

实用数字通信

—— 原理与维修

倪治中 编著



四川大学出版社

236480

实用数字通信 ——原理与维修

倪治中 编著

四川大学出版社
1996年·成都

(川)新登字 014 号

责任编辑:王敦平

封面设计:唐利民

技术设计:王敦平

责任印制:李 平

实用数字通信原理与维修

倪治中 编著

四川大学出版社出版发行 (成都市望江路 29 号)

四川省新华书店经销 西南勘察局测绘制印厂印刷

787×1092mm 32 开本 10 印张 210 千字

1996 年 12 月第 1 版 1996 年 12 月第 1 次印刷

印数: 0001—3000 册

ISBN7-5614-1452-8/TN·8

定价: 14.50 元

内 容 提 要

本书由三部分组成。第一部分基本原理,包括取样、量化、编码、数字调制、多路复用、交换技术、基带传输。第二部分通信系统,包括电信网络、图文传真、电脑互联、保密通信、光纤通信、移动通信、卫星通信、数字电视、多媒体通信。第三部分家用通信设备维修,包括按键电话机、无绳电话机、蜂窝电话机和图文传真机。取材结合国情、结合市场、结合发展趋势。这是一本起点低、实用性强的简明科技教材。

适用于电子类各专业的大学本专科学生,电子电气工程技术人员,广大业余无线电爱好者及通信设备的用户。

前 言

本书介绍数字通信技术领域的各种实用知识。数字通信为范围，实用性乃特色。本书取材密切结合我国实际，市场实际，适合发展趋势。

本书的实用性首先表现在选题涉及知识面的广泛性。其内容包括：电话，传真，数字电视，计算机网，多媒体技术等。对于广大电子电气工程技术人员，乃至广大通信设施的用户，在时间有限，精力有限以及相关基础知识有限的情况下，能够从这本书里了解各类数字通信手段的技术内涵、国际标准以及各种实现方案。通过阅读这本简明的教材，能够较快地了解数字通信技术的诸多方面，而不至于“瞎子摸象”。本书是为那些厌倦太具体太专门的读者而编写的，是一本具有广泛适用性的读物。

本书的实用性其次表现为具有当今特色。书中介绍了若干人类的最新成就和正在实施的建设工程，比如蓬勃发展的多媒体技术和全球漫游的移动通信设施。目前，正在致力于打破三大网络之间的阻拦：电信网络、计算机网络和电缆电视网络。因此，从组织教材和编著选题方面应该尝试破除这些界限，还原数字通信技术自身的复盖面，体现出一种改进的特色。

本书的实用性又表现在本书的内容，在相当长的时间内持续有效，比如电信网络的 SDH 体制；图象压缩的国际标准 MPEG-1 至 MPEG-4 等知识。

本书的实用性还表现在介绍某些通信设施的机种类型、

技术指标、选购指导和维修原理方面的基本知识与检修实例。附录也很实用。

概括起来，本书着重介绍三个问题。第一个问题是抽象的信息如何度量成比特，第二个问题是载有信息的数字信号如何传输和交换。第三个问题是数字通信的各种手段。

读者可以直接从你感兴趣的专题开始阅读，比如图文传真中介绍改进的霍夫曼码，为什么要改进以及如何改进。这时就有必要到前面信源编码的章节去看看什么是霍夫曼码以及怎样编码。这样就避免阅读基础知识部分时觉得枯燥无味。当然，作为大学本专科教材还是应该依次从前到后讲解，那怕是跳跃式的选用也行。

数字通信技术发展得很快。这本书的遗漏之处仍然不少。为了鸟瞰全局，扩大的视野，会丢失某些细节，幸好若干新作品正在陆续问世。数字通信的科技、产业、教育和市场都还在同步增长。

最后，想借此机会感谢《现代电信科技》杂志和《电子天府》杂志在文献资料方面的支持。

作 者

于四川联合大学

1996年9月

目 录

前言	(I)
1 通信系统	(1)
1.1 基本组成	(1)
1.2 基本类型	(2)
1.3 工作模式	(3)
1.4 框图结构	(4)
1.5 发送部分	(5)
1.6 接收部分	(6)
1.7 数字通信的特点	(7)
1.8 通信系统的技术指标	(9)
习 题	(11)
2 信息与信源	(12)
2.1 信息的度量	(12)
2.2 数字信源的速率	(14)
2.3 数字信源的熵	(15)
2.4 Shannon - Fano 编码	(17)
2.5 Huffman 编码	(19)
习 题	(21)
3 信道描述	(23)
3.1 数字信道	(23)
3.2 离散无记忆信道	(23)
3.3 二进制对称信道	(24)
3.4 一般离散信道	(25)
3.5 信道传送消息的熵	(27)
3.6 相互信息	(28)
3.7 信道容量	(29)
3.8 信道编码定理	(30)

3.9	BSC 的容量	(31)
	习 题	(33)
4	取样原理	(34)
4.1	模拟信号数字化	(34)
4.2	取样模型	(34)
4.3	取样定理	(35)
4.4	理想取样分析	(37)
4.5	矩形脉冲取样	(39)
4.6	取样电路	(41)
	习 题	(43)
5	量化技术	(44)
5.1	量化的描述	(44)
5.2	量化噪声	(46)
5.3	量化信噪比	(48)
5.4	非均匀量化	(50)
5.5	μ 律压扩特性	(53)
5.6	A 律无扩特性	(56)
	习 题	(63)
6	编码方式	(64)
6.1	折叠码	(64)
6.2	格雷码	(67)
6.3	A 律编码	(68)
6.4	逐级比较编码法	(70)
6.5	反馈编码结构	(71)
6.6	解码电阻网络	(72)
6.7	A/D 和 D/A 变换器	(74)
	习 题	(76)
7	数字调制	(78)
7.1	频带传输	(78)
7.2	键控信号	(79)

7.3	数字幅度调制	(80)
7.4	数字相位调制	(85)
7.5	数字频率调制	(87)
	习 题	(90)
8	多路复用	(91)
8.1	频分与时分复用	(91)
8.2	话路传输的基群	(91)
8.3	话路传输的超群	(93)
8.4	时分多路复用	(94)
8.5	数字高次群	(96)
8.6	带通信号的取样	(97)
8.7	宽带信号数字化	(99)
8.8	复用器与集中器	(100)
	习 题	(101)
9	基带传输	(103)
9.1	传输干扰与中继	(103)
9.2	奈奎斯特准则	(106)
9.3	线路均衡原理	(110)
9.4	中继距离	(114)
9.5	线路码型	(119)
	习 题	(125)
10	交换技术	(126)
10.1	发展概况	(126)
10.2	数字交换	(128)
10.3	时隙交换	(129)
10.4	复用线交换	(130)
10.5	TST 交换网	(132)
10.6	大容量交换网	(133)
10.7	分组交换	(134)
10.8	宽带交换	(136)

	习 题	(137)
11	电信网络	(138)
	11.1 电话网络	(138)
	11.2 NO.7 信令	(140)
	11.3 本地网	(142)
	11.4 同步数字体系 SDH	(145)
	11.5 全球信息基础结构 GII	(147)
	11.6 我国的数据网	(151)
	习 题	(153)
12	电脑互联	(154)
	12.1 概述	(154)
	12.2 开放系统互联规范	(155)
	12.3 TCP/IP 协议	(157)
	12.4 数据网的组成	(159)
	12.5 标准局域网	(163)
	12.6 客户机/服务器组网模式	(165)
	习 题	(166)
13	图文传真	(167)
	13.1 概述	(167)
	13.2 图象数据编码	(169)
	13.3 调制与解调	(172)
	13.4 控制规程	(174)
	13.5 G3 类传真机	(175)
	13.6 发展概况	(178)
	习 题	(178)
14	保密通信	(179)
	14.1 基本分类	(179)
	14.2 山农理论	(180)
	14.3 公钥密码	(182)
	14.4 RSA 密码	(184)

14.5	扩频通信	(189)
	习 题	(193)
15	光纤通信	(194)
15.1	光纤通信技术的发展	(194)
15.2	光纤与器件	(195)
15.3	数据传输方式	(199)
15.4	海底光缆	(200)
15.5	波分复用	(202)
15.6	光纤用户网	(203)
15.7	相干通信	(204)
15.8	光纤通信标准	(205)
	习 题	(206)
16	移动通信	(207)
16.1	发展概况	(207)
16.2	无绳电话	(209)
16.3	大区制移动通信网	(211)
16.4	小区制移动通信网	(212)
16.5	蜂窝电话接续	(217)
16.6	频率的配置	(219)
16.7	个人通信	(220)
	习 题	(223)
17	卫星通信	(224)
17.1	卫星通信的特点	(224)
17.2	发展概况	(225)
17.3	各类通信卫星	(226)
17.4	卫星通信频段	(228)
17.5	Globalstar 系统	(229)
17.6	Iridium 系统	(230)
17.7	应用实例	(233)
	习 题	(234)

18	数字电视	(235)
18.1	数字视频处理	(235)
18.2	采色电视制式	(236)
18.3	视频编码方式	(238)
18.4	技术参量标准	(239)
18.5	图象压缩技术	(241)
18.6	画面处理特技	(243)
18.7	数字电视机	(244)
	习 题	(246)
19	多媒体通信	(247)
19.1	多媒体通信的含义	(247)
19.2	多媒体通信的标准	(248)
19.3	图象压缩编码	(251)
19.4	多媒体通信网	(253)
19.5	会议电视	(254)
19.6	多媒体家电	(255)
	习 题	(258)
20	家用通信机维修	(259)
20.1	按键电话机	(259)
20.2	无绳电话机	(268)
20.3	手持对讲机 (大哥大)	(274)
20.4	图文传真机	(281)
	习 题	(286)
附录 1	全国长途自动电话编号	(287)
附录 2	电话特种业务号码	(288)
附录 3	数字无绳电话系统技术指标	(290)
附录 4	亚太地区部分国家 (地区) 通信卫星情况	(291)
附录 5	全球移动体卫星通信系统技术参量	(292)
附录 6	松下传真机故障代码	(292)
附录 7	本书所用专业英文缩写与翻译	(302)

1 通信系统

1.1 基本组成

通信就是相互交换信息。通信系统则是完成这种信息交换的工具和设备。通信系统由三个基本要素组成：由信源发出信息，经过信道传输，最终达到信宿（接收机）。由于客观上存在着外界干扰和噪声，实际的通信系统可以示意如图1.1所示。

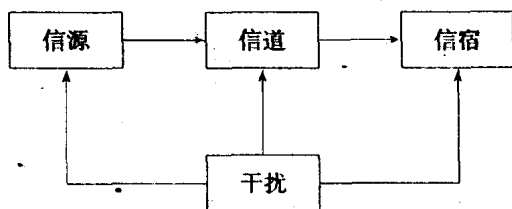


图1.1 通信系统的组成

这里讨论的通信系统是借助于电磁媒体传递信息的。它不包括依靠直接的声波，或者观察旗语、灯语、手势、烽火台等方式来完成的通信过程。带有信息的电磁信号，通过电缆传输或光导纤维传输或自由空间传播；包括借助卫星再生转发的方式，最终达到接收系统。这就是通常统称的无线电

通信系统。

1.2 基本类型

传送信息的媒体是信号。依据使用的信号可将通信系统分为三类：模拟通信系统、数字通信系统和数据通信系统。

模拟信号是时间连续的电信号。使用电压或电流的相应波动来模拟声音的起伏或者图象的明暗等其他非电量的变化。传递模拟信号的通信系统有电话、广播及电视等。当然，这些系统也在向数字化方向发展。

以计算机为中心，利用数字信号传递信息的数字通信系统，近来发展非常迅猛。数字信号在时间上和幅度上都取预定的离散值。由于数字信号有更高的可靠性和更强的抗干扰能力，加之将模拟信号变成数字信号已成为普通技术，所以脉冲编码调制（PCM）的通信系统已经普及，正朝着综合业务数据网（ISDN）方向发展。数据通信系统通常是指模拟信源和信宿之间，以数字信号传递信息的通信系统。

表 1.1 通信系统所用信道的分类

有线信道					无线信道				
明线信道	对称电缆信道	同轴电缆信道	波导管信道	光导纤维信道	中波信道	短波信道	超短波信道	微波信道	卫星通信信道

在数字信源和信宿之间的通信系统称为数据通信系统，例如计算机通信网、电报及电传打印机等的通信系统。

除了按信号分类，还可以按信道分类。使用电缆比使用线对传输质量更好，光缆具有更大的容量，可以铺设在地下或海底。在有线信道很难架设的地区，可以建立无线信道。还可以综合利用两类信道，例如播放卫星电视节目的有线电视系统。按信道分类的通信系统如表 1.1 所示。

1.3 工作模式

通信工作的基本模式共有三种，这就是单工模式、半双工模式和全双工模式。

实现传送信息的介质是通信线路。每条通信线路可以包含一个或几个通信的信道，就好象一条公路有一个或者几个车道一样。每个信道都是在单一方向上传送信息的途径。一个信道可以在正方向或反方向上传递消息，但是在任一瞬间只能在一个方向上传送信息。信道上信息流的方向由信道所接的终端设备来决定。

1.3.1 单工系统

古时候在长城的烽火台上点燃一堆火，以传出有敌来犯的消息，但是无法通知前沿将士应该怎么作，所以是单工的通信系统。此外，如广播、电视、报警装置及打钟上课等都是单向传送消息的通信系统。简称单工（one way）系统。

1.3.2 半双工系统

在信道的两个终端设备上增加功能，使能交替地改变信

道上信息流的传送方向，实现任一端都既可以发送也可以接收，这种单一信道上信息方向可控的通信系统是半双工 (Half duplex) 系统。

对讲机就是工作在同一载波频率上既可接收又可发送的通信设备。使用时，每方讲话结尾都加上“完毕”或者“over”，以提醒对方转换设备功能，由“收”改为“发”，并发表意见或回答问题。

1.3.3 全双工系统

上述单工和半双工系统都是单信道通信系统。如果有两个信道能同时在相反的方向上传送信息，而且每个终端都有同时接收和发送的功能，这就是全双工 (Full duplex) 通信系统。

打电话就是最普通的全双工模式的通信过程。实现的方法可用四线制的，也可以是双载波的，比如卫星通信就有国际规范的上行线波段和下行线波段，从而在一条通信线路上多信道的传送功能。

1.4 框图结构

数字通信系统的原理结构如图 1.2 所示。

信源产生有待传送的信息，它可以是语音的模拟信号或扫描画片的图象信号等。这种模拟信源发出的消息，经过通信系统传送，到达收信的用户。在图 1.2 中，除了信源和信宿之外的部分是数字通信系统。这个系统又细分为发送部分、信道和接收部分三个组成单元。这里所说的信道是指狭义的

信道，即电波信号的传输通道。有时又把数字调制器和数字解调器连同电波通道一起，称作广义信道。这是输入和输出数据信息的传输通道，简称数字信道。

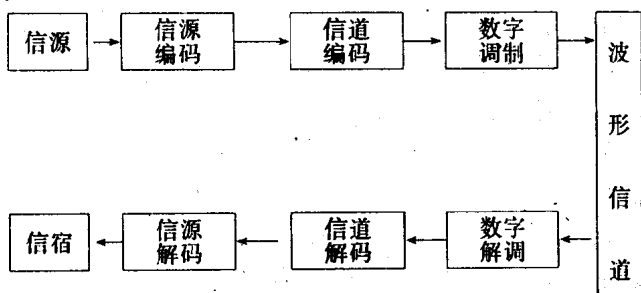


图1.2 数字通信系统的原理结构

信源编码把信源输出的模拟信号，转换成数字信号。相应的信源解码再把收到的数字信号还原成模拟信号。对于数字设备之间的通信系统，则没有信源编码和信源解码。这就是数字式的信源和信宿之间的数据通信系统。

1.5 发送部分

现在进一步说明信源编码、信道编码和数字调制器的作用和性能。

把模拟信源输出的信号，有效地变为数字序列的过程称信源编码。所谓“有效”是指使用最少的二进制数码来表示信源输出的每个消息。经过信源编码的数字序列只有非常小的冗余度，编码效率接近百分之百。以下即将介绍几种著名的编码方法。