

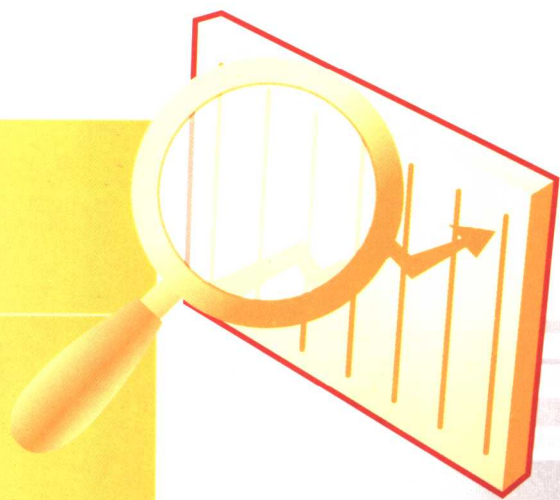


21st CENTURY

实用规划教材

21世纪全国应用型本科

电子通信系列 实用规划教材



现代通信系统

主 编 李白萍 王志明



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

TN914/39

2007

21 世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材

现代通信系统

主 编 李白萍 王志明
副主编 李慧贞 毛昕蓉
殷晓虎 李晓东



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书介绍了现代通信的基本概念,系统地阐述了目前广泛使用的各种数字通信系统,并叙述了它们的组成、工作原理、关键技术以及最新技术发展情况。内容包括通信系统与现代通信、数字电话通信系统、数字微波通信系统、卫星通信系统、光纤通信系统及数字移动通信系统。本书以各个通信系统为基础介绍了现代通信网,最后以现代通信系统中的一些关键技术为例,用 MATLAB 进行了几个有代表性的仿真实验。

本书可作为高等院校非通信类专业的学生学习现代通信技术的教材和参考书,也可作为从事信息产业有关技术工作人员的培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信系统/李白萍,王志明主编. —北京:北京大学出版社,2007.11

(21世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-12177-1

I. 现… II. ①李… ②王… III. 通信系统—高等学校—教材 IV. TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 074914 号

书 名: 现代通信系统

著作责任者: 李白萍 王志明 主编

策划编辑: 徐 凡

责任编辑: 徐 凡 李娉婷

标准书号: ISBN 978-7-301-12177-1/TN·0024

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.75 印张 411 千字

2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 27.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

《21世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》

参编学校名单

- | | |
|-------------|---------------------|
| 1 安徽建筑工业学院 | 24 苏州大学 |
| 2 安徽科技学院 | 25 江南大学 |
| 3 北京石油化工学院 | 26 沈阳科学技术大学(沈阳化工学院) |
| 4 福建工程学院 | 27 辽宁工学院 |
| 5 厦门大学 | 28 聊城大学 |
| 6 宁波工程学院 | 29 临沂大学 |
| 7 东莞理工学院 | 30 潍坊学院 |
| 8 海南大学 | 31 曲阜师范大学 |
| 9 河南科技学院 | 32 山东科技大学 |
| 10 南阳师范学院 | 33 烟台大学 |
| 11 河南农业大学 | 34 太原科技大学 |
| 12 东北林业大学 | 35 太原理工大学 |
| 13 黑龙江科技学院 | 36 中北大学分校 |
| 14 黄石理工学院 | 37 忻州师范学院 |
| 15 湖南工学院 | 38 陕西理工学院 |
| 16 中南林业科技大学 | 39 西安工程大学 |
| 17 北华大学 | 40 陕西科技大学 |
| 18 吉林建筑工程学院 | 41 西安科技大学 |
| 19 长春理工大学 | 42 华东师范大学 |
| 20 东北电力大学 | 43 上海应用技术学院 |
| 21 吉林农业大学 | 44 成都理工大学 |
| 22 淮海工学院 | 45 天津工程师范学院 |
| 23 南京工程学院 | 46 浙江工业大学之江学院 |

《21世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》

专家编审委员会

主任 殷瑞祥

顾问 宋铁成

副主任 (按拼音顺序排名)

曹茂永 陈殿仁 李白萍 王霓虹

魏立峰 袁德成 周立求

委员 (按拼音顺序排名)

曹继华 郭勇 黄联芬 蒋学华 蒋中

刘化君 聂翔 王宝兴 吴舒辞 阎毅

杨雷 姚胜兴 张立毅 张雪英 张宗念

赵明富 周开利

丛书总序

随着招生规模迅速扩大,我国高等教育已经从“精英教育”转化为“大众教育”,全面素质教育必须在教育模式、教学手段等各个环节进行深入改革,以适应大众化教育的新形势。面对社会对高等教育人才的需求结构变化,自20世纪90年代以来,全国范围内出现了一大批以培养应用型人才为主要目标的应用型本科院校,很大程度上弥补了我国高等教育人才培养规格单一的缺陷。

但是,作为教学体系中重要信息载体的教材建设并没有能够及时跟上高等学校人才培养规格目标的变化,相当长一段时间以来,应用型本科院校仍只能借用长期存在的精英教育模式下研究型教学所使用的教材体系,出现了人才培养目标与教材体系的不协调,影响着应用型本科院校人才培养的质量,因此,认真研究应用型本科教育教学的特点,建立适合其发展需要的教材新体系越来越成为摆在广大应用型本科院校教师面前的迫切任务。

2005年4月北京大学出版社在南京工程学院组织召开《21世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》编写研讨会,会议邀请了全国知名学科专家、工业企业工程技术人员和部分应用型本科院校骨干教师共70余人,研究制定电子信息类应用型本科专业基础课程和主干专业课程体系,并遴选了各教材的编写组成人员,落实制定教材编写大纲。

2005年8月在北京召开了《21世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》审纲会,广泛征求了用人单位对应用型本科毕业生的知识能力需求和应用型本科院校教学一线教师的意见,对各本教材主编提出的编写大纲进行了认真细致的审核和修改,在会上确定了32本教材的编写大纲,为这套系列教材的质量奠定了基础。

经过各位主编、副主编和参编教师的努力,在北京大学出版社和各参编学校领导的关心和支持下,经过北大出版社编辑们的辛苦工作,我们这套系列教材终于在2006年与读者见面了。

《21世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》涵盖了电子信息、通信等专业的的基础课程和主干专业课程,同时还包括其他非电类专业的电工电子基础课程。

电工电子与信息技术越来越渗透到社会的各行各业,知识和技术更新迅速,要求应用型本科院校在人才培养过程中,必须紧密结合现行工业企业技术现状。因此,教材内容必须能够将技术的最新发展和当今应用状况及时反映进来。

参加系列教材编写的作者主要是来自全国各地应用型本科院校的第一线教师和部分工业企业工程技术人员,他们都具有多年从事应用型本科教学的经验,非常熟悉应用型本科教育教学的现状、目标,同时还熟悉工业企业的技术现状和人才知识能力需求。本系列教材明确定位于“应用型人才”目标,具有以下特点:

(1) **强调大基础:**针对应用型本科教学对象特点和电子信息学科知识结构,调整理顺了课程之间的关系,避免了内容的重复,将众多电子、电气类专业基础课程整合在一个统

一的大平台上,有利于教学过程的实施。

(2) **突出应用性:**教材内容编排上力求尽可能把科学技术发展的新成果吸收进来、把工业企业的实际应用情况反映到教材中,教材中的例题和习题尽量选用具有实际工程背景的问题,避免空洞。

(3) **坚持科学发展观:**教材内容组织从可持续发展的观念出发,根据课程特点,力求反映学科现代新理论、新技术、新材料、新工艺。

(4) **教学资源齐全:**与纸质教材相配套,同时编制配套的电子教案、数字化素材、网络课程等多种媒体形式的教学资源,方便教师和学生的教学组织实施。

衷心感谢本套系列教材的各位编著者,没有他们在教学第一线的教改和工程第一线的辛勤实践,要出版如此规模的系列实用教材是不可能的。同时感谢北京大学出版社为我们广大编著者提供了广阔的平台,为我们进一步提高本专业领域的教学质量和教学水平提供了很好的条件。

我们真诚希望使用本系列教材的教师和学生,不吝指正,随时给我们提出宝贵的意见,以期进一步对本系列教材进行修订、完善。

《21世纪全国应用型本科电子通信系列实用规划教材》

专家编审委员会

2006年4月

前 言

21 世纪人类已经进入了信息时代,信息技术迅猛发展,影响着全球经济社会生活中的各个方面。现代通信系统是现代通信技术的集成,是信息技术的重要组成部分,特别是新时代的大学生,在今后从事工程技术、工程管理等工作时,是离不开信息技术的。现在,工科院校几乎所有专业都开设了计算机技术类课程,然而对通信类课程了解甚少。对于非通信专业的其他电子信息类学生,应该学习和具备有关通信技术的一些基本知识,了解传输信息的现代通信系统的发展。编写本书正是基于此目的。

本书共分 8 章。第 1 章通信系统与现代通信。介绍了通信系统的基本概念,系统的基本组成和性能指标,以及现代通信的基本特征和特点。第 2 章数字电话通信系统。介绍了信源编码技术、数字传输技术、数字交换技术和数字复接技术。第 3 章数字微波通信系统。介绍了微波通信的基本概念,微波传输信道,数字微波通信系统的组成和关键技术。第 4 章卫星通信系统。介绍了卫星通信系统的基本概念,信道分配技术,各种多址技术的工作原理及应用和卫星通信系统的组成、设计与计算。第 5 章光纤通信系统。介绍了光纤通信的基本概念和光纤通信系统的组成及设计。第 6 章数字移动通信系统。介绍了移动通信的基本概念,GSM 移动通信系统,CDMA 移动通信系统和新一代移动通信系统的组成、原理及应用。第 7 章现代通信网。介绍现代通信网的概念、结构、组成,分类及发展。第 8 章现代通信系统仿真实验。以数字电话通信系统为例,用 MATLAB 进行了几个有代表性的仿真实验。

本书由西安科技大学、南京工程学院、陕西科技大学和西安工程大学等院校几位长期从事信息与通信工程专业教学工作的一线教师编写。第 1, 7, 8 章由西安科技大学李白萍教授编写;第 2 章由西安科技大学殷晓虎编写;第 3, 4 章由陕西科技大学李慧贞和西安科技大学毛昕蓉编写;第 5 章由南京工程学院王志明副教授编写;第 6 章由西安工程大学李晓东编写;全书由李白萍教授统稿。

在此次编写中,我们参考和引用了前人的研究成果、著作和论文,在此谨向这些文献的著作者表示敬意和感谢。同时对吴延海、吴冬梅、姚军老师所提出的宝贵意见和硕士研究生张晓天、马康平、魏宝琴、闫莹所做的大量辅助性工作表示感谢。

由于本书涉及通信中众多实际通信系统技术和设备,限于编者的理论水平和教学经验,书中难免存在疏漏和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2007 年 10 月

目 录

| | |
|-------------------------------|----|
| 第 1 章 通信系统与现代通信 | 1 |
| 1.1 通信的基本概念及发展 | 1 |
| 1.2 通信系统 | 2 |
| 1.2.1 通信系统的定义 | 2 |
| 1.2.2 通信系统的组成 | 4 |
| 1.2.3 数字通信的主要质量指标 | 5 |
| 1.2.4 通信系统的分类 | 7 |
| 1.3 现代通信 | 8 |
| 1.3.1 现代通信的基本概念 | 8 |
| 1.3.2 现代通信的特点 | 9 |
| 1.4 小结 | 10 |
| 1.5 习题 | 11 |
| 第 2 章 数字电话通信系统 | 12 |
| 2.1 数字电话通信系统概述 | 12 |
| 2.2 信源编码技术 | 13 |
| 2.2.1 抽样、量化、编码 | 13 |
| 2.2.2 多路复用 | 19 |
| 2.3 数字传输技术 | 23 |
| 2.3.1 数字基带传输 | 24 |
| 2.3.2 数字频带传输 | 32 |
| 2.4 数字交换技术 | 42 |
| 2.4.1 电话交换简介 | 42 |
| 2.4.2 交换单元和数字交换网络 | 46 |
| 2.4.3 数字程控交换机硬件、软件、信令系统 | 51 |
| 2.5 数字复接技术 | 69 |
| 2.5.1 PCM 复用与数字复接 | 70 |
| 2.5.2 数字复接设备及复接等级 | 72 |
| 2.5.3 PCM 二次群异步复接 | 73 |
| 2.5.4 同步数字系列(SDH)简介 | 76 |
| 2.6 小结 | 79 |
| 2.7 习题 | 79 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| 第 3 章 数字微波通信系统 | 81 |
| 3.1 微波通信概述..... | 81 |
| 3.1.1 微波通信的频段及特点..... | 81 |
| 3.1.2 数字微波通信系统的组成及发展..... | 84 |
| 3.2 微波传输信道..... | 85 |
| 3.2.1 微波传播特性..... | 85 |
| 3.2.2 大气及地面效应..... | 87 |
| 3.2.3 衰落特性..... | 90 |
| 3.3 数字微波通信系统..... | 93 |
| 3.3.1 数字微波通信线路的构成..... | 93 |
| 3.3.2 数字微波通信系统的设备..... | 95 |
| 3.3.3 波道及射频频率的配置..... | 98 |
| 3.3.4 关键技术..... | 102 |
| 3.4 数字微波通信新技术..... | 107 |
| 3.4.1 SDH 技术的应用特点..... | 107 |
| 3.4.2 主要技术..... | 107 |
| 3.5 小结..... | 108 |
| 3.6 习题..... | 109 |
| 第 4 章 卫星通信系统 | 110 |
| 4.1 概述..... | 110 |
| 4.1.1 卫星通信的基本概念..... | 110 |
| 4.1.2 卫星通信系统的特点..... | 111 |
| 4.2 卫星通信的通信体制..... | 113 |
| 4.2.1 信道分配技术..... | 114 |
| 4.2.2 多址连接方式..... | 115 |
| 4.3 卫星通信系统..... | 118 |
| 4.3.1 卫星通信系统的组成及工作过程..... | 119 |
| 4.3.2 通信卫星..... | 121 |
| 4.3.3 卫星地面站..... | 126 |
| 4.3.4 工作频段..... | 128 |
| 4.4 卫星通信系统设计与线路计算..... | 129 |
| 4.4.1 性能参数..... | 130 |
| 4.4.2 功率计算..... | 132 |
| 4.4.3 卫星通信系统设计..... | 134 |
| 4.5 卫星通信的新技术..... | 135 |
| 4.5.1 VSAT 卫星通信系统..... | 135 |
| 4.5.2 卫星移动通信系统..... | 142 |
| 4.5.3 宽带多媒体卫星移动通信系统..... | 146 |

| | | |
|------------|-------------------|------------|
| 4.6 | 小结 | 147 |
| 4.7 | 习题 | 147 |
| 第5章 | 光纤通信系统 | 149 |
| 5.1 | 概述 | 149 |
| 5.1.1 | 光纤通信系统的基本概念、组成及分类 | 149 |
| 5.1.2 | 光纤通信的特点 | 151 |
| 5.2 | 光纤与光缆 | 152 |
| 5.2.1 | 光纤的结构和分类 | 152 |
| 5.2.2 | 光纤的导光原理 | 154 |
| 5.2.3 | 光纤的传输特性 | 157 |
| 5.2.4 | 光缆的结构和分类 | 160 |
| 5.3 | 光纤通信系统 | 161 |
| 5.3.1 | 光纤通信系统的基本组成 | 161 |
| 5.3.2 | 光发送机 | 161 |
| 5.3.3 | 光接收机 | 166 |
| 5.4 | 光纤通信系统设计 | 172 |
| 5.4.1 | 光纤通信系统设计概述 | 172 |
| 5.4.2 | 损耗受限系统设计 | 176 |
| 5.4.3 | 色散受限系统设计 | 177 |
| 5.5 | 光纤通信的新技术及发展 | 180 |
| 5.6 | 小结 | 181 |
| 5.7 | 习题 | 181 |
| 第6章 | 数字移动通信系统 | 183 |
| 6.1 | 移动通信概述 | 183 |
| 6.1.1 | 移动通信的特点 | 183 |
| 6.1.2 | 移动通信的分类及工作方式 | 184 |
| 6.1.3 | 几种典型的移动通信系统 | 186 |
| 6.1.4 | 蜂窝移动通信系统的发展概况 | 188 |
| 6.1.5 | 移动通信系统的组成 | 189 |
| 6.1.6 | 数字移动通信的基本技术 | 190 |
| 6.2 | GSM 数字蜂窝移动通信系统 | 196 |
| 6.2.1 | GSM 系统简介 | 196 |
| 6.2.2 | GSM 系统结构 | 196 |
| 6.2.3 | GSM 系统的传输方式 | 198 |
| 6.2.4 | GSM 体制的特点 | 200 |
| 6.3 | CDMA 移动通信系统 | 202 |
| 6.3.1 | CDMA 系统简介 | 202 |
| 6.3.2 | CDMA 系统工作原理 | 202 |

| | | |
|--------------|------------------------|------------|
| 6.3.3 | CDMA 系统组成..... | 206 |
| 6.3.4 | CDMA 系统参数..... | 207 |
| 6.3.5 | CDMA 系统的无线传输..... | 208 |
| 6.3.6 | CDMA 系统功率控制..... | 211 |
| 6.4 | 新一代移动通信系统..... | 213 |
| 6.4.1 | 个人通信概述..... | 213 |
| 6.4.2 | 第三代移动通信系统(3G)..... | 214 |
| 6.4.3 | 第三代移动通信的新技术..... | 219 |
| 6.5 | 小结..... | 223 |
| 6.6 | 习题..... | 224 |
| 第 7 章 | 现代通信网..... | 225 |
| 7.1 | 通信网..... | 225 |
| 7.1.1 | 通信网的基本概念..... | 225 |
| 7.1.2 | 通信网的物理拓扑结构..... | 226 |
| 7.1.3 | 通信网的质量要求..... | 228 |
| 7.2 | 现代通信网..... | 229 |
| 7.2.1 | 现代通信网的构成与分类..... | 229 |
| 7.2.2 | 业务网..... | 230 |
| 7.2.3 | 支撑网..... | 240 |
| 7.2.4 | 接入网..... | 243 |
| 7.2.5 | 智能网..... | 246 |
| 7.3 | 现代通信网的发展..... | 247 |
| 7.4 | 小结..... | 248 |
| 7.5 | 习题..... | 248 |
| 第 8 章 | 现代通信系统仿真实验..... | 249 |
| 8.1 | 概述..... | 249 |
| 8.1.1 | 仿真分类..... | 249 |
| 8.1.2 | 仿真工具简介..... | 249 |
| 8.2 | 仿真实验..... | 251 |
| 8.2.1 | 数字电话通信系统中脉冲编码调制..... | 251 |
| 8.2.2 | 数字基带传输系统..... | 258 |
| 8.2.3 | 数字频带传输系统..... | 262 |
| 8.2.4 | 扩频通信系统..... | 265 |
| 8.3 | 小结..... | 270 |
| 8.4 | 习题..... | 270 |
| | 参考文献..... | 271 |

第 1 章 通信系统与现代通信

教学提示：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。通信系统已成为现代文明的标志之一，是现代社会必不可少的组成元素，对人们日常生活、社会活动及发展将起到更加重要的作用。通信系统正变得越来越复杂。学习通信系统和现代通信的基本概念，是掌握复杂通信系统的基础。

教学要求：本章要求学生掌握通信系统的基本概念、基本组成、分类及性能指标；了解现代通信的基本特征。

1.1 通信的基本概念及发展

自从有了人类活动，就产生了通信。在人类的活动过程中需要相互传递信息，也就是将带有信息的信号通过某种方式由发送者传送给接收者，这种信息的传送过程就是通信。因此，所谓通信，就是由一个地方向另一个地方传递和交换信息。

自古以来，人们已经创造出了很多的通信方式。例如，古代的烽火台、旌旗；近代的灯光信号、旗语；现代的电报、电话、传真、电视等。所有通信都是将消息变成与之对应的信号来传递的，信号实际上就是消息的运载者。显然，现代通信以电信号传递消息是最好的，它既传得快又准确可靠，而且几乎不受时间、地点、距离等方面的限制，因而获得了飞速的发展和广泛的应用。如今在自然科学中，“通信”一词几乎是“电通信”的同义词，我们一般所讲的通信就是指电通信。

当今世界已进入“信息时代”，信息已经成为现代社会，特别是 21 世纪最重要的战略资源。信息技术是当今社会及未来社会生产力的基本要素，是发展最活跃、应用最广泛的领域。信息产业已成为国民经济的支柱产业，在国民经济生产总值中占有越来越大的比例。为此，世界各国均将通信和信息技术及产业放在优先发展的地位，给予了大规模的投资，而且在增长率、普及程度和产值等方面都达到了空前的水平。

进入 20 世纪 90 年代，许多发达国家为保持其在 21 世纪科技、经济上的领先地位，大力发展信息技术和信息产业。1993 年美国克林顿政府提出了“信息高速公路”建设计划 (National Information Infrastructure, NII)，实际是一种能够为广大用户提供大量信息的，由通信网与计算机、数据库及日用电子产品构成的“完备”网络，投资达数千亿美元。各国也广为响应，各自制定自己的发展战略与策略，增加投资，并紧锣密鼓地付诸实施。如日本的“全国超高速信息网”，实现“从物质、能源时代，向信息、知识时代转变”。

我国改革开放以来，对此也极为重视，在国家规划中将信息、材料与能源列为国民经济的三大基础产业，并已进入了规模投入、规模发展阶段。信息技术和通信系统无论在研制、开发，还是生产、建设与应用方面，均取得了惊人的成就和飞速的发展。近些年，为适应 NII 的发展潮流，我国也根据自己的国情和现状制定规划，积极稳妥地进行各种通信

干线与公用网、专用网及信息化工程的基础设施建设。

1.2 通信系统

以最简单的通信方式——两个人之间的对话为例，讲话是利用声音来传递消息的一种方式。发话人是消息的来源，称为信源；话音通过空气传到对方，而传递消息的媒质称为信道；听话者听到后获得消息，是消息的归宿，称为信宿。这样就完成了消息的传递，也就构成了最简单的通信系统。

1.2.1 通信系统的定义

通信的目的在于传递信息。完成信息传递所需全部设备和传输媒质的总和称为通信系统。

1. 模拟通信系统和数字通信系统

人类的社会活动离不开信息的传递和交换。随着生产力的飞速发展，人们对获取信息的要求越来越高。现代电信中传递的信息有各种不同的形式，例如，符号、文字、语言、音乐、数据、图片、活动画面等。然而，所有不同的消息都可以把它们归结成两类：一类称作离散消息；另一类称作连续消息。所谓“离散”或“连续”是指消息的状态，离散消息是指消息的状态是离散可数的，例如，符号、数据等；连续消息是指消息的状态是连续的，例如，强弱连续变化的话音，亮度连续变化的图像等。连续消息又称作模拟消息。消息的传递是借助于电信号来实现的，消息和信号有着——对应的关系。通常消息是寄托在电信号的某一参量上，如果电信号的参量携带着离散消息，则该参量必将是离散取值的，这样的信号就叫离散信号。我们把时间和状态都是离散的信号称为数字信号，例如，电报、数字、数据、监控指令等，它们不是时间的连续函数，而且其取值也为有限可数的离散值，故为数字信号。如果电信号的参量携带着连续消息，则该参量必为连续取值。随时间变化而连续取值的信号叫连续信号或模拟信号，例如，普通电话机输出的信号就是模拟信号。通常，根据系统中传递的信号不同，通信可分为两种：传输模拟信号的通信系统称为模拟通信系统；传输数字信号的通信系统称为数字通信系统。

目前，无论是模拟通信，还是数字通信，都是已经获得广泛应用的通信方式，尽管从通信的发展进程看，数字通信即初期的电报通信为最早出现，但在一个很长时期中，它却比模拟通信的发展要缓慢得多。在 20 世纪中叶以后，数字通信日益兴旺，尤其是微电子技术的飞速发展，大规模集成电路的出现，使得数字通信技术得到了迅速发展。数字通信冲破传统的模拟通信的局限，具有强大的生命力，逐步形成了数字通信替代模拟通信的趋势，究其原因，显然是因为数字通信有着突出的优点。

2. 数字通信的特点

数字技术的发展非常迅速，与模拟通信相比，数字通信系统服务更能适应对通信的更高要求，这主要是因为数字信号及数字通信有以下许多独特的优点。

(1) 数字信号便于存储、处理(加密等)。正是因为数字信号便于存储、处理，才使计算机技术迅速发展，特别是微型计算机。通信与计算机结合，发展了现代通信技术和现代信

息技术, 如 VCD、DVD 等。

(2) 数字信号便于交换和传输。计算机与电话交换技术结合, 出现了数字程控交换, 由于光—电器件的采用, “比特”数字信号很容易转变为光脉冲信号, 便于传输。

(3) 数字信号便于组成数字多路通信(系统)。因为数字信号是用时间上的“有”和“无”信号, 即“占”、“空”信号, 在空的时隙中可间插其他脉冲信号, 以形成多路通信(数字复接技术)。从电话的多路来看, 原来每对线可传一路电话, 而现在用电—光脉冲来传电话, 一根光纤可传上万、几十万路电话, 传输带宽可达几百甚至千兆以上。

(4) 便于组成数字网。由于通信交换和传输的都是数字信号, 那么把各个数字程控交换局和数字传输连接起来就成了综合数字网(IDN), 再把各用户终端, 各种业务数字化处理后, 都可以统一到一个网中, 即组成综合业务数字网, 如 Internet 等。这样的数字网, 智能化程度、可靠性等都很高。

(5) 数字化技术便于通信设备小型化、微型化。电子器件采用了数字化技术后, 芯片集成度更高, 达到亚微米级和纳米级, 每个芯片包含几十亿至上百亿个元件, 这使现代通信设备产品更小型化、微型化。

(6) 数字通信抗干扰性强, 噪声不积累。由于信号在通信中传输一段距离后, 信号能量会受到损失, 噪声的干扰会使波形变坏, 为了提高其信噪比, 要及时将变形的信号进行处理、放大。在模拟通信中, 由于传输的信号是模拟信号(幅值是连续的), 因此难以把噪声干扰分开而去掉, 随着距离的增加, 信号的传输质量会越来越恶化, 同样会有能量损失。数字通信中信号受到噪声干扰, 当信噪比还未恶化到一定程度时, 可在适当距离或信号终端经过再生的方法, 使之恢复为原来的脉冲信号波形, 如图 1.1(b)所示。消除了干扰和噪声积累, 就可实现长距离高质量的通信。

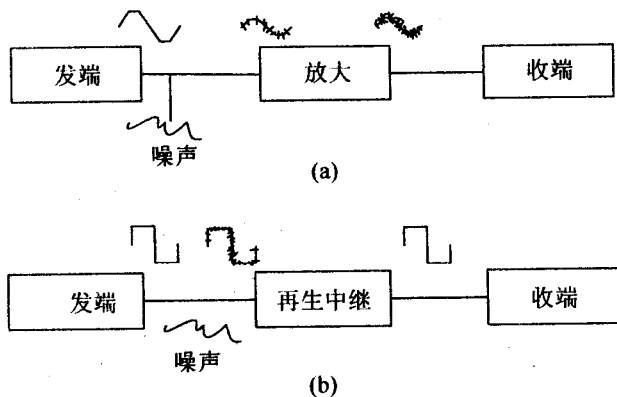


图 1.1 两类通信方式抗干扰性能比较

(a)模拟信号; (b)数字信号

除以上优点外, 数字通信也有缺点。其一是占频带较宽。模拟信号经数字化后, 一般占用频带较宽, 经 PCM 数字编码后其速率达 64kb/s。特别是复杂的电视信号, 由原来的 6MHz 带宽, 经 PCM 数字化后变为几十 Mb/s, 甚至几百 Mb/s。因此, 数字通信的频带利用率不高, 在系统频带紧张场合, 此缺点显得十分突出。随着数字信号处理技术的发展, 以及宽带传输技术的采用, 数字信号占频带较宽的弱点, 在现代通信中已逐渐被克

服。近年来已采用了一些压缩编码及有效的调制方法使数字电话及数字图像的带宽降低了很多。其次,在新建的微波及光纤通信系统中,由于系统的带宽富裕,因此占用带宽已不再是突出的问题。其二是对同步要求高,系统设备比较复杂。数字通信中,要准确地恢复信号,必须要求收端和发端保持严格同步。因此,数字通信系统及设备一般都比较复杂,体积较大。

1.2.2 通信系统的组成

1. 一般通信系统

构成通信系统的最基本的模型如图 1.2 所示,其基本组成包括:信源、变换器、信道、噪声源、反变换器及信宿 6 部分。

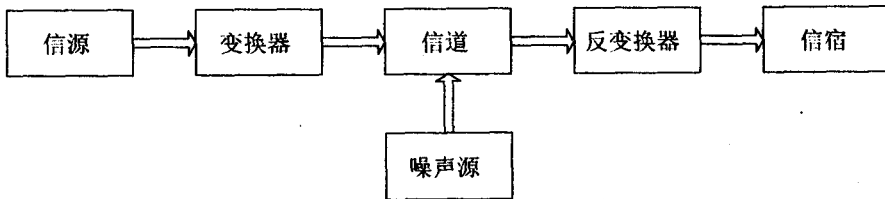


图 1.2 通信系统基本模型

信源是指发出信息的信息源,其作用是把各种可能消息转换成原始电信号。

变换器的作用是将信源发出的信息转换成适合在信道中传输的信号。对应不同的信源和不同的通信系统,变换器有不同的组成和变换功能。例如,在模拟电话通信系统中,变换器包括送话器和载波机(主要由放大器、滤波器、调制器等组成),其中送话器将人发出的主场信号变换为电信号;载波机的作用是将送话器输出的话音信号(频率范围为 0.3~3.4kHz)经过频率搬移、频分复用处理后,变换成适合于在模拟信道上传输的信号。而对于数字电话通信系统,变换器则包括送话器、模/数(A/D)变换器和调制器等。(A/D)变换器的作用是将送话器输出的模拟话音信号经过(A/D)变换和时分复用等处理后,变换成适合于在数字信道中传输的信号。

信道中电磁信号(或光信号)被约束在某种传输线(架空明线、电缆、光缆等)上传输;在无线信道中电磁信号沿空间(大气层、对流层、电离层等)传输。无线媒介可以利用的频段从中、长波到激光,有较宽的频段,用不同性能的设备 and 配置方法,可以组成不同的通信系统。信道如果按传输信号的形式又可以分为模拟信道和数字信道。

反变换器的功能是变换器的逆变换。在信道上传输的信号,通常不能被信息接收者直接接收,需要用反变换器把从信道上接收的信号变换为接收者可以接收的信息。

信宿是信息传送的终点,也就是信息接收者。它是将复原的原始电信号转换成相应的消息。

噪声源是系统内各种干扰影响的等效结果。系统的噪声来自各个部分从发出和接收信息的周围环境、各种设备的电子器件,到信道所受到的外部干扰,都会对信号形成噪声影响。为了便于分析问题将系统内所存在的干扰均折合到信道中,用噪声源来表示,它不是人们有意加入的设备。通信系统设计的主要任务就是同噪声做斗争。

图 1.2 所示的系统是单向的传输系统。广播、无线寻呼系统等都是单向的通信系统。但

一般来说,作为信息交流的通信系统通常是双向的,比如电话,此时通信的两端都设置有收/发信设备。当然,传输媒介也应当是能双向传输的。

作为通信系统,信息的传输是必不可少的,但是作为完整的通信网来说,信息在多用户之间的交换也是必不可少的。

2. 数字通信系统

图 1.3 显示了一个数字通信系统的功能性框图和基本组成部分。信源输出的可以是模拟信号,如音频或视频信号,也可以是数字信号,如电传机的输出,该信号在时间上是离散的,并且具有有限个输出字符。整个系统的工作过程如图 1.3 所示。

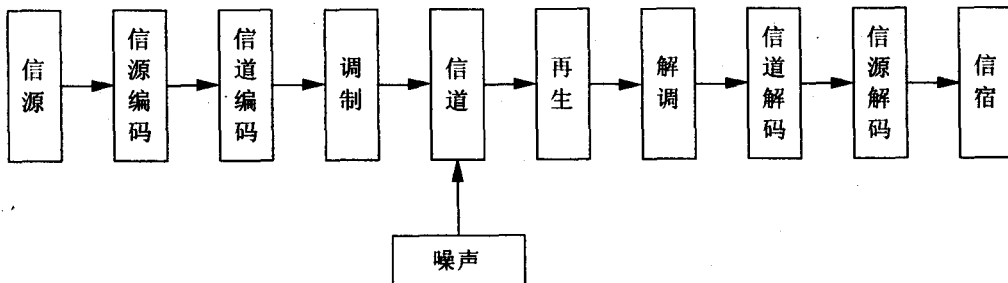


图 1.3 数字通信系统的基本组成

(1) 信源和信宿:信源的作用是把消息转换成原始的电信号,完成非电/电的转换;信宿的作用是把复原的电信号转换成相应的消息。

(2) 信源编码和信源解码:信源编码有两个作用:其一为进行 A/D 转换;其二为数据压缩,即设法降低数字信号的数码率。信源解码是信源编码的逆过程。

(3) 信道编码与解码:数字信号在信道中传输时,由于噪声影响,会引起差错。使数字信号适应信道所进行的变换称为信道编码。信道编码的目的就是提高通信系统的抗干扰能力,尽量控制差错,保证通信质量。信道解码是信道编码的反变换。

(4) 调制和解调:数字调制的任务是把各种数字基带信号转换成适合于信道传输的数字频带信号。经变换后的已调信号有两个基本特征:一是携带信息;二是适合在信道中传输。数字解调是数字调制的逆变换。

(5) 信道:信道是信号传输的通道(媒质)。信道分为有线信道和无线信道。在某些有线信道中,若传输距离不远,通信容量不大时,数字基带信号可以直接传送,称为基带传输;而在无线信道和光缆信道中,数字基带信号必须经过调制,即把信号频谱搬移到高频处才能传输,这种传输称为频带传输。

(6) 最佳接收和同步:依据最小差错准则进行接收,可以合理设计接收机达到最佳。同步是使收发两端信号在时间上保持步调一致,按照同步的作用不同,分为载波同步、位同步、群同步和网同步。同步是保证数字通信系统有序、准确、可靠工作的前提条件。

图 1.3 中,同步环节没有标示出,因为它的位置往往不固定。

1.2.3 数字通信的主要质量指标

设计或评价一个通信系统时将涉及到通信系统的质量指标。它们是从整个系统上综合提出或规定的。