

工程训练·工程实践

数字通信技术

朱小龙 主 编 ●
王洪金 朱 轶 副主编 ●



化学工业出版社
教材出版中心

工程训练·工程实践

数字通信技术

朱小龙 主编
王洪金 朱 轶 副主编
戈晓岚 主审



化学工业出版社
教材出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

数字通信技术 / 朱小龙主编. —北京: 化学工业出版社, 2004.7

(工程训练·工程实践)

ISBN 7-5025-5821-7

I. 数… II. 朱… III. 数字通信-通信技术
IV. TN914.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 076101 号

工程训练·工程实践

数字通信技术

朱小龙 主编

王洪金 朱 轶 副主编

戈晓岚 主审

责任编辑: 刘俊之、陈 丽、徐 娟

责任校对: 李 林

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社

教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

三河市聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 24¼ 字数 516 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5821-7/TB·52

定 价: 42.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

工 程 训 练 · 工 程 实 践

编 委 会 主 任 杨继昌

编委会副主任 袁银南 戈晓岚

编 委 会 委 员 杨继昌 袁银南

 肖田元 梅 强

 张永康 卢章平

 陆一心 李金伴

 戈晓岚 马汉武

序

人类进入 21 世纪前后，以信息技术为重要标志的高新技术的飞速发展，正在改变着人类的社会、经济和生活方式。“天翻地覆慨而慷”，世界范围内的激烈竞争，已越来越明显地表现为人才的竞争，特别是创新人才的竞争。1998 年 10 月，联合国教科文组织在巴黎召开了首届世界高等教育大会，会议达成了共识：高等教育的根本使命是促进社会的可持续发展与进步。目前，教育开始求新求变，要求坚持以人为本，更具有前瞻性。对学生的人文素质、科学素质、实践能力和创新能力的培养更显重要。

“问渠哪得清如许，为有源头活水来。”技术是工程的基础，科学是技术的源泉，科学技术相互支持，但直接作用于生产实际的是技术。因此，面向经济建设要高度重视工程人才的培养，高度重视工程教育，要努力加速建立科学、技术、经济和管理相结合的工程教育体系，强化工程意识，重组工程训练，提高工程素质，培养创新精神、创新人格和实践能力，以实现知识创新、技术创新、管理创新和市场开拓型的工程人才培养。

近年来，尽管各国的国情不同，面临的问题也不同，在工程教育的体制和运作上互有差异，但对工程教育的认识、做法和发展方向上都强调“综合、创造、实践”，强调“工程教育工程化”、“工程教育为工程实际服务”、强调人文关怀、创新精神、实践能力和工程师素质的培养。

另一方面，我国加入世界贸易组织后，对外开放更将进一步扩大，中国将更加深入地参与国际分工，越来越多的产品将打上“中国制造”，制造业是工业的主体，装配制造业是制造业的核心。没有装配制造业就没有制造，没有制造就没有获得物质财富的基本手段。制造首先要依靠直接从事制造的技能人才。从而，培养“中国制造”的技能人才就成为关键。我国已经成为了一个高级蓝领即银领制造业人才稀缺的国家。

我国“十五”计划提出，要在 5 年内将职工中的高级技能人才的比例提高到 20%。一个合格的银领人才应当具备比较深厚的理论基础与相当丰富的实际经验，并能够针对生产第一线的实际需要，具备很强的技术革新、开发攻关、项目改进的能力。这种人才应具有高度的责任感，不但关心产品，更加懂得团结人、关怀人；不仅是某些关键生产环节中的操作者，还是整个生产环节的组织者；同时还能高度关怀、有效带动和组织协调其他技术人员一起动手进行应有的技术攻关，把优秀的设计变成一个高质量的产品。

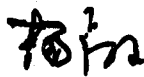
针对工程人才的需求，江苏大学工业中心组织编写了工程训练·工程实践系列图书，希望成为联接科学、教育与工程技术、生产实际的桥梁之一。在本系列图书规划过程中，作者针对“各种技能对工作的重要性”，对相关企业和历届毕业生进行了调查，证实在工业生产中，对技术交流、设计制造、工程经济、项目管理、质量控制、计算机等技能均有较高的要求。

本系列图书以工程类本科生（尤其是高职学生）和制造业银领的培训为对象，包括机、电、管三个领域。在内容上注重实践性、启发性、科学性，强调诸如制造、环境影响、质量、商务和经济等工程实践的多重功能。从当前工程人才的素质需求和实际出发，努力做到理论与实践并重，理论与实际相结合，基本概念清晰，重点突出，简明扼要，深入浅出，通俗易懂，以现代工程训练为特色，重视能力培养，面向生产实际，并考虑与国际教育交流，反映新技术、新工艺、新材料的应用和发展。

本套丛书的编写是适应我国制造业发展形势，在教育上的一个创新，值得鼓励。由于是一个创新，其中就不会没有问题，没有不足之处。我与编者的心情一样，希望读者能及时指出其中的问题与不足之处，有助于本系列图书不断改进，编者的水平不断提高。

谨以为序。

中国科学院院士
华中科技大学教授



2004 年 4 月

前 言

作为 21 世纪信息工程领域中的特色，数字通信技术必将在新世纪中发挥重要的作用。从发展的眼光来看，数字通信技术领域的发展会越来越快，而且该技术领域中的技术向其他领域的渗透也呈现出加速趋势。因此，该技术体系中所包含的有关数字通信的原理和技术，不仅是信息工程高级专业技术人员所必须掌握的，也是从事相关产业的普通技术人员、管理人员和营销人员应当掌握或了解的。

本书把这种重普及、重实用的宗旨体现在内容的选择中：少量、必需的基本理论和较为完整的技术内容。对基础理论，做到讲清楚、讲准确、讲出本质，而不过多地追求数学论证。把主要的着眼点放在技术上，尽可能多地把各种实用的、最新的技术介绍给读者，如近年来被广泛应用的 ATM 技术、快速发展的 CDMA 数字蜂窝移动通信技术和第三代移动通信技术。

本书的主要目标是向相关专业的本科生、高职高专学生及工程技术人员提供有关数字通信的简单的基础理论知识和较为完整的技术知识，同时给管理和营销人员一个关于数字通信系统和关键技术的准确、清晰的概念；另外，本书还可作为非信息专业本科及高职高专学生数字通信技术的自学参考书。

本书由朱小龙担任主编，王洪金和朱轶担任副主编。各章编写与审校分别为：第一篇的第一、二、七章由朱小龙编写，朱轶审校；第一篇的第三、四、五、六、八章由朱轶编写，王洪金审校；第二篇的第一、二、三章由朱小龙编写，王洪金审校；第二篇的第四、五、六、七、八、九、十章由王洪金编写，朱轶审校。全书由江苏大学的戈晓岚教授担任主审，特此表示感谢。

由于我们的水平所限，加上数字通信技术领域的高速发展，书中的不足、不当之处在所难免，祈盼各位读者予以批评指正。

编者

2004 年 5 月

内 容 提 要

本书共分两篇，分别介绍了数字通信的基础理论和应用技术。基础理论部分内容比较简练，简要介绍了通信模型、信道、信源编码、数字基带系统、正弦载波数字调制系统、数字信号的最佳接收、差错控制编码、数字同步技术等内容；应用技术部分是本书的重点，系统地介绍了电话通信网、数字数据网、综合业务数字网、帧中继技术、ATM 宽带网、光同步数字通信传输网、GSM 蜂窝移动通信系统、CDMA 数字蜂窝移动通信系统和第三代移动通信系统。

本书系统性强，重点突出，基础理论篇突出基本概念、基本理论的叙述，减少不必要的数学推导和计算；应用技术注重数字通信技术在实际通信系统中的应用，特别注重吸收近年来发展起来的新的通信技术和通信系统，覆盖面较广。

本书语言简练，通俗易懂，适合读者群较宽，可作为通信专业本科学生、高职高专学生的教材，也可供相关行业人士了解数字通信技术而使用，特别是有一定通信知识基础的读者可自学使用。

目 录

第一篇 基础理论

第一章 绪论	1
第一节 历史回顾	1
第二节 通信系统的组成	3
第三节 模拟通信系统	4
第四节 数字通信系统	5
第五节 信息的度量	6
第六节 主要性能指标	7
第二章 信道	9
第一节 信道的定义和分类	9
第二节 信道数学模型	10
第三节 恒参信道	12
第四节 随参信道	16
第五节 信道特性及其对信号传输的影响	21
第六节 信道容量	25
第三章 信源编码	27
第一节 模拟信号的数字化	27
第二节 信源编码技术	37
第四章 数字基带系统	54
第一节 基带信号和线路编码	54
第二节 基带波形的形成	63
第三节 奈奎斯特三准则	67
第四节 时分复用	70
第五章 正弦载波数字调制系统	74
第一节 二进制数字调制	74
第二节 二进制数字调制原理	74
第三节 二进制数字调制系统性能的比较	87
第四节 现代数字调制技术	88
第六章 数字信号的最佳接收	96
第一节 引言	96

第二节	数字信号接收的概率分析	97
第三节	匹配滤波器	103
第七章	差错控制编码	106
第一节	引言	106
第二节	线性分组码	113
第三节	循环码	117
第四节	卷积码	124
第八章	数字同步技术	138
第一节	概述	138
第二节	载波同步技术	139
第三节	位同步技术	144
第四节	群同步	149
第五节	网同步	152

第二篇 应用 技 术

第一章	通信网的基本概念	162
第二章	电话通信网	166
第一节	概述	166
第二节	电话编号计划	172
第三节	信令方式	174
第四节	话务理论基础知识	185
第三章	数字数据网	188
第一节	DDN 的组成及特点	188
第二节	DDN 的业务功能	192
第三节	DDN 的网络分级结构	194
第四节	DDN 的应用范围及网间互连	197
第四章	综合业务数字网	199
第一节	基本概念	199
第二节	ISDN 的网络结构	200
第三节	ISDN 用户-网络接口	203
第四节	ISDN 的业务能力	206
第五节	网间互通	212
第五章	帧中继技术及其应用	216
第一节	概论	216

第二节	帧中继协议	220
第三节	帧中继用户接入及帧中继设备	224
第六章	ATM 宽带网	229
第一节	概述	229
第二节	ATM 的基本概念和协议参考模型	231
第三节	ATM 适配层	234
第四节	ATM 层	242
第五节	物理层	244
第六节	ATM 交换	247
第七节	ATM 业务量管理和拥塞控制	250
第八节	ATM 网络结构、接口和标准	254
第七章	光同步数字通信传输网	257
第一节	概述	257
第二节	SDH 的网络节点接口及帧结构	260
第三节	复用映射结构	263
第四节	映射、复用和指针处理	265
第五节	SDH 组网技术	270
第八章	GSM 蜂窝数字移动通信系统	276
第一节	GSM 数字移动通信发展史	276
第二节	GSM 通信系统	278
第三节	GSM 的关键技术	280
第四节	SIM 卡	300
第五节	呼叫处理	304
第九章	CDMA 数字蜂窝移动通信系统	318
第一节	导论	318
第二节	CDMA 系统的基本概念	322
第三节	Q-CDMA (IS-95) 数字移动通信系统的无线信道	324
第四节	IS-95 窄带 CDMA 系统中的关键技术	337
第五节	CDMA 数字蜂窝移动通信网的网络规划	340
第十章	第三代移动通信系统	346
第一节	概述	346
第二节	第三代移动通信系统的无线传输技术	358
第三节	第三代移动通信网核心网络的研究	366
参考文献		376

第一篇 基础理论

第一章 绪 论

第一节 历史回顾

通信的历史可追溯到 17 世纪初期从研究电、磁的现象开始，到 19 世纪 40 年代通信理论基础准备阶段。通信从 19 世纪 40 年代才进入实用阶段。现以列表形式展示一下通信重大事件，从中可清楚地看到通信的发展过程（见表 1-1）。

表 1-1 通信发展重大事件

发生年代	历史事件
公元前 3000 年以前	埃及人发明象形文字和语言
公元 800 年	阿拉伯人从印度引入现在所用的数字系统
1440 年	Johannes Gutenberg 发明可移动的活字金属打字机
1752 年	Benjamin Franklin 通过风筝证明雷电的存在
1827 年	Georg Simon Ohm 提出欧姆定理 ($I=E/R$)
1834 年	Carl F.Gauss 和 Ernst H.Weber 发明电磁电报机
1838 年	William F.Cooke 和 Charles Wheatston 爵士建立电报系统
1844 年	Samuel F.B.Morse 在巴尔的摩及首都华盛顿之间的电报线路上演示电报通信过程
1850 年	Gustav Robert Kirchhoff 首次发表基尔霍夫电路定理
1858 年	首次铺设横渡大西洋电缆，26 天后宣告失败
1864 年	James C.Maxell 预言电磁辐射
1871 年	电报工程师协会在伦敦成立
1876 年	Alexander Graham Bell 发明电话并申请专利
1883 年	Thomas A.Edison 发现真空管中的电子束，称为“爱迪生效应”
1884 年	美国电子工程师学会（AIEE）成立
1887 年	Heinrich Hertz 验证了麦克斯韦（Maxell）理论
1889 年	电报工程师协会在伦敦改名为电子工程师学会（IEE）
1894 年	Oliver Lodge 在 150 码（137.16m）的距离上演示无线通信过程
1900 年	Guglielmo Marconi 首次发射横渡大西洋的无线电信号
1905 年	Reginald Fessenden 通过无线电波传送语音与音乐
1906 年	Lee deForest 发明真空三极管放大器
1907 年	无线电报工程师协会在美国成立
1909 年	无线电学会在美国成立
1912 年	美国由无线电报工程师协会及无线电学会合并成立无线电工程

续表

发生年代	历史事件
1915 年	贝尔电话公司铺设横贯美国大陆的电话线
1918 年	EdWin H.Armstrong 发明超外差式接收电路
1920 年	匹兹堡的 KDKA 及 PA 公司开始首次无线广播
1920 年	J.R.Carson 将抽样引入通信系统
1923 年	Vladimir K.Zworkykin 发明电视光电摄像管
1926 年	J.L.Baird (英) 和 C.F.Jenkins (美) 共同演示电视
1927 年	美国成立联邦无线电委员会
1927 年	Harold Black 在贝尔实验室发明负反馈放大器
1928 年	Philo T.Farnsworth 演示第一个全电子电视系统
1931 年	开始电传打字电报机服务
1933 年	Edwin H.ArmStrong 发明调频信号
1934 年	美国在联邦无线电委员会的基础上成立联邦通信委员会 (FCC)
1935 年	Robert A.Warson-Watt 研制出首部实用雷达
1936 年	英国广播公司 (BBC) 首次开始电视广播
1937 年	Alex Reeves 提出脉冲编码调制 (PCM)
1941 年	John V.Atanassoff 在衣阿华州立大学发明数字计算机
1941 年	FCC 批准在美国进行电视广播
1945 年	宾夕法尼亚大学的 John W. Mauchly 研究出电子数字计算机 ENIAC
1947 年	贝尔实验室的 Walter H.Brattain, John Bardeen 及 William Shockley 发明晶体管
1947 年	贝尔实验室的 Steve O.Rice 给出了噪声的统计描述
1948 年	Claude E.Shannon 发表信息论
1950 年	时分复用技术应用于电报系统
20 世纪 50 年代	微波通信开始应用
1953 年	NTSC 彩色电视制式引入美国
1953 年	第一条横渡大西洋的电话电缆 (共 36 个语音信道) 铺设完成
1957 年	前苏联发射第一颗人造地球卫星 Sputnik I
1958 年	A.L.Schawlow 及 C.H.Townes 发表激光理论
1958 年	德州仪器公司的 Jack Kilby 研制出第一块锗集成电路
1958 年	Fairchild 公司的 Robert Noyce 生产出第一块硅集成电路
1961 年	美国开始立体声调频广播
1962 年	第一颗有源人造地球卫星 (Telstar I) 在美国和欧洲之间转播电视
1963 年	贝尔公司推出按键电话
1963 年	IRE 和 AIEEE 合并成立电气与电子工程师协会 (IEEE)
1963~1966 年	提出纠错编码理论及高速无差错数字通信自适应均衡理论
1964 年	电子电话交换机 (No.1 ESS) 投入使用
1965 年	第一颗商用通信卫星 (Early Bird) 投入使用
1968 年	出现有线电视系统
1971 年	英特尔公司生产出第一块单片微处理器 4004
1972 年	摩托罗拉公司为 FCC 演示蜂窝电话系统
1976 年	出现个人计算机
1979 年	64K 随机存储器的出现宣告超大规模集成 (VLSI) 电路时代的到来
1980 年	贝尔公司推出 FT3 光纤通信系统

续表

发生年代	历史事件
1980年	菲利普公司和索尼公司开发出压缩磁盘
1981年	出现 IBM PC 机
1982年	美国电话电报公司同意解散其下属的 22 家贝尔电话公司
1984年	苹果公司推出 Macintosh 计算机
1985年	传真机广泛使用
1989年	卫星全球定位系统 (GPS) 完成部署
1995年	互联网 (Internet) 及 WWW 浏览广泛流行
2000 年至今	进入基于微处理器的数字信号处理、数字示波器、数字调谐接收机、高速个人计算机、扩频通信

第二节 通信系统的组成

一般来说通信是指由一地向另一地进行消息的有效传递,它是由一系列设备来实现的,而完成信息传输所需的一系列技术设备及传输媒介的总和称为通信系统。以点对点通信为例,可以看出要实现消息从一端向另一端的传递,必须有图 1-1 所示的五部分:信源、发送设备、信道、接收设备、信宿。

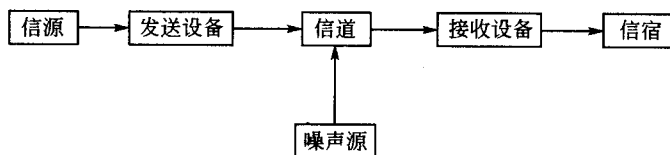


图 1-1 通信系统的模型

信息源（简称信源）的作用是把待传递的消息转换成原始电信号,如电话系统中电话机可看成是信源,信源输出的信号称为基带信号。所谓基带信号是指没有经过调制（频率搬移）的原始信号,其特点是频率较低。基带信号可分为数字基带信号和模拟基带信号。

发送设备是个总体概念,它可以包括许多具体电路与系统,其作用是对基带信号进行某种变换或处理,使原始信号（基带信号）适应信道传输特性的要求。

信道是信号传输的通路,它是一种物理介质,用于将来自发信机的信号发送到接收机。在无线传输中,信道通常是大气层（自由空间）;电话信道则可以采用多种物理介质,包括电线、光缆和无线电（微波）信道。不管哪一种用于信号传送的物理介质,都有一个基本特征,就是所传送信号会被各种可能的因素以随机的方式损伤,引起信号质量恶化。最常见的引起信号质量恶化的因素是加性噪声,它产生于接收机的前端放大器,该噪声通常称为热噪声;在无线传送中,还有接收天线收到的人为噪声、大气噪声等附加的加性噪声。举例来说,汽车点火噪声是一种人为噪声,而雷电释放的电光则是一种大气噪声。来自信道上其他用户的干扰则是另一种形式的加性噪声,

这种干扰在无线和有线通信系统中都会经常出现。

在一些无线通信信道，例如用于长距离短波无线传送的电离层信道上，引起信号恶化的另一个因素是多径传播。这种信号失真的本质是一种非加性的信号干扰，它使得信号自身的振幅随着时间的变化而变化，通常称之为衰落。

加性和非加性信号失真都有随机性的特点，并且通常使用统计参量加以描述，在设计通信系统时对这些信号失真的影响必须认真考虑。

在设计一个通信系统时，系统设计者应从统计分析的角度，对在物理信道上产生的信号失真建立数学模型。数学模型中使用的统计描述，通常都是实际测量的经验结果，来源于在信道上对信号的传送进行实验。在这种情况下，对用于通信系统设计的数学模型就要进行物理修正。另一方面，在某些通信系统设计中，信道的统计特性会随时间剧烈变化，在这种情况下，系统设计者应当设计一种对各种信号失真都具有鲁棒性（Robust）的通信系统，可以通过让系统根据所遇到的信道失真自适应地调整参数来实现。

在接收端，接收设备的功能正好相反于发送设备，它将从收到的信号中恢复出相应的原始信号。

信宿（也称受信者或收信端）是将复原的原始信号转换成相应的消息，如电话机将对方传来的电信号还原成了声音。

通信传输的消息具有不同的形式，为了传递消息，各种消息需转换成电信号。凡信号的某一参量（如连续波的振幅、频率、相位，脉冲波的振幅、宽度、位置等）可以取无限多个数值，且直接与消息相对应的，称为模拟信号。模拟信号有时也称连续信号，但需要说明的是这个连续是指信号的某一参量可以连续变化（即可以取无限多个值），而不一定在时间上也连续。强弱连续变化的语音信号，亮度连续变化的电视图像信号等都是模拟信号。凡信号在时间上离散，且表征信号的某一参量（如振幅、频率、相位等）只能取有限个数值，称为数字信号。数字信号是离散信号，但离散信号不一定是数字信号。如 PAM 不是数字信号，计算机输出的信号就是数字信号。按照信道中所传信号的形式不同，通信可以分为模拟通信和数字通信，为了进一步了解它们的组成及特点，下面分别加以论述。

第三节 模拟通信系统

模拟通信系统是指信道中传输模拟信号的系统。模拟通信系统的模型如图 1-2 所示。

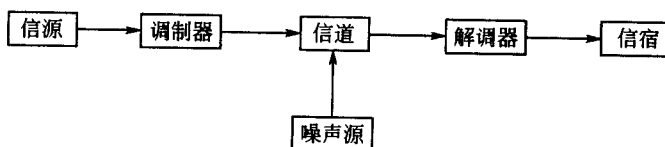


图 1-2 模拟通信系统的模型

模拟通信系统主要包含两种重要变换。一种是把连续消息转换成电信号（由发端信源完成）及把电信号恢复成最初的连续消息（由收端信宿完成）。由信源输出的电信号（基带信号）由于具有频率较低的频谱分量，一般不能直接作为传输信号送到信道中去。因此，模拟通信系统里常有第二种变换，将基带信号转换成其频带适合信道传播的信号，这一变换由调制器完成；接收端同样需经相反的变换，将信道中传播的信号恢复成最初的连续信号，这一过程由解调器完成。经过调制后的信号通常称为已调信号。已调信号的基本特性，一是携带有消息；二是适合在信道中传输。必须指出，从消息的发送到消息的恢复，事实上并非仅有以上两种变换，通常在一个通信系统里可能还有滤波、放大、天线辐射与接收、控制等过程。对信号传输而言，由于上面两种变换对信号起决定性变化，它是通信过程中的重要方面。而其他过程对信号来说，没有发生质的变化，只不过是信号进行了放大和改善信号特性等，因此，这些过程我们认为都是理想的，而不去讨论它。

第四节 数字通信系统

利用数字信号传输信息的系统，称为数字通信系统。根据传输信号的处理方式，数字通信系统可以细分为数字频带传输通信系统、数字基带传输通信系统、模拟信号数字化传输通信系统。虽然数字通信系统的形式各种各样，但从系统的主要功能和部件来看，所有的数字通信系统都可以概括为图 1-3 的模型。

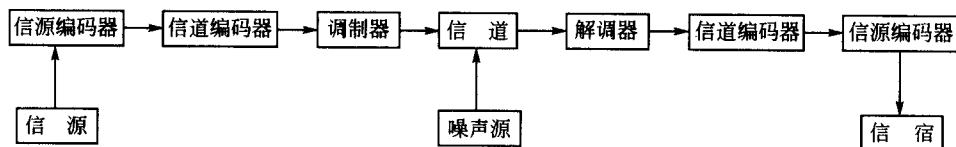


图 1-3 数字通信系统的模型

从上述系统模型图中，可以看出它主要由以下各部分组成。

1. 信源与信宿

这两部分统称为终端设备。信源是产生和发出消息的人或机器。发出的消息可以来自连续的模拟信源，也可以来自离散的数字信源。

信宿是与信源相应的终端设备，用来接受或记录收到的信息。

2. 信源编码器和解码器

信源编码包含模拟信号的数字化和信源压缩编码两个范畴。模拟信号的数字化主要有脉冲编码调制（PCM）、增量调制（DM）等，这种变换提高了通信质量，这是由扩大传输频带换来的。信源压缩编码是对信源进行处理，去除或减少冗余度，或者从频谱上将发送信号能量进行压缩，降低其所占据带宽，从而提高了通信的有效性。如语音压缩编码、图像压缩编码等。

信源解码器完成信源编码的逆变换。

3. 信道编码器和解码器

信道编码是为了提高数字传输的可靠性,对传输中已产生的差错采用差错控制技术,故又称为差错控制编码。它将信源编码后的数字信号,人为地按一定规律加入多余的数字码以达到在接收端可以检出和纠正误码的目的。

信道解码器完成信道编码的逆变换。

4. 调制器和解调器

经过编码的数字信号,它所占据的频带是从直流或低频开始的基带信号,它可直接地在有线信道中传输。但是大多数的信道如无线微波信道、载波信道等是带通信道。为了有效地利用频带资源,使离散信源与连续信道匹配,基带信号必须经过载波调制把信号的频谱搬移至适当的频段上,也就是用数字信号去控制一个高频率正弦波的某个参数(如正弦波的振幅、频率或相位)的变化,将数字信号寄载于高频上,这个高频正弦波称为载波。这种变换过程是由调制器完成。解调器是调制器的逆过程,即接收端收到已调信号后恢复出原数字信号。

5. 信道和噪声源

对于模拟通信系统或者数字通信系统,信道是无差别的。数字信号在信道中传输仍然不可避免地会受到信道本身传输特性以及加性噪声的影响,因此在设计数字通信系统时应注意发送信号波形的选择和信道衰减的补偿。

数字通信系统有以下许多优点:(1)数字电路成本低;(2)保密性好;(3)动态范围(最大值与最小值之间的差值)更大;(4)不同信源的数据可以综合到一个数字通信系统中传输;(5)长途通信系统中,中继站之间的噪声不积累;(6)在强噪声条件下,误码较小;(7)可通过编码纠错。

不过,数字通信系统也有以下不足:(1)一般地说,数字通信系统比模拟通信系统要求更宽的带宽;(2)需要同步。

但是,数字通信系统的优点比其缺点多。因此,数字通信系统的应用越来越广泛。

第五节 信息的度量

一、离散信源的信息量

现代通信中的信息量采用香农(Shannon)基于概率统计的定义,信息量的大小,完全由事件所含的不确定性所决定。小概率事件的出现会带来很大的信息量,确定事件发生不带来任何信息量。用概率来表示事件发生的可能性,则大概率事件的不确定性小于小概率事件,所以事件所包含的信息与事件发生的概率成反比。故定义事件 x_i 的自信息量为

$$I_{x_i} = \log_a \frac{1}{P(x_i)} \quad (1-1)$$