

普通高等院校电子信息类系列教材

XIANDAI TONGXIN JISHU

# 现代通信技术

(第4版)

纪越峰 等◎编著



北京邮电大学出版社  
www.buptpress.com

普通高等院校电子信息类系列教材

# 现代通信技术

(第4版)

纪越峰 等编著



北京邮电大学出版社  
[www.buptpress.com](http://www.buptpress.com)

## 内 容 简 介

本书根据通信网络的分层架构,从全程全网和网络融合的角度讲述先进的通信技术,重点是近年来涌现的新技术。

本书主要包括五个部分的内容:第一部分概述现代通信网与支撑技术;第二部分讲述业务与终端技术,包括各种通信业务和通信终端技术;第三部分讲述交换与路由技术,包括电路交换技术、分组交换技术和IP网技术;第四部分讲述接入与传送技术,包括同步数字传送网技术、光纤通信技术、无线通信技术和综合业务接入技术;第五部分讲述网络融合技术,包括下一代网络、多种融合技术以及未来发展方向。

本书注重选材,内容丰富,层次清楚,编写方法新颖,在加强基本概念、基本原理与必要的理论分析的同时,着重从通信网络的各个层面讲述目前先进的通信技术。

本书可作为高等院校通信或电子信息专业类本科高年级学生用教材或教学参考书,也可供从事通信与网络工作的科研和工程技术人员学习和参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术 / 纪越峰等编著. -- 4版. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-5635-3823-2

I. ①现… II. ①纪… III. ①通信技术 IV. ①TN91

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第319937号

---

书 名: 现代通信技术(第4版)

作 者: 纪越峰

责任编辑: 赵玉山

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(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

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×1 092 mm 1/16

印 张: 27.25

字 数: 679千字

印 数: 1—3 000册

版 次: 2002年3月第1版 2014年1月第4版 2014年1月第1次印刷

---

ISBN 978-7-5635-3823-2

定 价: 56.00元

· 如有印装质量问题, 请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

# 前 言

本书分别于2002年3月、2004年1月和2010年6月发行了第1版、第2版和第3版，并在“现代通信技术”及同类课程中作为教材使用。通过收集实际使用后师生们的反馈意见，并根据近几年通信技术的发展与变化，作者再次对原书进行了修改与完善，便于读者更好地学习和掌握先进的通信技术。

通信为人类文明和社会生活带来了翻天覆地的变化，世界各国在通信领域投入了大量的人力和物力，并进行了大规模的建设，通信技术也因此成为高等院校通信工程、电子信息工程及计算机通信等专业学生必须具备的知识结构的重要组成部分之一。随着通信技术更新速度加快，各种新技术不断涌现，因此十分有必要根据新的通信网络构架和各类先进的通信技术来组织编写新的通信技术教材，使读者能够更好地建立起通信技术和通信网络的整体概念。

## 1. 本教材的编写目的

本教材是为了适应现代通信技术发展的需要而编写的，其总体目标是通过“现代通信技术”课程教学内容的深入分析，从全程全网（端到端）和网络融合的角度讲述各类先进的通信技术，力争构建具有系统性、新颖性和先进性的知识结构与内容体系，强调工程方法论基本思想的学习与培养，不仅使学生能够在网络分层概念的基础上学习到各类先进的通信技术知识，更重要的是培养学生掌握科学的研究方法和迅速学习新技术的意识与能力，成为高素质的创新人才奠定基础。

## 2. 本教材的主要特点

(1) 传统通信系统是由传输、交换、终端三大部分组成，目前已有的多数教材也多是依此而写。随着通信技术的发展与用户需求日益多样化，现代通信网正处在变革与发展之中，为了更清晰地描述现代通信网络结构和先进技术，本教材改变以往的编写方法，根据网络的分层构架，从网络的各个层面来讲述先进的通信技术。

(2) 目前,关于通信技术的多数教材往往是侧重于讲述某一特定技术,如程控交换、光纤通信、微波技术、移动通信、接入网技术等。为使读者能够更好地建立起现代通信技术与通信网的整体概念和掌握相互关系,本教材从全局出发,对网络分层中所涉及的通信技术进行较详细的论述,从而加强学生对现代通信技术的认识和全程全网的了解,在此基础上,读者可根据专业和个人情况,再就某一个专业技术方向进行更深入的学习。

(3) 当前通信技术发展迅猛、日新月异,本教材将本学科的最新技术直接反映到教材中去,如光纤通信、移动通信、多媒体通信、网络融合等方面的先进技术及未来发展趋势。

(4) 素质教育是当前教育的热点和趋势,本教材在论述知识的同时,力争渗入分析问题和解决问题的方法和思路,加强读者对工程方法论的学习和理解,并了解科学与技术的基本研究思路,具备快速掌握新技术的基本素质。

(5) 本教材的编写工作集中了北京邮电大学在现代通信技术方面的多位教师,他们在相关通信技术的教学和科研工作中均取得了突出成绩。虽然由多位教师参加编写,但在整体结构、内容处理、各章衔接及编写思路等方面都作了精心安排,体现了整体的融合性。

### 3. 本教材的主要内容

本教材根据通信网络的分层构架,从全程全网(端到端)和网络融合的角度全面系统地讲述了各类先进的通信技术,内容共5篇12章,其中第一篇(含第1章)概述现代通信网与支撑技术;第二篇(含第2~3章)讲述业务与终端技术,包括各种通信业务和通信终端技术;第三篇(含第4~7章)讲述交换与路由技术,包括电路交换技术、分组交换技术和IP网技术;第四篇(含第8~11章)讲述接入与传送技术,包括同步数字传送网技术、光纤通信技术、无线通信技术和综合业务接入技术;第五篇(含第12章)讲述网络融合技术,包括下一代网络、多种融合技术以及未来发展方向。

本书可作为高等院校通信专业类本科高年级学生用教材或教学参考书,建议课堂学时数为51~68学时,在进行不同专业或不同层次的教学安排时可根据情况进行相应的学时调整和内容取舍。同时也可供从事通信与网络工作的科研和工程技术人员学习和参考。

### 4. 本教材的编写分工

本教材由纪越峰教授主编,其中第1章和第8章由纪越峰教授编写;第2~3章由黄孝建教授编写;第4~7章由纪红教授和刘瑞曾教授编写;第9章由黄永清教授和纪越峰教授编写;第10章由王文博教授和郭文彬副教授编写;

第11章由孙咏梅副教授编写；第12章由纪越峰教授、孙咏梅副教授、黄孝建教授编写；感谢张杰教授和陈雪教授等对本教材的修订提出的宝贵建议；全书由纪越峰教授主编并最终统稿。

由于作者水平所限，加之现代通信技术涉及面广，难以做到一书概全，不足之处，恳请同行和读者指正。

作者

2014年1月

# 目 录

## 第一篇 现代通信网与支撑技术概述

第 1 章 现代通信网与支撑技术概述	3
1.1 现代通信网的构成要素	3
1.1.1 通信的基本概念	3
1.1.2 通信系统的基本组成	4
1.1.3 现代通信网的分层结构	5
1.1.4 通信网组网结构	7
1.1.5 通信网的质量要求	8
1.2 现代通信网的支撑技术	9
1.2.1 业务与终端技术	9
1.2.2 交换与路由技术	10
1.2.3 接入与传送技术	11
1.3 现代通信技术的发展趋势	12
本章小结	13
习题	14

## 第二篇 业务与终端技术

第 2 章 通信业务	17
2.1 模拟与数字视音频业务	17
2.1.1 视音频信息基本概念	17
2.1.2 视音频信息数字化	21
2.1.3 视音频压缩编码	22
2.1.4 视音频业务种类	29

2.2 数据通信业务	32
2.2.1 数据通信的基本概念	32
2.2.2 数据通信业务类型	32
2.3 多媒体通信业务	33
2.3.1 多媒体通信业务及其特点	34
本章小结	36
习题	36
<b>第3章 通信终端</b>	<b>37</b>
3.1 音频通信终端	37
3.2 图形图像通信终端	37
3.3 视频通信终端	38
3.3.1 彩色电视摄像机	38
3.3.2 多媒体计算机用摄像头	39
3.3.3 视频显示终端	39
3.4 数据通信终端	40
3.5 多媒体通信终端	41
3.5.1 多媒体终端形式	41
3.5.2 多媒体通信终端接口	44
3.5.3 多媒体通信终端软件系统	45
本章小结	46
习题	46

### 第三篇 交换与路由技术

<b>第4章 交换与路由技术基础</b>	<b>49</b>
4.1 网络分类及交换基本功能	49
4.1.1 典型网络分类及组网基本技术要素	49
4.1.2 交换在网络中的作用	50
4.2 交换基本原理	52
4.2.1 交换节点中传送的信号	52
4.2.2 电路交换与分组交换	53
4.2.3 开放系统互连参考模型与节点交换技术	57
4.2.4 无连接与面向连接	60
4.3 交换系统的基本结构与功能描述	61
4.3.1 连接功能的数学描述	61
4.3.2 连接功能的基本技术	63



4.3.3 接口功能·····	66
4.3.4 信令/协议功能·····	66
4.3.5 控制功能·····	69
本章小结·····	69
习题·····	70
<b>第5章 电路交换技术</b> ·····	<b>71</b>
5.1 电路交换基本原理·····	71
5.1.1 电路交换系统分类·····	71
5.1.2 电路交换系统硬件功能结构·····	72
5.1.3 电路交换系统软件功能结构·····	80
5.1.4 电路交换系统性能指标·····	84
5.2 电话网技术·····	85
5.2.1 电话网的组成·····	85
5.2.2 电话网结构·····	86
5.2.3 电话网的编号计划·····	88
5.2.4 电话信令网的组成与结构·····	89
5.3 窄带综合业务数字网技术·····	89
5.3.1 ISDN 的概念·····	89
5.3.2 ISDN 的网络功能·····	90
5.3.3 ISDN 用户/网络接口·····	91
5.4 数字数据网技术·····	92
5.4.1 数字数据网的基本概念·····	92
5.4.2 64 kbit/s 数字信道复用及数字交叉连接的概念·····	93
5.4.3 DDN 网络业务类别及用户入网方式·····	94
5.5 智能网技术·····	95
5.5.1 智能网概述·····	95
5.5.2 智能网的结构与功能·····	95
5.5.3 智能网的应用·····	97
5.6 电信管理网·····	99
5.6.1 电信管理网的基本概念·····	99
5.6.2 电信管理网的体系结构·····	100
5.6.3 电信管理网的逻辑分层与管理功能·····	101
本章小结·····	102
习题·····	103
<b>第6章 分组交换技术</b> ·····	<b>105</b>
6.1 分组交换基本原理·····	105

6.1.1	分组交换的概念 .....	105
6.1.2	分组交换技术及 X.25 分组交换网 .....	107
6.2	帧中继技术 .....	112
6.2.1	帧中继的基本概念 .....	112
6.2.2	帧中继工作原理及技术特点 .....	112
6.3	以太网技术 .....	113
6.3.1	以太网的介质访问控制方式 .....	114
6.3.2	以太网的协议结构和网络系统组成 .....	114
6.3.3	共享型以太网与交换型以太网 .....	115
6.4	ATM 技术 .....	117
6.4.1	ATM 技术基本原理 .....	117
6.4.2	ATM 交换系统 .....	120
	本章小结 .....	123
	习题 .....	123
<b>第 7 章</b>	<b>IP 网技术 .....</b>	<b>125</b>
7.1	IP 网的体系结构和协议地址 .....	125
7.1.1	互联网的概念 .....	125
7.1.2	体系结构 .....	126
7.1.3	协议地址 .....	127
7.2	路由器工作原理及硬件结构 .....	129
7.2.1	路由器基本工作过程 .....	129
7.2.2	路由选择算法及路由协议 .....	130
7.2.3	路由器硬件结构 .....	132
7.2.4	多协议标记交换(MPLS)技术 .....	134
7.3	软交换网络技术 .....	136
7.3.1	IP 电话网技术 .....	136
7.3.2	软交换的概念 .....	138
7.3.3	软交换网络结构和协议 .....	139
7.3.4	软交换网络的通信流程 .....	145
7.4	IPv6 技术 .....	148
7.4.1	IPv6 技术的引入及其特点 .....	148
7.4.2	IPv6 地址体系结构 .....	150
7.4.3	IPv4 向 IPv6 演进技术 .....	152
7.5	IP 网的安全性与可信任性 .....	153
7.5.1	网络信息安全概述 .....	153
7.5.2	网络信息安全机制 .....	155

7.5.3 网络的可信任性和可信网络 .....	157
本章小结 .....	158
习题 .....	159
<b>第四篇 接入与传送技术</b>	
<b>第8章 传送网技术基础</b> .....	163
8.1 传送网基本概念 .....	163
8.1.1 传送与传输 .....	163
8.1.2 传送网分层结构 .....	163
8.2 同步数字传送网技术 .....	164
8.2.1 SDH 传送网产生背景 .....	164
8.2.2 SDH 帧结构与段开销 .....	169
8.2.3 同步复用和映射原理 .....	176
8.2.4 SDH 网络中的基本网元 .....	190
8.2.5 SDH 自愈网原理 .....	194
8.3 传送网主要性能指标 .....	204
8.3.1 误码特性 .....	204
8.3.2 抖动特性 .....	204
8.3.3 可靠性与可用性 .....	205
本章小结 .....	206
习题 .....	206
<b>第9章 光纤通信技术</b> .....	208
9.1 光纤通信基本概念 .....	208
9.1.1 电磁波谱 .....	208
9.1.2 光纤通信系统基本结构与特点 .....	209
9.2 光纤传输原理与特性 .....	211
9.2.1 光纤的结构和分类 .....	211
9.2.2 光纤的导光原理 .....	213
9.2.3 光纤的传输特性 .....	217
9.2.4 单模光纤 .....	221
9.3 光发送机与光接收机 .....	223
9.3.1 半导体激光器和发光二极管 .....	223
9.3.2 光发送机 .....	232
9.3.3 光检测器 .....	235
9.3.4 光接收机 .....	239

9.4 光纤通信系统 .....	241
9.4.1 数字光纤通信系统 .....	241
9.4.2 光放大器 .....	243
9.4.3 光波分复用系统 .....	246
9.4.4 相干光通信 .....	249
9.4.5 其他高速大容量光纤通信系统 .....	250
9.5 光网络技术 .....	253
9.5.1 光传送网技术 .....	254
9.5.2 分组传送网技术 .....	257
9.5.3 自动交换光网络技术 .....	259
9.5.4 波长交换光网络技术 .....	266
9.5.5 全光网技术 .....	267
本章小结 .....	271
习题 .....	271
<b>第 10 章 无线通信技术 .....</b>	<b>274</b>
10.1 无线电波传播基础 .....	274
10.1.1 天线基本知识 .....	275
10.1.2 电波传播特性 .....	275
10.1.3 链路预算 .....	283
10.2 无线通信技术 .....	285
10.2.1 调制技术 .....	285
10.2.2 抗衰落和抗干扰技术 .....	285
10.2.3 多天线与时空编码技术 .....	292
10.2.4 多址技术 .....	295
10.3 陆地移动通信系统 .....	302
10.3.1 陆地移动通信系统基本结构与特点 .....	302
10.3.2 蜂窝的概念 .....	304
10.3.3 移动通信系统模型 .....	308
10.3.4 无线资源管理 .....	309
10.3.5 移动性管理 .....	310
10.3.6 安全性管理 .....	310
10.3.7 GSM 系统 .....	310
10.3.8 CDMA 系统 .....	312
10.3.9 第三代移动通信系统 .....	314
10.3.10 第四代移动通信系统及发展 .....	320
10.3.11 移动通信新技术 .....	325

10.4	数字微波通信系统	331
10.4.1	数字微波电信系统基本结构与特点	331
10.4.2	数字微波线路	332
10.4.3	数字微波的波道及其射频频率配置	335
10.5	卫星通信系统	338
10.5.1	卫星通信系统基本结构与特点	338
10.5.2	同步卫星通信系统	344
10.5.3	移动卫星通信系统	347
10.6	无线局域网	354
10.6.1	无线局域网的空中接口与媒体接入控制	355
10.6.2	无线局域网的组网方式	359
	本章小节	361
	习题	361
<b>第 11 章</b>	<b>综合业务接入技术</b>	<b>363</b>
11.1	接入网技术基础	363
11.1.1	接入网的产生	363
11.1.2	接入网的定义	365
11.1.3	接入网的接口类型	366
11.1.4	接入网的特点	368
11.1.5	接入网的接入技术分类	368
11.2	铜线接入技术	370
11.2.1	xDSL 技术	370
11.2.2	ADSL 技术	372
11.2.3	ADSL2 和 ADSL2+ 技术	375
11.3	光纤接入技术	376
11.3.1	光纤接入网的基本结构	377
11.3.2	光纤接入网的种类	378
11.3.3	无源光网络中的多址接入和双向传输技术	379
11.3.4	以太网无源光网络接入技术	383
11.3.5	吉比特无源光网络接入技术	386
11.4	混合光纤/同轴电缆接入	388
11.4.1	系统结构	388
11.4.2	频谱安排	389
11.4.3	交互式数字视频	390
11.5	RoF 技术	390
11.5.1	RoF 基本原理	391

11.5.2 RoF 关键技术 .....	392
11.6 MSTP 技术 .....	393
11.6.1 MSTP 基本原理 .....	393
11.6.2 MSTP 关键技术 .....	394
本章小结 .....	397
习题 .....	397

## 第五篇 网络融合技术

第 12 章 网络融合技术 .....	401
12.1 下一代网络与技术发展趋势 .....	401
12.2 固定移动融合技术 .....	402
12.3 光与 IP 融合技术 .....	405
12.4 移动互联网技术 .....	407
12.5 移动多媒体技术 .....	410
12.6 物联网技术及其应用 .....	414
本章小结 .....	418
习题 .....	418
结束语 .....	419
参考文献 .....	420

# 第一篇

---

## 现代通信网与支撑技术概述

通信技术的飞速发展与信息网络技术提供了强有力的支持,本篇主要讲述现代通信网的构成要素、现代通信网的支撑技术和现代通信技术的发展趋势。





# 第 1 章 现代通信网与支撑技术概述

当今社会正在经受信息技术迅猛发展浪潮的冲击,通信技术、计算机技术、控制技术等现代信息技术的发展及相互融合,拓宽了信息的传递和应用范围,使得人们在广域范围内随时随地获取和交换信息成为可能。尤其是随着网络化时代的到来,人们对信息的需求与日俱增,全球范围内各种新业务突飞猛进地发展,在给传统电信业务带来巨大冲击的同时,也为现代通信技术的发展提供了新的机遇。本章主要讲述现代通信网的构成要素、现代通信网的支撑技术和现代通信技术的发展趋势。

## 1.1 现代通信网的构成要素

在信息化社会中,语音、数据、图像等各类信息,从信息源开始,经过搜索、筛选、分类、编辑、整理等一系列信息处理过程,加工成信息产品,最终传给信息消费者,而信息流动是围绕高速信息通信网进行的,这个高速信息通信网是以光纤通信、微波通信、卫星通信、移动通信等为传输基础,并通过交换与路由系统和各类信息应用系统延伸到全社会的每个地方和每个人,从而真正实现信息资源的共享和信息流动的快速与畅通。

### 1.1.1 通信的基本概念

#### 1. 通信的基本含义

人与人之间通过听觉、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,物体与物体之间通过所附加的功能器件实现彼此间的信息交互(物联网)。因此通信的基本定义是按照一致的约定传递信息,其基本形式是在信源(始端)与信宿(末端)之间通过建立一个信息传输(转移)通道(信道)来实现信息的传递,或者说是指人与人、人与自然、物体与物体之间通过某种行为或媒介进行的信息传递与交流。

过去的通信由于受技术与需求所限,仅限于话音。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,而现代通信的发展又为此提供了条件。因此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。总之通过人的各种感官或通过传感器、仪器、仪表对现实世界的感觉,形成多媒体或新媒体(人的五官之外)信息,这些信息通过通信手段来进行传递。因此所谓通信系统(电信系统)就是利用有线、无线等形式来传递电、光等信息的系统。

#### 2. 通信系统的分类

通信系统可以从不同的角度来分类。