



高职电类精品课程规划教材

全国高等职业教育电类专业研究会审定教材

北京市精品课程

通信与网络技术

TONGXIN YU WANGLUO JISHU

主编 黄一平



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

高职电类精品课程规划教材

全国高等职业教育电类专业研究会审定教材

北京市精品课程

通信与网络技术

主编 黄一平

北京邮电大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书比较全面地介绍了现代通信系统的理论和主要技术。主要内容包括数字通信系统、光纤通信系统、程控交换技术、通信网技术。重点论述了数字通信系统、光纤通信系统、程控交换技术的基本原理和网络的基本结构、业务应用。全书共分7章,依次为现代通信系统概述、模拟信号数字化传输、数字基带与频带传输系统、数字光纤通信系统、数字程控交换技术、现代通信网、通信与网络技术实训项目。

本书适合作为高职高专院校通信类、电子信息类专业教学用书,也可供广大通信工程等相关技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

通信与网络技术/黄一平主编. —北京:北京邮电大学出版社,2007

ISBN 978-7-5635-1416-8

I. 通… II. 黄… III. 通信网—高等学校:技术学校—教材 IV. TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 141843 号

书 名: 通信与网络技术

编 著: 黄一平

责任编辑: 王志宇

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(100876)

北方营销中心: 电话 010-62282185 传真 010-62283578

南方营销中心: 电话 010-62282902 传真 010-62282735

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092mm 1/16

印 张: 17.75

字 数: 419 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1416-8

定 价: 26.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社营销中心联系 •

高职电类精品课程规划教材

编审委员会

- 主 任 高 林(北京联合大学副校长)
- 副 主 任 鲁宇红(南京金陵科技学院副院长)
- 鲍 泓(北京联合大学信息学院院长)
- 孙建京(北京联合大学自动化学院院长)
- 郁建中(南京金陵科技学院信息技术学院副院长)
- 华永平(南京信息职业技术学院电子信息系主任)
- 杜庆波(南京信息职业技术学院通信工程系主任)
- 黄伟文(宁波职业技术学院华建信息学院副院长)
- 刘连青(北京信息职业技术学院电子工程系主任)
- 朱运利(北京电子科技职业学院工程系主任)
- 刘 威(北京电子科技职业学院电信系主任)
- 姚建永(武汉职业技术学院电信学院院长)
- 章 讯(长江职业学院工学院院长)
- 吕玉明(天津电子信息职业技术学院电子系主任)
- 丁学恭(杭州职业技术学院机电工程系主任)
- 韩春光(宁波大红鹰职业技术学院应用电子系主任)
- 李锦伟(浙江交通职业技术学院信息与管理系主任)
- 倪 勇(浙江机电职业技术学院电子信息工程系主任)
- 龚赤兵(广东水利电力职业技术学院计算机系副主任)
- 朱祥贤(淮安信息职业技术学院信息通信系主任)
- 委 员 (排名不分先后)
- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 陈传军 | 许学梅 | 吴志荣 | 楼晓春 | 刘大会 |
| 黄一平 | 王 川 | 石建华 | 万少华 | 冯友谊 |
| 何正宏 | 陈 卉 | 王建生 | 任力颖 | 卢孟夏 |
| 李红星 | 张益农 | 李 媛 | 钱琳琳 | 李永霞 |
| 白桂银 | 马靖宇 | 杨 菁 | 齐连运 | 杨 帆 |
- 执行编委 王志宇

高职电类精品课程规划教材

参编院校

北京联合大学

东北电力大学

宁波职业技术学院

北京电子科技职业学院

长江职业学院

天津电子信息职业技术学院

宁波大红鹰职业技术学院

浙江机电职业技术学院

江西九江职业技术学院

常州信息职业技术学院

吉林电子信息职业技术学院

武汉交通职业技术学院

南京交通职业技术学院

南京金陵科技学院

南京信息职业技术学院

北京信息职业技术学院

武汉职业技术学院

湖北交通职业技术学院

杭州职业技术学院

浙江交通职业技术学院

浙江工商职业技术学院

广东水利电力职业技术学院

淮安信息职业技术学院

沈阳职业技术学院

武汉船舶职业技术学院

南京正德职业技术学院

前 言

现代社会已经不可否认地进入了信息时代,作为信息时代基础的通信技术也走入了人们的日常生活,许多通信技术名词如 IP、CDMA、3G、GPRS、因特网等已成为人们生活中常谈的话题。作为以通信为专业的学生如何快速有效地学习和掌握通信技术是亟须解决的问题。为了能让学生建立起通信系统和通信网的整体概念,从通信技术角度对通信技术和通信网的基本概念、基本原理有一定的理解,我们编写了本书。

目前,通信与网络技术方面本科教材很多,但适合高职高专学生学习特点的教材十分短缺。因此,编写一本以重视理论与实际的结合,避免繁琐的数学推导、着重于应用、注重实际操作技能、力求通俗易懂的通信技术类教材,是当今高职高专教学上的一个迫切要求。为了适应这一要求,本书从高职学生认知水平出发,首先让学生建立起一个通信系统的概念,然后通过学习基本的通信技术原理、实际动手测试相关通信系统和通信网设备,达到对整个通信网络和通信技术的基本掌握。

全书内容讲解次序安排如下:

第1章介绍通信系统的基本概念、通信系统基本组成、几种常用的通信方式及通信系统的主要性能。

第2章介绍采样定理和脉冲振幅调制原理、脉冲编码调制(PCM)原理和增量调制(ΔM)原理及 PCM 和 ΔM 的性能、时分复用与多路数字电话系统的基本概念。

第3章介绍数字基带传输系统基本组成和工作原理、基带传输常用码型的编/解码方法、数字频带传输系统组成和工作原理、几种数字调制与解调原理、各种数字调制/解调方法的特点和应用。

第4章介绍光纤通信的基本概念、光纤和光缆的结构和分类、光纤通信中光源和光检测器的工作原理和基本结构、光无源器件的主要性能、光端机的功能和工作原理、数字光纤传输的两种体制。

第5章介绍交换机的发展和分类、数字程控交换机的概念和基本组成、数字交换网络组成和数字程控交换机的硬件与软件组成、数字程控交换机的呼叫接续过程及电话网信令系统的概念。

第6章介绍现代通信网的基本概念及构成、通信网的交换技术、通信网的体系结构、通信网的发展史、主要网络简介。

第7章内容包括3个实训项目:话音在数字通信系统中的传输、话音在光纤通信系统中的传输、数字程控交换与现代通信网。

通信与网络技术课程被评为2006年北京市精品课程,该课程的结构是通过围绕3个实训项目进行教学的。本书以该课程的知识结构体系为基础,理论知识依据3个实训项目所需用到的通信基本原理,理论内容以够用为度,注重实际应用。

本书由北京信息职业技术学院黄一平主编,其中第1~3章、第7章由黄一平编写,第4章由赵彦晓编写,第5章由商书明编写,第6章由李学礼编写。本书得到了刘连青和熊伟林老师的全力指导,提供了许多建设性建议并审阅了全稿,同时与国内兄弟高职院校的同行也做了许多有意义的交流与探讨,在此一并表示最诚挚的谢意。

由于通信技术发展迅猛,作者水平有限,加上时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 现代通信系统概述

1.1 通信系统构成	1
1.1.1 通信系统的一般模型	1
1.1.2 模拟通信模型和数字通信模型	2
1.2 通信系统分类及通信方式	6
1.2.1 通信系统分类	6
1.2.2 通信方式	8
1.3 通信系统主要性能指标	9
1.3.1 一般通信系统的性能指标	9
1.3.2 有效性指标的具体表述	10
1.3.3 可靠性指标的具体表述	11
1.4 通信发展趋势	11
本章小结	13
思考与练习题	13

第 2 章 模拟信号数字化传输

2.1 脉冲编码调制	14
2.1.1 采样	15
2.1.2 量化	18
2.1.3 编码	22
2.1.4 再生	24
2.1.5 解码	25
2.1.6 滤波	26
2.1.7 PCM 编/解码器	26
2.2 自适应差值脉冲编码调制	29
2.2.1 增量调制	29
2.2.2 差值脉冲编码调制	31
2.2.3 自适应差值脉冲编码调制	32
2.3 时分复用原理	33
2.3.1 时分多路复用、帧结构的基本概念	33
2.3.2 30/32 路 PCM 基群帧结构	35



2.3.3 30/32 路 PCM 基群终端机构成及特性指标	36
2.3.4 PCM 高次群	39
本章小结	39
思考与练习题	40
第 3 章 数字基带与频带传输系统	
3.1 数字基带传输系统	41
3.1.1 数字基带传输概述	41
3.1.2 数字基带信号码型	43
3.1.3 眼图	45
3.2 数字频带传输系统	47
3.2.1 二进制振幅键控	47
3.2.2 二进制移频键控	48
3.2.3 相移键控	51
3.3 数字调制系统性能比较	60
本章小结	62
思考与练习题	63
第 4 章 数字光纤通信系统	
4.1 数字光纤通信系统概述	64
4.1.1 光纤通信发展现状	64
4.1.2 光纤通信的特点和应用	66
4.1.3 光纤通信系统的基本组成	68
4.2 光纤与光器件	70
4.2.1 光纤	70
4.2.2 光缆	74
4.2.3 通信用光器件	79
4.3 光端机	92
4.3.1 光发送机	93
4.3.2 光接收机	98
4.3.3 线路编码	102
4.4 数字光纤系统的两种传输体制	107
4.4.1 数字复接原理	107
4.4.2 准同步数字系列	108
4.4.3 同步数字系列	110
4.4.4 SDH 的帧结构	111
4.4.5 SDH 系列的复用	113
4.4.6 SDH 设备	118
4.4.7 SDH 网络结构	120

本章小结	125
思考与练习题	126
第 5 章 数字程控交换技术	
5.1 概 述	128
5.1.1 交换机的引入	128
5.1.2 程控交换机的发展	130
5.1.3 程控交换机的分类	131
5.2 程控交换机的组成	133
5.2.1 电话交换机的基本功能	133
5.2.2 电话交换机的基本组成	133
5.2.3 数字程控交换机的组成	134
5.3 数字交换网络	135
5.3.1 数字交换原理	135
5.3.2 复用和分路	136
5.3.3 时分接线器	137
5.3.4 空分接线器	139
5.3.5 数字交换网络	140
5.4 ZXJ10 数字程控交换机系统结构	141
5.4.1 ZXJ10 数字程控交换机系统概述	141
5.4.2 ZXJ10 系统硬件结构体系	146
5.4.3 ZXJ10 系统组网	153
5.4.4 ZXJ10 系统软件结构体系	156
5.5 电话网的信令系统简介	167
5.5.1 电话交换的呼叫接续过程	167
5.5.2 信令的基本概念	169
5.5.3 信令的分类	170
5.5.4 信令系统	172
本章小结	189
思考与练习题	190
第 6 章 现代通信网	
6.1 现代通信网的基本概念及构成	191
6.1.1 通信网的基本模型	191
6.1.2 通信网的定义和构成	194
6.1.3 通信网的类型	198
6.1.4 通信网的物理拓扑结构	198
6.1.5 通信网的业务	200
6.1.6 通信系统与通信网	201



6.2 通信网的交换技术	203
6.2.1 交换技术概述	203
6.2.2 主要的交换技术	204
6.3 通信网的体系结构	208
6.3.1 OSI 参考模型	208
6.3.2 TCP/IP 协议体系结构	209
6.4 通信网的发展史	210
6.5 主要网络简介	213
6.5.1 电话网	214
6.5.2 数据网	216
6.5.3 接入网	216
6.5.4 综合业务数字网(ISDN)	217
本章小结	218
思考与练习题	219
 第7章 通信与网络技术实训	
7.1 实训项目一 话音在数字通信系统中的传输	220
7.1.1 话音编码通信系统分析与测试	220
7.1.2 话音数字基带传输系统分析与测试	224
7.1.3 话音数字频带传输系统分析与测试	231
7.1.4 项目报告一	233
7.2 实训项目二 话音在光纤通信系统中的传输	234
7.2.1 光纤通信系统电终端分析与测试	234
7.2.2 光纤通信系统光终端分析与测试	235
7.2.3 项目报告二	248
7.3 实训项目三 数字程控交换与现代通信网	249
7.3.1 用户环路接口模块测试	249
7.3.2 程控交换接续模块测试	255
7.3.3 程控交换原理综合测试	259
7.3.4 SDH 光电口参数测试	262
7.3.5 SDH 组网配置实训	267
7.3.6 项目报告三	271
参考文献	273

现代通信系统概述

【内容提要】

本章将简要介绍通信系统的基本概念、通信系统组成,介绍几种常用的通信方式以及通信系统的主要性能。

【本章重点】

1. 通信的基本概念;
2. 通信系统的构成以及各构成部分的主要功能;
3. 常用的几种通信传输方式和通信系统分类;
4. 通信系统的主要性能指标;
5. 通信发展趋势简介。

1.1 通信系统构成

1.1.1 通信系统的一般模型

从古到今,人类的社会活动总离不开信息的传递和交换,这种信息传递和交换的过程称之为通信。人们可以用语言、文字、数据或图像等不同的形式来表达信息。

实现通信的方式很多,随着社会需求和生产力发展及科学技术的进步,目前的通信越来越依赖利用“电”来传递消息的电通信方式,当今,在自然科学领域涉及“通信”这一术语时,一般是指“电通信”。

通信是从一地向另一地传递和交换信息。实现信息传递所需的一切技术设备和传输媒质的总和称为通信系统。近代通信系统种类繁多,形式各一,但无论是哪种通信系统,都是完成从一地到另一地信息的传递或交换。在这样一个总的目的下,把通信系统概括为一个统一的通信系统模型。这个模型包括:信源、发送设备、信道、噪声源、接收设备、信宿。模型框图如图 1-1 所示。

模型中各部分的功能如下。

(1) 信源

信源是消息的产生地,其作用是把各种消息转换成原始电信号,称之为消息信号或基



带信号。电话机、电视摄像机、计算机等各种数字终端设备就是信源。前者属于模拟信源,输出的是模拟信号;后者是数字信源,输出离散的数字信号。

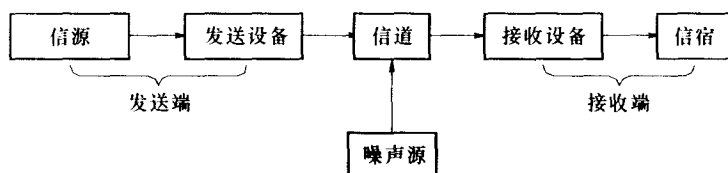


图 1-1 通信系统模型

(2) 发送设备

发送设备的基本功能是将信源和信道匹配起来,即将信源产生的消息信号变换成适合在信道中传输的信号。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。对数字通信系统来说,发送设备常常又可分为信源编码与信道编码。

(3) 信道

信道是指传输信号的物理媒质。在无线信道中,信道可以是大气,在有线信道中,信道可以是明线、电缆或光纤。有线和无线信道均有多种物理媒质。

(4) 噪声源

噪声源不是人为加入的设备,而是通信系统中各种设备以及信道中所固有的,并且是人们所不希望的。噪声的来源是多样的,它可分为内部噪声和外部噪声,而且外部噪声往往是从信道引入的。因此,为了分析方便,把噪声源视为各处噪声的集中表现而抽象加入到信道。

(5) 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。它的任务是从带有干扰的接收信号中正确恢复出相应的原始基带信号来,对于多路复用信号,还包括解除多路复用,实现正确分路。

(6) 信宿

信宿是传输信息的归宿点,其作用是将复原的原始信号转换成相应的消息。

1.1.2 模拟通信模型和数字通信模型

图 1-1 中,信源发出的消息虽然有多种形式,但可分为两大类:一类称为连续消息;另一类称为离散消息。连续消息是指消息的状态是连续变化或是不可数的,如语音、活动图片等。离散消息则是指消息的状态是离散的或是可数的,如符号、数据等。

消息的传递是通过它的物质载体——电信号来实现的,即把消息寄托在电信号的某一参量(幅度、频率或相位)上。按信号参量的取值方式不同可把信号分为两类,即模拟信号和数字信号。

凡信号参量的取值是连续的或取无穷多个值的,如图 1-2 (a)所示,且直接与消息相对应的信号,均称为模拟信号,如电话机送出的语音信号、电视摄像机输出的图像信号等。模拟信号有时也称为连续信号,这个连续是指信号的某一参量可以连续变化,或者说在某

一取值范围内可以取无穷多个值,而不一定在时间上也连续,如图 1-2 (b)所示的采样信号。

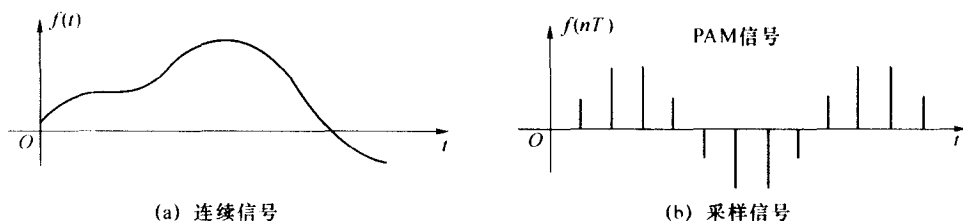


图 1-2 模拟信号波形

凡信号参量只能取有限个值,并且常常不直接与消息相对应的信号,如图 1-3(a)所示,均称为数字信号,如电报信号、计算机输入/输出信号、PCM 信号等。数字信号有时也称离散信号,这个离散是指信号的某一参量是离散变化的,而不一定在时间上也离散,如图 1-3(b)所示的 2PSK 信号。

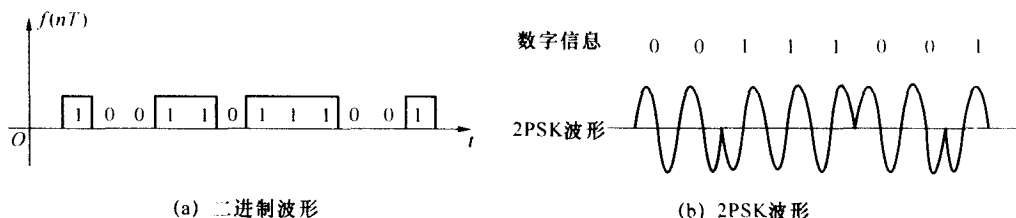


图 1-3 数字信号波形

因此,按照信道中传输的是模拟信号还是数字信号,可相应地把通信系统分为模拟通信系统和数字通信系统。

1. 模拟通信系统模型

模拟通信系统是利用模拟信号来传递信息的通信系统。信源发出的原始电信号是基带信号,基带的含义是指信号的频谱从零频附近开始,如语音信号为 300~3 400 Hz,图像信号为 0~6 MHz。由于这种信号具有频率很低的频谱分量,一般不宜直接传输,这就需要把基带信号变换成频带适合在信道中传输的信号,并可在接收端进行反变换。完成这种变换和反变换作用的通常是调制器和解调器。

经过调制以后的信号称为已调信号。已调信号有 3 个基本特征:一是携带信息;二是适合在信道中传输;三是信号的频谱具有带通形式且中心频率远离零频。因而已调信号又称频带信号。

模拟通信系统模型如图 1-4 所示。图中的调制器和解调器就代表图 1-1 中的发送设备和接收设备。

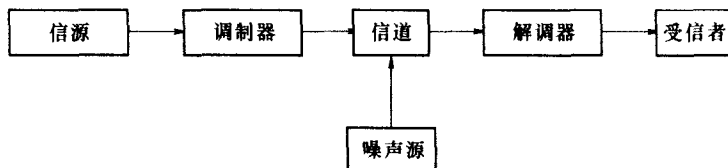


图 1-4 模拟通信系统模型



2. 数字通信系统模型

数字通信系统是利用数字信号来传递信息的通信系统,如图 1-5 所示。数字通信系统主要由信源编/译码、信道编/译码、数字调制/解调、数字复接、同步及加密电路组成。

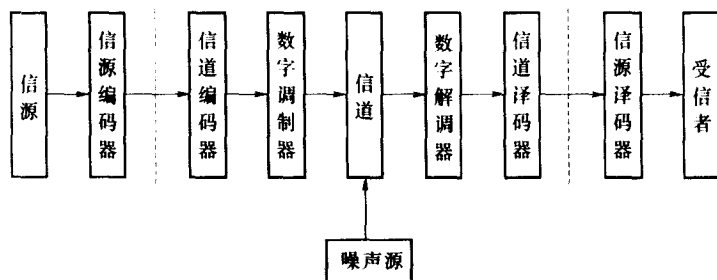


图 1-5 数字频带传输通信系统模型

模型中各部分的功能如下。

(1) 信源编码

信源编码的作用之一是设法减少码元数目和降低码元速率,即通常所说的数据压缩;作用之二是当信源给出的是模拟语音信号时,信源编码器将其转换成数字信号,以实现模拟信号的数字化传输。

(2) 信源译码

信源译码是信源编码的逆过程。

(3) 信道编码与译码

数字信号在信道传输时,由于噪声、衰减以及人为干扰等,将会引起差错。为了减少差错,信道编码器对传输的信息码元按一定的规则加入保护成分(监督元),组成所谓“抗干扰编码”。接收端的信道译码器按一定规则进行解码,从解码过程中发现错误或纠正错误,从而提高通信系统抗干扰能力,实现可靠通信。

(4) 加密与解密

在需要实现保密通信的场合,为了保证所传输信息的安全,人为地将被传输的数字序列扰乱,即加上密码,这种处理过程叫加密。在接收端利用与发送端相同的密码复制品对收到的数字序列进行解密,恢复原来信息,叫解密。

(5) 数字调制与解调

数字调制就是把数字基带信号的频谱搬移到高频处,形成适合在信道中传输的频带信号。基本的数字调制方式有振幅键控(ASK)、频移键控(FSK)、绝对相移键控(PSK)、相对(差分)相移键控(DPSK)。对这些信号可以采用相干解调或非相干解调还原为数字基带信号。对高斯噪声下的信号检测,一般用相关器接收机或匹配滤波器实现。

(6) 同步与数字复接

同步是保证数字通信系统有序、准确、可靠工作的不可缺少的前提条件。同步是使接

收、发送两端的信号在时间上保持步调一致。

数字复接就是依据时分复用基本原理把若干个低速数字信号合并成一个高速的数字信号,以扩大传输容量和提高传输效率。

模拟通信与数字通信的区别仅在于信道中传输的信号种类。信道中传输数字信号的通信系统,称为数字通信系统。数字通信系统又包括以下3种:数字频带传输通信系统,如图1-5所示;数字基带传输通信系统,如图1-6所示,其中基带信号形成器包括编码器、加密器以及波形变换等,接收滤波器包括译码器、解密器等;还有一种模拟信号数字化传输通信系统,如图1-7所示,其中发送端将模拟信号数字化,即进行A/D转换,接收端需进行相反的转换,即D/A转换。

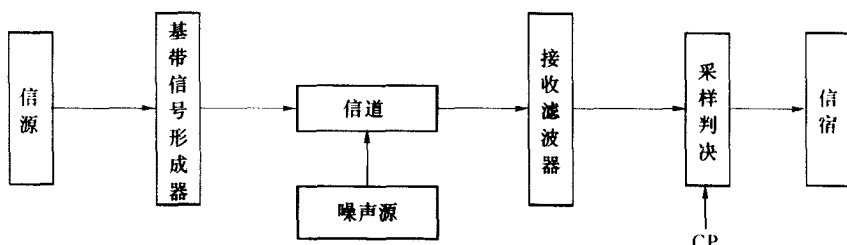


图 1-6 数字基带传输通信系统模型



图 1-7 模拟信号数字化传输通信系统模型

3. 数字通信的特点

目前,无论是模拟通信还是数字通信,在不同的通信业务中都得到了广泛的应用。但是,数字通信的发展速度已明显超过模拟通信,成为当代通信技术的主流。与模拟通信相比,数字通信更能适应现代社会对通信技术越来越高的要求,其特点如下。

(1) 抗干扰能力强。在模拟通信中,为了保证接收信号有一定的幅度,需要及时将传输信号放大,但与此同时叠加于信号上的噪声也放大,如图1-8(a)所示。由于模拟信号的幅度值是连续的,很难把与信号处于同一频带内的噪声分开,因此随着传输距离的增加,噪声积累越来越大,将使传输质量严重恶化。在数字通信中,由于数字信号的幅度值为有限个数的离散值,所以在传输过程中虽然也要叠加噪声,但当噪声比还没有恶化到一定程度时,可在适当的距离将信号再生成原发送的信号,如图1-8(b)所示。因此,数字通信方式可做到无噪声积累,故可实现长距离、高质量的传输。

(2) 差错可控。可以采用信道编码技术使误码率降低,提高传输的可靠性。

(3) 易于与各种数字终端接口,用现代计算技术对信号进行处理、加工、变换、存储,从而形成智能网。



(4) 易于集成化,从而使通信设备微型化。

(5) 易于加密处理,且保密强度高。

但是,数字通信的许多优点都是用比模拟通信占据更宽的系统频带为代价而换取的。以电话为例,一路模拟电话通常只占据 4 kHz 带宽,但一路接近同样语音质量的数字电话可能要占据 20~60 kHz 的带宽,因此数字通信的频带利用率不高。

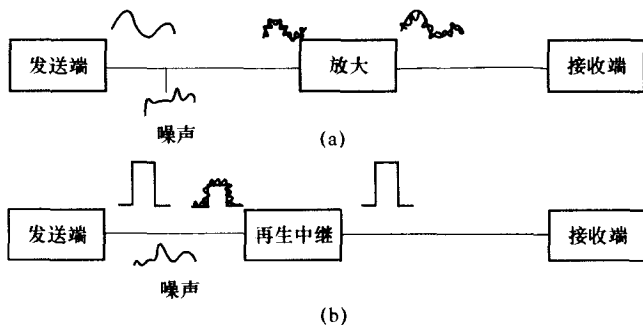


图 1-8 模拟通信与数字通信抗干扰性能比较

另外,由于数字通信对同步要求高,因而系统设备比较复杂。不过,随着新的宽带传输信道(如光导纤维)的采用、窄带调制技术和超大规模集成电路的发展,数字通信的这些缺点已经弱化。随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展和广泛应用,数字通信在今后的通信方式中必将逐步取代模拟通信而占主导地位。

1.2 通信系统分类及通信方式

1.2.1 通信系统分类

1. 按通信业务分类

按通信业务分类,通信系统有话务通信和非话务通信。电话业务在电信领域中一直占主导地位,它属于人与人之间的通信。近年来,非话务通信发展迅速,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、可视图文以及会议电视、图像通信等。由于电话通信最为发达,因而其他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。此外,还有遥测、遥控、遥信和遥调等控制通信业务。

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频带传输。基带传输是将未经调制的信号直接传送,如音频市内电话。频带传输是对各种信号调制后传输的总称。调制方式很多,表 1-1 列出了一些常见的调制方式。