



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家级特色专业“通信工程”系列教材

数字通信

(第2版)

郝建军 桑林 刘丹谱 罗涛 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

国家级特色专业“通信工程”系列教材

数 字 通 信

(第 2 版)

北京邮电大学出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书以数字通信技术为主线,对信源编码、信道编码、复用及复接原理、数字传输系统、同步系统、多址技术及无线通信技术进行了系统的论述,注意结合实际的数字通信系统,并特别介绍了一些数字通信技术新的应用;既适应了当前通信领域发展的现状,又反映了这一领域发展的最新进展。

本书系统性强,除必要的数学推导外,突出基本概念、基本原理的阐述,注重数字通信技术在实践中的应用和吸收新的技术成果,各章均有习题及计算机仿真练习。

本书阐述简练,深入浅出,图文并茂,适用面较宽,既可作为高等院校通信专业和相近专业的教材或参考书,也可供工程技术人员及技术管理人员阅读和参考。

北京邮电大学通信工程专业是教育部批准的第一批高等学校特色专业建设项目(TS2055),本系列教材的编写获得了该项目的资助,其目标是围绕该项目的建设,打造通信工程专业的精品教材。

图书在版编目(CIP)数据

数字通信/郝建军等编著. --2 版. --北京:北京邮电大学出版社,2010.7

ISBN 978-7-5635-2218-7

I. ①数… II. ①郝… III. ①数字通信 IV. TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 017705 号

书 名: 数字通信(第 2 版)

编 著 者: 郝建军 桑 林 刘丹谱

责任编辑: 王晓丹

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt. edu. cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市梦宇印务有限公司

开 本: 787 mm× 960 mm 1/16

印 张: 31.5

字 数: 722 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2002 年 2 月第 1 版 2010 年 7 月第 2 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2218-7

定 价: 56.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

随着社会经济的发展,人类已进入信息社会,信息化离不开信息的传输,而数字通信是信息传输的重要手段。当今数字通信技术应用越来越广泛,数字通信的新设备也不断涌现,人们越来越期望了解和掌握数字通信技术,除了掌握其基础理论外,还希望了解该学科的新成就及发展方向,使之具有更广泛的知识面和强烈的创新意识,本书正是为了顺应这一要求而编写的。

《数字通信》一书共分为 10 章,教学参考学时数为 102。全书以数字通信技术为主线,对信源编码、信道编码、复用及复接原理、数字传输系统、同步系统、多址技术及无线通信技术进行了系统的论述,注意结合实际的数字通信系统,并特别介绍了一些数字通信技术新的应用;既适应了当前通信领域发展的现状,又反映了这一领域发展的最新进展。

第 1 章绪论,主要介绍数字通信系统的基本组成和基本概念、发展趋势及主要性能指标。第 2 章信源编码,主要讲解了语音、图像信号的特点及编码方法、常用压缩编码、性能评价。第 3 章信道,基于一些常见的实际信道建立了信道的数学模型,并分析了信道特性对信号传输的影响。第 4 章数字复接技术,重点介绍了数字信号的复接方式、同步原理及数字系列 SDH。第 5 章数字传输技术,分析了基带传输和频带传输系统的基本原理和常用方法、传输码型的设计、扰码与解扰、时域均衡技术以及回波抵消的原理。第 6 章加性白高斯噪声下的数字最佳接收,基于信号空间和数字信号的矢量表示方法,运用统计判决理论分析了加性白高斯噪声背景下数字通信系统的最佳接收机结构及其性能。第 7 章差错控制编码,讲述了差错控制编码的机理及常用检错码和纠错码的概念,分析了线性分组码和卷积码的构成原理及解码方法,同时还介绍了网格编码调制(TCM)技术。第 8 章同步技术,讲述了同步在数字通信中的作用和意义,介绍了载波同步、位同步及群同步的实现方法及其性能指标,重点讲述了同步技术。第 9 章多址技术及其在通信系统中的应用,介绍了各种多址接入技术的基本原理及其特点,并以蜂窝

通信系统和卫星通信系统为例,着重从应用的角度讨论各种多址接入技术在现代无线通信系统中的应用。第10章无线数字通信技术,重点介绍了目前在无线移动通信领域获得广泛认可的扩频通信、正交频分复用、多输入多输出、协同通信、感知无线电以及自适应技术。

本书系统性强,除必要的数学推导外,突出基本概念、基本原理的阐述,注重数字通信技术在实际中的应用,各章均有习题及计算机仿真练习。由于不同专业、不同层次及先修课程各异,讲授时可根据不同需要确定取舍。最好先修通信原理,再阅读本书,这样更便于理解。

本书阐述简练,深入浅出,图文并茂,适用面较宽,既可作为高等院校通信专业和相近专业的教材或参考书,也可供工程技术人员及技术管理人员阅读和参考。

本书第1章、第8章由桑林编写,第4~6章由郝建军编写,第2章、第7章由刘丹谱编写,第3章、第10章由罗涛编写,第9章由桑林和罗涛共同编写。乐光新教授审阅了本书。

数字通信涉及面很广,难以在一本书中全部容纳。且由于时间和水平有限,书中难免有错误、遗漏和不妥之处,欢迎读者指正。

作 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 通信的基本概念	1
1.2 通信系统的组成	3
1.2.1 模拟通信系统	4
1.2.2 数字通信系统	5
1.2.3 数字通信的主要优缺点	6
1.3 现代通信技术发展概况	7
1.3.1 通信发展简史	8
1.3.2 通信技术的现状和发展趋势	9
1.4 数字通信系统的主要性能指标	11
1.4.1 一般通信系统的性能指标	11
1.4.2 数字通信系统有效性指标的具体表述	11
1.4.3 数字通信系统可靠性指标的具体表述	13
1.5 本书讨论的数字通信的主要问题	14
1.5.1 信源编码/译码	14
1.5.2 信道	14
1.5.3 复接技术	14
1.5.4 数字传输技术	14
1.5.5 加性白高斯噪声下的数字最佳接收	15
1.5.6 纠错编码/译码	15
1.5.7 同步技术	15
1.5.8 多址技术及其在通信系统中的应用	15
1.5.9 无线数字通信技术	15
1.5.10 通信标准	16
1.5.11 其他技术	16
习题	17

第2章 信源编码	18
2.1 模拟信号的数字化	18
2.1.1 抽样	19
2.1.2 量化理论	21
2.1.3 编码	29
2.2 语音编码技术	30
2.2.1 语音编码概述	31
2.2.2 语音信号的波形编码	34
2.2.3 语音信号的参数编码	40
2.2.4 语音信号的混合编码	47
2.3 图像编码技术	50
2.3.1 图像信号及其数字化	51
2.3.2 数字图像压缩编码	53
2.3.3 图像压缩编码标准	64
习题	75
第3章 信道	78
3.1 常见信道例举	79
3.1.1 有线信道	79
3.1.2 无线信道	83
3.1.3 水下声波信道	89
3.1.4 存储信道	89
3.2 信道的数学模型	90
3.2.1 调制信道模型	90
3.2.2 编码信道模型	91
3.3 信道特性对信号传输的影响	92
3.3.1 恒参信道特性及其对信号传输的影响	92
3.3.2 随参信道特性及其对信号传输的影响	96
3.3.3 随参信道特性的改善——分集接收技术	100
3.4 信道中的加性噪声及其对信号传输的影响	103
3.4.1 理想白噪声	104
3.4.2 带限噪声及其带宽	104
3.5 信道容量	106
3.5.1 信息的度量	106

3.5.2 离散信道	108
3.5.3 连续信道	111
习题	114
第4章 数字复接技术	116
4.1 数字信号的复接	116
4.1.1 数字信号的复接方式	118
4.1.2 同步复接与异步复接	119
4.1.3 数字复接的码速调整	122
4.2 时分多路复用原理和典型终端设备	130
4.2.1 时分多路复用原理	130
4.2.2 PCM 30/32 路系统简介	131
4.2.3 时分复用系统中的同步技术	134
4.3 同步数字系列	136
4.3.1 同步数字系列的基本概念及特点	136
4.3.2 同步数字系列的结构	139
4.3.3 SDH 的复用结构和复用方法	143
习题	154
第5章 数字传输技术	155
5.1 数字基带信号及其功率谱密度	156
5.1.1 数字脉冲幅度调制(PAM)	156
5.1.2 数字脉冲幅度调制基带信号功率谱密度	157
5.1.3 传输码型设计	165
5.2 加性白高斯噪声(AWGN)信道下数字基带系统	171
5.3 通过限带信道的数字基带系统	174
5.3.1 系统模型	174
5.3.2 无符号间干扰(ISI)设计:奈奎斯特脉冲成形准则	176
5.4 部分响应系统	180
5.5 时域均衡	185
5.5.1 时域均衡的原理	185
5.5.2 时域均衡器的实现	190
5.6 扰码与解扰	192
5.6.1 m 序列的产生及性质	193
5.6.2 扰码和解扰的原理	200

5.7 回波抵消的原理	201
5.8 数字调制的基本方法	202
5.9 几种现代数字调制技术	209
5.9.1 正交振幅调制	209
5.9.2 交错正交相移调制	211
5.9.3 最小频移键控与高斯最小频移键控	212
5.10 应用举例	216
5.10.1 数字微波通信系统	216
5.10.2 数字光纤通信系统的组成及特点	218
习题	222
第6章 加性白高斯噪声下的数字最佳接收	227
6.1 匹配滤波器	227
6.2 数字信号的信号空间表示	231
6.2.1 正交矢量空间	231
6.2.2 正交信号空间	232
6.2.3 几种调制信号的信号空间表示	234
6.3 确知信号的最佳接收	237
6.3.1 最大后验概率(MAP)准则	237
6.3.2 MAP接收机的实现——确知信号的相关接收机	241
6.4 加性白高斯噪声信道条件下数字基带信号的接收性能	244
6.4.1 利用低通滤波器的接收性能分析	245
6.4.2 利用匹配滤波器的接收性能分析	248
6.5 加性白高斯噪声信道条件下二进制数字调制信号的接收性能	252
6.5.1 二进制启闭键控(OOK)性能分析	252
6.5.2 二进制频移键控(2FSK)性能分析	259
6.5.3 二进制相移键控(2PSK)性能分析	264
6.5.4 二进制差分相移键控(2DPSK)性能分析	267
6.5.5 二进制确知信号最佳接收性能分析	268
6.5.6 二进制数字调制系统性能比较	273
6.6 多进制数字调制系统性能分析	275
6.6.1 MASK的最佳接收及性能分析	275
6.6.2 MPSK的最佳接收及性能分析	280
6.6.3 OQPSK调制的最佳接收和性能分析	284
6.6.4 正交幅度调制(QAM)性能分析	285

6.6.5 几种 M 进制数字调制系统的性能比较	289
习题	289
第 7 章 差错控制编码	295
7.1 概述	295
7.1.1 差错控制方式	296
7.1.2 差错控制编码的分类	298
7.1.3 差错控制编码的基本原理	299
7.2 几种常用的简单分组编码	302
7.2.1 奇偶监督码	302
7.2.2 行列监督码	303
7.2.3 恒比码	304
7.2.4 群计数码	304
7.2.5 ISBN 国际统一图书编号	305
7.3 线性分组码	305
7.3.1 线性分组码的基本概念	305
7.3.2 监督矩阵和生成矩阵	307
7.3.3 汉明码	310
7.3.4 交织技术	311
7.4 循环码	312
7.4.1 循环码的基本原理	312
7.4.2 BCH 码	318
7.4.3 RS 码	319
7.4.4 CRC 码	321
7.5 卷积码	321
7.5.1 卷积码的结构和图解表示	322
7.5.2 卷积码的解析表示	325
7.5.3 卷积码的译码	329
7.6 网格编码调制	334
7.7 Turbo 码	338
7.7.1 级联编码	339
7.7.2 阵列码和迭代译码	339
7.7.3 SISO 译码器	341
7.7.4 Turbo 码	344
7.7.5 Turbo 码的性能	346

7.8 低密度奇偶校验码(LDPC)	347
7.8.1 LDPC 码的构造	347
7.8.2 LDPC 码的译码	348
习题	349
第 8 章 同步技术	352
8.1 概述	352
8.2 载波同步技术	353
8.2.1 插入导频法	354
8.2.2 直接法	356
8.2.3 载波同步系统的性能指标	359
8.3 位同步技术	360
8.3.1 插入导频法	360
8.3.2 自同步法	362
8.3.3 位同步系统的性能指标	366
8.4 群同步	368
8.4.1 起止式同步法	369
8.4.2 集中插入法	369
8.4.3 分散插入法	373
8.4.4 群同步的保护	374
8.4.5 群同步系统的性能指标	376
8.5 网同步的基本概念	377
习题	380
第 9 章 多址技术及其在通信系统中的应用	382
9.1 多址接入技术	383
9.1.1 频分多址接入技术	384
9.1.2 时分多址接入技术	384
9.1.3 码分多址接入技术	386
9.1.4 空分多址接入技术	387
9.2 蜂窝移动通信系统及其中的多址接入技术	388
9.2.1 蜂窝通信技术	388
9.2.2 蜂窝移动通信系统	394
9.2.3 蜂窝移动通信系统中的多址接入技术	399
9.3 卫星通信系统及其中的多址接入技术	404
9.3.1 概述	404

9.3.2 卫星通信系统	406
9.3.3 卫星通信系统中的多址接入技术	410
习题	415
第 10 章 无线数字通信技术	416
10.1 扩频通信技术	418
10.1.1 扩频的基本原理	418
10.1.2 扩频通信系统的主要技术指标	421
10.1.3 扩频通信系统的特点及扩频方式	421
10.1.4 码分多址基本工作原理	424
10.1.5 地址码和扩频码的生成及其特性	426
10.2 正交频分复用技术	428
10.2.1 发展历史与研究现状	430
10.2.2 基本原理	431
10.2.3 OFDM 系统的收发信机结构框图	439
10.2.4 关键技术	440
10.3 多天线通信技术	446
10.3.1 发展历史与研究现状	447
10.3.2 多天线系统的主要特征	449
10.3.3 信道容量	451
10.3.4 空时编码技术	452
10.4 协同通信技术	466
10.4.1 发展历史与研究现状	466
10.4.2 协同通信协作方式	468
10.4.3 关键技术	472
10.5 感知无线电技术	473
10.5.1 发展历史与研究现状	473
10.5.2 基本概念	474
10.5.3 主要功能	475
10.5.4 相关国际标准	477
10.6 自适应技术	479
10.6.1 基本思想	480
10.6.2 自适应 OFDM 系统	481
10.6.3 研究热点及其应用	484
习题	489
参考文献	490

第1章 绪论

人类社会已进入信息化时代。信息化离不开信息的传输,而数字通信是信息传输的重要手段。全球数字化已成为当今社会的主要潮流,数字通信技术的应用越来越广泛,数字通信的新设备不断涌现,人们越来越期望了解和掌握数字通信技术。

本章主要介绍通信的基本概念、通信系统的基本组成、衡量数字通信的主要性能指标,并介绍数字通信领域发展的现状及数字通信系统中的主要技术问题等。

1.1 通信的基本概念

一般地说,通信(communication)是指由一地向另一地进行消息的有效传递。

从远古到现代,人类社会的各种活动与通信密切相关,特别是当今世界已进入信息时代,通信已渗透到社会各个领域,通信产品随处可见。通信已成为现代文明的标志之一,对人们日常生活和社会活动及发展起到越来越重要的作用。

古代“消息树”、“烽火台”和现代仍使用的“信号灯”等也是利用不同方式传递消息的,理应归属通信之列。然而,随着社会生产力的发展,人们对传递消息的要求也越来越高。在各种各样的通信方式中,利用“电”来传递消息的通信方法称之为电信(telecommunication)。这种通信具有迅速、准确、可靠等特点,而且几乎不受时间、地点、空间、距离的限制,因而得到了飞速发展和广泛应用。如今,在自然科学中,“通信”与“电信”几乎是同义词了。本课程中所说的通信,均指电信。即这里的通信是指:利用电子等技术手段,借助电信号(含光信号)实现从一地向另一地进行消息的有效传递和交换的过程。

通信传输的消息具有不同的形式,如:符号、文字、语声、音乐、数据、图像等。根据消息的不同形式、通信业务的不同种类、传输所用的不同信道,可将通信分成许多类,较常用的分类方法如下。

1. 按传输媒质分

按消息由一地向另一地传递时传输媒质的不同,通信可分为两大类:有线通信和无线通信。所谓有线通信,是指传输媒质为导线、电缆、光缆、波导等形式的通信,如明线通信、电缆通信、光缆通信等。所谓无线通信,是指利用高频电磁波经自由空间传递消息的一种通信方式。

常见的无线通信有微波通信、短波通信、超短波通信、移动通信、卫星通信、散射通信等。

2. 按信道中所传信号的不同分

信道在这里可理解成传输信号的通路。在信道中传送的信号可分为数字信号和模拟信号。信道中传输模拟信号的系统为模拟通信系统,信道中传输数字信号的系统为数字通信系统。由此通信亦可分为数字通信和模拟通信。

3. 按工作频段分

根据通信设备工作频率的不同,通信通常可分为长波通信、中波通信、短波通信、微波通信等。为了比较全面地对通信中所使用的频段有所了解,下面把通信使用的频段及说明列入表 1.1.1 中。

表 1.1.1 通信使用的频段及说明

频率范围	波 长	符 号	传输媒介	用 途
3 Hz~30 kHz	$10^8\sim10^4$ 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
30~300 kHz	$10^4\sim10^3$ m	低频 LF	有线线对 长波无线电	导航、信标、电力线通信
300 kHz~3 MHz	$10^3\sim10^2$ 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
3~30 MHz	$10^2\sim10$ m	高频 HF	同轴电缆 短波无线电	移动无线电电话、短波广播、定点军用通信、业余无线电
30~300 MHz	$10\sim1$ m	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
300 MHz~3 GHz	$1\sim10^{-1}$ m	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
3~30 GHz	$10^{-1}\sim10^{-2}$ m	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
30~300 GHz	$10^{-2}\sim10^{-3}$ m	极高频 EHF	波导 毫米波无线电	雷达、微波接力、射电天文学
$10^5\sim10^7$ GHz	$3\times10^{-6}\sim3\times10^{-8}$ m	可见光、红外	光纤 激光空间传播	光通信、蓝牙通信

通信中工作频率和工作波长的关系为

$$\lambda = \frac{c}{f} \tag{1.1.1}$$

式中, λ 为工作波长; f 为工作频率; c 为电波在自由空间中的传播速度, $c=3\times10^8$ m/s。

4. 按调制方式分

根据消息在送到信道之前进行调制时所用载波类型,通信可分为基带传输和频带传输。所谓基带传输是指信号只经过脉冲调制,已调基带信号直接通过基带信道传输的一种方式,而频带传输是指信号经过正弦载波调制后再送到带通信道中传输,接收端有相应解调措施的通信系统。

5. 按业务的不同分

目前通信业务可分为电报、电话、传真、数据传输、可视电话、无线寻呼等。另外,从广义的

角度来看,广播、电视、雷达、导航、遥控、遥测等也应列入通信的范畴。

6. 按收发者是否运动分

通信还可按收发者是否运动分为移动通信和固定通信。移动通信是指通信双方至少有一方在运动中进行信息交换。由于移动通信具有建网快、投资少、机动灵活的特点,它使用户能随时随地快速可靠地进行信息传递,因此,移动通信已被列为现代通信中的三大新兴通信方式之一。

另外,通信还有其他一些分类方法,如按多址方式可分为频分多址通信、时分多址通信、码分多址通信等。按用户类型可分为公用通信和专用通信等。

总之,通信从本质上讲就是实现信息传递功能的一门科学技术,它要将大量有用的信息无失真、高效率地进行传输,同时还要在传输过程中将无用信息和有害信息抑制掉。当今的通信不仅要有效地传递信息,而且还有存储、处理、采集及显示等功能,通信已成为信息科学技术的一个重要组成部分。

1.2 通信系统的组成

通信的任务是完成消息的传递和交换。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 1.2.1 所示的五部分:信息源、发送设备、信道、接收设备、受信者。

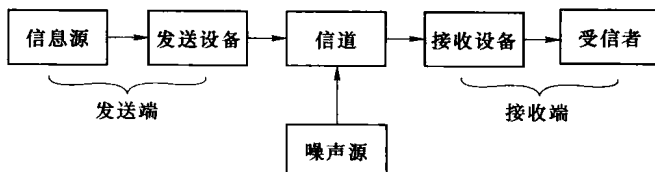


图 1.2.1 通信系统的模型

信息源(简称信源)的作用是把待传输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,按传输媒质的不同,可分为有线和无线两大类。所谓有线通信,是指传输媒质为导线、电缆、光缆、波导等形式的通信。其特点是媒质看得见、摸得着。所谓无线通信,是指传输媒质为看不见、摸不着的不同频率的电磁波的通信形式。

信道中自然会有噪声。图 1.2.1 中的噪声源,是叠加在信道中的所有噪声以及分散在通信系统中其他各处噪声的集合。图中这种表示是为了在分析和讨论问题时便于理解而人为设

置的。

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。

受信者(也称信宿或收终端)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。凡在时间上离散,且表征消息的某一参量(如振幅、频率、相位等)只能取有限个数值的信号,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。

1.2.1 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。模拟通信系统的组成方框图(通常也称为模型)如图1.2.2所示。

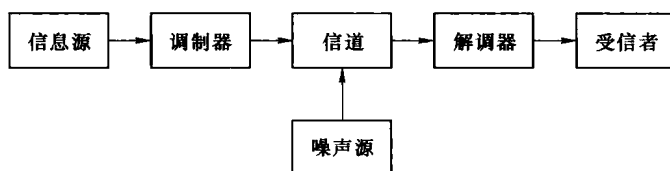


图 1.2.2 模拟通信系统模型

模拟通信系统主要包含了两种重要变换。一种是把连续消息变换成电信号(由发端信息源完成)及把电信号恢复成最初的连续消息(由收端受信者完成)。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;在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,上面两种变换对信号起决定性变化,它们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。

1.2.2 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。数字通信系统可进一步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。下面分别加以说明。

数字通信的基本特征是,它的消息或信号是“离散”或“数字”的,因而使数字通信具有许多特殊的特性。在模拟通信中,强调已调参量与代表消息的信号之间的比例特性,即强调变换的线性特性;而在数字通信中,则强调已调参量与代表消息的数字信号之间的一一对应关系。

数字通信还有以下特点。

(1) 数字信号传输时,信道噪声或干扰所造成的差错,原则上是可以控制的。这是通过所谓的差错控制编码来实现的。于是,就需要在发送端增加一个编码器,而在接收端相应需要一个解码器。

(2) 当需要实现保密通信时,可对数字基带信号进行加密,此时在接收端就必须进行解密。

(3) 由于数字通信传输是一个接一个按一定节拍传送的数字信号,因而收端必须有一个与发端相同的节拍,否则,就会因收发步调不一致而造成混乱。另外,为了表述消息内容,基带信号都是按消息特征进行编组的,于是,在收发之间一组组的编码的规律也必须一致,否则接收时消息的真正内容将无法恢复。在数字通信中,称节拍一致为“位同步”或“码元同步”,而称编组一致为“群同步”或“帧同步”,故数字通信中必须有“同步”。

综上所述,点对点的数字通信系统模型一般可用图 1.2.3 所示。图中,同步环节没有示意出,这是因为它的位置往往不是固定的,在此主要强调信号流程所经过的部分。

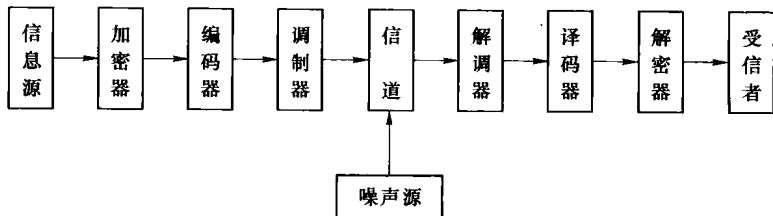


图 1.2.3 数字通信系统模型

需要说明的是,图中加密器/解密器、编码器/译码器、调制器/解调器等环节,在具体通信系统中是否全部采用,这要取决于具体设计条件和要求。但在一个系统中,如果发端有加密/编码/调制,则收端必须有解密/译码/解调。

通常把包含正弦载波调制器/解调器的数字通信系统称为数字频带传输通信系统,此时图 1.2.3 中的调制器即指正弦载波调制器。

与频带传输系统相对应,把不包含正弦载波调制器/解调器的数字通信系统称为数字基带