

高等学校应用型通信技术系列教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

数字通信原理

强世锦 荣健 编著



清华大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了现代通信的基础理论及相关技术。全书共分8章,主要包括基础预备知识、信源编码、数字信号的基带传输、数字调制传输、同步与数字复接(涉及PDH及SDH系列)、纠错编码及数字通信技术应用实例。本书参考学时为80学时。

本书在内容选择方面注重体现职业教育的特色;在论述上强调物理概念,注意实用性及与后续课程的衔接;力求系统地阐述现代通信系统的基本原理和新技术,即以数字通信为核心,突出系统的基本分析方法、工作原理和信号流程图,以便建立数字通信的整体概念;注重数字通信技术的核心内容的阐述;每章末附有小结及习题与思考题。

本书可作为高职高专通信、电子、信息工程类专业的教材,也可供应用型本科、电大、函大、成人自考等相关专业选用,还可供相关工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数字通信原理/强世锦,荣健编著. —北京:清华大学出版社,2008.5

高等学校应用型通信技术系列教材

ISBN 978-7-302-17226-0

I. 数… II. ①强… ②荣… III. 数字通信—高等学校—教材 IV. TN914.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第036512号

责任编辑:刘青

责任校对:袁芳

责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

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

社总机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 刷 者:北京市昌平环球印刷厂

装 订 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:17

字 数:377千字

版 次:2008年5月第1版

印 次:2008年5月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:24.00元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:023873-01

随着我国国民经济的持续增长,信息化的全面推进,通信产业实现了跨越式发展。在未来几年内,通信技术的创新将为通信产业的良性、可持续发展注入新的活力。市场、业务、技术等持续拉动,法制建设的不断深化,这些也都为通信产业创造了良好的发展环境。

通信产业的持续快速发展,有力地推动了我国信息化水平的不断提高和信息技术的广泛应用,同时刺激了市场需求和人才需求。通信业务量的持续增长和新业务的开通,通信网络融合及下一代网络的应用,新型通信终端设备的市场开发与应用等,对生产制造、技术支持和营销服务等岗位的应用型高技能人才在新技术适应能力上也提出了新的要求。为了培养适应现代通信技术发展的应用型、技术型高级专业人才,高等学校通信技术专业的教学改革和教材建设就显得尤为重要。为此,清华大学出版社组织了国内近 20 所优秀的高职高专院校,在认真分析、讨论国内通信技术的发展现状,从业人员应具备的行业知识体系与实践能力,以及对通信技术人才教育教学的要求等前提下,成立了系列教材编审委员会,研究和规划通信技术系列教材的出版。编审委员会根据教育部最新文件政策,以充分体现应用型人才培养目标为原则,对教材体系进行规划,同时对系列教材选题进行评审,并推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。本系列教材涵盖了专业基础课、专业课,同时加强实训、实验环节,对部分重点课程将加强教学资源建设,以更贴近教学实际,更好地服务于院校教学。

教材的建设是一项艰巨、复杂的任务,出版高质量的教材一直是我们的宗旨。随着通信技术的不断进步和更新,教学改革的不深入,新的课程和新的模式也将不断涌现,我们将密切关注技术和教学的发展,及时对教材体系进行完善和补充,吸纳优秀和特色教材,以满足教学需要。欢迎专家、教师对我们的教材出版提出宝贵意见,并积极参加教材的建设。

清华大学出版社

2006 年 6 月

PREFACE

前言

本书是教育部“十一五”国家级高职高专信息工程类规划专业系列教材之一,根据教育部高职高专培养目标和对本课程的基本要求编写而成,经过教育部“十一五”系列教材编委会审定。

本书参考学时为 80 学时。第 1 章简要介绍数字通信系统的组成和分类、主要技术和性能指标;第 2 章讲授该课程所涉及的基础知识;第 3 章介绍信源编码和时分复用及帧同步技术;第 4 章介绍数字基带传输的基本原理,并对扰码和解扰做初步阐明;第 5 章介绍了几种基本的调制传输技术及性能比较;第 6 章讲述同步及数字复接,重点介绍数字通信特有的位同步技术,较为详细地介绍了 PDH 和 SDH 体系;第 7 章介绍几种常用的纠错编码技术;第 8 章介绍了一些数字通信技术应用实例。

本书有以下几方面的特点:

1. 经典内容与新技术及其发展趋势相结合。在注意通信系统整体性的前提下,阐明各组成部分的工作原理和技术要求,尽可能地选用具有代表性的例子来说明,以便学生加深理解。
2. 注意教材的可实施性,避免繁琐的数学推导,力求从结论上深入浅出地阐明其物理概念。
3. 顺应大规模集成电路的发展,注重介绍数字通信的工作原理和信号流程图,着重强调各类技术指标的物理意义和实用性,尽可能回避分离电路的介绍。
4. 全书的图形、符号和术语尽量采用现行国标,章后附有小结和思考题,并尽量选用具有典型意义的习题。

另外,由于该课程与“信号与系统”中各类信号(包括随机信号)的时域和频域分析有着密切联系,并且这些内容是学生学习中的难点。为了更有利于本课程的学习,编者根据多年的教学体验,在第 2 章中单独组织了一些信号与系统的知识,做了尽可能通俗化和形象化的阐述和提炼,并通过列举丰富的实例,使学生对各类信号与系统的基本概念有深入的认识,为学习通信原理奠定必要的基础。这部分内容可根据实际情况选用。

本教材在内容选择上力求既能反映当前通信发展的现状,又能较好地跟踪未来通信发展的新动向。在写法上力求条理清楚,深入浅出,理论联系实际,突出物理概念,避免繁琐的数学推导,使内容通俗易懂,适宜自

学、便于教学。

上海电子信息职业技术学院严晓华教授、广州民航职业技术学院李斯伟教授对本书的编写提出了宝贵意见,并审阅了全书内容。

本书在编写过程中得到同教研室的老师们的全力帮助和支持,在此表示衷心的感谢。另外,也非常感谢家人的全力支持,感谢所在单位的鼎力协助,感谢清华大学出版社给予的帮助与支持,使本书顺利完稿。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2007年7月

CONTENTS

目 录

82	.....	.....
12	.....	.....
22	.....	.....
72	.....	.....
72	.....	.....
72	.....	.....
82	.....	.....
10	第 1 章 绪论	1
80	1.1 通信技术的发展与信息社会	1
10	1.2 通信系统的组成和分类	3
80	1.2.1 通信系统的组成	3
27	1.2.2 通信系统的分类	4
37	1.2.3 数字通信系统及主要技术	6
47	1.2.4 数字通信的主要特点	9
76	1.3 数字通信系统的主要性能指标	11
28	1.3.1 有效性指标	11
28	1.3.2 可靠性指标	12
48	小结	13
28	习题与思考题	13
88	第 2 章 预备知识	15
80	2.1 信号处理和分析的基础知识	15
40	2.1.1 信号的种类	15
20	2.1.2 模拟信号和数字信号	17
70	2.1.3 信号的表达和分析方法	18
100	2.1.4 单位冲激信号	26
501	2.1.5 系统响应及分析	29
801	2.2 概率论的基础知识	33
201	2.2.1 概率的概念	33
801	2.2.2 概率的一些基本定理	34
801	2.3 随机信号的描述	36
1001	2.3.1 概述	36
701	2.3.2 随机变量的概率密度函数与分布函数	39
801	2.3.3 几种典型的概率分布	40
111	2.3.4 随机信号的数字特征	44

2.3.5 随机信号的相关函数	48
2.4 消息、信号、信息及其度量	50
2.5 语音的功率密度分布和听觉频率特性	53
小结	54
习题与思考题	55
第3章 模拟信源数字化与时分复用	57
3.1 抽样定理	57
3.1.1 引言	57
3.1.2 低通型信号理想抽样定理	59
3.1.3 带通型信号抽样定理	61
3.2 模拟信号的量化	63
3.2.1 均匀量化和量化噪声	64
3.2.2 非均匀量化	68
3.3 脉冲编码调制	73
3.3.1 码字与码型	73
3.3.2 码位安排	74
3.3.3 逐次反馈型编码器	76
3.3.4 PCM 非线性解码器	82
3.3.5 单片 PCM 编解码器	83
3.4 自适应差值脉码调制	84
3.4.1 差值脉码调制的原理	85
3.4.2 自适应差值脉码调制的基本思路	88
3.5 时分多路复用通信	93
3.5.1 时分多路复用概念	93
3.5.2 帧同步	94
3.5.3 帧结构	95
3.5.4 定时系统	97
3.6 数据压缩技术简介	100
小结	102
习题与思考题	103
第4章 数字信号的基带传输	105
4.1 数字信号传输的基本理论	106
4.1.1 数字信号波形与频谱	106
4.1.2 带限传输对信号波形的影响	107
4.1.3 数字信号传输的基本准则	109
4.1.4 数字信号基带传输系统	111

4.2	PCM 信号的再生中继传输	112
4.2.1	信道特性和噪声	112
4.2.2	再生中继	113
4.2.3	信号波形的均衡	115
4.2.4	时钟提取	118
4.2.5	判决再生	119
4.3	中继传输性能的分析	120
4.3.1	信道噪声及干扰	120
4.3.2	误码率及误码率的累积	122
4.3.3	相位抖动	125
4.4	基带传输的常用码型	126
4.4.1	数字基带信号的码型设计原则	126
4.4.2	常用的几种码型	127
4.5	扰码与解扰	129
4.5.1	m 序列的产生	130
4.5.2	扰码与解扰原理	134
4.6	PCM 中继传输系统的测量	136
4.6.1	误码率的测量	136
4.6.2	误码率的指标	137
4.6.3	PCM 中继系统故障位置的测定	138
	小结	139
	习题与思考题	139
第 5 章	数字调制传输	141
5.1	引言	141
5.2	幅度键控	142
5.2.1	调制与解调原理	142
5.2.2	ASK 信号与功率谱	144
5.3	频移键控	146
5.3.1	FSK 信号和功率谱	146
5.3.2	FSK 的产生和解调	147
5.4	二相调相键控	148
5.4.1	绝对调相和相对调相	148
5.4.2	调相信号的产生	150
5.4.3	二相调相信号的功率谱	151
5.4.4	二相调相信号的解调	152
5.5	四相调相系统	154
5.5.1	多相调相的概念	154

5.5.2	四相调相	155
5.5.3	四相调相原理及电路	157
5.6	其他调相方式	163
5.6.1	八相调相	163
5.6.2	正交调幅	165
5.7	各种调制方式的主要性能比较	168
5.7.1	信道频带利用率	168
5.7.2	误码率	169
	小结	171
	习题与思考题	172
第6章	同步与数字复接	173
6.1	同步技术概述	174
6.2	位同步	176
6.2.1	外同步法	176
6.2.2	自同步法	178
6.2.3	重要的位同步锁相环	179
6.2.4	位同步的主要性能指标	183
6.3	数字复接原理	184
6.3.1	数字复接的基本概念	185
6.3.2	数字复接中的码速变换	188
6.3.3	同步复接与异步复接	190
6.3.4	同步数字系列简介	196
	小结	204
	习题与思考题	205
第7章	纠错编码	206
7.1	差错控制方式	206
7.1.1	检错重发	206
7.1.2	前向纠错	208
7.1.3	混合纠错	208
7.2	纠错编码的基本原理	208
7.3	常用的简单编码	211
7.3.1	奇偶监督码	211
7.3.2	水平奇偶监督码	212
7.3.3	水平垂直奇偶监督码	212
7.3.4	群计数码	212
7.4	线性分组码	213

7.4.1	线性分组码的概念	213
7.4.2	线性分组码的矩阵描述	215
7.4.3	线性分组码的纠错与检错	218
7.5	卷积码	219
7.5.1	卷积码的结构及描述	219
7.5.2	卷积码的图解表示	220
7.5.3	卷积码的维特比译码方法	224
小结	.....	228
习题与思考题	.....	229
第 8 章	数字通信技术应用	231
8.1	PCM 和 ADPCM 语音编、译码技术应用	231
8.1.1	采用 FPGA 技术实现 PCM 基群接口接入遥测系统	231
8.1.2	利用 ADPCM 进行网络环境下的实时多点语音通信	233
8.2	64QAM 调制在数字有线电视中的应用	238
8.2.1	数字 CATV 系统前端组成及关键技术	238
8.2.2	数字调制技术	239
8.2.3	频道的设置	241
8.2.4	QAM 输出电平的确定	241
8.3	SDH 技术应用	241
8.3.1	SDH 技术应用于新一代程控交换机中	241
8.3.2	SDH 在铁通 IP 城域网中的应用	246
8.4	信道编码技术应用	249
8.4.1	伪随机序列的应用	249
8.4.2	汉明码在数字水印中的应用	252
小结	.....	255
附录	部分习题答案	256
参考文献	.....	259

绪 论

本章提要

- 通信系统的组成及分类
- 数字通信的主要特点和主要技术
- 数字通信的性能指标

1.1 通信技术的发展与信息社会

人类生活在信息的海洋里,离不开信息的交流与传递。在日常生活中信息(information)往往以消息(message)的形式表现,如从远古的消息树、烽火台和驿马传令到现代的文字、语言、书信、数据、图像等都可看成是“消息”的集合。传递消息的目的就在于接收一方获取原来不知道的内容或信息。消息是具体的,但它不是信息本身。消息携带着信息,消息是信息的表达者。对于某一个消息,不同的接收者所获取的信息量是不同的。例如,某一条新闻说,今天北京地区下了大雪,北京人从中没有获得任何信息,因为他们已经知道;对于其他地区的人,却获得了一定的信息。再如天气预报报告某地区降水概率为 10%,人们普遍认为当天不会下雨,结果人们从当天下雨了的消息中获得的信息量的大小是与消息的接收者所处的状态有关。在日常生活中,“信息”这个用语缺乏确切的概念,而且有很强的主观性。科学上所说的信息正是从这个原始的、含糊不清的概念中概括、提炼得到的,它有严格、确切的含义,1948 年发表的香农信息理论给出了定量描述,第 2 章将详细阐述。

通信就是克服距离上的障碍,迅速而准确地交换和传递信息。信息常以某种消息的方式依附于物质载体,借以实现存储、交换、处理、变换和传输。人们要让信息在时域和空域上转移和转换,从此方传送到彼方,从前一时推移到后一时,从一种形式转移到另一种形式,就需要有装载信息的媒体。所谓媒体就是一种传送信息的手段,或装载信息的物质,如话音、磁盘、磁带、声波、电波等都可作为信息的媒体。通信技术的发展历史就是人们长期寻求如何利用各种媒体实现迅速而准确地传递更多的信息到更远处的历史。通信技术伴随着人类经济和文化的发展不断进步,尤其在近代社会,其发展速度一日千里。

早在远古时代,人们利用烽火、狼烟、金鼓、旗语作为表现信息和传递信息的手段,其表现能力极为有限。语言是人类通信的重要媒体,当它作用于人与人的关系时,是表达

相互反应或传递信息的中介;当它作用于人和客观世界的关系时,是人认知事物的工具,是文化信息的载体。文字是语言等信息的书写符号,是人与人之间交流信息的约定俗成的视觉符号系统。由于文字的发明,能传送的信息种类飞速增加,借助这种媒体,人们可以把各种信息准确无误地传送到遥远的地方。印刷术的发明使得向多人传送相同信息的手段发生了划时代的变化,它使书刊大批量印刷成为可能,使得信息流传远方,世代相传。此外,人们传达情感的手段还有绘画和雕刻等方式,它们成为古代人超越时间向现代人传递信息的媒体。

在 W. 希尔伯特指出了电的存在以后,科学家对电引起的各种现象进行了研究,逐步使其达到实用水平。继 1838 年莫尔斯发明电报之后,陆续诞生了多种利用电为媒体的信息传输手段,在传送信息的数量、速度及范围等方面有了迅速的发展。1876 年 A. G. 贝尔发明了电话,1896 年 G. 马可尼成功地发明了无线电报。电子管、晶体管的发明实现了把被衰减的电信号放大,能把电报、电话传送到更遥远、更辽阔的地方。马可尼通信方式发展成无线电广播,进而出现了传送图像、照片、文件等信息的传真和电视广播等通信方式。

计算机的发明在现代通信技术的各种媒体中占有独特的地位。计算机在各领域作为信息处理设备,它与通信系统相结合,使电信业务更加丰富,产生了可视图文(videotex)、图文电视(teletext)等新的记录型媒体,还有电子邮件(E-mail),它是包括文字、语音、图形的电子信函。新的实时型媒体有电子会议(tele-conferencing),有计算机、语音、视像会议等形式,还有交互式电视,为用户提供许多视像节目。由此可见,在近代,媒体有了迅速的发展,使得 21 世纪成为发达的信息社会,其中多媒体通信将支撑未来信息社会的发展,在这种新的通信业务中同时存在着语音、文字、图形、图像、音响和视像等多种媒体,因此,其想象力十分丰富。

由于社会对通信技术的需要越来越迫切,大大推动了通信科学的发展,从 20 世纪 30 年代开始,尤其是 50 年代之后,人们逐步对通信实践中遇到的问题展开了深入的理论研究,并获得了可喜的进展,在通信理论上,先后形成了“过滤和预测理论”、“香农信息论”、“纠错编码理论”、“信源统计特性理论”、“信号保真度理论”、“调制理论”、“信号检测理论”等。在通信的体制上,由于电子管技术更加完善、晶体管出现以及集成电路问世,不仅促进了电话那样的模拟通信的高速发展,而且于 20 世纪中叶对电报通信方式有了重大的突破,出现了具有广阔前景的数字通信方式。在通信种类上,相继出现了脉码通信、微波通信、卫星通信、激光通信、移动通信和计算机通信等。在通信的对象上,突破了人与人之间通信的范畴,实现了人与机器或机器与机器之间的通信。现代通信正朝着以适应知识密集型信息化社会各种通信要求的方向发展。进入 70 年代以来,世界上的先进国家已完全掌握了在各种传输介质(微波、电缆、卫星、光纤等)中传输数字信号的技术。

从语言的产生、文字的创造、印刷术的发明到电报、电话的电气通信时代到来,从指南针到全球定位导航系统,从无绳电话、可视电话等多功能电话机、袖珍寻呼机、传真机到各种数据通信系统、会议电视系统、高清晰度电视等的使用,直到今天电子计算机的普及和微波、卫星、光纤、移动通信技术的飞速发展,人类通信产生了革命性的突变,从根本

上改变了传统的信息传输手段。人类每时每刻通过以建成的覆盖全球的各种通信网,包括地面的、海底的、空间的,在不同地域、不同社会、不同群体之间交换和传递着海量信息,以满足当今社会更加广泛、快捷、可靠、大容量、多方式的信息交换和传递要求。

现代通信系统是信息时代的生命线。传统的通信网已不适应现代通信的要求,为了给用户提供越来越多、越来越快的信息服务,通信技术正在大踏步地走向智能化和网络化。各单项技术汇成综合业务数字网络(Integrated Service Network, ISDN),开辟了网络时代的新纪元,是当前国际竞争的一个热点。由于数字通信具有一系列优点,在 20 世纪 80 年代,各国相继投入大量资金改建通信线路,使其逐步成为综合数字网(IDN),即除用户线以外,进入本地区交换局以后信息的传输、交换都将以数字形式进行,它可以方便地实现各种业务的处理和交换。80 年代末、90 年代初出现综合业务数字网(ISDN)的发展高潮。窄带 ISDN 迅速走向宽带化(Broadband)、智能化(Intelligent)和个人化(Personal),标志着信息传输技术走向成熟。宽带综合业务数字网(BISDN)、多媒体终端技术(MMT)、综合移动卫星通信(MSAT)、个人通信网(PCN)以及智能通信网(IN 或 AIN)等相继问世,使世界信息和通信市场空前繁荣。

1.2 通信系统的组成和分类

1.2.1 通信系统的组成

传递或交换信息所需的一切技术设备的总和称为通信系统。通信系统的一般模型如图 1.1 所示。

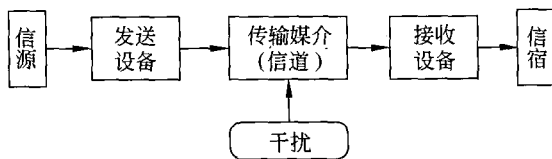


图 1.1 通信系统的一般模型

1. 信源和信宿

信源是发出信息的源,信宿是传输信息的归宿点。

信源可以是离散的数字信源,也可以是连续的(或离散的)模拟信源。模拟信源(如电话机、电视摄像机)输出连续幅度的模拟信号;离散数字信源(如电传机、计算机)输出离散的数字信号。数字信号与模拟信号的区别是幅度取值上是否离散,两者在一定条件下可以互相转换。

2. 发送设备

发送设备的基本功能是使信源与传输媒介匹配起来,即将信源产生的消息信号变换为便于传送的信号形式送往传输媒介。变换方式是多种多样的,在需要频谱搬移的场

合,调制是最常见的。发送设备还包括为达到某些特殊要求而进行的各种处理,如多路复用、保密处理、纠错编码等。

3. 信道

信道是指传输信号的通道,从发送设备到接收设备之间信号传递所经过的媒介,可以是无线的,也可以是有线的。有线和无线均有多种传输媒介。信道即给信号以通路,也会对信号产生各种干扰和引入噪声。传输媒介的固有特性和干扰直接关系到通信的质量。

4. 接收设备

接收设备的基本功能是完成发送设备的反变换,即解调、解密、译码等。它的任务是从带有干扰的信号中正确恢复出原始消息。对于多路复用信号,还包括解除多路复用,实现正确分路。

以上所述是单向的通信系统。在多数场合下,信源兼为信宿,通信的双方需要随时交流信息,因而要求双向通信。电话就是一个最好的例子,通信双方都要有发送设备和接收设备,如果两个方向用各自的传输媒介,则双方可独立进行发送和接收;若共用传输媒介,则用频率或时间分割的办法来共享。

此外,通信系统除了完成信息传递之外,还必须进行信息的交换。传输系统和交换系统共同组成一个完整的通信系统,乃至通信网络。

1.2.2 通信系统的分类

1. 按通信的业务和用途分类

根据通信的业务和用途不同,有常规通信、控制通信等。常规通信又分为话务通信和非话务通信,话务通信业务主要是电话信息服务业务、语音信箱业务和电话智能网业务。非话务通信主要是分组数据业务、计算机通信、数据库检索、电子数据交换、传真存储转发、可视图文及会议电视、图像通信等。由于电话通信最为发达,其他通信常常借助于公共的电话通信系统。未来的综合业务数字通信网中,各种用途的消息都能在统一的通信网中传输、交换和处理。控制通信包括遥测、遥控、遥信和遥调通信等,如雷达数据通信和遥测、遥控指令通信等。根据不同通信业务的工作方式的要求,通信系统可以分为多种类型:

- 单媒体通信系统:如电话、传真等。
- 多媒体通信系统:如电视、可视电话、会议电话、远程教学等。
- 实时通信系统:如电话、电视等。
- 非实时通信系统:如电报、传真、数据通信等。
- 单向通信系统:如广播、电视等。
- 交互通信系统:如电话、点播电视(VOD)等。
- 窄带通信系统:如电话、电报、低速数据通信等。
- 宽带通信系统:如点播电视、会议电视、远程教学、远程医疗、高速数据通信等。

2. 按调制方式分类

根据是否采用调制,可将通信系统分为基带传输和调制传输。

基带传输是将未经调制的信号直接传送,如音频市内电话、数字信号基带传输等。

调制传输是对各种信号变换后传输的总称。调制的目的有以下几个方面:

(1) 便于信息的传输

调制过程可将信号频谱搬移到任何需要的频谱范围,便于与信号传输特性匹配。如无线传输是必须将信号载人在高频上才能使其易于以电磁波的形式在自由空间辐射出去。又如在数字电话中将连续信号变换为脉冲编码调制信号,以便在数字系统中传输。

(2) 改变信号占据的带宽

调制后的信号频谱通常被搬移到某个载频附近的频带内,其有效带宽相对于载频而言是一个窄带信号,在此频带内引入的噪声就减小了,从而提高了通信系统的抗干扰性。

(3) 改善系统性能

由信息论的观点可以证明,有可能用带宽增加的方式来换取信噪比的提高,从而提高通信系统的可靠性。各种调制方式有不同的带宽。表 1.1 给出常用调制方式及其用途。

表 1.1 常用调制方式及其用途

		调制方式	用途
连续波调制	线性调制	常规双边带调幅 AM	广播
		抑制载波双边带调幅 DSB	立体声广播
		单边带调幅 SSB	载波通信、无线电台、数传
		残留边带调幅 VSB	电视广播、数传、传真
	非线性调制	频率调制 FM	微波中继、卫星通信、广播
		相位调制 PM	中间调制方式
	数字调制	幅度键控 ASK	数据传输
		频率键控 FSK	数据传输
相位键控 PSK、DPSK、QPSK 等		数据传输、数字微波、空间通信	
其他高效数字调制 QAM、MSK 等		数字微波、空间通信	
脉冲调制	脉冲模拟调制	脉幅调制 PAM	中间调制方式、遥测
		脉宽调制 PDM(PWM)	中间调制方式
		脉位调制 PPM	遥测、光纤通信
	脉冲数字调制	脉码调制 PCM	市话、卫星、空间通信
		增量调制 DM、CVSD 等	军用、民用电话
		差分脉幅调制 DPCM	电视电话、图像编码
		其他语音编码方式 ADPCM、APC、LPC 等	中、低速数字电话

3. 按传送信号的特征分类

按照信道中所传输的是模拟信号还是数字信号,把通信系统分成模拟通信系统和数字通信系统。

4. 按信号的复用方式分类

传送多路信号有3种复用方式,即频分复用、时分复用和码分复用。频分复用是用频谱搬移的方法使不同信号占据不同的频谱范围;时分复用是用脉冲调制的方法使不同信号占据不同的时间区间;码分复用是用正交的脉冲序列携带不同信号。传统的模拟通信系统都采用频分复用。随着数字通信的发展,时分复用通信系统的应用越来越广泛,码分复用主要用于空间通信的扩频通信系统中。

5. 按传输媒介分类

通信系统分为有线(包括光纤)和无线两大类。表1.2中列出了常用的传输媒介及其主要用途。

表 1.2 常用传输媒介

频率范围	波长	符号	传输媒介	用途
3Hz~30kHz	$10^8 \sim 10^4$ m	甚低频 VLF	有线线对、长波无线电	音频、电话、数据终端、长距离导航、时标
30~300kHz	$10^4 \sim 10^3$ m	低频 LF	有线线对、长波无线电	导航、信标、电力线通信
300kHz~3MHz	$10^3 \sim 10^2$ m	中频 MF	同轴电缆、中波无线电	调幅广播、移动陆地通信、业余无线电
3~30MHz	$10^2 \sim 10$ m	高频 HF	同轴电缆、短波无线电	移动无线电话、短波广播、定点军用通信、业余无线电
30~300MHz	10~1m	甚高频 VHF	同轴电缆、米波无线电	电视、调频广播、空中管制、车辆通信、导航
300MHz~3GHz	100~10cm	特高频 UHF	波导、分米波无线电	电视、空间遥测、雷达导航、点对点通信、移动通信
3~30GHz	10~1cm	超高频 SHF	波导、厘米波无线电	微波接力、卫星和空间通信、雷达
30~300GHz	10~1mm	极高频 EHF	波导、毫米波无线电	雷达、微波接力、射电天文学
$10^5 \sim 10^7$ GHz	$3 \times 10^{-4} \sim 3 \times 10^{-6}$ cm	紫外、可见光、红外	光纤、激光空间传播	光通信

1.2.3 数字通信系统及主要技术

数字通信系统就是利用数字信号来传递信息的通信系统。图1.2给出了数字通信系统原理结构模型。数字通信系统涉及的技术问题很多,包括信源编码、保密编码、信道编码、数字调制、信道、数字复接及多址、数字信息交换和同步等。

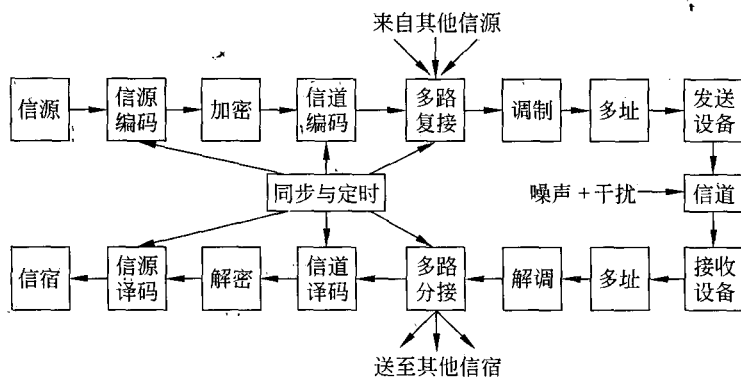


图 1.2 数字通信系统的组成

1. 信源编码与译码

模拟信号数字化是数字通信技术的基础。将声音或图像信号变换为数字信号并在数字通信系统中传输,要经过如下过程:首先对声音或图像信号进行时间上的离散化处理,这就是取样;然后将样值信号的幅度进行离散化处理,这就是量化。量化的目的是便于编码。除采用最基本的脉冲编码调制(PCM)外,为了提高数字编码信号的有效性,还需要尽量减少原信息的冗余度,进行压缩信号频带的编码,称之为信源编码。信源译码是信源编码的逆过程。由此可见,信源编码有两大主要任务:第一是将信源的模拟信号转变成数字信号,即通常所说的模/数变换;第二是设法降低数字信号的数码率,即通常所说的数据压缩。编码比特数在通信中直接影响传输所占的带宽,而传输所占的带宽又直接反映了通信的经济性,因此,信源编码技术在很大程度上是围绕压缩编码及提高通信的有效性等问题而发展的。

2. 加密与解密

为了保证数字信号与所传信息的安全性,一般应采取加密措施。数字信号比模拟信号易于加密,且效果更好,这是数字通信突出的优点之一。在要求保密通信的系统中,可在信源与信道编码之间加入加密器,同时在接收端加入解密器。加密器产生密码,人为地将输入明文数字序列扰乱。这种编码可以采用周期非常长的伪随机序列,甚至采用完全无规律的噪声码,这种处理过程称为加密。在接收端对接收到的数字序列进行解密,恢复明文。

3. 信道编码与译码

数字信号在信道中传输时,由于噪声、衰落以及人为干扰等,将产生差错。信道编码的目的就是提高通信的抗干扰能力,尽可能进行控制差错,实现可靠通信。信道编码的一类基本方法是波形编码,或称为信号设计,即把原来的波形变换成新的较好的波形,以改善其检测性能。编码过程主要是使被编码信号具有更好的距离特性(即信号之间的差别性更大),这类编码有双极性波形、正交波形、多元波形、双正交波形等。另一类基本方法可获得与波形编码相似的差错概率,但所需带宽较大,为了尽量把差错纠正过来,根据信道特性,采用一种对传输的原始信息按一定编码规则进行编码,达到对数字信息的保护作用,提高数字通信的可靠性。在接收端按一定的规则进行译码,看其编码规则是否