

现代通信技术基础 (第3版)

严晓华 包晓蕾 © 编著



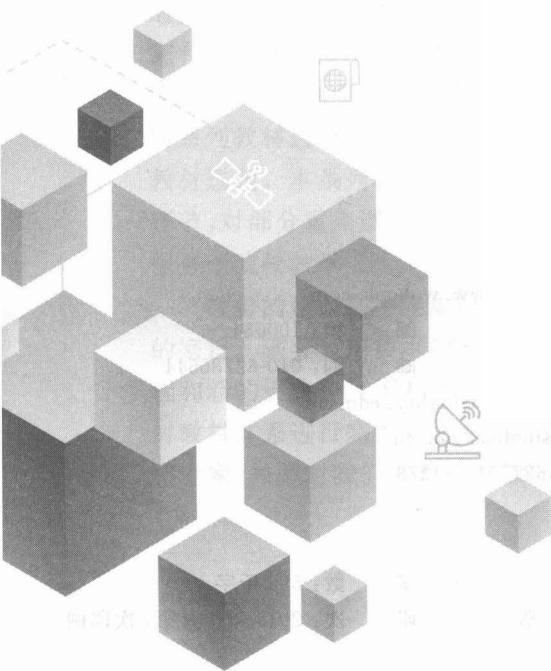
清华大学出版社



全新修订

现代通信技术基础 (第3版)

严晓华 包晓蕾 © 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

根据应用型人才培养目标和国家通信职业资格的专业基础知识要求,本书简述了现代通信网概念及其基础技术,并按通信工程专业分类与行业发展特点,全面介绍了电信交换、数据通信、无线通信、移动通信、光通信网、宽带网络通信等现代通信技术的基本概念、技术特点、相关业务、典型系统和主要应用。

本书在原编排体系结构的基础上,充实了现代通信网基础知识,融入了信息通信技术(ICT)发展(包括新一代移动通信系统、接入网、光通信网和下一代网络等),新增了中华人民共和国频率划分规定和网络安全法等相关内容。

本书为高等学校应用型通信类专业规划教材,也可作为高校和职业院校电子信息类与计算机类专业的教学用书以及国家通信职业资格的培训用书,并可供相关专业技术和管理人员参考。

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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术基础/严晓华,包晓蕾编著. —3版. —北京:清华大学出版社,2019
(高等学校应用型通信技术系列教材)
ISBN 978-7-302-51535-7

I. ①现… II. ①严… ②包… III. ①通信技术—高等学校—教材 IV. ①TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 249773 号

责任编辑:王剑乔

封面设计:刘 键

责任校对:赵琳爽

责任印制:丛怀宇

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62770175-4278

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:24.25 字 数:555 千字

版 次:2006 年 7 月 1 日第 1 版 2019 年 1 月第 3 版 印 次:2019 年 1 月第 1 次印刷

定 价:59.00 元

产品编号:081697-01

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和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,并积极参与教材的建设。

清华大学出版社

2018 年 6 月

信息技术是当今世界经济社会发展的重要驱动力。网络信息技术是全球研发投入集中、创新活跃、应用广泛、辐射带动作用大的技术创新领域,是全球技术创新的竞争高地。

信息产业是国民经济的战略性、基础性和先导性支柱产业,对于促进社会就业、拉动经济增长、调整产业结构、转变发展方式和维护国家安全具有十分重要的作用。信息通信业是信息产业的重要组成部分。当前,信息技术与通信技术相融合已形成了一个新的技术领域,加强适应产业发展需求的应用型人才培养是高校专业建设与教学改革的一项重要任务。

本书体现了近年来通信专业教学改革与精品在线开放课程建设的成果:将通信行业国家职业标准的工作内容和相关要求融入课程标准,在教学内容设计、教学结构和实践训练环节安排等方面体现以通信技术岗位职业能力培养为核心。课程建设的其他教学资源还包括课程标准、电子教案、实训指导、学习指导、职业标准、工作任务库、工程案例库以及其他网络教学资源。《现代通信技术基础》自第1版(2006年)和第2版(2010年)出版以来,作为专业教材和国家通信职业资格培训用书,得到了全国高等院校和通信企业同行以及广大读者的关心和支持,迄今已16次印刷。

《现代通信技术基础(第3版)》在原编排体系结构的基础上,充实了现代通信网基础知识,融入了信息通信技术(ICT)发展(包括新一代移动通信系统、接入网、光通信网和下一代网络等),新增了中华人民共和国频率划分规定和网络安全法等相关内容。

《现代通信技术基础(第3版)》由严晓华和包晓蕾编著。参加教材修订的有:包晓蕾(第1、7、8章及附录)、钱军如(第2、4章)、张婷(第3、5、6章)。

“现代通信技术基础”精品课程和实训基地的建设得益于上海市通信与信息技术公共实训基地教学团队的通力合作。其间,得到了上海交通大学博士生导师白英彩教授的指导,得到了上海市通信行业协会、中国电信上海公司、中国移动上海公司、东南大学移动通信国家重点实验室等单

位的支持和帮助,在此一并致谢。

专业建设与教学改革是不断探索和完善的过程。真诚欢迎广大读者在使用本书的过程中,继续提出宝贵的意见和建议。

作 者

2018年5月于上海

信息技术是当今世界经济社会发展的重要驱动力。电子信息产业是国民经济的战略性、基础性和先导性支柱产业,对于促进社会就业、拉动经济增长、调整产业结构、转变发展方式和维护国家安全具有十分重要的作用。通信业是电子信息产业的重要组成部分。我国《电子信息产业调整和振兴规划》将推进通信业发展作为主要任务之一。

近年来,中国通信业呈现出新的发展特征。随着 3G 牌照发放,行业转型稳步推进,数据业务的占比迅速提高,移动互联网等新兴业务快速兴起,市场需求正由语音向信息应用转变,并逐渐在各行业中渗透。

加强适应产业发展的应用型人才培养,是高校专业建设与教学改革的一项重要任务。

《现代通信技术基础(第1版)》自2006年7月出版以来,作为专业教材和国家通信职业资格培训用书,得到了全国高等院校和通信企业同行以及广大读者的关心和支持,迄今已7次印刷近2万册。

《现代通信技术基础(第2版)》体现了近年来通信专业教学改革与精品课程建设的成果,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、教学结构和实践训练环节安排等方面体现以通信职业能力培养为核心。在第1版编排体系结构的基础上,新增了现代通信技术发展的内容(包括第三代移动通信系统、接入网新技术、下一代网络、信息通信网络技术等),提供了通信行业国家职业标准中的工作内容和工作要求,并依据全国科学技术名词审定委员会公布的《通信科学技术名词》(2007版)规范了专业术语。

“现代通信技术基础”精品课程建设得益于上海市通信与信息技术公共实训基地教学团队的通力合作。课程建设的其他教学资源包括课程标准、电子教案、实训指导、学习指导、职业标准、工作任务库、工程案例库以及其他网络教学资源;由本书作者编著的《通信综合实训》和《现代通信技术基础学习指导》已由清华大学出版社出版。

在精品课程建设和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,得到了上海市通信行业协会、中国电信上海公司、中国移动上海公司、东南大学移动通信国家重点实验室等单位的支持

和帮助,在此一并致谢。

专业建设与教学改革是不断探索和完善的过程。真诚欢迎广大读者在使用本书的过程中,继续提出宝贵的意见和建议。

作 者

2010年5月于上海

第 1 章 概论	1
1.1 通信概述	1
1.1.1 通信基本概念	1
1.1.2 通信系统模型	2
1.1.3 通信系统的分类	5
1.1.4 通信系统的质量评价	5
1.1.5 通信法规与通信标准	6
1.2 通信网的组成	7
1.2.1 通信网的概念	7
1.2.2 通信网的分类	11
1.2.3 电信网的构成	12
1.2.4 通信网的组网结构	13
1.3 通信信道	14
1.3.1 无线信道	15
1.3.2 有线传输信道	15
1.3.3 通信信道特性	16
1.4 信息通信技术的应用与发展	17
1.4.1 ICT 技术产业概述	17
1.4.2 ICT 行业的发展现状及趋势	18
1.5 国家通信职业资格制度简介	21
1.5.1 通信专业技术人员职业水平评价	22
1.5.2 通信工程师职业资格	23
1.5.3 通信行业职业(工种)资格	25
本章小结	26
习题	26
第 2 章 通信网基础技术	28
2.1 概述	28
2.1.1 通信系统研究的主要问题	28
2.1.2 数字通信系统的基本概念	29

2.2	信源编码	32
2.2.1	模拟信号的数字化处理	32
2.2.2	语音编码技术	40
2.2.3	图像编码技术	43
2.3	信道编码	47
2.3.1	差错控制的概念	48
2.3.2	差错控制编码	49
2.4	信道复用与同步技术	59
2.4.1	信道复用概述	59
2.4.2	多路复用技术	60
2.4.3	数字复接技术	64
2.4.4	同步技术	67
2.5	数字信号的基带传输	69
2.5.1	数字信号传输的基本概念	69
2.5.2	基带传输的常用码型	70
2.5.3	眼图	73
2.5.4	再生中继与均衡技术	75
2.6	调制技术	76
2.6.1	调制的基本概念	76
2.6.2	模拟调制技术	78
2.6.3	基本数字调制技术	80
2.6.4	现代数字调制技术	94
	本章小结	97
	习题	98
第3章	电信交换	101
3.1	电信业务网概述	101
3.1.1	电信业务网分类	101
3.1.2	电话通信网	103
3.2	交换技术基础	107
3.2.1	电信交换的作用	107
3.2.2	基本交换原理	109
3.2.3	电信业务网的节点交换技术	111
3.3	常用交换方式	111
3.3.1	电路交换	112
3.3.2	分组交换	113
3.3.3	帧中继	116
3.3.4	ATM 交换	116

3.3.5 交换技术的发展	118
3.4 数字程控交换	120
3.4.1 数字交换网络	120
3.4.2 数字程控交换机的组成	124
3.4.3 信令系统	126
3.5 软交换	129
3.5.1 软交换概述	130
3.5.2 软交换技术解决方案	131
本章小结	136
习题	137
第4章 数据通信	139
4.1 数据通信概述	139
4.1.1 数据通信的概念	139
4.1.2 数据通信系统	141
4.1.3 数据通信网	144
4.1.4 计算机通信网	145
4.2 基础数据网	147
4.2.1 分组交换网(X.25网)	147
4.2.2 数字数据网(DDN)	150
4.2.3 帧中继(FR)	152
4.2.4 异步传送模式(ATM)	155
4.3 以太网	158
4.3.1 以太网概述	159
4.3.2 以太网技术的发展	160
4.3.3 以太网的互联	163
4.4 IP网络	164
4.4.1 TCP/IP协议	164
4.4.2 IP网络基本原理	168
4.4.3 互联网结构与接入	174
4.4.4 IP技术的发展及应用	177
4.5 网络通信的信息安全	182
4.5.1 网络信息安全的基本概念	182
4.5.2 网络信息安全的关键技术	185
4.5.3 网络信息安全的法律法规	186
本章小结	187
习题	188

第5章 无线通信	190
5.1 无线通信概述	190
5.1.1 无线传播的基本特性	190
5.1.2 天线基本知识	193
5.1.3 无线通信的频率资源	194
5.2 无线通信的关键技术	196
5.2.1 多址技术	196
5.2.2 扩频通信技术	199
5.2.3 正交频分复用技术	206
5.3 微波通信	208
5.3.1 微波通信概述	208
5.3.2 微波中继通信	209
5.3.3 微波通信技术的应用与发展	211
5.4 卫星通信	212
5.4.1 卫星通信概述	212
5.4.2 卫星通信系统	214
5.4.3 卫星移动通信	217
5.5 无线接入	219
5.5.1 无线接入概述	219
5.5.2 Wi-Fi	222
5.5.3 蓝牙技术	223
5.5.4 超宽带无线电技术	226
本章小结	229
习题	230
第6章 移动通信	232
6.1 移动通信概述	232
6.1.1 移动通信系统的分类	232
6.1.2 移动通信的特点	234
6.1.3 蜂窝通信的概念	235
6.1.4 移动通信的管理	238
6.2 移动通信的关键技术	238
6.2.1 无线传输技术	238
6.2.2 码分复用多址	241
6.3 第二代移动通信系统	246
6.3.1 GSM 系统	246
6.3.2 IS-95 系统	251
6.3.3 通用分组无线业务	253

6.4 第三代移动通信系统	254
6.4.1 WCDMA 系统	255
6.4.2 TD-SCDMA 系统	259
6.4.3 CDMA 2000 系统	262
6.5 第四代移动通信系统	264
6.5.1 4G 发展进程	264
6.5.2 4G 的关键技术	265
本章小结	266
习题	267

第 7 章 光通信网	269
7.1 光传输概述	269
7.1.1 光传输的基本概念	269
7.1.2 光传输的特点	272
7.1.3 光传输系统及其技术发展	273
7.2 光传输系统	274
7.2.1 光传输原理	275
7.2.2 光传输系统的组成	276
7.2.3 光传输系统的主要性能指标	279
7.3 SDH 光传送网技术	280
7.3.1 传送网的基本概念	280
7.3.2 同步数字系列(SDH)	282
7.3.3 SDH 传输设备	285
7.3.4 SDH 光传送网	286
7.4 光波分复用技术	287
7.4.1 WDM 技术概述	288
7.4.2 DWDM 技术	289
7.4.3 WDM/OTDM 混合传输系统	291
7.5 光通信网新技术	292
7.5.1 ASON 技术	292
7.5.2 OTN 技术	295
7.5.3 PTN 技术	296
本章小结	297
习题	297

第 8 章 宽带网络通信	299
8.1 宽带网络通信概述	299
8.1.1 宽带通信网的发展	299

8.1.2 网络融合	303
8.2 宽带接入网技术	305
8.2.1 接入网概述	306
8.2.2 数字用户线技术	309
8.2.3 光纤接入	313
8.2.4 混合光纤/同轴电缆接入	317
8.2.5 以太网接入	318
8.2.6 宽带无线接入	320
8.3 宽带核心网技术	323
8.3.1 宽带 IP 网络组网技术	324
8.3.2 MPLS 网络技术	326
8.3.3 宽带 IP 城域网	331
8.4 下一代网络(NGN)	332
8.4.1 NGN 关键技术	332
8.4.2 5G 概述	335
本章小结	339
习题	340
参考文献	341
附录 A 通信专业技术人员中级职业水平考试大纲	342
附录 B 通信行业国家职业标准	352
附录 C 现代通信技术基础课程纲要	357
附录 D 常用通信术语缩略语	360

概论

信息技术是当今世界经济社会发展的重要驱动力,电子信息产业是国民经济的战略性、基础性和先导性支柱产业,对于促进社会就业、拉动经济增长、调整产业结构、转变发展方式和维护国家安全具有十分重要的作用。

现代通信技术是信息技术的一个重要组成部分,是信息化社会的重要支柱。随着信息社会的到来,人们对信息的需求将日益丰富与多样化。现代通信意义上所指的信息已不再局限于电话、电报、传真等单一媒体信息,而是将声音、文字、图像、数据等合为一体的多媒体信息。作为国家信息基础设施的现代通信网,主要包括语音通信领域(固定电话网、移动通信网)、数据多媒体通信领域(基础数据网、IP 网络、互联网接入、宽带增值服务)、传输网领域(光通信网)等现代通信技术和业务。通信网络的发展趋势是在数字化、综合化的基础上,向智能化、移动化、宽带化和个人化方向发展。

本章学习目标

- 理解通信的基本概念。
- 理解通信网的概念、分类、构成与组网结构。
- 了解通信法规与通信标准的作用。
- 了解通信信道分类及特性。
- 理解 ICT 技术的基本概念。
- 了解互联网+ICT 融合背景下的通信网络技术特征。
- 了解通信职业资格与职业规范知识。

1.1 通信概述

通信技术是伴随着社会信息化水平的提高而发展起来的。通信技术与计算机技术的相互融合,使得通信技术的发展进入了一个新的阶段。现代通信技术的发展,不仅有助于提高通信网络的质量,扩大通信网络的规模,加快信息传播的速度,提高信息传递的质量,而且使得通信的功能不断扩大,从而进一步丰富了通信的概念。通信在本质上是实现信息传递功能的一门科学技术。

1.1.1 通信基本概念

人类社会需要进行信息交互。人们通过听觉、视觉、嗅觉、触觉等感官,感知现实世

界而获取信息,并通过通信来传递信息。通信(communication)是指按照达成的协议,信息在人、地点、进程和机器之间进行的传送。电信(telecommunication)则指在线缆上或经由大气,利用电信信号或光学信号发送和接收任何类型信息(数据、图形、图像和声音)的通信方式。

通信作为信息科学的一个重要领域,与人类的社会活动、个人生活与科学活动密切相关,并有其独立的技术体系。

1. 通信的基本形式

通信的基本形式是在信源与信宿之间建立一个传输信息的通道(信道)。现代通信不仅可以无失真、高效率地传递信息,并可在传输过程中抑制无用信息,同时还具有存储、处理、采集及显示等功能。

2. 信息与信号

信息(information): 以适合于通信、存储或处理的形式来表示的知识或消息。消息是指通信系统要传送的对象,如语音、图像、文字或某些物理参数等。

信号(signal): 可以使它的一个或多个特征量发生变化,用以代表信息的物理量;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。

1.1.2 通信系统模型

1. 通信系统的基本模型

通信的任务是完成信息的传递和交换。通信系统(communication system)至少包含发送和接收两大部分,用于可靠地传输/交换信息的系统。

电话、电视、广播、微波通信、卫星通信等系统有着成熟的技术与应用,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。

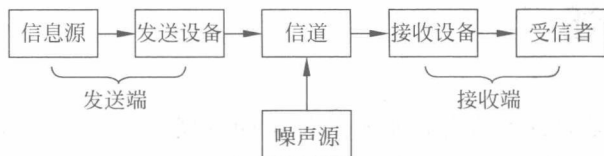


图 1-1 通信系统的基本模型

1) 信息源

信息源简称信源(source),其作用是把待传输的消息转换成原始电信号。在通信中,信源是指向另一部件(信宿)发出信息的部件。

例如,在电话系统中,电话机可看成是信源;信源输出的信号称为基带信号(指未经频率搬移的原始信号),其特点是频率较低。不同的信息源构成不同形式的通信系统,如人与人之间通信的电话通信系统、计算机之间通信的数据通信系统。

2) 发送设备

发送设备即发送机(transmitter),是产生并送出信号或数据的设备,其作用是将信源发出的信息变换成适合在信道中传输的信号,即对基带信号进行某种变换或处理,使原始信号(基带信号)适应信道传输特性的要求。

发送设备是个总体概念,其包括许多具体电路与系统,对应不同的信源和不同的通信系统,具有不同的组成和变换功能。例如,在数字电话通信系统中,变换器包括送话器和模/数变换器等,后者的作用是将送话器输出的模拟话音信号经过模/数变换、编码及时分复用等处理后,变成适合在数字信道中传输的信号。

3) 信道

信道(channel)又称“通路”,是在两点之间用于收发的单向或双向通路;在通信中主要是传递信息的通道,又是传递信号的设施。

按传输媒体又称传输媒介(transmission medium)的不同,可分为有线(如双绞线、同轴电缆、光纤)和无线(如微波通信、卫星通信、无线接入)两大类。

4) 接收设备

接收设备即接收机(receiver),是指工作于通信链路的目的地端,接收信号并加以处理或转换供本地使用的设备。

在接收端,接收设备的功能与发送设备相反,其从收到的信号中恢复出相应的原始信号,即把从信道上接收的信号变换成信息接收者可以接收的信息,起着还原的作用。

5) 受信者

受信者(收终端)又称为信宿(sink),在通信中是从另一部件(信源)接收信息的部件,是信息的接收者,其将复原的原始信号转换成相应的消息。信宿可以与信源相对应,构成“人-人通信”或“机-机通信”,如电话机将对方传来的电信号还原成了声音;也可与信源不一致,构成“人-机通信”或“机-人通信”。

6) 噪声源

系统的噪声(noise)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电磁场干扰,都会对信号形成噪声影响。为便于分析,一般将系统内所存在的干扰折合于信道中,用噪声源表示。

上述通信系统仅表示了两用户间的单向通信,对于双向通信还需要另一个通信系统完成相反方向的信息传送工作。

2. 现代通信系统的功能模型

通信技术与计算机技术相结合,已经由独立系统向网络化方向发展。随着网络技术的发展,通信技术领域也不断扩展。对于通信的了解,不再局限于单从发送者和接收者的角度,而是从网络角度来分析。

从通信网络的系统组成角度,可将其分为4个功能模块,如图1-2所示。

1) 接入功能模块

接入(access)功能模块(有线接入或无线接入)将消息数字化并变换为适于网络传输的信号,即进行信源编码。其发信者和接收者可为人或机器,所接入的消息形式可为语