

高等学校应用型通信技术系列教材

现代通信技术基础 学习指导

严晓华 贾璐 等编著



清华大学出版社

高等学校应用型通信技术系列教材

TN91/95C

2008

现代通信技术基础 学习指导

严晓华 贾璐 等编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是高等学校应用型通信技术系列教材《现代通信技术基础》的配套学习指导书。全书根据国家通信工程师职业资格的专业基础知识和通信职业能力培养目标,按主教材体系结构分为8章:概论、通信网基础技术、电信交换、数据通信、无线通信、移动通信、光传输网、宽带网络通信,并充实了学习评价内容。各章分别由本章重点、内容要点、典型例题分析、思考题与习题解答、自测题等组成。本书还提供了课程内容纲要、国家通信职业资格证书制度简介、通信行业国家职业标准以及常用通信术语缩略语。

本书可作为高等学校电子信息类与计算机应用类专业的教学辅导书和自学用书,并可供相关工程技术人员及管理人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术基础学习指导/严晓华等编著. —北京:清华大学出版社,2008.1

高等学校应用型通信技术系列教材

ISBN 978-7-302-16520-0

I. 现… II. 严… III. 通信技术—高等学校—教材 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 181681 号

责任编辑:刘 青

责任校对:李 梅

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175 邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015 客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:8.5 字数:190 千字

版 次:2008 年 1 月第 1 版 印 次:2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:14.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:026411-01

随着我国国民经济的持续增长,信息化的全面推进,通信产业实现了跨越式发展。在未来几年内,通信技术的创新将为通信产业的良性、可持续发展注入新的活力。市场、业务、技术等持续拉动,法制建设的不断深化,这些也都为通信产业创造了良好的发展环境。

通信产业的持续快速发展,有力地推动了我国信息化水平的不断提高和信息技术的广泛应用,同时刺激了市场需求和人才需求。通信业务量的持续增长和新业务的开通,通信网络融合及下一代网络的应用,新型通信终端设备的市场开发与应用等,对生产制造、技术支持和营销服务等岗位的应用型高技能人才在新技术适应能力上也提出了新的要求。为了培养适应现代通信技术发展的应用型、技术型高级专业人才,高等学校通信技术专业的教学改革和教材建设就显得尤为重要。为此,清华大学出版社组织了国内近 20 所优秀的高职高专院校,在认真分析、讨论国内通信技术的发展现状,从业人员应具备的行业知识体系与实践能力,以及对通信技术人才教育教学的要求等前提下,成立了系列教材编审委员会,研究和规划通信技术系列教材的出版。编审委员会根据教育部最新文件政策,以充分体现应用型人才培养目标为原则,对教材体系进行规划,同时对系列教材选题进行评审,并推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。本系列教材涵盖了专业基础课、专业课,同时加强实训、实验环节,对部分重点课程将加强教学资源建设,以更贴近教学实际,更好地服务于院校教学。

教材的建设是一项艰巨、复杂的任务,出版高质量的教材一直是我们的宗旨。随着通信技术的不断进步和更新,教学改革的不深入,新的课程和新的模式也将不断涌现,我们将密切关注技术和教学的发展,及时对教材体系进行完善和补充,吸纳优秀和特色教材,以满足教学需要。欢迎专家、教师对我们的教材出版提出宝贵意见,并积极参加教材的建设。

清华大学出版社

2006 年 6 月

《现代通信技术基础》是高等学校应用型通信技术专业的主干专业课程。该课程将通信行业国家职业标准的相关要求融入课程标准,在教学内容设计、教学结构和实训环节安排等方面以通信职业岗位能力培养为核心。

本书是高等学校应用型通信技术系列教材《现代通信技术基础》(严晓华编著,清华大学出版社出版)的配套学习指导书,是教材的深化和补充。与主教材对应,共包括8章内容:概论、通信网基础技术、电信交换、数据通信、无线通信、移动通信、光传输网、宽带网络通信。各章分别由5部分组成:第1部分为本章重点,列出了该章教学内容的重点和难点;第2部分为内容要点,对基本教学内容进行了系统阐述和归纳总结;第3部分为典型例题分析,以帮助学习者提高分析问题和解决问题的能力;第4部分为思考题与习题解答,对主教材中全部思考题与习题进行了详细分析和解答,覆盖了课程教学中的大部分知识点;第5部分为自测题,学习者可通过该部分内容来检查和了解自身掌握基本概念的情况。本书充实了学习评价内容,提供了综合测试题、实训考核题及其参考答案。附录中还提供了课程内容纲要、国家通信职业资格证书制度简介、通信行业国家职业标准以及常用通信术语缩略语。

本书由严晓华主编,并负责全书统稿。参加编写的作者还有:贾璐、张婷、钱军如、俞玉莲。

在《现代通信技术基础》精品课程建设和上海市通信与信息技术公共实训基地建设过程中,得到了上海交通大学博士生导师白英彩教授的指导,并得到了上海市通信行业协会、上海西门子移动通信有限公司等单位的支持帮助,在此一并致谢。

《现代通信技术基础》精品课程建设中已形成的立体化教学资源包括:主教材、实训指导书《通信综合实训》(严晓华、李晓峰等编著,清华大学出版社出版)、学习指导书、电子教案以及网络教学资源等。

专业建设与改革是不断探索和完善的过程。欢迎广大读者在使用本教材过程中,提出宝贵的意见和建议。

作 者

2007年7月于上海

CONTENTS

目录

第1章 概论	1
1.1 本章重点	1
1.2 内容要点	1
1.2.1 通信概述	1
1.2.2 通信网的组成	3
1.2.3 通信信道	4
1.2.4 现代通信技术的应用与发展	4
1.3 典型例题分析	5
1.4 思考题与习题解答	5
1.5 自测题	6
第2章 通信网基础技术	8
2.1 本章重点	8
2.2 内容要点	8
2.2.1 概述	8
2.2.2 信源编码	9
2.2.3 信道复用	10
2.2.4 数字信号的基带传输	12
2.2.5 调制技术	12
2.2.6 差错控制技术	13
2.3 典型例题分析	14
2.4 思考题与习题解答	15
2.5 自测题	16
第3章 电信交换	19
3.1 本章重点	19
3.2 内容要点	19
3.2.1 电信业务网	19
3.2.2 交换技术基础	20
3.2.3 常用交换方式	20

3.2.4	数字程控交换	21
3.2.5	综合业务数字网	22
3.2.6	智能网	23
3.3	典型例题分析	23
3.4	思考题与习题解答	24
3.5	自测题	26
第4章	数据通信	29
4.1	本章重点	29
4.2	内容要点	29
4.2.1	数据通信概述	29
4.2.2	网络通信技术基础	30
4.2.3	基础数据网	31
4.2.4	以太网	33
4.2.5	IP 网络	34
4.2.6	IP 电话	35
4.3	典型例题分析	36
4.4	思考题与习题解答	37
4.5	自测题	38
第5章	无线通信	41
5.1	本章重点	41
5.2	内容要点	41
5.2.1	无线通信概述	41
5.2.2	无线通信的关键技术	43
5.2.3	微波通信	45
5.2.4	卫星通信	45
5.2.5	无线接入	47
5.3	典型例题分析	47
5.4	思考题与习题解答	48
5.5	自测题	52
第6章	移动通信	54
6.1	本章重点	54
6.2	内容要点	54
6.2.1	移动通信概述	54
6.2.2	移动通信的关键技术	55
6.2.3	GSM 移动通信系统	55

6.2.4	CDMA 移动通信系统	57
6.2.5	第三代移动通信系统	57
6.3	典型例题分析	58
6.4	思考题与习题解答	58
6.5	自测题	61
第 7 章	光传输网	63
7.1	本章重点	63
7.2	内容要点	63
7.2.1	光传输概述	63
7.2.2	光传输系统	64
7.2.3	SDH 光传输网技术	65
7.2.4	光波分复用技术	67
7.2.5	光传输网络	67
7.3	典型例题分析	68
7.4	思考题与习题解答	68
7.5	自测题	70
第 8 章	宽带网络通信	72
8.1	本章重点	72
8.2	内容要点	72
8.2.1	宽带网络通信概述	72
8.2.2	宽带接入网技术	73
8.2.3	宽带核心网技术	76
8.2.4	下一代网络	77
8.3	典型例题分析	78
8.4	思考题与习题解答	78
8.5	自测题	82
学习评价		85
综合试卷(一)		85
综合试卷(二)		86
综合试卷(一)参考答案		88
综合试卷(二)参考答案		90
实训考核(一)		91
实训考核(二)		92
实训考核(一)参考答案		93
实训考核(二)参考答案		94

附录 A “现代通信技术基础”课程内容简介	96
附录 B 国家通信职业资格证书制度简介	100
附录 C 通信行业国家职业标准(节录)	104
附录 D 常用通信术语缩略语	112
参考文献	124

概 论

1.1 本章重点

- (1) 通信系统的基本概念。
- (2) 通信系统的质量评价。
- (3) 通信网的组成。
- (4) 通信信道。
- (5) 现代通信技术的应用和发展。

1.2 内容要点

1.2.1 通信概述

1. 通信的基本概念

通信是指利用电子等技术手段,借助电信号(含光信号)实现从一地向另一地进行信息传递和交换的过程。

- 信源: 消息的来源,是消息的产生者或接收者,提供消息的可以是人或机器。
- 消息: 通信系统要传送的对象,由信源传输,如语音、图像、文字或者某些物理参数等,语音及图像的编码常称为信源编码。
- 信号: 在通信系统中为传送消息而对其变换后传输的某种物理量,如电信号、声信号、光信号等。信号是消息的载体。
- 信令: 通信系统进行控制操作或为用户服务的一类控制信号。
- 信息: 消息中的有效内容,消息内容的含量用信息量衡量。

2. 通信系统模型

通信的任务是完成信息的传递和交换。可用点对点通信的基本模型描述,如图 1-1 所示。从该模型可以看出,要实现信息从一端向另一端的传递,必须包括 5 个部分: 信息源、发送设备、信道、接收设备、受信者。

从通信网络的系统组成角度,可将其分为 4 个功能模块: 接入模块、传输功能模块、控制功能模块与应用功能模块。

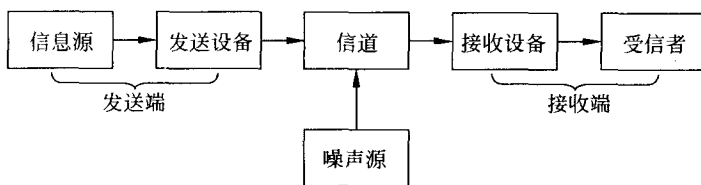


图 1-1 通信系统的基本模型

3. 通信系统的分类

(1) 按通信业务分类

- 按传输内容：可分为单媒体通信与多媒体通信。
- 按传输方向：可分为单向传输与交互传输。
- 按传输带宽：可分为窄带通信与宽带通信。
- 按传输时间：可分为实时通信与非实时通信。

(2) 按传输介质分类

- 有线通信：传输介质为电缆和光缆。
- 无线通信：借助于电磁波在自由空间的传播来传输信号。

(3) 按调制方式分类

- 基带传输：将未经调制的信号直接在线路上传输。
- 频带传输：先对信号进行调制后再进行传输。

(4) 按信道中传输的信号分类

通信系统可分为模拟通信和数字通信。

(5) 按收发者是否运动分类

通信系统可分为固定通信和移动通信。

(6) 按多址接入方式分类

通信系统可分为频分多址通信、时分多址通信、码分多址通信等。

(7) 按用户类型分类

通信系统可分为公用通信和专用通信。

4. 通信系统的质量评价

(1) 有效性指标

- 模拟通信系统的有效性指标：一般用系统有效带宽来衡量。
- 数字通信系统的有效性指标：主要内容是传输容量。

传输容量的表示方法如下：

- 信息传输速率：指系统每秒钟传送的比特数。
- 符号传输速率：指单位时间内所传送的码元数。

信息传输速率与符号传输速率的关系为

$$R_b = N_B \log_2 M$$

(2) 可靠性指标

- 模拟通信系统的可靠性：用输出信噪比来衡量。
- 数字通信系统的可靠性：用传输差错率来衡量。

传输差错率的表示方法如下：

- 误码率：在传输过程中发生误码的码元个数与传输的总码元数之比。
- 误比特率：在传输过程中产生差错的比特数与传输的总比特数之比。

1.2.2 通信网的组成

1. 通信网的概念

通信网是指由一定数量的节点(包括终端设备和交换设备)以及连接节点的传输链路的组合,以实现两个或多个规定点间信息传输的通信体系。

通信网络的基本要素为传输、交换和终端,其中传输与交换部分组成核心网。

2. 通信网的分类

我国现有的通信网络大致可分为3类：电信网、计算机通信网和有线电视网。

从不同的角度出发,现代通信网有如下各种分类方法：

- 按通信的业务类型分类：电话通信网、广播电视网、数据通信网、计算机通信网、多媒体通信网和综合业务数字网等。
- 按通信网采用的传输介质分类：有线传输网、无线传输网。
- 按通信的传输手段分类：光传输网、无线通信网、卫星通信网、微波中继网、载波通信网等。
- 按通信网采用的传送模式分类：电路交换网、分组交换网、异步传送网(ATM)等。
- 按通信服务的区域分类：市话通信网、长话通信网和国际通信网,以及局域网、城域网和广域网等。
- 按通信服务的对象分类：公用通信网、专用通信网。
- 按通信传输处理的信号形式分类：模拟通信网和数字通信网。
- 按通信的活动方式分类：固定通信网和移动通信网。

3. 电信网的组成

现代电信网的各种不同类型,可归纳为业务网和支撑网。

业务网：按功能可分为传送网和交换网。

支撑网：包括信令网、数字同步网和电信管理网。

4. 通信网的组网结构

通信网的网络拓扑结构是指终端、节点或两者之间的连接与分布形式。

网络拓扑结构的基本形式主要有网状网、网孔型网、星型网、复合型网、环型网、总线型网、树型网等。

通信网的实际拓扑结构通常由基本结构形式复合组成。

1.2.3 通信信道

通信系统中的信道是物理信道,是指信号发送设备与信号接收设备之间传送信号的通道。各种物理传输介质被定义为狭义信道。把传输介质(狭义信道)和信号必须经过的各种通信设备统称为广义信道。

1. 无线信道

在无线信道中,信号的传输是利用电磁波在空间的传播来实现的。

2. 有线信道

有线介质包括平衡电缆(双绞线)、同轴电缆、多芯电缆、架空明线和光缆等。

3. 通信信道特性

从信道统计的特征划分,可分为恒参信道和变参信道。

信道中的传输信号分类:

(1) 模拟信号与数字信号

- 模拟信号:凡信号的某一参量(如连续波的振幅、频率、相位,脉冲波的振幅、宽度、位置等)可以取无限多个数值,且直接与信息相对应的信号称为模拟信号,也称连续信号。
- 数字信号:是具有两个状态(高、低电平或正、负电平)的电脉冲序列。凡信号在时间上离散,且表征信号的某一参量(如振幅、频率、相位等)只能取有限个数值,称为数字信号。

(2) 确知信号、随机信号和起伏信号

经过信道传输后的数字信号可分为三类:

- 确知信号:即接收端能够准确知道其码元波形的信号,是一种理想情况。
- 随机信号:该信号的相位由于传输时延的不确定而带有随机性,使接收码元的相位随机变化。
- 起伏信号:此时接收信号的包络及相位均随机变化,通过多径信道传输的信号具有该特性。

4. 信道中的噪声及其分类

噪声是一种不携带有用信息的电信号,是对有用信号以外的一切信号的统称。根据噪声在信道中的表现形式,可分为两类:

- 加性噪声:包括人为噪声(如电火花干扰)、自然噪声(如电磁波辐射和热噪声)。
- 乘性噪声:包括各种线性畸变、非线性畸变、衰落畸变等。

干扰是一种电信号,是一种由噪声引起的对通信产生不良影响的效应。干扰来自通信系统内、外部的噪声,对接收信号造成骚扰或破坏。

1.2.4 现代通信技术的应用与发展

现代通信技术的发展特征有数字化、综合化、融合化、宽带化、智能化和个人化等。

1.3 典型例题分析

例 1-1 已知某八进制信号的信息速率为 2400bit/s , 求该系统的码元速率。若该信息每秒有 1 个码元出错, 求误码率 P_e 。

答: $R_{\text{BN}} = R_b / \log_2 N = 2400 / \log_2 8 = 800(\text{baud})$

$P_e = 1/800 = 1.25 \times 10^{-3}$

例 1-2 在多进制系统中, 为何误比特率小于误码率? 试以四进制系统为例加以说明。

答: 在四进制系统中, 若 4 个符号独立等概, 且每个符号携带 2bit 信息量, 这 4 个符号可以用二进制符号 00、01、10、11 来表示。当 00 错为 11 时有 2bit 信息量发生错误, 当 00 错为 01 或 10 时仅有 1bit 信息量错误。故只有当 1 个码元中的 2bit 全部错误时, 误比特率才等于误码率, 实际上这种情况出现的概率比较小, 故误比特率小于误码率。

例 1-3 判断“模拟信号就是在时间上连续的信号”表述的正误。

答: 该表述是错误的。凡信号的某一参量(如连续波的振幅、频率、相位, 脉冲波的振幅、宽度、位置等)可以取无限多个数值, 且直接与信息相对应的, 称为模拟信号, 也称连续信号。“连续”是指信号的某一参量可连续变化(即可以取无限多个值), 而不一定在时间上也连续。

1.4 思考题与习题解答

1-1 简述点对点通信系统模型中的各组成部分及其功能。

答: 要实现信息从一端向另一端的传递, 必须包括 5 个部分: 信息源、发送设备、信道、接收设备、受信者, 参见通信系统的基本模型图(图 1-1)。

信息源: 即信息的来源, 它的作用是将原始信息转换为相应的电信号, 即基带信号。

发送设备: 对基带信号进行各种变换和处理, 比如放大、调制等, 使其适合在信道中传输。

信道: 发送设备和接收设备之间用于传输信号的媒介。

接收设备: 对接收信号进行必要的处理和变换, 以便恢复出相应的基带信号。其功能与发送设备相对应。

受信者: 信息的接收者, 与信源相对应, 其作用是将恢复出来的基带信号转换成相应的原始信号。

1-2 如何衡量模拟通信系统的有效性和可靠性?

答: 用系统有效带宽来衡量模拟通信系统的有效性, 且信号带宽越小有效性越好。用解调器输出信噪比来衡量模拟通信系统的可靠性, 且信噪比越大可靠性越好。

1-3 某系统在 $100\mu\text{s}$ 内传输了 400 个四进制码元。

(1) 计算码元速率 R_{BN} 和信息速率 R_b 。

(2) 若已知频带宽度为 8000Hz, 求传输效率 η 。

(3) 若该信息码在 2s 内有 4 个码元产生错误, 求误码率 P_e 。

答: (1) $R_{BN} = 400 / (100 \times 10^{-6}) = 4 \times 10^6$ (baud)

$R_b = R_{BN} \log_2 N = 4 \times 10^6 \times \log_2 4 = 8 \times 10^6$ (bit/s)

(2) $\eta = 4 \times 10^6 / 8000 = 500$ (baud/Hz)

(3) $P_e = (4/2) / R_{BN} = 2 / (4 \times 10^6) = 5 \times 10^{-7}$

1-4 试分析恒参信道与变参信道对传输性能的影响。

答: (1) 恒参信道

恒参信道的主要传输特性常用振幅—频率特性和相位—频率特性来描述。

若信道的振幅—频率特性不理想, 将产生频率失真, 该失真会使信号波形产生畸变。在传输数字信号时, 波形畸变将引起相邻码元波形之间传输部分重叠, 造成码间串扰。

若信道的相位—频率特性不理想, 将产生相位失真, 该失真对于模拟话音通道的影响不大, 但会引起数字波形失真而造成码间干扰, 使误码率增大。

此外, 恒参信道还可能不存在非线性失真、频率偏移和相位抖动等导致信号失真的因素。

(2) 变参信道

变参信道所具有的共同特性为: 信号的传输衰减随时间而变; 信号的传输时延随时间而变; 存在对信号传输质量影响很大的多径传播现象, 且每条路径的长度(时延)和衰减均随时间而变化。

1-5 试归纳现代通信系统和现代通信网的基本类别。

答: 参见本指导书 1.2.1 小节和 1.2.2 小节中相关内容。

1.5 自测题

1. 填空题

(1) 按信道中传输的信号, 可将通信分为_____和_____; 按传输信道, 可将通信分为_____和_____。

(2) 将基带信号的频谱搬移至较高的频率范围, 使其能转换成适合于信道传输的信号, 这一过程称为_____。

(3) 通信网组成的三个基本要素是_____、_____和_____。

(4) 衡量通信系统的主要指标是_____和_____。

(5) 数字通信系统的质量指标具体用_____和_____表示。

(6) 根据噪声在信道中的表现形式, 可分为_____和_____两类。

(7) 现代通信技术的发展特征可归纳为数字化、综合化、融合化、智能化、_____和_____。

2. 选择题

(1) 信源信号通常不适于直接在信道上传输, 需要由_____进行某种变换, 使其适合在信道中传输。

- a. 中继器 b. 发送设备 c. 接收设备 d. 低通设备
- (2) 下列介质中_____不属于有线通信。
- a. 双绞线 b. 同轴电缆 c. 红外线 d. 光纤
- (3) 通信网上数字信号传输速率用_____来表示,而模拟信号传输速率用_____来表示。
- a. bit b. B c. Hz d. dB
- e. bit/s f. B/s g. V/s
- (4) 目前,国际通信标准制定的官方机构是_____。
- a. CCITT b. ISO c. ANSI d. ITU
- (5) 光纤通信_____的特点正适应高速率、大容量数字通信的要求。
- a. 损耗率低 b. 覆盖能力强 c. 传输频带宽 d. 天线增益高
- (6) 复合型网是网络结构中最常见的形式,其特点是将_____和_____结合。
- a. 星型网 b. 树型网 c. 网状网 d. 环型网
- (7) “电气和电子工程师协会”的英文缩写是_____。
- a. ITU b. IEEE c. ANSI d. CCITT
- (8) 下列关于通信技术发展趋势描述错误的是_____。
- a. 从分组交换向电路交换转变
- b. 窄带业务接入技术从铜线接入向移动接入转变
- c. 传送技术从点到点通信向光联网转变
- d. 从窄带向宽带的转变

自测题解答

1. 填空题

- (1) 模拟通信 数字通信 有线通信 无线通信
- (2) 调制
- (3) 传输 交换 终端
- (4) 有效性 可靠性
- (5) 误码率 误比特率
- (6) 加性噪声 乘性噪声
- (7) 宽带化 个人化

2. 选择题

- (1) b (2) c (3) e c (4) d (5) c (6) a c (7) b (8) a

2.1 本章重点

- (1) 数字通信的特点与系统模型。
- (2) 信源编码中的信号处理过程。
- (3) 信道编码中的相关技术。
- (4) 基带传输常用技术与码型。
- (5) 数字调制的基本类型。
- (6) 差错控制编码技术的相关概念。

2.2 内容要点

2.2.1 概述

1. 通信系统研究的主要问题

模拟通信系统研究的主要问题如下：

- 收发两端的变换过程以及基带信号的特性。
- 调制与解调原理。
- 信道与噪声的特性及其对信号传输的影响。
- 噪声存在条件下的系统性能。

点对点数字通信系统中,研究的主要问题如下：

- 收发信端的变换过程、模拟信号数字化以及数字基带信号的特性。
- 数字调制与解调原理。
- 信道与噪声的特性及其对信号传输的影响。
- 抗干扰编码与解码,即差错控制编码问题。
- 保密通信问题。
- 同步问题。

2. 数字通信的特点

数字通信的特点如下：