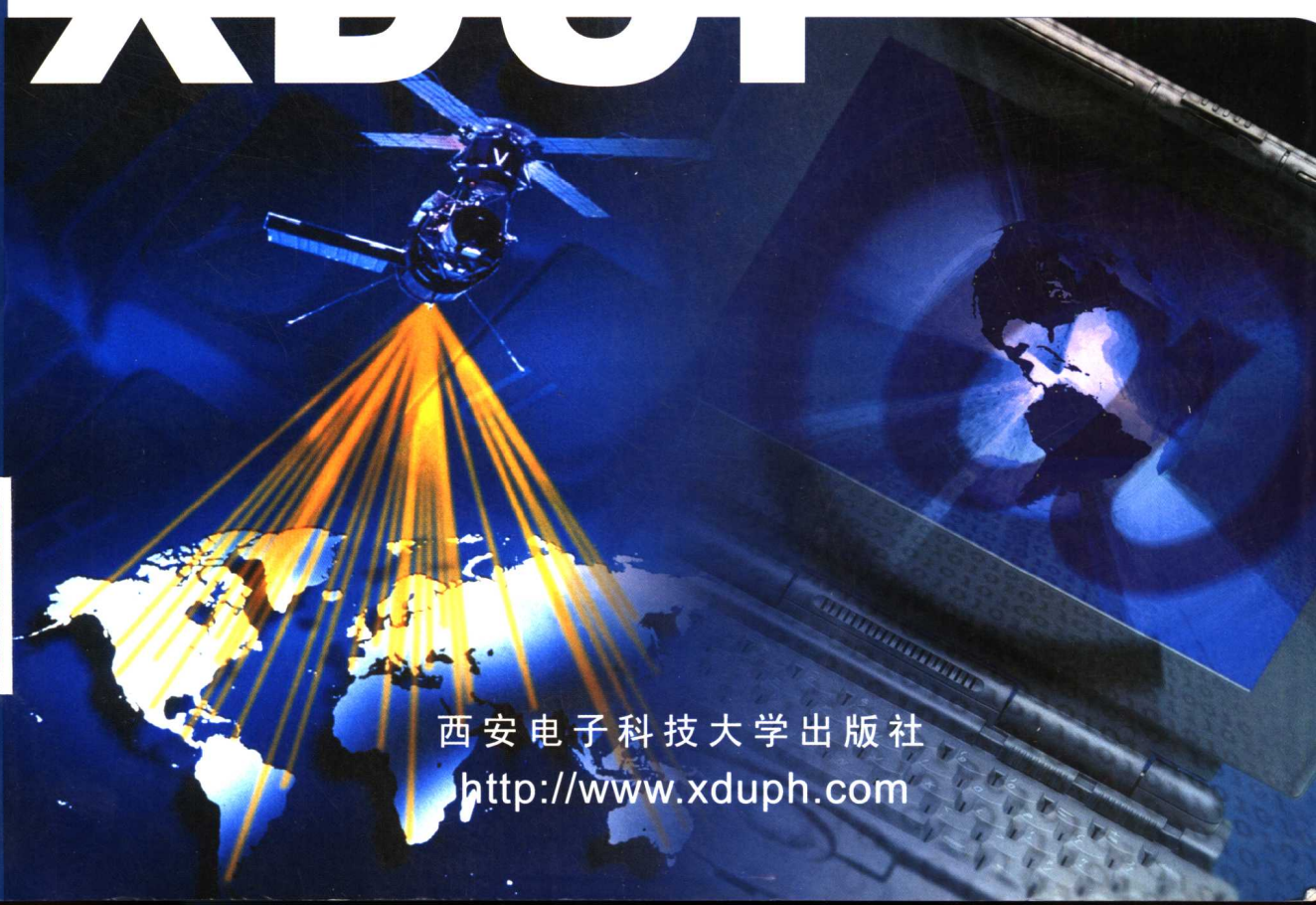
高等学校信息工程专业系列教材

现代通信系统

Modern Communications Systems

鲜继清 张德民 主编

邬贺铨 主审



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪高等学校信息工程类专业系列教材

现代通信系统

Modern Communications Systems

鲜继清 张德民 主编
| 鄂贺铨 主审

西安电子科技大学出版社

2003

内 容 简 介

现代通信系统是现代通信技术的集成,是信息技术的重要组成部分。本书主要讲述现代通信的基本特征、特点及现代通信系统的基本概念和几类应用较广的系统。着重介绍各种现代数字通信技术,较好地反映了当代通信技术最新进展,是本书的最大特点。本教材的主要内容有:数字通信基本概念、信源数字编码技术、现代数字交换技术、数字通信系统概述、数字光纤通信系统、数字微波与卫星通信系统、数字移动通信系统和现代通信系统与通信网等。

本教材采用分散式结构编写,既做到前后呼应,自成统一体,又可分拆,自成章节,读者可根据需要选学。本书可作为高等学校非通信类专业的学生学习信息技术的教材和参考书,也可作为从事信息产业的有关技术及管理人员的培训和参考用书。

本书配有电子教案,如教学需要可免费索取。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信系统/鲜继清,张德民主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2003.2

(面向21世纪高等学校信息工程类专业系列教材)

ISBN 7-5606-1204-0

I. 现… II. ①鲜… ②张… III. 通信系统-高等学校-教材 IV. TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 110700 号

策 划 马武装

责任编辑 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)8227828 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail:xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 西安兰翔印刷厂

版 次 2003年2月第1版 2003年2月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张23

字 数 543千字

印 数 1~4000册

定 价 24.00元

ISBN 7-5606-1204-0/TN·0213

XDUP 1475001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

总 序

第三次全国教育工作会议以来,我国高等教育得到空前规模的发展。经过高校布局和结构的调整,各个学校的新专业均有所增加,招生规模也迅速扩大。为了适应社会对“大专业、宽口径”人才的需求,各学校对专业进行了调整和合并,拓宽专业面,相应地教学计划、大纲也都有了较大的变化。特别是进入21世纪以来,信息产业发展迅速,技术更新加快。面对这样的发展形势,原有的计算机、信息工程两个专业的传统教材已很难适应高等教育的需要,作为教学改革的重要组成部分,教材的更新和建设迫在眉睫。为此,西安电子科技大学出版社聘请南京邮电学院、西安邮电学院、重庆邮电学院、吉林大学、杭州电子工业学院、桂林电子工业学院、北京信息工程学院、深圳大学、解放军电子工程学院等10余所国内电子信息类专业知名院校长期在教学科研第一线工作的专家教授,组成了高等学校计算机、信息工程专业系列教材编审专家委员会,并且面向全国进行系列教材编写招标。该委员会依据教育部有关文件及规定对这两大类的教学计划和课程大纲,目前本科教育的发展变化和相应系列教材应具有的特色和定位以及如何适应各类院校的教学需求等进行了反复研究、充分讨论,并对投标教材进行了认真评审,筛选并确定了高等学校计算机、信息工程专业系列教材的作者及审稿人,这套教材预计在2004年全部出齐。

审定并组织出版这套教材的基本指导思想是力求精品、力求创新、优中选优、以质取胜。教材内容要反映21世纪信息科学技术的发展,体现专业课内容更新快的要求;编写上要具有一定的弹性和可调性,以适合多数学校使用。体系上要有所创新,突出工程技术型人才培养的特点,面向国民经济对工程技术人才的需求,强调培养学生较系统地掌握本学科专业必需的基础知识和基本理论,有较强的本专业的基本技能、方法和相关知识,培养学生具有从事实际工程的研发能力。在作者的遴选上,强调作者应在教学、科研第一线长期工作,有较高的学术水平和丰富的教材编写经验;教材在体系和篇幅上符合各学校的教学计划要求。

相信这套精心策划、精心编审、精心出版的系列教材会成为精品教材,得到各院校的认可,对于新世纪高等学校教学改革和教材建设起到积极的推动作用。

系列教材编委会

2002年8月

高等学校计算机、信息工程类专业

系列教材编审专家委员会

主任：杨震（南京邮电学院副院长、教授）
副主任：张德民（重庆邮电学院通信与信息工程学院院长、教授）
韩俊刚（西安邮电学院计算机系主任、教授）
李荣才（西安电子科技大学出版社总编辑、教授）

计算机组

组长：韩俊刚（兼）
成员：（按姓氏笔画排列）
王小民（深圳大学信息工程学院计算机系主任、副教授）
王小华（杭州电子工业学院计算机分院副院长、副教授）
孙力娟（南京邮电学院计算机系副主任、副教授）
李秉智（重庆邮电学院计算机学院院长、教授）
孟庆昌（北京信息工程学院教授）
周 娅（桂林电子工业学院计算机系副主任、副教授）
张长海（吉林大学计算机科学与技术学院副院长、教授）

信息工程组

组长：张德民（兼）
成员：（按姓氏笔画排列）
方 强（西安邮电学院电信系主任、教授）
王 晖（深圳大学信息工程学院电子工程系主任、副教授）
胡建萍（杭州电子工业学院电子信息分院副院长、副教授）
徐 祜（解放军电子工程学院电子技术教研室主任、副教授）
唐 宁（桂林电子工业学院通信与信息工程系副主任、副教授）
章坚武（杭州电子工业学院通信工程分院副院长、教授）
康 健（吉林大学通信工程学院副院长、教授）
蒋国平（南京邮电学院电子工程系副主任、副教授）

总策划：梁家新
策 划：马乐惠 云立实 马武装 马晓娟
电子教案：马武装

序

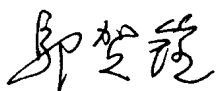
21 世纪人类已进入信息时代，信息技术迅猛发展，正影响着全球经济社会生活的各个方面，人们日常生活已离不开“信息”。国家在“十五”期间提出了以信息化带动工业化的战略决策。所谓信息化，是指以信息技术支撑的我国的现代化，信息技术主要包括计算机技术(硬件、软件)和通信技术。

“现代通信系统”是现代通信技术的集成，是信息技术的重要组成部分，特别是 21 世纪的工科大学生，在今后从事工程技术、工程管理等方面的工作，是不能离开信息技术的。现在，工科大学非通信类的专业，都已开设了计算机技术类必修课程，然而对通信类课程涉及甚少，对于非通信类的工科高校，特别是电子信息类的学生，应该学习和具备有关通信技术的一些基本知识，了解通信的有关基本概念和内容。

《现代通信系统》就是以此基本思想来构思和编写的教材或参考书。读者(学生)通过此书的学习，可懂得现代通信的主要特征和特点，了解通信系统与信息网络和计算机技术之间的关系、主要内容。通过学习信源数字编码技术、现代数字交换技术及现代通信各种数字传输系统，为读者(学生)奠定较全面的信息工程技术、信息管理的基础知识；培养读者(学生)综合运用计算机技术和通信系统的基本知识，解决在信息化中关于信息网络和系统工程中的实际应用的能力。使读者(学生)根据社会信息化的需要，来架构和管理各种功能的信息传输系统和信息网络。

本书的主要特点在于：它既联系实际又有先进性；既深入浅出又有所创新。它以点→线→网这一自然发展规律及逻辑思维，围绕数字系统信号传输的本质——数字信号结构(帧结构、分组结构、数据包)为主线进行编写。对现代通信系统的硬件技术方面进行了较为系统的讲解，并尽量避免高深理论和烦琐公式的推导，偏重于物理概念的描述和通信技术的具体应用。力求具有系统性、知识性、前瞻性又具有较强的实用性。既能联系实际又培养读者(学生)分析和解决实际问题的初步能力，并为读者(学生)营造想象的空间。此书还可分拆自成章节，供不同读者选读。

中国工程院院士



2002 年 12 月

前 言

随着科学技术的发展,人类已经进入信息时代,有人称之为“比特”时代。美国著名未来科学家尼葛洛庞帝在《数字化生存》一书中强调指出:“要实现信息化,数字技术是关键”。

自1962年美国首先把24路PCM数字通信系统投入使用及法国E10数字程控交换机问世以来,世界的通信面貌得到了极大改观,通信技术的发展日新月异,迅猛异常。1974年,邮电部第九研究所研制出的国内第一套PCM数字通信系统投入试运行,标志着我国已进入数字通信设备研制阶段。

改革开放以来,我国通信事业的发展采取了引进、消化与创新相结合的方针,加快了发展步伐。在20世纪90年代,我国对通信新技术的采用尤其积极,出现了我国通信史上的空前繁荣及超常规发展。现在,我国的通信网装备水平已进入了世界先进行列。进入21世纪,我国的通信事业更以崭新的面貌出现在世界面前。什么是现代通信?现代通信主要有哪些内容?它有什么特点?今后进展如何?都是人们想要知道的问题,作者编写此书就是力求能回答以上问题。

本书由重庆邮电学院几位长期从事数字通信研究和数字通信专业教学工作的专家和教授编写。第1、4、5、6、7章由鲜继清老师编写;第2、3章由张德民、胡庆老师编写;第8章由鲜继清、阳莉老师编写;刘焕淋老师、蒋青老师分别参与了第4章、第7章的改编工作。全书由中国工程院常务副院长、信息产业部电信北京科学技术研究院副院长邬贺铨院士指导并主审。

本书以点—线—网这一自然发展规律及逻辑思维,围绕数字系统信号传输本质——数字帧结构(数据分组、数据包)为主线进行编写;从信息源点的数字加工处理、节点交换到数字信息的传播,最后以通信网方式,使之成为现代通信的统一体。本书的组成形式为分散式结构,读者可根据需要将内容分拆,自成章节。

在编写过程中,作者力求既联系实际又有先进性,既寻求规律又有所创新,使读者对现代通信及信息技术有一个比较全面的认识,从中受到启迪。

本书是为自动化技术、电子技术、计算机科学与技术、信息管理等非通信专业的学生编写的教材及参考书,也可作为从事信息产业(电信、计算机、邮政、电子、电器等)的有关管理干部及技术人员进行培训、提高、继续教育的教材及参考书,以及通信业余爱好者的参考书。

由于作者水平有限,时间仓促,书中错误难免,敬请读者批评指正,特表谢意!

编 者
2002.10

目 录

第 1 章 现代通信基本概念	1	习题	73
1.1 人类科技进步的产物——现代通信	1	第 3 章 现代数字交换技术	75
1.1.1 模拟通信与数字通信	1	3.1 概述	75
1.1.2 现代通信技术的基础 ——微电子技术	1	3.2 程控交换技术	77
1.1.3 现代通信技术的核心 ——计算机技术	2	3.2.1 数字程控交换原理	77
1.1.4 光通信的基础——光子技术	2	3.2.2 数字程控交换系统	85
1.1.5 卫星通信技术的基础 ——空间技术	2	3.3 分组交换技术	93
1.2 现代通信的基本特征——数字化	2	3.3.1 概述	93
1.2.1 现代通信系统与数字化	2	3.3.2 分组交换的基本原理	94
1.2.2 数字信号及数字通信的特点	3	3.3.3 分组交换的通信协议	102
1.3 现代通信的特点及主要内容	4	3.3.4 分组交换的实现技术	113
1.3.1 综合化	4	3.3.5 帧中继技术简介	122
1.3.2 宽带化	5	3.4 ATM 交换技术	124
1.3.3 智能化	5	3.4.1 ATM 的基本概念和工作原理	124
1.3.4 个人化	5	3.4.2 ATM 协议结构	130
1.3.5 网络全球化	5	3.4.3 ATM 交换实现技术	136
习题	6	3.4.4 ATM 支持 IP 的方法	139
第 2 章 信源数字编码技术	7	习题	151
2.1 概述	7	第 4 章 数字通信系统概述	154
2.2 模拟信号时域离散化与抽样定理	7	4.1 数字通信系统模型	154
2.3 语音数字编码技术	8	4.1.1 数字通信系统模型结构	154
2.3.1 波形编码技术	8	4.1.2 数字通信系统的主要性能指标	155
2.3.2 参数编码技术	29	4.2 数字复接技术	157
2.3.3 混合编码技术	35	4.2.1 数字多路通信原理	157
2.4 数字音频编码标准	47	4.2.2 数字信号复接技术	159
2.4.1 话音音频编码标准	47	4.3 数字传输信号帧结构	160
2.4.2 高保真立体声音频编码标准	51	4.3.1 PCM30/32 路基群帧结构	160
2.5 图像编码技术	55	4.3.2 准同步数字复接(PDH)系列结构 (以 PCM 30/32 路为基础)	162
2.5.1 概述	55	4.3.3 同步数字复接(SDH)系列帧结构	166
2.5.2 图像压缩编码基本方法	56	4.4 数字传输信号的处理	167
2.6 图像压缩编码标准	61	4.4.1 信道编码变换	168
2.6.1 二值图像压缩标准	61	4.4.2 扰码与解扰码	170
2.6.2 静止图像压缩标准	63	4.4.3 差错控制(纠错编码)	172
2.6.3 视频压缩标准	64	4.5 数字信号的调制与解调	175
		4.5.1 数字信号的无线传输	175

4.5.2 数字信号的调制与解调	175	6.2.2 SDH 微波系统的主要设备	243
* 4.5.3 组合调制方式	180	6.2.3 SDH 数字微波传输系统的 主要技术	247
习题	182	6.3 卫星通信系统	249
第 5 章 数字光纤通信系统	183	6.3.1 卫星通信系统的组成及特点	249
5.1 数字光纤通信系统概述	183	6.3.2 卫星通信传输线路性能参数	251
5.1.1 光纤通信基本概念	183	6.4 通信卫星	254
5.1.2 数字光纤通信系统的组成	184	6.4.1 同步通信卫星	254
5.1.3 光纤和光缆	185	6.4.2 通信卫星组成	255
5.2 PDH 数字光纤传输系统	190	6.4.3 观察参量	258
5.3 SDH 光同步数字传输系统	192	6.5 数字卫星通信系统	259
5.3.1 SDH 光同步数字传输系统的 概念及特点	192	6.5.1 数字卫星通信系统概念	259
5.3.2 SDH 的开销(OH)功能	193	6.5.2 多址方式	260
5.3.3 SDH 系列的复用	195	* 6.5.3 数字卫星通信系统帧结构	264
5.3.4 SDH 设备	200	6.6 卫星地球站	267
5.4 SDH 传送网	207	6.6.1 地球站组成	267
5.4.1 SDH 传送网概念	207	6.6.2 地球站分系统	269
5.4.2 SDH 光缆传输线路系统	210	6.7 数字卫星通信系统范例	271
5.4.3 SDH 系统组网、保护与恢复	215	6.7.1 IDR 卫星通信系统	271
5.5 SDH 系统同步与定时	220	6.7.2 VSAT 卫星通信系统	275
5.5.1 SDH 系统网同步与定时概念	220	6.7.3 其他数字卫星通信系统	281
5.5.2 SDH 组网同步中应注意的 问题	222	6.7.4 直播卫星电视系统	282
5.6 光波分复用系统	222	6.7.5 海事卫星通信系统	283
5.6.1 光波分复用系统基本概念	222	6.7.6 非同步卫星通信系统	284
5.6.2 光波分复用系统结构	224	习题	285
5.6.3 光波分复用的分层模型及 功能描述	225	第 7 章 数字移动通信系统	287
5.6.4 光波分复用系统的主要设备	227	7.1 移动通信概述	287
5.6.5 光波分复用线路光纤	230	7.1.1 移动通信特点	287
5.6.6 光波分复用的主要技术	231	7.1.2 蜂窝移动通信概念	291
5.7 全光通信系统	233	7.1.3 移动通信分类	297
5.7.1 全光通信系统基本概念	233	7.2 蜂窝模拟移动通信(TACS)系统	300
5.7.2 全光通信系统关键技术	233	7.2.1 TACS 制式特点	300
5.7.3 全光通信网及光网拓扑	234	* 7.2.2 TACS 制式信道结构	300
5.7.4 IP over WDM(全光因特网)	236	7.3 蜂窝数字移动通信(GSM)系统	303
习题	237	7.3.1 GSM 系统结构	303
第 6 章 数字微波与卫星通信系统	239	7.3.2 GSM 制式特点	305
6.1 数字微波通信系统概述	239	7.3.3 GSM 陆地蜂窝移动通信网	306
6.1.1 微波通信基本概念	239	7.4 GSM 系统的主要技术与设备	316
6.1.2 微波传输线路	241	7.4.1 GSM 网的主要设备	316
6.2 SDH 数字微波通信系统	243	7.4.2 GSM 的语音编码技术	318
6.2.1 SDH 微波接力通信系统组成	243	7.4.3 GSM 系统的信道编码技术	319
		7.4.4 GSM 系统的数字调制技术 (GSMK)	319

7.4.5 鉴权、加密与设备识别	320	8.1.1 通信网概念	342
7.4.6 跳频技术	321	8.1.2 通信网的物理拓扑结构	342
7.5 CDMA 移动通信系统	322	8.1.3 通信系统与通信网	344
7.5.1 CDMA 移动通信系统概念	322	8.2 现代通信网分类	345
7.5.2 码分多址扩频通信(DS)系统	324	8.2.1 现代通信网的分类	345
7.5.3 N-CDMA(IS-95)系统	327	8.2.2 电话网	347
7.5.4 N-CDMA 系统的主要技术	331	8.2.3 数据网	348
7.6 数字移动通信的发展	334	8.2.4 接入网	349
7.6.1 第三代移动通信系统	334	8.2.5 综合业务数字网(ISDN)	350
7.6.2 卫星移动通信系统	337	8.2.6 智能网	351
7.6.3 个人通信	338	8.2.7 通信网的支撑系统	352
习题	340	8.3 通信网的发展	355
第8章 现代通信系统与通信网	342	习题	356
8.1 通信系统与通信网	342		

第 1 章 现代通信基本概念

1.1 人类科技进步的产物——现代通信

1.1.1 模拟通信与数字通信

在远古时代，人类就用烽火台、击鼓、驿站等进行简单的信息传递，这是远古时代的通信。

自 1876 年贝尔发明电话以来，人们之间的信息传递变为电信号的实时传递——电话，人们称之为电信。1973 年，有关国际电信公约及规定将“电信”这一基本术语定义为：利用有线电、无线电、光学或其他电磁系统对于符号、信号、文字、影像、声音或任何信息的传输、发射或接收。

以上谈到的电信，就是本书讲的“通信”。简而言之，通信就是信息的传递与交流。电话就是使电信号随着人的声带振动而变化并进行传递和交流的通信设备。目前的步进电、纵横制、机电式、半电子式等电话交换传递的信号，都属于模拟通信，包括后来又出现的电视技术，以及用载波和微波来传输的电话、电视（现在广泛应用的 CATV）信号等都是属于模拟通信的范畴。模拟通信传递的电信号在时间上，瞬时幅值是连续的。这些模拟通信技术成熟，设备简单，成本低。但该技术存在着干扰严重、信号处理难、不易集成和设备庞大等许多缺点。

在 20 世纪 60 年代，为解决交换局内中继线干扰等问题，出现了 PCM 技术（话音编码），接着数字程控交换机投入使用，从此开始用数字信号（瞬时幅度离散的信号）来交换和传递信息，信息传递发生了根本变革——数字通信。

1.1.2 现代通信技术的基础——微电子技术

电子学，特别是微电子学是信息技术的关键，是现代通信产业的重要基础，它在很大程度上决定着硬件设备的运行能力。衡量微电子技术发展程度的一个重要指标，是在指甲大小的硅芯片上能集成的元件数目。近年来，元件集成的数目已达到 10 亿个。由于其设计和生产工业水平的不断改进，如采用了电子射线蚀刻技术等先进工艺，大大提高了集成电路的集成度，使芯片集成度按摩尔定律发展，即它以每 9~18 个月翻一番的速度上升，发展到纳米级（0.1~100 nm），可在一片芯片上集成上百亿个元件，并正在向极限挑战。将来会把整个通信设备集成在一块芯片上，这为通信设备和计算机微型化奠定了基础。

1.1.3 现代通信技术的核心——计算机技术

电话交换技术与计算机技术紧密结合,使交换技术数字程控化。通信与计算机融为一体,这使通信技术得到了飞跃发展,我们把数字通信与计算机的融合称为现代通信。随着计算机计算速度的加快,微电子计算机的发展,其软件处理能力几乎每10年翻一番,到2010年,估计个人电脑每秒可执行上千万条指令,是现在的250倍。现代数字程控交换机及SDH光传输系统大量采用了计算机及软件技术进行控制和管理。随着智能计算机、光子计算机、生物计算机、神经元计算机及超导计算机在通信装备中的应用,加之智能媒介计算机识别、神经网络等信息技术的采用,宽带ATM交换技术的成熟,IP技术的应用与发展,包交换已是大势所趋,光交换已出现曙光。这对传统的数字程控电话交换技术提出了严峻的挑战,同时也将使通信领域变得更加活跃,通信技术得到更大的发展。

1.1.4 光通信的基础——光子技术

1964年,英籍华人高锟博士首先提出利用玻璃纤维,实现远距离通信。20世纪70年代,美国首先制成了实用的玻璃光导纤维——光纤,使光纤通信成为现实。随着光子技术的发展,出现了电子—光子芯片。在这种芯片上,电子与光子产生了复杂的相互作用,提供了速率为几十到上百千兆比特的光波通信能力,使光波通信系统从PDH向SDH光传输系统发展。在过去的10年中,光波传输速率达到了每年翻一番,在21世纪还将会达到光定律,即光纤传输容量每9个月增加一倍,按此速度,10年后一根光纤可携带 10^{15} b/s信息。随着光器件集成技术的发展,光放大器的成熟,光波分复用已商用。光交叉连接设备(OXC)、光分插复用设备(OADM)、光交换机、光计算机的出现,将迎来全光网的通信技术新时代。

1.1.5 卫星通信技术的基础——空间技术

航天技术的发展,促进了现代空间通信的发展。从1957年苏联发射第一颗人造地球卫星以来,火箭、航天飞机等空间技术发展非常迅速。把通信卫星送到各种轨道的技术已经成熟,三颗同步卫星的通信范围即可覆盖全球。现在人们已经利用同步卫星获取了大量信息,并将这些信息广泛应用于航天、航海、气象、定位、救灾等方面。卫星通信、卫星电视已经遍及全世界。通信卫星正向大容量、长寿命方面发展。低轨道卫星通信系统的利用,将使地面、空间的通信系统连成一体。这意味着真正的全球个人通信,即人们在地球上任何地方(包括陆地、森林、沙漠、湖泊、高山、海洋、空间)都可随时与任何人和机器进行信息交流。

1.2 现代通信的基本特征——数字化

1.2.1 现代通信系统与数字化

当今我们经常谈到的信息,是指数字化的信息,可以说人类的进步是一代比一代数字化。美国著名未来科学家尼葛洛庞帝,在《数字化生存》一书中提出了要实现信息化,数字

技术是关键。我们经常谈到的通信,是指由各种通信系统所构成的收、发两端之间的信息传递。数字光纤通信系统、数字微波通信系统、数字卫星通信系统、数字移动通信系统,以及数字网、综合业务网等等,无不在各种通信前面冠以“数字”二字,即表明现代通信系统首先要实现数字化,由各种数字化的通信系统构成现在的各种通信网。在各种通信前面冠以“数字”二字,也可以说,现代通信姓“数”。由此可见,现代通信其基本技术特征即为数字化。数字化指的就是数字技术。简单地讲,就是各种信息经数字化处理,编成“1”和“0”,即“有”、“无”这样简单的二进制信号,如电脉冲信号,有脉冲称为“1”信号,无脉冲称为“0”信号,波形图如图 1.1 所示。

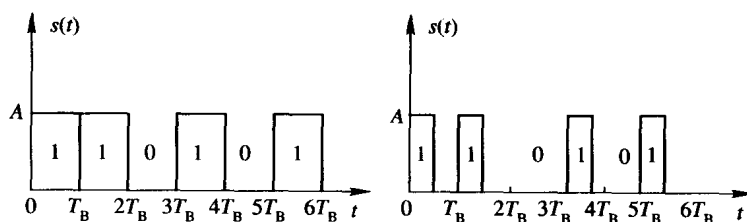


图 1.1 数字信号脉冲波形

以上这些脉冲信号,我们称之为数字信号,又称为“比特”信号。在现代计算机中,运行的就是数字信号;在现代通信系统中,流动的也是数字信号。这些数字信号变幻无穷、高深莫测。通信技术革命的关键在于数字化。数字化浪潮已经波及各类消费电子产品,如数字音响设备,数字电视,家用电器数字化,家庭通信终端数字化等。因此,有人把当今时代称为比特时代。“比特”,作为“信息 DNA(脱氧核糖核酸)”,正在迅速取代原子而成为人类社会的基本要素。“计算不再只和计算机有关,它决定我们的生存”。

1.2.2 数字信号及数字通信的特点

数字信号为何那么神通广大?数字技术为什么发展如此迅速呢?这主要是因为数字信号及数字通信有许多独特的优点:

① 数字信号便于存储、处理(加密等)。正是因为数字信号便于存储、处理,才使计算机技术迅速发展,特别是微型计算机。通信与计算机结合,发展了现代通信技术和现代信息技术,如 VCD、DVD 视盘等。

② 数字信号便于交换和传输。计算机与电话交换技术结合,出现了数字程控交换,由于光—电器件的采用,“比特”数字信号很容易转变为光脉冲信号,便于传输。

③ 数字信号便于组成数字多路通信(系统)。因为数字信号是用时间上的“有”和“无”信号来传递信息的,因而从时间可分性来衡量,它可以在单位时间里传输多个“有”和“无”信号,即“占”、“空”信号,在空的时隙中可间插其他脉冲信号,以形成多路通信(数字复接技术)。从电话的多路来看,原来每对线可传一路电话,而现在用电—光脉冲来传电话,一根光纤可传上万、几十万路电话。传输带宽可达几百千兆以上。

④ 便于组成数字网。由于通信交换和传输的都是数字信号,那么把各个数字程控交换局和数字传输连接起来就成了综合数字网 IDN,再把各用户终端,各种业务数字化处理

后,都可以统一到一个网中,即组成综合业务数字网,如 Internet 网等。这样的数字网,智能化程度、可靠性等都很高。

⑤ 数字化技术便于通信设备小型化、微型化。电子器件采用了数字化技术后,芯片集成度更高,达到亚微米级和纳米级,每个芯片包含几十亿至上百亿个元件,这使现代通信设备产品更小型化、微型化。

⑥ 数字通信抗干扰性强,噪声不积累。由于信号在通信中传输一段距离后,信号能量会受到损失,噪声的干扰会使波形变坏,为了提高其信噪比,要及时将变形的信号进行处理、放大。在模拟通信中,由于传输的信号是模拟信号(幅值是连续的),因此难以把噪声干扰分开而去掉,随着距离的增加,信号的传输质量会越来越恶化,如图 1.2(a)所示。在数字通信中,传输的是数字脉冲信号,这些信号在传输过程中,也同样会有能量损失,受到噪声干扰,当信噪比还未恶化到一定程度时,可在适当距离或信号终端经过再生的方法,使之恢复为原来的脉冲信号波形,如图 1.2(b)所示。消除了干扰和噪声积累,就可实现长距离高质量的通信。

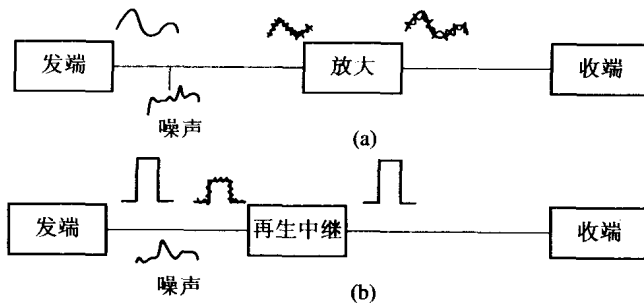


图 1.2 两类通信方式抗干扰性能比较

(a) 模拟信号; (b) 数字信号

除以上的优点外,数字通信也有缺点——占频带较宽。模拟信号经数字化后,一般占用频带较宽,经 PCM 数字编码后其速率达 64 kb/s。特别是复杂的电视信号,由原来的 6 MHz 带宽,经 PCM 数字化后变为几百 Mb/s 数字信号,这是它的不足之处。

因此,在数字通信中,一般都采用数字压缩技术降低其速率,如电视信号经压缩编码,其速率可降低为 2 Mb/s,甚至几百 kb/s。随着数字信号处理技术的发展,以及宽带传输技术的采用,数字信号占频带较宽的弱点,在现代通信中已逐渐被克服。

1.3 现代通信的特点及主要内容

1.3.1 综合化

综合化具有双重含义。其一是技术的综合化,即无论是传输、交换还是通信处理功能都采用数字技术,实现数字传输与数字交换的综合,使网络技术,如电话网、数据网、电视网一体化。其二是业务的综合,即把来自各种信息源的通信业务(如:电话、电报、传真、数据、文字、图像电视等)综合在同一网内传输和处理,并可在不同的业务终端之间实现互通。各种通信业务的综合,是以技术综合为基础,两者结合起来就形成了综合业务数字网(ISDN)。

1.3.2 宽带化

宽带化主要指现代数字通信宽带化。人们日益增长的物质文化需求,如高速数据、高速文件、可视电话、会议电视、宽带可视图文、高清晰度电视以及多媒介、多功能终端等促进了新的宽带业务的发展,从而研究开发了宽带数字信号交换和传输。现在已经商用的光数字传输系统速率已达 320 Gb/s。1 Tb/s(1 Tb 为 10^{12} 比特)系统亦已实验成功,它可同步传输 50 万部电视。宽带多媒体交换(ATM)技术构成的宽带网(B-ISDN)已经商用化。随着包交换、光交换技术的发展,将会出现下一代全宽带网。

1.3.3 智能化

智能化主要指在现代通信中,大量采用了计算机及其软件技术,使网络与终端,业务与管理都充满智能。在信号处理、传输与交换、监控管理及维护中引进更多的智能(软件技术),形成所谓的智能网(IN),即通信网智能化,从而提高网络业务应变能力,随时提供满足各类用户对各种业务需求的服务。它的基本思想是改变传统的网络结构,在网络元件之间重新分配网络功能,把大部分功能集中分配在少数节点上,而不是分配在各个交换局内。智能网采用分布式结构,以公共信令系统的数字交换机和智能数据库为基础,不仅能传递信息,而且还能存储处理信息,对网络资源进行动态分配。这样可大大节省信息传播的时间和费用,也可减少网络经营者对交换机的依赖性。特别是随着 IP 网的发展,最终会形成高智能的新一代网络。

1.3.4 个人化

人们在日常生活中总会到处奔波、移动,现代通信已经能使移动中的用户方便快捷地实现信息的交流——移动通信。对于移动通信,大家已经不陌生了,如无线寻呼、无绳电话、集群通信、模拟移动通信、数字移动通信 GSM,以及正在发展的第三代移动通信和卫星移动通信等。移动通信的发展,使通信个人化成为现实。

目前,数字移动通信发展很快,第三代数字移动通信,特别是卫星移动通信系统的发展,可被认为是“迈向个人通信的第一步”。最终实现个人在任何地方和任何时间都可进行个人的各种业务信息的交流,如可视电话、数据、多媒体及高清晰度电视等,达到人们最为理想的信息交流和文化熏陶与享受的目的,以满足人们不断增长的对物质文化生活的需求。

1.3.5 网络全球化

近年来,Internet(互联网)像野火一样在全球蔓延,互联网的覆盖面已遍及五大洲,它已成为全球范围的公共网。据统计,进入互联网的用户数量以每季度 20% 的速度增加,以 200% 的年增长率扩大。世界上微软、太阳、国际商用机器以及数字设备公司等著名的大公司,都争先恐后地推出以互联网为中心的战略。在 Internet 网中开展的 IP 电话、电子商务等新技术、新业务来势迅猛,给传统的电信业务带来很大的冲击。特别是美国推出的 N II 和 G II 战略更引人注目,世界各国为 21 世纪信息基础设施纷纷投入巨资,建设本国的信息基础设施结构(N II),以及世界信息基础设施结构(G II)。现在,科学家又开发了新一代网

络技术 TINA/TIMNA^①，它是随着计算机软件技术发展而开发的一种标准化的软件结构网络技术。由于采取了博采众长以及锐意创新的开发策略，TINA/TIMNA 在结构上和功能上全面胜过现有的各种网络(甚至超过 Internet 网)，它能真正实现窄带与宽带网，固定与移动网，网管与通信网，公众网与企业网等的融合，以实现开放、分布、实时、安全的通信。它既能实现适合各国国情的应用服务，又能实现突破地区、国界界限的世界服务，使世界越来越小，成为网络地球村，即所谓的“数字地球”。

习 题

1. 什么是现代通信？它的基本特征是什么？它的核心是什么？
2. 数字通信与模拟通信的主要区别是什么？举例说明日常生活中的信息服务，哪些属于模拟通信？哪些属于数字通信？
3. 数字通信的特点有哪些？
4. 为什么说数字通信抗干扰性强，噪声不积累？
5. 现代通信的特点有哪些？
6. 网络全球化如何理解？它给人类生活带来什么样的影响？

^① TINA(Telecom & Information Networking Architecture Consortium)
TIMNA(“Telecom & Information & Managemet”Networking Architecture)

第 2 章 信源数字编码技术

2.1 概述

一个完整的数字通信系统可由图 2.1 所示的框图表示。在该系统中，有两个编码功能块：信源编码和信道编码。信源编码的基本目的是对信源的信号进行变换，将其变换成适合数字传输系统的形式，进而提高传输的有效性。信道编码是围绕数字调制方式和信道选择设置的，其目的是通过信道编码将数字信号变换成与调制方式和传输信道匹配的形式，从而降低传输误码率，提高传输的可靠性。

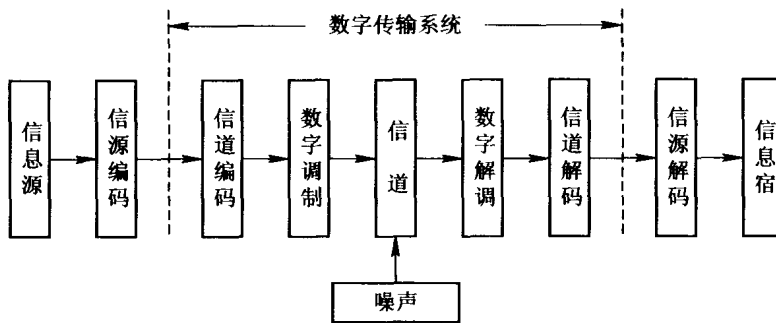


图 2.1 数字通信系统

在数字通信中，信源编码一般包含模拟信号的数字化和压缩编码两个范畴。由于多数信源产生的信号是模拟信号，因此，必须经过数字化将其变换成数字码流，方能在数字传输系统中传输。数字化变换通过扩大信号传输频带来提高通信质量。压缩编码是对数字信号进行处理，去除或减少信号的冗余度，或者说把信号能量集中起来缩窄占据的频带，从而提高通信的有效性。

信源编码根据不同信号及不同形式可采用不同的方法，在本章中主要讨论语音信号和图像信号的常用编码方法及相应标准。

2.2 模拟信号时域离散化与抽样定理

信号数字化的第一步是对模拟信号实施时域离散化。通常，信号时域离散化是用一个周期为 T 的脉冲信号控制抽样电路对模拟信号实施抽样的过程，如图 2.2 所示。模拟信号 $f(t)$ 通过一个由周期为 T 的抽样脉冲信号 $s(t)$ 控制的抽样器得到抽样后的信号 $f_s(t)$ 。