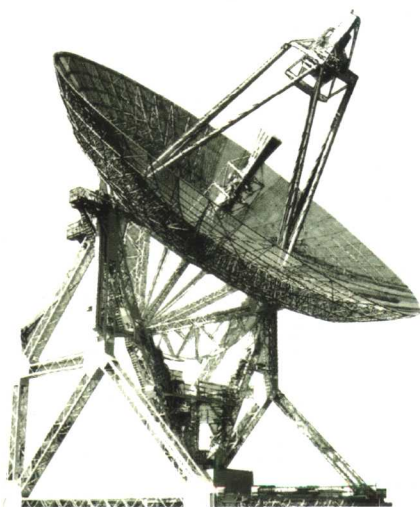


21世纪高等院校优秀教材

现代通信原理

(第2版)

沈保锁 侯春萍 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

21 世纪高等院校优秀教材

现代通信原理

(第 2 版)

沈保锁 侯春萍 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

现代通信原理 / 沈保锁, 侯春萍编著. —2 版. —北京: 国防工业出版社, 2006. 1
(21 世纪高等院校优秀教材)
ISBN 7-118-04151-3

I. 现... II. ①沈...②侯... III. 通信理论
IV. TN911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 108450 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 21¼ 486 千字

2006 年 1 月第 2 版 2006 年 1 月北京第 3 次印刷

印数: 7001—11000 册 定价: 32.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

再 版 前 言

本书系天津大学重点教材。本教材依据工科类通信教材出版编写大纲及作者多年来从事“通信原理”课程教学的实践经验编写而成。

本书自出版以来深受广大读者的欢迎,已重印过1次。随着通信事业的发展,新的技术不断涌现,教材也应与时俱进,内容应不断更新。在广泛征求有关专家和任课教师及学生的意见后,我们对本教材进行了修订,删去了部分陈旧的内容,增添了目前通信领域的一些新技术;并力求文字更加精炼,内容更加新颖。

本教材重点讲授通信的基本原理,内容力图跟踪目前通信发展的趋势,尽可能多地反映通信领域的新技术和新的发展方向。因此,本书大量地压缩了模拟通信的内容,着重介绍了数字通信的基本知识。本书主要分析了通信系统的传输原理,同时也对通信网的概念作了相应的介绍。为了使通信基本原理与实际通信电路相结合,在侧重讲授通信基本原理的基础上,本书还介绍了一部分常用的通信电路芯片。在本次修订中增加了有关数字移动通信的最新技术,例如 OFDM、Turbo 码等内容。在通信网一章做了较大幅度的修改,侧重讲解了通信网的基本概念、交换及协议,删去了部分实际网络的介绍。有关确知信号分析的内容,在有关“信号与系统”的课程中已有详细的介绍,本书没有另设章节讨论。

本书共分十章:第一章主要介绍通信的基本概念、通信系统模型、通信系统的性能指标,同时还讨论了信息的基本概念;第二章主要讨论信道的性能、随机信号分析、噪声;第三章主要介绍各种模拟通信系统的调制、解调方法,并讨论了各种模拟系统的抗噪声性能;第四章着重介绍 PCM、 Δ M、ADPCM、话音编码和图像编码的基本原理;第五章~第七章主要介绍数字通信的基带传输、频带传输、最佳接收、现代数字调制技术以及上述各种传输系统的性能分析;第八章着重分析载波同步、位同步、帧同步、网同步及跳频系统同步的实现方法和噪声性能;第九章内容包括信道编码原理、线性分组码、循环码、卷积码、TCM 码和 Turbo 码等;第十章主要介绍通信网的基本概念,内容包括交换、信令与协议、电信网、数字数据网、ISDN、ATM 等。本教材拟定为 80~100 学时,主要讲授各通信系统的基本原理、基本性能和基本的分析方法,并适当地介绍一些通信的新技术。受课时所限,书中将一些新的属于扩展知识内容的章节用“*”标出,供学生课下阅读。为了便于读者理解和复习,各章后面都附有习题,并且给出了部分习题答案供参考。

本书由沈保锁担任主编,并编写第一、二、三、五、六、八、十章。侯春萍编写第四、七、九章。本书由天津大学曹达仲教授担任主审。

在本书的编写过程中,得到了学校、院、系各级领导的支持和帮助。特别是得到了院长戴居丰教授、刘开华教授及主任金杰教授的大力支持和帮助。天津工业大学的苗长云

教授、天津理工大学的窦晋江老师、中央民族学院的王利众老师、天津大学的付晓梅老师和侯永宏老师对本书的修改提出了许多很宝贵的意见。在此表示衷心的感谢。

限于作者的水平,书中难免有不妥或错误之处,恳请读者批评指正。

作者

2005年8月于天津大学

内 容 简 介

本书系统地介绍了现代通信的基本原理,主要讲述了模拟通信系统与数字通信系统的基本传输原理及性能分析,重点讨论了数字通信系统原理,并对通信网作了适当的介绍。

本书内容包括绪论、信道、模拟调制系统、信源编码、数字信号的基带传输、数字信号的频带传输、现代数字调制技术、同步原理、信道编码、通信网概论等。各章后附有习题,书后附有部分习题答案。

本书力图跟踪目前通信发展的趋势,尽可能多地反映通信领域的新技术和新的发展方向。本书论述深入浅出,概念清楚,重点突出,便于教学。

本书可作为高等理工院校电子信息工程、通信工程、电子科学技术、电子应用技术、信息技术和相近各专业本科生的教材以及研究生的参考书,也可供从事通信领域工作的工程技术人员和科技工作者参考。

目 录

第一章 绪论	1
1.1 通信的概念	1
1.2 通信系统的组成	2
1.3 信息及其度量	4
1.4 衡量通信系统的性能指标	5
习题	6
第二章 信道	8
2.1 信道的定义和分类	8
2.2 信道模型	9
2.3 恒参信道	10
2.4 变参信道	12
2.5 随机过程的基本概念*	14
2.5.1 随机过程的定义	14
2.5.2 随机过程的统计特性	15
2.5.3 平稳随机过程	15
2.5.4 平稳随机过程的遍历性(各态历经性)	16
2.5.5 随机过程通过线性系统	16
2.5.6 平稳随机过程通过乘法器	17
2.6 信道的加性噪声	18
2.7 信道容量	20
习题	21
第三章 模拟调制系统	24
3.1 调制的概念	24
3.2 幅度调制	25
3.2.1 标准调幅(AM)	25
3.2.2 双边带抑制载波调制(DSB)	27
3.2.3 单边带调制(SSB)	28
3.2.4 残留边带调制(VSB)	30
3.3 调幅系统的解调	31
3.4 调幅系统的抗噪声性能	32
3.4.1 相干解调的抗噪声性能	33

3.4.2 非相干解调的抗噪声性能·····	37
3.5 角度调制系统·····	38
3.5.1 角度调制的基本概念·····	39
3.5.2 窄带调频(NBFM)·····	41
3.5.3 宽带调频(WBFM)·····	42
3.5.4 调频系统的抗噪声性能·····	47
3.5.5 调频中的预加重和去加重·····	51
3.5.6 调频系统的专用芯片·····	54
3.6 频分复用(FDM)·····	55
习题·····	57
第四章 信源编码 ·····	61
4.1 抽样定理·····	61
4.1.1 理想低通信号抽样定理·····	62
4.1.2 自然抽样·····	64
4.1.3 平顶抽样·····	66
4.1.4 带通信号的抽样*·····	68
4.2 时分复用(TDM)·····	69
4.2.1 时分复用原理·····	69
4.2.2 传输 TDM-PAM 信号所需的信道带宽·····	70
4.3 脉冲编码调制(PCM)·····	71
4.3.1 量化·····	72
4.3.2 编译码原理·····	78
4.3.3 PCM 系统的抗噪声性能·····	82
4.3.4 PCM 编解码器芯片*·····	84
4.4 增量调制(ΔM)·····	85
4.4.1 增量调制的基本原理·····	86
4.4.2 量化噪声和过载噪声·····	87
4.4.3 增量调制系统的抗噪声性能·····	89
4.4.4 PCM 和 ΔM 的性能比较·····	92
4.5 其它的脉冲数字调制·····	93
4.5.1 总和增量调制($\Delta-\Sigma M$)·····	93
4.5.2 数字压扩增量调制·····	94
4.5.3 差值脉冲编码调制(DPCM)·····	95
4.5.4 自适应差分脉码调制(ADPCM)·····	96
4.5.5 增量调制解调器芯片*·····	97
4.6 话音压缩编码*·····	99
4.6.1 话音和声音压缩编码·····	99

4.6.2 线性预测编码(LPC)	101
4.7 图像信号压缩编码*	103
4.7.1 图像压缩机理	103
4.7.2 图像压缩编码算法分类	104
4.7.3 图像压缩编码标准简介	105
习题	108
第五章 数字信号的基带传输	112
5.1 数字基带信号传输系统常用码型	112
5.1.1 二元码	112
5.1.2 三元码	114
5.2 数字基带信号的功率谱密度	117
5.3 数字基带信号的传输与码间串扰	121
5.3.1 数字基带传输系统	121
5.3.2 码间串扰	121
5.3.3 无码间串扰的基带传输特性	122
5.3.4 具有滚降幅度特性的低通滤波器	124
5.4 部分响应系统	128
5.5 无码间串扰基带传输系统的噪声性能分析	132
5.6 发送和接收滤波器传输函数的最佳分配	135
5.7 眼图	136
5.8 均衡	138
5.9 扰码与解扰	140
习题	141
第六章 数字信号的载波传输	144
6.1 二进制数字调制	144
6.1.1 二进制幅移键控(2ASK)	144
6.1.2 二进制频移键控(2FSK)	145
6.1.3 二进制相移键控(2PSK)	147
6.2 二进制数字调制信号的频谱特性	151
6.2.1 2ASK 的功率谱	151
6.2.2 2FSK 信号的功率谱	152
6.2.3 2PSK 信号的功率谱	153
6.3 数字信号的最佳接收	153
6.3.1 最佳接收准则	154
6.3.2 匹配滤波器	155
6.3.3 相关法接收	159
6.3.4 二进制数字信号的最佳接收	160

6.4 二进制数字调制信号的抗噪声性能 *	162
6.4.1 2ASK 的抗噪声性能	162
6.4.2 2FSK 的抗噪声性能	165
6.4.3 PSK 系统的抗噪声性能	167
6.4.4 二进制最佳接收的噪声性能	168
6.4.5 二进制数字调制系统的性能比较	171
6.5 多进制数字调制	172
6.5.1 多进制幅移键控(MASK)	172
6.5.2 多进制频移键控(MFSK)	173
6.5.3 多进制相移键控	174
习题	180
第七章 现代数字调制技术	182
7.1 恒定包络调制方式	182
7.1.1 最小频移键控(MSK)	182
7.1.2 高斯最小频移键控(GMSK)	186
7.1.3 正弦频移键控(SFSK)	189
7.1.4 平滑调频(TFM)	190
7.1.5 交错正交相移键控(OQPSK)	192
7.1.6 无符号干扰和抖动—交错正交相移键控(IJF-OQPSK)	193
7.2 线性调制方式	195
7.2.1 $\pi/4$ -QPSK 调制方式	196
7.2.2 正交调幅(QAM)方式	200
7.3 正交频分复用(OFDM)	201
7.3.1 OFDM 基础	202
7.3.2 OFDM 的原理	203
7.3.3 OFDM 系统的实现	204
7.4 扩频通信	206
7.4.1 概述	206
7.4.2 伪随机码	208
7.4.3 直接序列(DS)扩频通信系统	210
7.4.4 跳频(FH)系统	211
7.4.5 码分多址(CDMA)	214
7.4.6 码分多址的地址码	216
习题	218
第八章 同步原理	220
8.1 载波同步	220
8.1.1 插入导频法	220

8.1.2 非线性变换—滤波法	221
8.1.3 同相正交法(科斯塔斯环)	222
8.1.4 载波同步系统的性能	224
8.2 位同步	226
8.2.1 插入导频法	227
8.2.2 自同步法	228
8.2.3 位同步系统性能	231
8.3 帧同步	233
8.3.1 起止式同步法	234
8.3.2 对帧同步系统的要求	234
8.3.3 集中插入同步法	234
8.3.4 分散插入同步法	239
8.3.5 帧同步系统的性能	240
8.4 跳频信号的同步	241
8.4.1 跳频同步的内容及方法	242
8.4.2 跳频系统的等待自同步法	242
8.5 网同步	245
习题	247
第九章 信道编码	249
9.1 信道编码的基本概念	249
9.1.1 有扰离散信道编码定理	249
9.1.2 检错和纠错编码的基本原理	250
9.1.3 码距、编码效率和编码增益	251
9.1.4 差错控制方式	252
9.1.5 差错分类	254
9.1.6 纠错码分类	254
9.2 几种常用的检错码	254
9.2.1 奇偶监督码	255
9.2.2 二维奇偶监督码	255
9.2.3 恒比码	256
9.2.4 群计数码	256
9.3 线性分组码	256
9.3.1 基本概念	256
9.3.2 监督矩阵	258
9.3.3 生成矩阵	259
9.3.4 伴随式(校正子)	260
9.3.5 汉明码	261

9.4 循环码	262
9.4.1 循环码的特点及码多项式	262
9.4.2 生成矩阵和生成多项式	265
9.4.3 循环码的编码和译码	267
9.4.4 BCH 码	269
9.5 纠正和检测突发错误的分组码 *	270
9.5.1 交织码	270
9.5.2 RS 码	271
9.5.3 CRC 码	272
9.6 卷积码	273
9.6.1 基本概念	273
9.6.2 卷积码的编码	273
9.6.3 卷积码的译码	277
9.7 网格编码调制(TCM) *	281
9.7.1 TCM 编码器结构	282
9.7.2 归一化欧几里德距离	282
9.7.3 信号点集的划分	283
9.7.4 TCM 码网格图的构造	284
9.8 Turbo 码 *	285
9.8.1 级联码的概念	285
9.8.2 Turbo 码	285
习题	287
第十章 通信网概论	290
10.1 通信网的概念	290
10.1.1 通信网的组成	290
10.1.2 通信网的分类	291
10.1.3 电话网	292
10.1.4 数字通信网	294
10.1.5 数字数据网(DDN)	294
10.1.6 计算机网络	296
10.2 交换原理	297
10.2.1 交换的基本功能	297
10.2.2 电路交换	298
10.2.3 报文交换	299
10.2.4 分组交换	299
10.3 通信网的信令与协议	301
10.3.1 电话信令	301

10.3.2 计算机通信协议·····	303
10.4 综合业务数字网·····	305
10.4.1 ISDN 的基本定义及特点·····	305
10.4.2 ISDN 的基本功能·····	306
10.4.3 ISDN 用户/网络接口·····	308
10.5 宽带综合业务数字网(B-ISDN)·····	309
10.5.1 B-ISDN 业务·····	310
10.5.2 B-ISDN 的传输技术和交换技术·····	310
10.5.3 B-ISDN 网络的基本结构·····	311
10.6 异步转移模式(ATM)·····	311
10.6.1 ATM 的概念·····	311
10.6.2 ATM 信元结构·····	313
10.6.3 ATM 系统模型·····	313
10.6.4 ATM 的交换·····	314
习题·····	315
附录·····	316
附录一 常用数学公式·····	316
附录二 傅里叶变换·····	316
附录三 贝塞尔函数表 $J_n(\beta)$ ·····	318
附录四 误差函数、互补误差函数表·····	319
部分习题答案·····	321
参考文献·····	326

第一章 绪 论

1.1 通信的概念

什么是通信?一般而言,通信就是由一地向另一地传递消息。在人类社会里,人与人之间要互通情报,交换消息,这就需要消息的传递。古代的烽火台、金鼓、旌旗,现代的书信、电报、电话、传真、电子信箱、可视图文等,都是人们用来传递信息的方式。

通信的方式有多种多样,其中利用“电”来传递信息,是一种最有效的传输方式,这种通信方式称为电通信。电通信方式能使消息几乎在任意的通信距离上实现既迅速、有效,又准确、可靠的传递,因此它发展迅速,应用极其广泛。

电通信一般指电信,即指利用有线电、无线电、光和其它电磁系统,对消息、情报、指令、文字、图像、声音或任何性质的消息进行传输。电信业务可分为电报、电话、数据传输、传真、可视电话等。从广义上讲,广播、电视、雷达、导航、遥控遥测、计算机通信等都应属于电通信的范畴。

通信技术是随着科学技术的不断发展,由低级到高级,由简单到复杂逐渐发展起来的。而各种各样性能不断改善的通信系统的应用,又促进了社会生产和人类文明的发展。

原始的通信方式有烽火台、书信和旗语等,它们最主要的缺点是消息传送距离短,速度慢。

真正有实用意义的电通信起源于 19 世纪 30 年代。1835 年,莫尔斯电码出现;1837 年,莫尔斯电磁式电报机出现;1866 年,利用大西洋海底电缆实现了越洋电报通信;1876 年,贝尔发明了电话机,开始了有线电报、电话通信,使消息传递既迅速又准确。

19 世纪末,出现了无线电报;20 世纪初,电子管的出现使无线电话成为可能。从 20 世纪 60 年代以来,随着晶体管、集成电路的出现和应用,无线电通信迅速发展,无线电话、广播、电视和传真通信相继出现并发展起来。

进入 20 世纪 80 年代以来,随着人造卫星的发射,电子计算机、大规模集成电路和光导纤维等现代化科学技术成果的问世和应用,特别是数字通信技术的飞速发展,进一步促进了微波通信、卫星通信、光纤通信、移动通信和计算机通信等各种现代通信系统的竞相发展,以不断满足人们在各个方面对通信的越来越高的要求。

通信就意味着信息的传递和交换,在当代社会中,信息的交换日益频繁,随着通信技术和计算机技术的发展及它们的密切结合,通信已能克服对空间和时间的限制,大量的、远距离的信息传递和存取已成为可能。展望未来,通信技术正在向数字化、智能化、综合化、宽带化、个人化方向迅速发展,各种新的电信业务也应运而生,正沿着信息服务多种领域广泛延伸。

人们期待着早日实现通信的最终目标,即无论何时、何地都能实现与任何人进行任何形式的信息交换——全球个人通信。

1.2 通信系统的组成

通信系统是指完成信息传输过程的全部设备和传输媒介,通信系统的一般模型如图 1.2-1 所示。

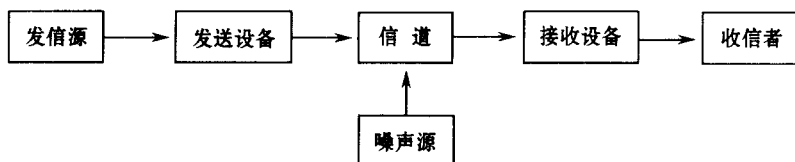


图 1.2-1 通信系统的基本模型

发信源是消息的产生来源,它同时将消息转换成电信号。根据信源输出信号的性质不同,发信源可分为模拟信源和离散信源。模拟信源(如电话机、电视摄像机)输出幅度连续的信号;离散信源(如电传机、计算机)输出离散的符号序列或文字。模拟信源可以通过信源编码变换为离散信源。随着计算机和数字通信技术的发展,离散信源的种类和数量愈来愈多(如 PCM 电话机、数字电视等),得到了广泛的应用。

发送设备的作用是将信源产生的消息信号转换为适合于在信道中传输的形式。它所完成的功能很多,例如调制、放大、滤波、发射等。在数字通信系统中还要包括编码和加密。这里要着重指出的是调制在通信系统中所起的重要作用。由发信源发出的信号通常称为基带信号,它的特点是其频谱从零频附近开始延伸到某个通常小于几兆赫的有限值。基带信号可以直接在信道中传输,称其为基带传输(如直流电报、实线电话和有线广播等)。虽然基带传输系统是最简单的通信系统,但应用场合有限,并且对信道的利用率不高。通常,大多数通信系统需要通过调制将基带信号变换为更适合在信道中传输的形式,即频带传输。无线通信系统是用空间辐射方式来传送信号。由天线理论可知:只有当辐射天线的尺寸大于波长的 $1/10$ 时,信号才能被天线有效地发射。调制过程可将信号频谱搬移到任何需要的频率范围,使其易于以电磁波的形式辐射出去。即使在有线传输时,有时也需经过调制使信号的频率和信道有效传输频带相适应。通过调制还可以实现信道的多路复用和提高系统的抗干扰能力。

信道是传输的媒介,它的种类很多,概括起来有两种:有线信道和无线信道。信道的传输性能直接影响到通信质量。

通信系统还要受到系统内外各种噪声干扰的影响,这些噪声来自发送设备、接收设备和传输媒介等几个方面。图 1.2-1 中的噪声源是将各种噪声干扰集中在一起并归结在一个框内,由信道引入,这样处理是为了分析问题的方便。

接收设备完成发送设备的反变换,即进行解调、译码、解密等,将接收到的信号转换成信息信号。

受信者把信息信号还原为相应的消息,这里所谓的受信者不一定是人,可以是其它终端设备。

以上所述的是单向通信系统。但是在大多数场合下,信源兼为受信者,通信双方都要

有发送和接收设备。

随着社会的进步和通信的发展,要求传递的信息量急剧增加,用户亦不断扩大,因此点对点通信已不能满足要求,于是便出现了通过交换来完成通信的任务,由传输系统和交换系统组成通信网。通信网中包含复用、传输和交换设备。因此,可以说“通信网的核心是交换问题”。随着通信网对交换功能越来越高的要求,各种现代交换技术正在迅速发展之中。

图 1.2-1 所示的模型是对各种通信系统的简化和概括,它反映通信系统的共性。根据所研究的对象或关心的问题不同,出现了一些不同形式的具体通信系统模型。图 1.2-2 所示为模拟通信系统模型。图 1.2-3 所示为数字通信系统模型。

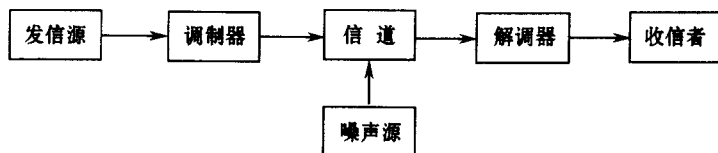


图 1.2-2 模拟通信系统模型

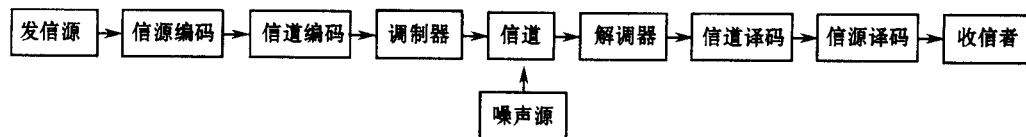


图 1.2-3 数字通信系统模型

模拟通信是指通信系统内所传输的基带信号是模拟信号。为强调调制在模拟通信系统中的重要作用,通常在模拟通信系统中将发送设备简化为调制器,接收设备简化为解调器。从原理上讲,调制和解调对信号的变换起着决定性的作用,它们是保证通信质量的关键。至于放大、滤波、变频等过程能被看作是理想线性的,可将它们合并到信道中去。

模拟通信系统在信道中传输的是模拟信号,其占有频带一般都比较窄,因此其频带利用率较高。缺点是抗干扰能力差,不易保密,设备不易大规模集成,不能适应飞速发展的计算机通信的要求。

数字通信传输的基带信号是数字信号。其特点是在调制之前先要进行两次编码,即信源编码和信道编码。相应地,接收端在解调之后要进行信道译码和信源译码。

信源编码的主要任务是提高数字信号传输的有效性。具体地说,就是用适当的方法降低数字信号的码元速率以压缩频带。另外,如果信息源是数据处理设备,还要进行并/串变换以便进行数据传输;如果待传的信息是模拟信号,则先要进行模/数(A/D)转换,信源编码的输出就是信息码。此外,数据扰乱、数据加密、语音和图像压缩编码等都是在信源编码器内完成。接收端信源译码则是信源编码的逆过程。

信道编码的任务是提高数字信号传输的可靠性。其基本做法是在信息码组中按一定的规则附加一些码,以使接收端根据相应的规则进行检错和纠错,信道编码也称纠错编码。接收端信道译码是其相反的过程。

同步在数字通信中是不可缺少的部分(图 1.2-3 中没有画出)。同步就是建立系统

收、发两端相对一致的时间关系,只有这样,接收端才能确定每一位码元的起止时刻,并确定接收码组与发送码组的正确对应关系。否则,接收端无法恢复发送的信息信号。

在数字通信系统中,调制信号是数字基带信号,调制后的信号称为数字调制信号。有时也可不经过调制而直接传输数字基带信号,这种传输方式称作数字信号的基带传输。

数字通信和模拟通信相比,有如下优点。

- (1) 抗干扰能力强。
- (2) 可采用再生中继,实现高质量的远距离通信。
- (3) 灵活性高,能适应各种通信业务的要求。
- (4) 可以很方便地与现代数字计算机相连接。
- (5) 数字信号易于加密。

(6) 便于集成化。数字通信的最大缺点就是占用频带较宽。然而,随着卫星通信、光纤通信等宽频带通信系统的日益发展和成熟,为数字通信提供了宽阔的频道,使数字通信迅猛发展,应用越来越广泛,已成为现代通信的主要传输方式,有逐渐取代模拟通信之趋势。

1.3 信息及其度量

在通信系统中,传输的对象是消息,消息是以信号的形式由发信者传送到收信者,使收信者获得实质性的信息。

消息是通信系统的传输对象,它是事物状态描述的一种具体形式。这种描述具有人们能够感知的物理特征。例如电话中的话音、电视中的图像画面等。

信号(在这里是指电信号)是消息的载荷者。因为消息不能远距离传送,因此需要将消息变换为适合在信道中传输的电信号(电压或者电流)。

信息的含义与消息很相似,但它比消息更广泛、更抽象。信息可以被理解为消息中包含的有意义的内容。消息可以是各种各样的,但其内容可统一用信息去描述。如同运输货物的多少可用“货运量”来统一衡量一样,传输信息的多少可以用“信息量”来衡量。

消息中所含“信息量”的多少,与该消息发生的概率密切相关。例如,若有人告诉你“明天的天气会更热”,你可能会认为无所谓,因为这是你预料之中的事,因此你从这条消息中得到的信息量很少;假如有人告诉你“明天可能要地震”,你就会很震惊,因为这属于突发事件,是你没有预料到的,这条消息包含的信息量就很大。这个例子说明,一个消息愈不可预测,或者说出现的不确定性愈大,它所含的信息量就愈大,而概率描述的正是这种不确定性。

在信息论中,把消息 x 所含的信息量 I 用其出现的概率 $P(x)$ 表示,即定义为

$$I = \log_a \frac{1}{P(x)} = -\log_a P(x) \quad (1.3-1)$$

信息量的单位由对数底的取值决定。若对数以 2 为底,信息量的单位被称为比特(bit,后面简称为 b);若以 e 为底,称为“奈特”(nit);若以 10 为底,则称为“哈特莱”(hartley)。通常采用“比特”作为信息量的实用单位。

一般情况下,离散信源发出的并不是单一消息,而是多个消息(或符号)的集合。例