

现代通信导论

易波 主编



国防科技大学出版社

TN914

Y3-1

现代通信导论

主 编 易 波

编 著 魏急波 郑林华 雷 菁

11

国防科技大学出版社

· 长沙 ·

图书在版编目(CIP)数据

现代通信导论/易波,魏急波,郑林华,雷菁编著. —长沙:国防科技大学出版社,
1998. 10
ISBN7-81024-471-X

- I. 现代通信导论
- Ⅱ. 易波 魏急波 郑林华 雷菁
- Ⅲ. ①数字通信原理②通信系统引论
- Ⅳ. TN91

国防科技大学出版社出版发行
电话:(0731)4555681 邮政编码:410073
E-mail:gfkdcbs@public.cs.hn.cn
责任编辑:罗青 责任校对:黄煌
新华书店总店北京发行所经销
湖南大学印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张:23 字数:531 千
1998年10月第1版第1次印刷 印数:1—4000册

*

定价:26.00元

前 言

随着人类社会从大工业社会步入信息化社会,电子信息科学技术正以惊人的速度发展,日新月异,为人类生产力的发展开辟了一个新纪元。信息资源正成为一个国家和民族经济发展的重要战略资源和独特的生产要素。一个建设“信息高速公路”的热潮正席卷全球,光辉灿烂的 21 世纪正向我们走来,我们正面临着一系列高科技的严峻挑战。

通信是人类社会传递信息、交流思想、传播知识文化的重要手段。通信与计算机的紧密结合,为通信技术的迅速发展不断注入新的生机和活力,现代通信系统和通信网正向数字化、智能化、宽带化、综合化、个人化方向发展,它是推动人类社会文明进步和发展的强大动力。

本书的主要宗旨是以当今广泛应用的通信系统和代表发展趋势的通信技术为背景,系统而较全面地阐述现代通信系统的基本原理和概念。主要介绍现代通信系统所涉及的基础理论,重点以数字通信为主介绍其系统构成、基本工作原理、主要性能指标的计算、分析方法、通信信号和系统的基本设计方法。内容选择上着意取材的新颖和先进性,努力反映现代通信技术的最新发展。在写法上力求条理清楚,深入浅出,循序渐进,理论联系实际,注意必要的数学分析,回避繁琐的数学公式推导,强调物理概念的理解和直观的波形分析方法。

全书共分八章,内容包括数字通信的基本概念、信源数字化和压缩编码、数字基带传输与数字调制传输、同步与数字复接、传输信道与数字通信系统、纠错编码等,并在此基础上介绍现代通信网和“信息高速公路”的基本概念。本书注意总结多年的科研和教学经验,前后课程相呼应,每章附有小结、思考题与习题,配有相应的实验,帮助学生对所知识的理解程度进行检验。通过本书的学习,使学生较好地掌握现代通信基本原理、通信系统的基本框架及通信技术的最新发展动态,从而对现代通信工程有一个较全面的了解。

本书可作为高等理工院校无线电技术、通信与电子系统等专业的高年级本科生教材,也可作为从事通信工程业务工作的广大科技人员的参考书和继续工程教育的教材。

本书由易波主编,负责全书的组织、内容规划、修改与定稿等工作。其中第一、三、五、七、八章由易波编写,第二章以郑林华为主编写,第四章以魏急波为主编写,第六章以雷菁为主编写。在本书编写过程中,得到了国防科技大学电子技术学院及其通信工程教研室同志们的大力支持和热情鼓励,汪漱玉教授、唐朝京教授对此书的结构提出了宝贵意见,本书参考了国内外出版的有关通信原理方面许多作者的著作,在此表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,时间仓促,书中错误和疏漏难免,敬请读者批评指正。

易 波

1998 年 8 月于长沙

目 录

第一章 绪论

§ 1.1 通信技术的发展与信息社会	(1)
§ 1.2 通信系统的组成和分类	(4)
§ 1.2.1 通信系统的组成	(4)
§ 1.2.2 通信系统的分类	(5)
§ 1.2.3 数字通信及主要技术	(8)
§ 1.2.4 数字通信的主要特点	(11)
§ 1.3 消息、信号、信息及其度量	(13)
§ 1.4 数字通信系统的主要性能指标	(15)
§ 1.5 数字通信的发展趋势	(20)
小结	(22)
习题与思考题	(23)

第二章 模拟信源数字化与编码

§ 2.1 抽样定理	(24)
§ 2.1.1 低通信号理想均匀抽样定理	(24)
§ 2.1.2 带通信号抽样定理	(26)
§ 2.2 模拟信号的量化	(28)
§ 2.2.1 均匀量化	(29)
§ 2.2.2 非均匀量化	(30)
§ 2.2.3 矢量量化	(35)
§ 2.2.4 量化失真	(37)
§ 2.3 脉冲编码调制(PCM)	(42)
§ 2.3.1 码字码型	(42)
§ 2.3.2 A 律 13 折线编码	(44)
§ 2.3.3 逐次反馈型编码器	(45)
§ 2.3.4 PCM 非线性解码器	(47)
§ 2.3.5 PCM 单片编、解码器	(49)
§ 2.4 自适应差分脉码调制(ADPCM)	(51)
§ 2.4.1 差分脉码调制(DPCM)的原理	(52)
§ 2.4.2 自适应差分脉码调制(ADPCM)	(56)
§ 2.5 增量调制	(57)

§ 2.5.1 简单增量调制原理	(58)
§ 2.5.2 数字压扩自适应增量调制	(60)
§ 2.5.3 增量总和调制	(62)
§ 2.6 时分多路复用通信	(64)
§ 2.7 数据压缩技术简介	(66)
小结	(71)
习题与思考题	(72)

第三章 数字基带传输

§ 3.1 数字传输的基本理论	(73)
§ 3.1.1 数字基带信号的波形及频谱	(73)
§ 3.1.2 数字基带信号码型	(75)
§ 3.1.3 数字基带传输系统	(79)
§ 3.2 数字基带信号传输的基本准则	(81)
§ 3.2.1 理想无码间干扰传输准则——奈奎斯特第一准则	(81)
§ 3.2.2 滤波器的幅度滚降	(83)
§ 3.2.3 第四类部分响应波形	(84)
§ 3.2.4 眼图	(87)
§ 3.3 最佳基带传输系统	(88)
§ 3.3.1 理想信道下的最佳基带传输系统	(88)
§ 3.3.2 非理想信道下的最佳基带传输系统	(92)
§ 3.4 均衡	(93)
§ 3.4.1 时域均衡的基本原理	(94)
§ 3.4.2 时域均衡的实现	(95)
§ 3.5 数据序列的扰码与解扰	(98)
小结	(100)
习题与思考题	(101)

第四章 数字调制传输

§ 4.1 数字调制的基本原理	(105)
§ 4.2 数字调制方式及调制信号频谱特性	(107)
§ 4.2.1 数字已调信号频谱分析	(107)
§ 4.2.2 幅度调制方式	(110)
§ 4.2.3 相位调制方式	(115)
§ 4.2.4 频率调制方式	(119)
§ 4.3 数字信号的接收	(131)
§ 4.3.1 最佳接收准则	(131)
§ 4.3.2 二进制信号的相干接收	(136)

§ 4.3.3 二进制信号的非相干接收	(141)
§ 4.4 载波同步	(147)
§ 4.4.1 平方环法	(147)
§ 4.4.2 科斯塔斯环	(149)
§ 4.4.3 逆调制环	(150)
§ 4.5 数字调制方式的进一步讨论	(151)
§ 4.5.1 四相调制(QPSK)	(152)
§ 4.5.2 M 进制幅度相位键控系统(APK)	(158)
§ 4.5.3 恒包络调制	(161)
§ 4.6 数字调制方式的比较	(163)
小结	(167)
习题与思考题	(168)

第五章 同步与数字复接

§ 5.1 位同步	(172)
§ 5.1.1 外同步法	(172)
§ 5.1.2 自同步法	(174)
§ 5.1.3 重要的位同步锁相环	(177)
§ 5.1.4 位同步的主要性能指标	(179)
§ 5.2 帧同步	(181)
§ 5.2.1 帧同步码的插入方法	(182)
§ 5.2.2 帧同步系统前后方保护时间	(184)
§ 5.2.3 帧同步码的选择	(185)
§ 5.2.4 帧同步系统的典型电路	(188)
§ 5.2.5 帧同步系统的工作流程图	(194)
§ 5.2.6 帧同步系统的主要性能指标	(195)
§ 5.3 网同步	(196)
§ 5.3.1 准同步方式	(198)
§ 5.3.2 主从同步方式	(200)
§ 5.3.3 相互同步方式	(202)
§ 5.3.4 同步网的等级与时钟要求	(203)
§ 5.4 数字复接原理	(206)
§ 5.4.1 数字复接的基本概念	(206)
§ 5.4.2 数字信号的同步复接	(208)
§ 5.4.3 异步信号的同步化方法	(212)
§ 5.4.4 光纤通信同步数字系列简介	(214)
小结	(217)
习题与思考题	(218)

第六章 传输信道与数字通信系统简介

§ 6.1 数据传输信道	(220)
§ 6.1.1 信道特性	(222)
§ 6.1.2 数据传输损伤	(223)
§ 6.2 数字微波中继通信	(224)
§ 6.2.1 微波中继通信的概念与特点	(224)
§ 6.2.2 数字微波中继通信系统的组成及工作原理	(226)
§ 6.2.3 数字微波的传输特性	(228)
§ 6.2.4 数字微波中继通信系统的传输质量标准	(230)
§ 6.3 数字卫星通信	(231)
§ 6.3.1 卫星通信的特点	(232)
§ 6.3.2 卫星通信系统结构及网络形式	(233)
§ 6.3.3 数字卫星通信的技术体制	(234)
§ 6.3.4 多址联接方式	(235)
§ 6.3.5 卫星通信的发展	(241)
§ 6.4 数字光纤传输	(242)
§ 6.4.1 光纤的结构和分类	(242)
§ 6.4.2 光纤通信中的基本理论	(245)
§ 6.4.3 光纤通信系统的特点与结构	(247)
§ 6.4.4 光纤传输特性	(248)
§ 6.4.5 光纤通信系统设计	(251)
§ 6.4.6 光纤通信的发展	(252)
§ 6.5 移动通信系统	(253)
§ 6.5.1 移动通信的特点及工作方式	(253)
§ 6.5.2 无线移动通信网的基本结构	(256)
§ 6.5.3 数字移动通信系统的组成及基本原理	(257)
§ 6.5.4 移动通信的种类和发展趋势	(261)
小结	(263)
习题与思考题	(265)

第七章 纠错编码

§ 7.1 纠错编码的基本概念	(267)
§ 7.1.1 码字的纠、检错能力与定义	(267)
§ 7.1.2 信道错误的种类和码字的分类	(270)
§ 7.1.3 差错控制的基本工作方式	(271)
§ 7.2 线性分组码	(272)
§ 7.2.1 线性分组码的构造	(272)

§ 7.2.2 线性分组码的译码	(276)
§ 7.2.3 线性分组码的纠错能力	(280)
§ 7.2.4 汉明码(非循环)	(281)
§ 7.3 循环码	(282)
§ 7.3.1 循环码的结构与编码电路	(282)
§ 7.3.2 循环码的译码与译码电路	(289)
§ 7.3.3 BCH 码	(291)
§ 7.4 卷积码	(298)
§ 7.4.1 卷积码的结构	(299)
§ 7.4.2 卷积码的码树、状态图和篱笆图结构	(304)
§ 7.4.3 卷积码的距离定义	(307)
§ 7.4.4 卷积码的概率译码	(308)
§ 7.5 网格编码调制技术	(314)
小结	(318)
习题与思考题	(319)

第八章 现代通信网及其发展

§ 8.1 通信网的基本结构与构成要素	(322)
§ 8.1.1 通信网的基本结构	(322)
§ 8.1.2 通信网的构成要素	(324)
§ 8.2 综合业务数字网(ISDN)的定义及其特点	(324)
§ 8.2.1 ISDN 的功能体系	(326)
§ 8.2.2 ISDN 的网络功能原则	(329)
§ 8.2.3 ISDN 用户—网络接口	(331)
§ 8.3 B-ISDN 简介	(335)
§ 8.4 智能网简介	(339)
§ 8.5 个人通信和个人通信网简介	(340)
§ 8.5.1 个人通信的基本概念	(341)
§ 8.5.2 个人通信网简介	(342)
§ 8.5.3 个人通信发展概况	(344)
§ 8.6 “信息高速公路”简介	(345)
§ 8.6.1 “信息高速公路”的目的和意义	(347)
§ 8.6.2 “信息高速公路”的关键技术	(349)
§ 8.6.3 中国信息高速网建设	(350)
小结	(352)
习题与思考题	(353)

参考文献

第一章 绪 论

§ 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。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。信息常以某种方式依附于物质载体,藉以实现存储、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,这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、胶片、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则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取得进步,尤其在近代社会,通信技术的发展速度可谓一日千里。

早在远古时代,人们曾利用烽火、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,它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,它是认知事物的工具,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,借助这种文字媒体,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,它使得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,它成了古代人超越时间向现代人传递信息的媒体。

大约在1600年,W. 希尔伯特(W. Hilbert)首先指出了电的存在。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。18世纪中叶,发明了发电机和电池,从而获得了稳定的电流。人们把电流在导线中以惊人的速度传导,而且可以传送到远处的这一现象,作为传送信息的媒体进行了种种实验,其中获得最大成功的是1848年S. F. D. 莫尔斯(S. F. D. Morse)发明的电报,随后,陆续诞生了多种利用电的媒体,在传送信息的数量、速度及范围等方面有了迅速的发展。继电报之后,1876年A. G. 贝尔(A. G. Bell)发明了电话。利用电话可以把语音直接进行传送。1896年G. 马可尼(G. Marconi)成功地发明了无线电报。由于电子管(以后由晶体管代替)的发明,可以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,进一步又发明了传送图像、照片、文件等信息的传真和电视广播等通信方式。由于录音及再生技术的发展,产生了唱片和唱机,它与电影相结合,产生了有声电影。由于这一技术的发展,产生了磁带录音机、磁带录像机、激光盘等各种媒体。

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。计算机在当今社会的

广泛领域里不仅作为各种信息处理设备而使用,而且它与通信相结合,使电信业务更加丰富,这些新业务有可视图文(videotex)、图文电视(teletext),这是一种新的记录型媒体,还有电子信箱(E-mail),它包括文字、语音、图形信函。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,它可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,并将导致 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。这种新的电信业务同时存在着语音、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。图 1-1 所示是通信设施、媒体的发展简史。

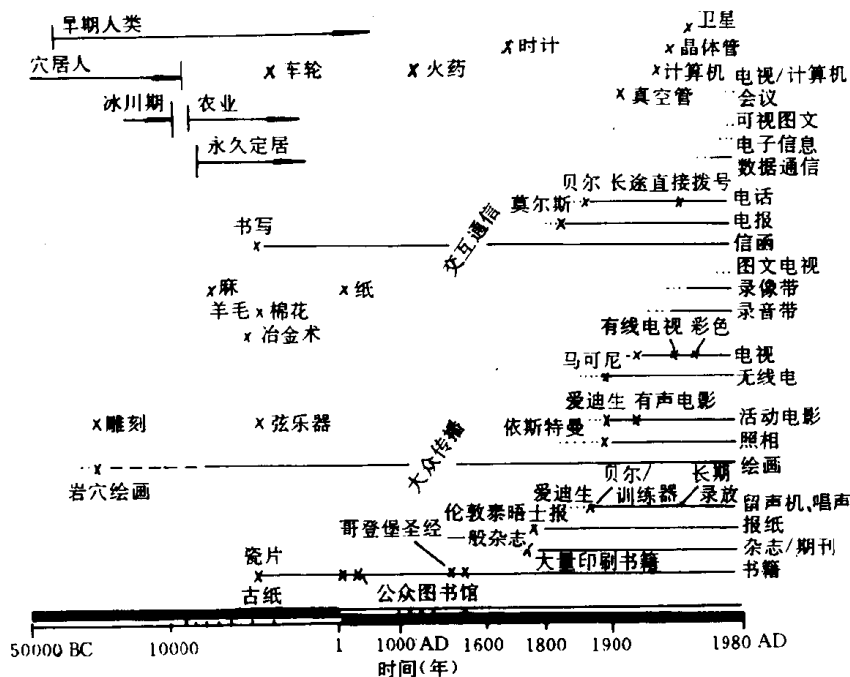


图 1-1 通信设施、媒体的发展简史

由于社会对通信技术的需要越来越迫切,从而又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”、“仙依信息论”、“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,由于电子管的更加完善,晶体管的出现以及集成电路的问世,不仅更加促进像电话通信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。在通信的种类上,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等。在通信的对象上,突破了人与人之间进行通信的范畴,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方向发展。进入 70 年代以来,世界上先进国家已完全掌握了在各种传输介质(微波、各种电缆、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,从指南针的发明到全球定位导航系统,从无绳电话、可视电话等各种多功能电话机、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,使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。人类每时每刻通过已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、不同群体之间大量地交换和传递着海量信息,以满足当今社会对通信的更广泛、更快捷、更可靠、更大容量、更多方式的信息交换和传递要求。

通信作为社会的基本设施和必要条件,引起了世界各国的广泛关注,通信事业的发展远远超前于国民经济的发展,通信自然成为人类社会发展的基本动力,并促使人类提早进入以信息为主导地位的信息化社会。信息社会的到来又导致通信新技术的大力发展,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。各单项技术汇流成综合业务数字网络(ISDN—Integrated Service Digital Network),开辟了网络时代的新纪元,是当前国际竞争的一个热点。我国在卫星通信、光纤通信、计算机网络通信方向也投入了大量的物力、财力,促进其发展。由于数字通信具有一系列优点,在80年代,各国都相继投入大量资金来改建通信线路,使其逐步成为综合数字网(IDN),即除用户线以外,进入本地局交换机以后的信息传输、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,到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将迅速走向宽带化(Broadband)、智能化(Intelligent)和个人化(Personal),标志着信息传输技术进一步走向成熟。宽带综合业务数字网(B-ISDN)、多媒体终端技术(MMT)、综合移动卫星通信(M-SAT)、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得到空前的繁荣。世界各国都把信息网络为主体的信息基础设施的建设作为新的国策。

美国政府提出所谓“信息高速公路”计划,正式名称为“国家信息基础结构”,即 National Information Infrastructure (NII),是当今世界上最宏伟、最先进的信息技术和产业计划。它是以光缆为“路”,集电脑、电视、录像、电话为一体的多媒体为“载体”,向美国各大学、研究机构、企业及普通家庭实时提供所需数据、图像、声音,传输多种服务的全国性高速信息网络。这一计划的提出,导致在全世界范围内掀起了一个建设“信息高速公路”的浪潮。在信息化社会,通信的重要性已经不仅仅表现为“社会的基础设施和社会物质生产的一般条件”这一概念上,更为重要的是,它已经成为现代社会生产力要素和综合国力的重要组成部分,成为信息时代的“国脉”。因此,各发达国家不惜投入巨资,促进通信的现代化。建设“信息高速公路”是一项规模巨大、意义重大的工程,仅从技术角度而言,就涉及计算机科学技术、光纤通信技术、数字通信技术、个人通信技术、信号处理技术、光电子技术、半导体技术、大容量存储技术、网络技术、多媒体技术、信息安全技术等信息技术。信息技术借助以微电子学为基础的计算机技术和通信技术,综合对声音、图像、文字、数字等各种传感信息进行获取、加工处理、存贮、传递和使用。信息技术成为实现信息化社会基本特征的手段,得到了迅速发展与进步,导致人们的生活节奏和社会变革的速度大大加快,信息经济将作为维系社会存在和发展的主导经济,社会的主导产业将从一系列工业群转向广

义的信息产业、智力产业,信息经济成为一个国家科技、经济社会发展的主要因素,其兴衰将对未来的社会发展产生决定性的影响。

§ 1.2 通信系统的组成和分类

§ 1.2.1 通信系统的组成

通信的最终目的是为了有效和可靠地获取、传递和交换信息。信息可以有多种多样表现形式,如语音、文字、数据、图像等。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 1-2 所示。

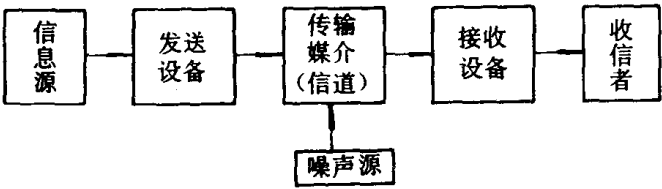


图 1-2 通信系统模型

通信系统由以下几部分组成：

1. 信源和受信者(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根据幅度取值上是否离散而定。模拟信号与数字信号有明显区别,但两者之间,在一定条件下是可以互相转换的。

模拟信号波形模拟着信息的变化,其特点是幅度连续,连续的含义是在某一取值范围内可以取无限多个数值。从图 1-3(a)波形中可看出此信号波形在时间上也是连续的,将时间上连续的信号称为连续信号。图 1-3(b)是图 1-3(a)的抽样信号,即对图 1-3(a)的信号波形每隔 T 时间抽样一次,因此其波形在时间上是离散的,但幅度取值仍是模拟信号,因此仍然是连续变化的性质,所以图 1-3(b)仍然是模拟信号,由于此波形在时间上是离散的,所以它是离散信号。

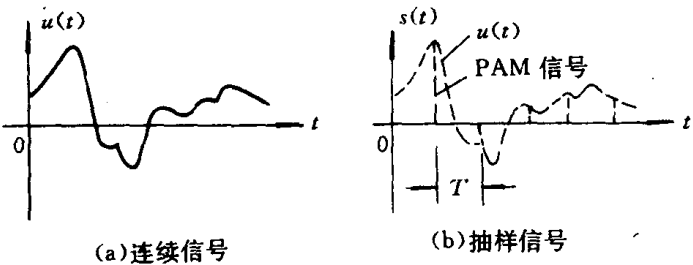


图 1-3 模拟信号波形

图 1-4 是数字信号的波形,其特点是:幅值被限制在有限个数值之内,它不是连续的,而是离散的。图 1-4(a)是二进制码,每一个码元(由一个脉冲构成)只取两个幅值(0, A);图 1-4(b)是四电平码,其每个码元只取四个(3、1、-1、-3)幅值中的一个。这种幅度是离散的信号称为数字信号。电报符号、数字数据等属于数字信号。

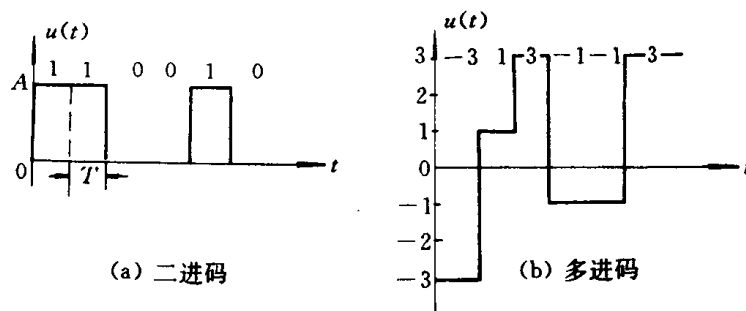


图 1-4 数字信号波形

2. 发送设备

发送设备的基本功能是将信源和传输媒介匹配起来,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,调制是最常见的变换方式。发送设备还包括为达到某些特殊要求而进行的种种处理,如多路复用、保密处理、纠错编码处理等等。

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。信道既给信号以通路,也要对信号产生各种干扰和噪声,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,即进行解调、译码、解码等等。它的任务是从带有干扰的信号中正确恢复出原始消息来,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,但在多数场合下,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,这时,通信双方都要有发送设备和接收设备,如果两个方向有各自的传输媒介,则双方都可独立进行发送和接收。但若共用一个传输媒介,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。现代交换系统都使用自动交换机,能自动接续电话呼叫或数据呼叫。电话机数量的增多,以及全国自动电话网的建设,对交换系统功能与容量的要求愈来愈高。当前程控数字交换机正处在迅猛发展之中。

§ 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分类,有常规通信、控制通信等。其中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、电子信箱、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,因而其它通信常常借助于公共的电话通信系统进行。未来的综合业务数字通信网中,各种用途的消息都能在一个统一的通信网中传输、交换和处理。控制通信则包括遥测、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。

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方式后传输的总称。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率范围,便于与信道传输特性匹配。如无线传输时必须将信号载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,以便在数字信号中传输。

(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。各种调制方式正是为了达到这些目的而发展起来的。调制方式很多,表 1-1 给出一些常见的调制方式。

3. 按传输信号的特征分类

按照信道中所传输的是模拟信号还是数字信号,可以相应地把通信系统分成两类,即模拟通信系统和数字通信系统。

4. 按传送信号的复用方式分类

传送多路信号有三种复用方式,即频分复用、时分复用、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率范围;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分别携带不同信号。传统的模拟通信中都采用频分复用,随着数字通信的发展,时分复用通信系统的应用愈来愈广泛,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

通信系统可分为有线(包括光纤)和无线通信两大类。有线信道如明线、电缆、光缆信道,无线信道如短波电离层传播、微波视距传播、卫星中继信道。表 1-2 中列出常用的传输媒介及其主要用途。

表 1—1 常用调制方式及用途

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
	非线性调制	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
	数字调制	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
脉冲调制	脉冲模拟调制	幅度键控 ASK
		数据传输
		频率键控 FSK
		数据传输
	脉冲数字调制	相位键控 PSK、DPSK、QPSK 等
		数据传输、数字微波、空间通信
		其它高效数字调制 ^{QAM} _{MSK} 等
		数字微波、空间通信
	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
	脉冲数字调制	脉位调制 PPM
		遥测、光纤传输
		脉码调制 PCM
		市话、卫星、空间通信
	脉冲数字调制	增量调制 DM
		军用、民用电话
		差分脉码调制 DPCM
		电视电话、图像编码
	脉冲数字调制	其它语言编码方式 ADPCM APC、LPC
		中低速数字电话

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	10^8-10^4m	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
30kHz—300kHz	10^4-10^3m	低频 LF	有线线对 长波无线电	导航、信标、电力线通信
300kHz—3MHz	10^3-10^2m	中频 MF	同轴电缆 短波无线电	调幅广播、移动陆地通信、业余无线电
3MHz—30MHz	10^2-10m	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
30MHz—300MHz	$10-1\text{m}$	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
300MHz—3GHz	$100-10\text{cm}$	特高频 UHF	波导 分米波无线电	微波接力、卫星和空间通信、雷达
3GHz—30GHz	$10-1\text{cm}$	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
30GHz—300GHz	$10-1\text{mm}$	极高频 EHF	波导 毫米波无线电	雷达、微波接力、射电天文学
$10^8\text{GHz}-10^7\text{GHz}$	$3\times 10^{-4}-3\times 10^{-8}\text{cm}$	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 1-5 给出了数字通信系统原理结构模型,数字通信涉及的技术问题很多,其中有: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、同步问题等等。下面对这些主要技术问题先作一简要的介绍。

1. 信源编码与解码

模拟信号数字化是数字通信技术的基础。一个声音和图像信号变换为数字信号并在数字通信系统中传输,要经历如下过程: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,然后再将取样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。其中除采用最基本的模拟/数字变换脉冲编码调制(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多余度,进行压缩信号频带的编码,这些称