

普通高等教育规划教材

现代通信技术

第3版

魏东兴 冯锡钰 邢慧玲 ◎ 编著



M odern communications Technologies



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育规划教材

现代通信技术

第3版

魏东兴 冯锡钰 邢慧玲 编著



机械工业出版社

本书共分三篇 14 章,以通信系统中最基本的三种通信技术:光纤通信、卫星通信、移动通信为主要内容,全面介绍了这三种通信技术的基本知识、基本理论和最新发展动向。

本书可作为高等院校电子信息工程专业相关课程教材,也可作为相近专业学习通信技术的选修课教材,同时可供从事这方面工作的工程技术人员和技术管理人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代通信技术/魏东兴等编著.—3 版.—北京:机械工业出版社,2014.10

普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-47969-7

I. ①现… II. ①魏… 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(2014)第 212990 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王小东 责任编辑:王小东 崔丽平

版式设计:霍永明 责任校对:刘雅娜

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2014 年 11 月第 3 版第 1 次印刷

184mm×260mm·21 印张·502 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-47969-7

定价:42.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

第3版前言

本书于2003年出版了第2版，光阴荏苒，在过去的10年时间里，“光纤通信”、“卫星通信”、“移动通信”取得了长足的发展。由于高速通信、宽带数据业务需求的高速增长，光导纤维成为了最重要的干线通信传输介质，新技术、新器件层出不穷，随着光纤通信系统的性能提高和成本降低，使其在电信长途传输领域、广播电视领域获得了更为广泛的应用。卫星通信技术在远距离电视传输业务继续占据主导地位的同时，在卫星个人移动电话、卫星电视直接到户（DTH）、移动卫星宽带数据接入等领域实现了高速增长。移动通信已经步入4G时代，它是通信技术中发展最活跃的领域，一个很重要的原因是全球数以亿计的用户既是移动通信业务的参与者又是移动通信发展的推动者。

通信系统中的新业务、新技术的发展，催促我们重新修订本书，希望本次修订能够更好地适应教学的需要，充分反映光纤通信、卫星通信、移动通信技术的最新进展，做到与时俱进，理论紧密联系实际。在修订过程中，通过对国内外最新的学术专著、教材、科技论文等文献资料的理解和参考，综合各方面的意见，结合我们自身的教学体会，删除了本书第2版中部分相对陈旧过时的内容，调整了部分章节的顺序安排，增加了一些新知识、新内容、新技术、新系统。

编者努力为之，但限于水平和能力，难免书中可能存在错误及不妥之处，恳请读者斧正。

编著者

2014年9月于大连

第2版前言

本书第1版于1998年由机械工业出版社出版以来，得到全国很多大专院校的支持和采用，先后印刷5次，受到广大师生的关注并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。虽然从第1版出版至今只有短短五、六年时间，但是“光纤通信”、“卫星通信”、“移动通信”等技术却取得了飞速发展。在光纤通信中，密集光波分复用技术（DWDM）和光放大器已经得到了普遍应用，WDM全光通信网的出现为光纤通信开拓了极为广阔的前景；在卫星通信技术中，数字卫星通信技术已经成为主流，基本取代了模拟卫星通信技术；在移动通信技术中，第一代蜂窝移动通信系统（1G）已经基本停止运营，取而代之的第二代数字蜂窝移动通信系统（2G）已经占有80%以上的移动市场份额，同时第三代移动通信系统（3G）已经开始投入商业运营。为了能够更好地适应教学的需要，充分反映这些技术的最新发展成果，我们重新修订了本书。

本书共分三篇14章，以通信系统中最基本的三种通信技术：光纤通信、卫星通信、移动通信为主要内容，全面介绍了这三种通信技术的基本知识、基本理论和最新发展动向。需要说明的是，由于各院校通常将有关“数据通信”的内容放在计算机通信网络课程中，因此在本修订版中不再包括这部分内容。

本书由冯锡钰编写绪论，冯锡钰和邢慧玲编写第一篇，魏东兴编写第二篇，魏东兴和邢慧玲编写第三篇，全书由魏东兴统稿。此外，硕士研究生常娥、任春静、赵冠男、国炜、李旭、张荣强等同学认真阅读并整理了本书文稿，在此表示感谢。

本书在编写过程中，参阅了大量书籍、文章、资料，在此向这些文献的著作者表示诚挚的谢意。

本书的出版得到了大连理工大学教材出版基金的资助。

由于编者水平和能力有限，难免书中存在错误及疏漏之处，恳请广大读者斧正。

编著者

2003年7月于大连

第1版前言

随着信息社会的发展，通信技术以惊人的速度发展着，特别是以光纤通信、卫星通信和移动通信为代表的现代通信技术更是日新月异。为使学生在有限的学时内了解和掌握现代通信技术的发展，我们把以往单独设置的“光纤通信”、“卫星通信”、“移动通信”和“数据通信”等课程合并为一门“现代通信技术”课程。为适应教学的需要，特组织编写了本书。

本书全面地介绍现代通信的几个主要发展方向，全书分四篇十四章讲述光纤通信、卫星通信、移动通信和数据通信与数据网的基本知识和基本理论，并介绍了这些领域的新成果和新发展动向。

本书由冯锡钰编写绪论和第一篇，魏东兴编写第二篇，孙怡编写第三篇，刘军民编写第四篇。全书由冯锡钰主编。

本书得到大连理工大学教材出版基金的支持和大连理工大学教务处王续跃老师的大力帮助，在此表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，书中不足及错误之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

1997 年 1 月

目 录

第3版前言

第2版前言

第1版前言

绪论	1
0.1 通信技术的发展及基本概念	1
0.1.1 通信技术的发展	1
0.1.2 通信系统及分类	2
0.1.3 通信方式	3
0.1.4 传输技术	3
0.1.5 性能指标	3
0.2 现代通信的主要技术	4
0.2.1 光纤通信	4
0.2.2 卫星通信	5
0.2.3 移动通信	5
0.3 现代通信技术发展趋势	6
0.3.1 通信技术数字化	6
0.3.2 通信业务综合化	6
0.3.3 网络互通融合化	7
0.3.4 通信网络宽带化	7
0.3.5 网络管理智能化	7
0.3.6 通信服务个人化	7

第1篇 光纤通信

第1章 光纤通信概论	11
1.1 光纤通信的发展	11
1.1.1 光纤通信的发展历程	11
1.1.2 光纤通信的发展方向和新技术	12
1.2 光纤通信系统的基本构成	14



1.2.1 光纤线路	14
1.2.2 光发射机	14
1.2.3 光接收机	15
1.3 光纤通信的特点和应用	15
1.3.1 光纤通信的特点	15
1.3.2 光纤通信的应用	17
第2章 光纤和光缆	18
2.1 光纤的结构和类型	18
2.1.1 光纤结构	18
2.1.2 光纤类型	18
2.2 光纤的几何光学分析	19
2.2.1 射线理论要点	19
2.2.2 光在多模阶跃光纤中的传输	20
2.2.3 光在多模渐变光纤中的传输	21
2.3 光纤的波动光学分析	22
2.3.1 波动方程	22
2.3.2 光纤中的模式	23
2.3.3 单模光纤的模式特性	25
2.4 光纤的传输特性	26
2.4.1 光纤的损耗特性	27
2.4.2 光纤的色散特性	28
2.5 光纤中的非线性光学效应	32
2.5.1 受激光散射	32
2.5.2 非线性折射	33
2.5.3 四波混频	34
2.6 光缆及连接技术	34
2.6.1 光缆及其结构	34
2.6.2 光纤及光缆的连接	35
第3章 光源和光发射机	36
3.1 光发射机的基本组成	36
3.2 半导体光源的发光机理	36
3.2.1 光辐射和粒子数反转分布	37
3.2.2 PN结的能带和电子分布	37
3.3 半导体激光器	39
3.3.1 形成激光振荡的条件	39
3.3.2 F-P腔半导体激光器	39



3.3.3 分布反馈激光器	41
3.3.4 半导体激光器的主要特性	42
3.4 发光二极管	45
3.4.1 发光二极管的结构	45
3.4.2 发光二极管的工作特性	45
3.5 光源的调制及驱动电路	47
3.5.1 光源的调制方式	47
3.5.2 直接调制及驱动电路	47
3.6 激光器的控制电路	49
3.6.1 自动温度控制	49
3.6.2 自动功率控制	50
第4章 光接收机	51
4.1 数字光接收机的基本组成	51
4.2 光检测器	51
4.2.1 光敏二极管工作原理	52
4.2.2 PIN 光敏二极管	53
4.2.3 雪崩光敏二极管	55
4.3 光接收机的前端及噪声	56
4.3.1 等效电路	56
4.3.2 光接收机的噪声与信噪比	57
4.3.3 前置放大器的设计	59
4.4 光接收机的灵敏度	61
4.4.1 误码率	61
4.4.2 灵敏度	63
4.4.3 理想光接收机的灵敏度	64
4.5 光接收机的线性通道及数据恢复	65
4.5.1 自动增益控制和动态范围	65
4.5.2 码间干扰与均衡滤波	66
4.5.3 数据恢复	67
第5章 光纤通信系统及新技术	68
5.1 系统结构与类型	68
5.1.1 光纤通信系统的结构	68
5.1.2 光纤通信系统的类型	70
5.2 数字光纤通信系统	71
5.2.1 数字光纤通信系统的组成	71
5.2.2 系统的性能	72

5.3 光同步数字传输网	73
5.3.1 SDH 的产生	73
5.3.2 SDH 的特点	75
5.3.3 SDH 的帧结构	75
5.3.4 SDH 的复用映射结构	76
5.3.5 SDH 传输网	77
5.4 光纤通信系统的设计	79
5.4.1 总体考虑	79
5.4.2 中继距离的计算	80
5.5 模拟光纤通信系统	83
5.5.1 调制方式	83
5.5.2 副载波复用光纤传输系统	84
5.6 光纤接入网	87
5.6.1 接入网概述	87
5.6.2 光纤接入网的基本结构和应用类型	87
5.6.3 无源光网络	89
5.6.4 有源光网络	90
5.6.5 光纤同轴电缆混合网	91
5.7 光放大技术	92
5.7.1 掺铒光纤放大器工作原理	93
5.7.2 掺铒光纤放大器的优点和应用	94
5.8 光波分复用技术	95
5.8.1 光波分复用概述	95
5.8.2 WDM 系统的构成及特点	95
5.8.3 光波分复用器与解复用器	96
5.9 相干光通信技术	100
5.9.1 相干光通信系统的组成与工作原理	101
5.9.2 相干光通信的优点和关键技术	102
5.10 光孤子通信	103
5.10.1 光孤子的形成与传输特点	103
5.10.2 光孤子通信系统的构成	106
5.11 全光通信网	107
5.11.1 光传送网的概念	107
5.11.2 光传送网的分层结构	108
5.11.3 光分插复用器	108
5.11.4 光交叉连接器	111
5.11.5 WDM 光网络示例	112
5.12 光时分复用技术	113
参考文献	115



第2篇 卫星通信

第6章 卫星通信概论	119
6.1 卫星通信的概念	119
6.1.1 基本概念	119
6.1.2 卫星通信的特点	119
6.1.3 卫星通信系统概述	121
6.2 卫星通信的发展	123
6.2.1 国际卫星通信的发展	123
6.2.2 中国卫星通信的发展	125
6.2.3 卫星通信技术的发展趋势	126
第7章 卫星通信系统组成原理	127
7.1 通信卫星	127
7.1.1 卫星的分类	127
7.1.2 卫星的轨道	127
7.1.3 静止卫星的发射	129
7.1.4 通信卫星的基本技术参数	130
7.1.5 通信卫星的组成	131
7.2 地球站系统	135
7.2.1 地球站的类型和基本要求	135
7.2.2 地球站的主要性能指标	136
7.2.3 地球站的组成	137
7.2.4 地球站的站址选择及布局	144
7.3 传输线路的计算	145
7.3.1 基本概念	145
7.3.2 传输损耗	147
7.3.3 噪声与干扰	147
7.3.4 卫星通信链路的计算	150
第8章 卫星通信系统信号传输技术	152
8.1 概述	152
8.2 多址技术	153
8.2.1 频分多址方式	153
8.2.2 时分多址方式	156
8.2.3 扩频多址方式	157
8.2.4 空分多址方式	158



8.2.5 随机多址方式	159
8.3 信道分配	161
8.3.1 信道分配的含义	161
8.3.2 预分配方式	161
8.3.3 按需分配(按申请分配)方式	162
8.4 差错控制技术	162
8.4.1 差错类型	162
8.4.2 差错控制方法	162
8.4.3 信道编码技术	164
8.4.4 交织技术	166
8.5 数字调制技术	167
8.5.1 概述	167
8.5.2 数字调制的基本原理	168
8.5.3 卫星通信系统中的数字调制技术	170
8.6 卫星电视传输技术	176
8.6.1 概述	176
8.6.2 数字电视编码标准	176
8.6.3 数字卫星电视传输标准	179
第9章 卫星通信网	181
9.1 卫星广播电视网	181
9.1.1 卫星电视广播系统的组成	181
9.1.2 数字卫星电视网	183
9.2 VSAT 网	185
9.2.1 概述	185
9.2.2 VSAT 网的组成及工作原理	187
9.2.3 VSAT 小站设备简介	190
9.3 全球卫星导航系统	191
9.3.1 概述	191
9.3.2 GLONASS	191
9.3.3 Galileo 系统	192
9.3.4 GPS	193
9.4 跟踪与数据中继卫星系统	196
9.4.1 概述	196
9.4.2 TDRSS 工作原理	196
9.4.3 TDRSS 应用业务	197
9.5 卫星移动通信系统	198
9.5.1 概述	198
9.5.2 卫星移动通信基本原理	199



9.5.3 铱 (Iridium) 系统	200
9.5.4 全球星 (Globalstar) 系统	202
9.5.5 Orbcomm 系统	203
9.5.6 亚洲蜂窝卫星通信系统	203
9.5.7 Thuraya 系统	203
9.6 高空平台站通信系统	204
9.6.1 概述	204
9.6.2 HAP 系统工作原理	204
9.6.3 HAP 系统特点	205
参考文献	207

第3篇 移动通信

第10章 移动通信概论	211
10.1 移动通信的基本概念与发展	211
10.1.1 基本概念	211
10.1.2 移动通信的演变与发展	211
10.2 移动通信系统的组成原理	214
10.2.1 移动通信系统的分类	214
10.2.2 移动通信系统的组成	214
10.2.3 移动通信的基本技术要求	215
10.3 移动通信的主要技术特点	215
第11章 无线信道的特性与电波传播	217
11.1 概述	217
11.2 无线信号的传播——大尺度路径损耗	217
11.2.1 自由空间无线信号的传播	217
11.2.2 反射、衍射与散射	218
11.3 路径损耗模型	222
11.3.1 地面反射 (双射线) 模型	222
11.3.2 室外传播模型	224
11.3.3 室内传播模型	226
11.3.4 其他信道的损耗特性	227
11.4 无线信道的特性——小尺度衰落与多径	228
11.4.1 多径传播	228
11.4.2 慢衰落与快衰落	229
11.4.3 选择性衰落	231
11.5 无线信道中的干扰	232



第 12 章 移动通信基本技术	234
12.1 数字调制解调技术	234
12.1.1 移动通信对数字调制的要求	234
12.1.2 恒包络调制技术	234
12.2 扩频技术	237
12.2.1 基本原理	237
12.2.2 直接序列扩频	238
12.2.3 跳频扩频	239
12.3 组网技术	240
12.3.1 概述	240
12.3.2 区域覆盖方式	240
12.3.3 蜂窝网组网	241
12.3.4 多信道共用技术	244
12.4 双工技术	246
12.4.1 频分双工	246
12.4.2 时分双工	247
12.5 抗衰落技术	247
12.5.1 分集技术	247
12.5.2 自适应均衡技术	248
12.6 正交频分复用技术	249
12.6.1 OFDM 基本原理	249
12.6.2 OFDM 的特点	250
12.7 语音编码技术	251
12.7.1 概述	251
12.7.2 波形编码	252
12.7.3 参量编码——线性预测编码	255
12.7.4 混合编码	256
12.8 网络安全技术	258
第 13 章 典型的移动通信系统	260
13.1 第二代移动通信系统	260
13.1.1 概述	260
13.1.2 GSM 系统	261
13.1.3 向 3G 过渡——GPRS 与 EDGE	274
13.1.4 CDMA 系统 (IS-95)	275
13.2 第三代移动通信系统	286
13.2.1 概述	286
13.2.2 WCDMA 系统	289



13.2.3	CDMA2000 系统	294
13.2.4	TD-SCDMA 系统	298
第 14 章	新一代移动通信系统简介	302
14.1	引言	302
14.2	长期演进计划	303
14.2.1	概述	303
14.2.2	LTE 的技术性能	304
14.2.3	LTE 的网络结构	305
14.2.4	LTE FDD 与 TD-LTE 的比较	305
14.2.5	LTE 典型业务	307
14.3	LTE-Advanced	308
14.3.1	概述	308
14.3.2	LTE-Advanced 关键技术	308
14.3.3	LTE-Advanced 面临的问题	309
附录	英文缩写词汇对照表	310
参考文献		318

绪 论

通信技术，特别是现代通信技术，在当今信息社会中发挥着重要作用。通信作为信息传输与交换的手段，已成为信息时代社会发展和经济生活的生命线。因此，现代通信技术成为高等学校通信工程、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中的重要组成部分。

为适应现代通信技术和教学的需要，本书重点讨论现代通信的三个主要发展方向：光纤通信、卫星通信和移动通信。在深入讨论这些内容之前，先简要介绍有关通信的基本概念、基本知识和发展趋势。

0.1 通信技术的发展及基本概念

0.1.1 通信技术的发展

通信就是信息的传输与交换，通信的目的就是传输消息。自从有了人类的活动，就产生了通信，因为在人类的活动过程中要相互远距离传递信息，也就是将带有信息的信号，通过某种系统由发送者传送给接收者，这种信息的传输过程就是通信。

很久以来，人们曾寻求各种方法来实现信息的传输。我国古代利用烽火台传送边疆警报；古希腊人用火炬的位置表示字母符号，一站一站地传送信息，这种光信号的传输构成最原始的光通信系统。利用击鼓鸣金来报时或传达作战命令，是最原始的声信号传输，以后又出现了信鸽、旗语、驿站等传送消息的方法。这些原始的通信方式，无论在距离、速度还是在可靠性与有效性方面都很差。直到19世纪初，人们开始利用电信号传输消息。1838年莫尔斯（F. B. Morse）发明了电报，他利用点、划、空适当组合的代码表示字母和数字，这种代码称为莫尔斯电码。1876年贝尔（A. G. Bell）发明了电话，直接将声音信号（语言）转换成电信号沿导线传送。19世纪末，人们又利用电磁波传送无线电信号，开始时传输距离只有几百米，而到了1901年，马可尼（G. Marconi）成功地实现了横渡大西洋的无线电通信，从此，传输电信号的通信方式得到了广泛应用和迅速发展。

一个多世纪以来，通信技术得到了飞速的发展，其发展大致经历了三个阶段：以1838年发明电报为标志的通信初级阶段。以1948年香农（C. E. Shannon）提出信息论开始的近代通信阶段，在此期间，电通信技术得到迅速发展，其明显特点就是不断开拓更高频率，由低频端向高频端发展，从长波、中波、短波、超短波发展到微波，这期间几乎每6年频率就递增一个数量级。第三阶段则是现代通信阶段，20世纪60年代出现的卫星通信系统为远距离和大范围通信提供了可能；20世纪70年代出现的光纤通信系统奠定了大容量和高速率通信的基础；20世纪80年代出现的数字蜂窝移动通信系统则翻开了通信移动性和个人化的新篇章，光纤通信、卫星通信和移动通信成为支撑现代通信技术的三大主要发展方向。



0.1.2 通信系统及分类

完成信息传输任务的系统，通称为通信系统，图 0-1 是 C. E. Shannon 给出的通信系统基本组成框图。

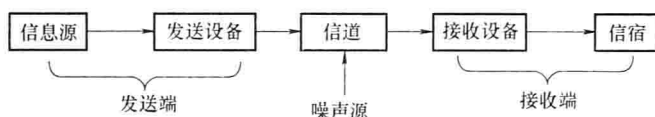


图 0-1 一个单向通信系统示意图

信息源产生消息，发送给接收端，消息可以是以下几种类型：①字母或一串字符；②一维时域信号，如电话或无线电信号；③在二维空间变化的时域信号，如单色电视信号；④多路、一维时域信号，如时分复用电话信号；⑤多维、多路时域信号，如多路复用电视信号；⑥组合信号，如电视信号及其伴音信号。

发送设备的作用是将各种消息转换成适合于信道传输的信号形式，可以包括编码、调制等环节。

信道是从发送端到接收端的传输介质，它可以是双绞线、同轴电缆、一定带宽的无线信道或一束光等。

接收设备的功能与发送设备相反，它从接收信号中恢复出相应的消息，可以包括解调、译码等环节。

信宿就是接收者，是传输消息的目的地，信宿可以是人，也可以是其他机器设备。

图中的噪声源包括信道噪声及分散在通信系统其他各处噪声的集中表示。

一个通信系统的工作过程，主要包括消息与信号转换、信号处理和信号传输等过程。

通信系统可以从不同的角度来分类：

- 1) 按传输信号形式不同分为模拟通信与数字通信。
- 2) 按信道具体形式可分为有线通信和无线通信，如图 0-2 所示。

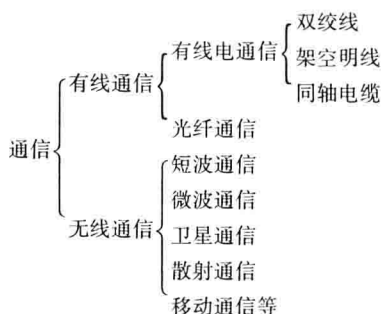


图 0-2 通信系统按信道分类

3) 按通信工作频段可以分为长波通信、中波通信、短波通信、微波通信、光通信等。

4) 按通信的具体业务内容可分为语音通信（电话）、图像通信、多媒体通信、无线寻呼、电报、可视电话等。