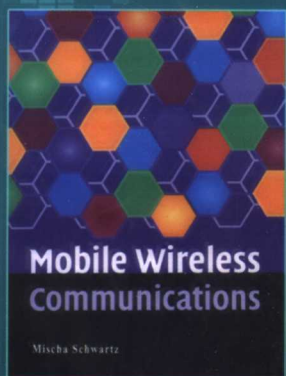


国外电子与通信教材系列

移动无线通信

Mobile Wireless Communications



[美] Mischa Schwartz 著

许希斌 李云洲 译

姚彦 审校



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry
<http://www.phei.com.cn>

移动无线通信

Mobile Wireless Communications

从全球蜂窝电话系统到本地甚至个人网络,无线通信已经成为人们生活中无所不在的一部分。

本书提供了对数字移动无线网络的指导性介绍,书中使用了大量的现实世界的例子来阐明移动无线通信的理论基础。本书从对传播现象的回顾开始,进而探讨了信道分配、调制技术、复接方法以及编码技术等基本内容。书中评述了 GSM, IS-136 和 IS-95 系统,并详细讨论了 2.5G 和 3G 包交换系统。本书还探讨了性能分析评价和调度技术,并以讲述无线局域网和个人区域网的一章作为结束。本书还提供了许多示例和作业练习,并可为教师免费提供习题解答手册。

这本书是学习无线通信课程的电子工程专业和计算机专业学生的理想教材。对于相关行业的工程师而言,同样是一本难得的参考书。

作者简介

Mischa Schwartz 从 1974 年开始在美国哥伦比亚大学电子工程系任职,现在是 Charles Batchelor 名誉教授。他编写或合作编写了 9 本著作,其中包括通信系统和计算机网络方面的畅销书。他现在的研究方向是无线网络。Schwartz 教授是美国国家工程学会成员、IEEE 会员和前理事、IEEE 通信协会前会长,他还是 IEEE 信息理论分会的前任主席。1983 年,他获得了 IEEE 教育奖。在 1984 年的 IEEE 调查中,他是前十位电子工程最佳教育者之一。Schwartz 还是美国科学技术研究院的成员,1994 年因对计算机通信方面的贡献而获得了纽约市市长奖,2003 年因对电信和工程教育的贡献,还获得了日本 Okawa 奖。

ISBN 7-121-02661-9



9 787121 026614 >



责任编辑: 谭海平
余义
责任美编: 毛惠庚

本书贴有激光防伪标志,凡没有防伪标志者,属盗版图书

ISBN 7-121-02661-9 定价: 39.00 元

国外电子与通信教材系列

移动无线通信

Mobile Wireless Communications

[美] Mischa Schwartz 著

许希斌 李云洲 译

姚彦 审校

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

这是一本全面介绍移动无线通信基础知识以及最新技术发展状况的教材。

第1章为介绍性内容,讲述移动通信的历史以及后续各章的描述。其后的内容可分为两大部分,第1部分包括第2章到第8章。第2章讲述在无线介质中遇到的传播现象;第3章介绍蜂窝的概念;第4章到第7章讨论功率控制、调制、编码以及接入技术;第8章对第二代系统——GSM, IS-95, IS-136以及D-AMPS进行了详细的讨论。第2部分包括第9章到第12章。第9章探讨了无线系统的性能分析;第10章对第三代系统——W-CDMA, CDMA2000以及GPRS进行了深入的描述;第11章讨论了在蜂窝系统中提出和使用的接入和调度技术。最后全书以对无线局域网(WLAN)和个人区域网(PAN)的讨论作为结束。

本书适合作为大学本科高年级或研究生一年级无线通信的入门课程,也可作为工程师、计算机专家以及其他技术人员的参考材料。

Authorized translation from the English language edition published by The Syndicate of the Press of the University of Cambridge, England. Copyright © Mischa Schwartz 2005.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

This edition is licensed for distribution and sale in the People's Republic of China only excluding Hong Kong, Taiwan and Macau and may not be distributed and sold elsewhere.

Simplified Chinese language edition published by Publishing House of Electronics Industry. Copyright © 2006.

本书中文简体专有翻译出版权由Cambridge University Press 授予电子工业出版社。其原文版权及中文翻译出版权受法律保护。未经许可,不得以任何形式或手段复制或抄袭本书内容。

本书中文简体字版仅限于在中华人民共和国境内(不包括香港、澳门特别行政区以及台湾地区)发行与销售,并不得在其他地区发行与销售。

版权贸易合同登记号 图字:01-2005-2686

图书在版编目(CIP)数据

移动无线通信/(美)施瓦茨(Schwartz, M)著. 许希斌, 李云洲译. -北京:电子工业出版社, 2006.9
(国外电子与通信教材系列)

书名原文: Mobile Wireless Communications

ISBN 7-121-02661-9

I. 移... II. ①施... ②许... ③李... III. 移动通信:无线电通信-教材 IV. TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第076727号

责任编辑:谭海平 余 义

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:23.75 字数:608千字

印 次:2006年9月第1次印刷

定 价:39.00元

凡所购买电子工业出版社的图书有缺损问题,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn。服务热线:(010)88258888。

序

2001年7月间,电子工业出版社的领导同志邀请各高校十几位通信领域方面的老师,商量引进国外教材问题。与会同志对出版社提出的计划十分赞同,大家认为,这对我国通信事业、特别是对高等院校通信学科的教学工作会很有好处。

教材建设是高校教学建设的主要内容之一。编写、出版一本好的教材,意味着开设了一门好的课程,甚至可能预示着一个崭新学科的诞生。20世纪40年代MIT林肯实验室出版的一套28本雷达丛书,对近代电子学科、特别是对雷达技术的推动作用,就是一个很好的例子。

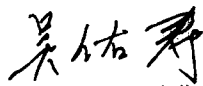
我国领导部门对教材建设一直非常重视。20世纪80年代,在原教委教材编审委员会的领导下,汇集了高等院校几百位富有教学经验的专家,编写、出版了一大批教材;很多院校还根据学校的特点和需要,陆续编写了大量的讲义和参考书。这些教材对高校的教学工作发挥了极好的作用。近年来,随着教学改革不断深入和科学技术的飞速进步,有的教材内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,特别是在电子学和通信技术发展神速、可以讲是日新月异的今天,如何适应这种情况,更是一个必须认真考虑的问题。解决这个问题,除了依靠高校的老教师和专家撰写新的符合要求的教科书外,引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,是会有好处的。

一年多来,电子工业出版社为此做了很多工作。他们成立了一个“国外电子与通信教材系列”项目组,选派了富有经验的业务骨干负责有关工作,收集了230余种通信教材和参考书的详细资料,调来了100余种原版教材样书,依靠由20余位专家组成的出版委员会,从中精选了40多种,内容丰富,覆盖了电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等方面,既可作为通信专业本科生和研究生的教学用书,也可作为有关专业人员的参考材料。此外,这批教材,有的翻译为中文,还有部分教材直接影印出版,以供教师用英语直接授课。希望这些教材的引进和出版对高校通信教学和教材改革能起一定作用。

在这里,我还要感谢参加工作的各位教授、专家、老师与参加翻译、编辑和出版的同志们。各位专家认真负责、严谨细致、不辞辛劳、不怕琐碎和精益求精的态度,充分体现了中国教育工作者和出版工作者的良好美德。

随着我国经济建设的发展和科学技术的不断进步,对高校教学工作会不断提出新的要求和希望。我想,无论如何,要做好引进国外教材的工作,一定要联系我国的实际。教材和学术专著不同,既要注意科学性、学术性,也要重视可读性,要深入浅出,便于读者自学;引进的教材要适应高校教学改革的需要,针对目前一些教材内容较为陈旧的问题,有目的地引进一些先进的和正在发展中的交叉学科的参考书;要与国内出版的教材相配套,安排好出版英文原版教材和翻译教材的比例。我们努力使这套教材能尽量满足上述要求,希望它们能放在学生们的课桌上,发挥一定的作用。

最后,预祝“国外电子与通信教材系列”项目取得成功,为我国电子与通信教学和通信产业的发展培土施肥。也恳切希望读者能对这些书籍的不足之处、特别是翻译中存在的问题,提出意见和建议,以便再版时更正。



中国工程院院士、清华大学教授
“国外电子与通信教材系列”出版委员会主任

出版说明

进入21世纪以来,我国信息产业在生产和科研方面都大大加快了发展速度,并已成为国民经济发展的支柱产业之一。但是,与世界上其他信息产业发达的国家相比,我国在技术开发、教育培训等方面都还存在着较大的差距。特别是在加入WTO后的今天,我国信息产业面临着国外竞争对手的严峻挑战。

作为我国信息产业的专业科技出版社,我们始终关注着全球电子信息技术的发展方向,始终把引进国外优秀电子与通信信息技术教材和专业书籍放在我们工作的重要位置上。在2000年至2001年间,我社先后从世界著名出版公司引进出版了40余种教材,形成了一套“国外计算机科学教材系列”,在全国高校以及科研部门中受到了欢迎和好评,得到了计算机领域的广大教师与科研工作者的充分肯定。

引进和出版一些国外优秀电子与通信教材,尤其是有选择地引进一批英文原版教材,将有助于我国信息产业培养具有国际竞争能力的技术人才,也将有助于我国国内在电子与通信教学工作中掌握和跟踪国际发展水平。根据国内信息产业的现状、教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的指示精神以及高等院校老师们反映的各种意见,我们决定引进“国外电子与通信教材系列”,并随后开展了大量准备工作。此次引进的国外电子与通信教材均来自国际著名出版商,其中影印教材约占一半。教材内容涉及的学科方向包括电路理论与应用、信号与系统、数字信号处理、微电子、通信系统、电磁场与微波等,其中既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择 and 自由组合使用。我们还将与国外出版商一起,陆续推出一些教材的教学支持资料,为授课教师提供帮助。

此外,“国外电子与通信教材系列”的引进和出版工作得到了教育部高等教育司的大力支持和帮助,其中的部分引进教材已通过“教育部高等学校电子信息科学与工程类专业教学指导委员会”的审核,并得到教育部高等教育司的批准,纳入了“教育部高等教育司推荐——国外优秀信息科学与技术系列教学用书”。

为做好该系列教材的翻译工作,我们聘请了清华大学、北京大学、北京邮电大学、南京邮电大学、东南大学、西安交通大学、天津大学、西安电子科技大学、电子科技大学、中山大学、哈尔滨工业大学、西南交通大学等著名高校的教授和骨干教师参与教材的翻译和审校工作。许多教授在国内电子与通信专业领域享有较高的声望,具有丰富的教学经验,他们的渊博学识从根本上保证了教材的翻译质量和专业学术方面的严格与准确。我们在此对他们的辛勤工作与贡献表示衷心的感谢。此外,对于编辑的选择,我们达到了专业对口;对于从英文原书中发现的错误,我们通过与作者联络、从网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订;同时,我们对审校、排版、印制质量进行了严格把关。

今后,我们将进一步加强同各高校教师的密切关系,努力引进更多的国外优秀教材和教学参考书,为我国电子与通信教材达到世界先进水平而努力。由于我们对国内外电子与通信教育的发展仍存在一些认识上的不足,在选题、翻译、出版等方面的工作中还有许多需要改进的地方,恳请广大师生和读者提出批评及建议。

电子工业出版社

教材出版委员会

主 任	吴佑寿	中国工程院院士、清华大学教授
副主任	林金桐	北京邮电大学校长、教授、博士生导师
	杨千里	总参通信部副部长，中国电子学会会士、副理事长 中国通信学会常务理事、博士生导师
委 员	林孝康	清华大学教授、博士生导师、电子工程系副主任、通信与微波研究所所长 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会委员
	徐安士	北京大学教授、博士生导师、电子学系主任
	樊昌信	西安电子科技大学教授、博士生导师 中国通信学会理事、IEEE 会士
	程时昕	东南大学教授、博士生导师
	郁道银	天津大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会委员
	阮秋琦	北京交通大学教授、博士生导师 计算机与信息技术学院院长、信息科学研究所所长 国务院学位委员会学科评议组成员
	张晓林	北京航空航天大学教授、博士生导师、电子信息工程学院院长 教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会副主任委员 中国电子学会常务理事
	郑宝玉	南京邮电大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
	朱世华	西安交通大学副校长、教授、博士生导师 教育部电子信息科学与工程类专业教学指导分委员会副主任委员
	彭启琮	电子科技大学教授、博士生导师、通信与信息工程学院院长 教育部电子信息科学与电气信息类基础课程教学指导分委员会委员
	毛军发	上海交通大学教授、博士生导师、电子信息与电气工程学院副院长 教育部电子信息与电气学科教学指导委员会委员
	赵尔沅	北京邮电大学教授、《中国邮电高校学报（英文版）》编委会主任
	钟允若	原邮电科学研究院副院长、总工程师
	刘 彩	中国通信学会副理事长兼秘书长，教授级高工 信息产业部通信科技委副主任
	杜振民	电子工业出版社原副社长
	王志功	东南大学教授、博士生导师、射频与光电集成电路研究所所长 教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会主任委员
	张中兆	哈尔滨工业大学教授、博士生导师、电子与信息技术研究院院长
	范平志	西南交通大学教授、博士生导师、信息科学与技术学院院长

译者序

自人类社会进入工业文明以来,先后经历了蒸汽机时代、电力时代,到 20 世纪中叶又开始进入了另一个具有革命意义的时代——一个以计算机、通信和信息为支撑的信息网络时代。从 20 世纪 70 年代起,伴随着光纤技术、数字信号处理和超大规模集成电路的突破性发展,有线传输速率已经获得了成百上千倍的增长,到 20 世纪 90 年代末,已经达到几十 T b/s 的速率。与之相对应的无线接入却因为受到频谱资源和移动终端功率的限制无法获得根本性的突破,同时由于无线传输环境的开放性,不可避免地受到随机衰落和干扰的影响,因此无线传输技术成为整个信息传输网络的瓶颈,这也就是所谓的“最后一千米”问题。但是,由于无线移动通信具有无与伦比的便捷性,使得人类对在任何时间、任何地点、与任何人、以任何方式方便快捷地进行信息交流充满了憧憬。在这种需求之下,无线移动通信当之无愧地成为通信领域最大的研究热点之一。在 21 世纪里,无线移动通信无疑必将继续保持迅猛的发展势头,并扩展到社会生活的各个领域,为人们提供更多的便利。

我们所翻译的 Mischa Schwartz 教授的《移动无线通信》一书是 Schwartz 教授在哥伦比亚大学电子工程系任职 30 多年的教学和科研成果的总结,也是一本畅销于全球的、无线移动通信方面的经典著作。本书侧重于阐述无线通信的基本概念、基本技术和无线通信系统基本构成和工作原理。首先,本书详细阐述了无线信号在空中传播的特征,给出了从农村到城郊、城区室外室内不同场景下的信道传播特征,引出了克服信号衰落和信号畸变的分集技术和均衡技术。在链路传输技术方面,本书分别在第 5 章和第 7 章介绍了调制解调技术和信道编译码技术。在系统构成技术方面,本书用了 4 章的篇幅描述了多址技术、蜂窝结构与信道复用技术、接入与调度技术、接纳控制与切换机制,并定量地给出了一些系统性能的分析。而在第 4 章本书进一步介绍了动态信号分配和功率控制两种提升系统性能的方法。就目前运行的无线通信系统而言,以蜂窝为基本架构的蜂窝移动通信系统仍然占据主流,而无线城域网、局域网、个域网也呈现蓬勃发展之势。不管无线通信系统的实际应用如何,为便于阐述无线通信系统的运行原理,本书的重点仍然是介绍数字蜂窝无线通信系统,分别在第 8 章和第 10 章介绍了以电路交换为特征的第二代移动通信系统和引入包交换机制的 2.5/3G 移动通信系统的工作机理。在本书的最后一章,作者介绍了 IEEE 802.11 无线局域网和 IEEE 802.15.1 无线个域网。由于这些系统构成技术与实际系统密切相关,所以本书并没有一章接一章地连续阐述这些技术,而是将这些技术与系统描述、系统性能分析穿插起来介绍,以期读者可以更清晰地理解这些内容。

近年来,无线移动通信技术发展极快,涉及内容也十分广泛,所以很难在一本书中既侧重基本概念介绍,又囊括所有前沿技术和应用。本书的主旨是提供无线移动通信的教学性介绍。它可作为为本科四年级或研究生一年级无线通信课程而设计的入门课本,也可作为工程师、计算机科学家以及其他技术人员的自学教材,并为这一蓬勃发展的领域提供了一个基本的介绍。阅读本书的学生或读者,将能得到无线移动通信方面基础知识的透彻了解,以及对第二代、

第三代蜂窝系统和无线局域网的操作原理的理解。为了加强对引入的各种概念的理解,本书全篇提供了数值和定量的例子。每章的习题都提供了进一步了解该领域知识的途径。同时,书中出现的现有技术文献都有参考资料。作者认为,这些参考资料是讨论的有机部分,当需要的时候能为读者在该领域的技术方面提供深入研究的机会。

本书的前言、第1章、第2章、第5章、第7章由许希斌教授翻译,第3章、第4章、第6章、第8章、第9章、第10章、第11章、第12章由李云洲博士翻译,全书由姚彦教授审校。在本书的翻译过程中电子工业出版社的编辑马岚和余义为本书的出版付出了辛勤的劳动。本实验室的刘杉坚、郑艳丽、辛艳、毛炜、魏铮、苏毅、周婷、马静、张进、许云、张昊、刘涛等同学协助做了大量的工作。借此机会,表示诚挚的谢意。由于水平有限,译文尚有疏漏不当之处,敬请读者不吝指正。

译者

2006年于清华大学

前 言

即使对于最不经意的观察者,这样的事实也是显而易见的:一场名副其实的电信革命正在发生。无线通信的使用在世界范围内已经得到戏剧性的扩展。蜂窝电话已经随处可见。虽然大多数这样的移动终端仍然主要承载语音业务,然而越来越多的用户已经开始利用它们从事数据和图像业务。无线局域网(例如 Wi-Fi)已经逐渐流行起来,并正在溶入全球化的蜂窝网络。

本书是为大学本科高年级或研究生一年级无线通信课程而设计的入门教材,还可作为工程师、计算机专家以及其他技术人员的自学材料,为这一蓬勃发展的领域提供了一个基本的介绍。本书的读者将能得到无线移动通信方面基础知识的透彻了解,以及对第二代和第三代蜂窝系统和无线局域网的操作原理的理解。为了加强对引入的各种概念的理解,本书全篇都提供了数值和定量的例子。每章的习题都提供了进一步了解该领域知识的途径。同时,书中出现的现有技术文献都有参考资料。作者认为,这些参考资料是讨论的有机部分,当需要的时候能为读者在该领域的技术方面提供深入研究的机会。

第1章为介绍性内容,讲述了移动通信的历史以及本书每一章详细的描述。其后的内容分为两大部分,第一部分包括第2章到第8章,第二部分包括第9章到第12章。第2章到第7章介绍了无线移动通信的基础知识,第8章对应用这些基本概念的第二代系统——GSM、IS-95、IS-136 以及 D-AMPS 提供了详细的讨论。具体地说,第2章处理在无线介质中遇到的传播现象,第3章介绍蜂窝的概念。第4章到第7章讨论了功率控制、调制、编码以及接入技术。这些材料已经在美国哥伦比亚大学一学年的移动通信课程中的第一学期讲授。而第二学期的课程包含本书第二部分的内容以及当前阅读和研究的补充材料。

本书的第二部分提供了更高级的内容。第9章深入探讨了无线系统的性能分析,这建立在前面章节简要介绍的一些概念上。第10章在第8章对第二代系统的讨论基础上对第三代系统——W-CDMA、CDMA2000 以及 GPRS 进行了深入的描述。这一章的重点在采用包交换的数据和多媒体无线通信,还包括了分层结构概念的简要回顾,具体展示了 GPRS 如何与基于 Internet 包交换的网络进行接口。第11章讨论了在蜂窝系统中提出和使用的接入和调度技术。本书以对无线局域网(WLAN)和个人区域网(PAN)的讨论作为结束。WLAN 的讨论重点在 Wi-Fi 及其对更高比特率无线局域网的扩展;PAN 的讨论主要集中于蓝牙系统。

因此,本书可以作为无线系统方面的一学期课程或全年的课程。一学期课程中可以像在哥伦比亚大学一样只讲授前8章,也可以将第8章、第10章和第12章的材料抽出来作为当前无线系统的例子使用。全年的课程内容可以包括整本书。本书的材料也可以与通信系统课程结合使用,为通信技术在无线领域提供应用。

除了在本科四年级或研究生一年级阶段通常要求具有的基础知识外,本书要求的先验知识只包含基本的概率论和线性代数知识。在通信理论和通信系统方面,本书对读者没有先验知识的要求,例如本书第一部分关于调制和编码的材料是自成一体的。对于在通信系统方面

有先验知识的读者来说,关于调制和编码的章节中的指导性讨论将是一个有用的回顾,是调制和编码理论在无线系统方面的具体应用,从而进一步巩固了读者对该领域知识的理解。

作者希望对在本书写作中共同工作过的很多人的帮助表示感谢。特别地,作者对那些在哥伦比亚大学选修无线课程并使用包含本书材料的原始讲义的学生以及执教该课程的老师表示感谢。作者要特别感谢如下人士的帮助和支持:哥伦比亚大学电子工程系的 Andrew Campbell 教授;曾经在贝尔实验室工作,现在在美国宾西法尼亚州立大学计算机系的 Tom LaPorta 教授以及 IBM 的 Mahmoud Naghshineh 博士。同时,作者也在不同的时期与上述同行们一起在无线领域进行过研究。在讲授本课程中提出和解决的问题以及在本领域进行的研究,都对本书的写作有重大价值。

作者还要进一步感谢 Sanghyo Kim,是他帮助为本书准备了插图,Qualcomm 的 Edward Tiedemann 帮助组织了 CDMA2000 的内容,IBM 的 Chatschik Bisdikian 博士帮助组织了蓝牙的内容。在休假日,Krishan Sabnani 博士与他在贝尔实验室的无线小组提供了热情好客的支持。作者还要感谢曾经的博士研究生,现在在佛罗里达州立大学的 Li-Hsiang Sun 博士,他承担了第 9 章的部分性能计算工作。最后,作者要感谢对本书手稿指出了很多错误的匿名评论者们,他们还对本书的改进提出了建议。作者希望读者能享受本书的阅读和学习,并学到尽可能多的知识,就像作者在撰写本书时的享受和收获一样。

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 介绍与综述	1
1.1 历史回顾	1
1.2 本书概述	5
第 2 章 无线介质中传播现象的特性	11
2.1 自由空间传播情况	11
2.2 无线情况	12
2.3 随机信道特性	24
2.4 终端移动和衰落速率	27
2.5 多径和频率选择性衰落	29
2.6 改善衰落的技术	35
习题	42
第 3 章 小区基本概念和信道分配	45
3.1 信道再用和小区导论	45
3.2 信干比计算,一维情况	46
3.3 二维小区簇和信干比	47
3.4 流量控制:爱尔兰厄兰性能和小区尺寸	52
3.5 信号的概率计算	54
习题	57
第 4 章 动态信道分配和功率控制	59
4.1 动态信道分配	59
4.2 功率控制	69
习题	77
第 5 章 调制技术	79
5.1 数字调制技术介绍	80
5.2 信号成形	82
5.3 蜂窝无线系统中的调制	87
5.4 正交频分复用	96
习题	100

第 6 章 多址接入技术:FDMA,TDMA,CDMA 系统容量比较	102
6.1 时分多址接入技术	103
6.2 码分多址接入技术	106
6.3 CDMA 容量:单小区情况	108
6.4 误比特率的考虑	109
6.5 CDMA 容量计算:CDMA 与 TDMA 相比	112
习题	118
第 7 章 检错纠错编码	120
7.1 检错与纠错的分组码	120
7.2 卷积编码	135
7.3 Turbo 码	143
习题	147
第 8 章 第二代数字无线系统帧	150
8.1 GSM	151
8.2 IS-136 或 D-AMPS	156
8.3 IS-95	162
8.4 移动管理:切换、定位和寻呼过程	176
8.5 语音信号处理和编码	182
习题	190
第 9 章 性能分析:准入控制和切换	193
9.1 关于性能概念的概述	194
9.2 一维小区	206
9.3 二维小区	216
习题	228
第 10 章 2.5G/3G 无线移动系统:分组数据交换	231
10.1 简介	231
10.2 3G CDMA 蜂窝标准	233
10.3 2.5/3G TDMA:GPRS 和 EDGE	249
习题	265
第 11 章 蜂窝系统接入和调度技术	267
11.1 时隙 Aloha 接入	268
11.2 综合接入:语音和数据	274
11.3 基于分组的蜂窝系统的调度	282

习题	289
第 12 章 无线局域网和个域网络	291
12.1 IEEE 802.11 WLAN	291
12.2 无线个人局域网:蓝牙/IEEE 802.15.1	305
习题	315
参考文献	317
索引	325

第1章 介绍与综述

本书对数字移动无线网络提供了教学性的介绍。这个领域太广泛,并且变化太快,以至于没有哪本书能够包括其所有的方面。然而,本书应该可以为感兴趣的读者提供一个牢固的基础,使之能依此探究本书未包括的内容或对已有的内容进行更详细的讨论。本书附录中的参考文献将提供很多信息,读者应当在需要的时候参考它们。有一家期刊涉及了很多本书所参考的最新工作,这将为读者提供最新的研究结果或最新发展的教学性综述。

注意第1行使用的词汇“数字”。在下面的历史回顾部分,我们将看到最早的无线网络使用的是模拟通信。稍后,本书将对这种模拟网络中的一个——现在仍在使用的 AMPS 进行简要的描述。但是,本书的重点是现代数字无线网络。在世界范围内,现在运营着两种类型的数字无线网络。一种是蜂窝网络类,主要承载语音呼叫,但随着手机或其他基于蜂窝的移动终端对相应业务越来越支持,这类网络也越来越多地承载数据和多媒体业务。虽然不同的蜂窝系统是不能互相比较的,但这些数字无线网络现在无处不在,在世界范围内都能够支持手机用户。第2种类型的数字无线网络是局域网或个域网络类。本书的大部分内容将关注第1种类型,即无线蜂窝网络,但读者将明显看到本书的很多内容对两种网络都同样适用。另外,第12章对局域网和个域网提供了一个全面的介绍,在局域网类型中集中介绍了使用得越来越广泛的 Wi-Fi 网络,而在个域网中将用蓝牙作为例子。

考虑在后续章节中将要详细描述的蜂窝网络。在这些网络中,用户的手机连接到所谓的基站,每个基站覆盖一个地理小区。基站按顺序连接到有线电话网,从而在原则上允许用户的呼叫传送到世界上任何需要的地方。第1个研发的蜂窝网络是模拟的,从下面的历史回顾部分,我们可以看到它们正被现在世界上最通用的数字蜂窝网络所替代。然而,模拟网络仍然在使用,它们在数字蜂窝无法连接时作为备份。在北美,大量竞争而又互不兼容的数字蜂窝网络可能在一定地理范围或区域内造成某个连接不能进行,这时就会出现上述情况。模拟网络常称为第一代蜂窝网络,现在使用的数字网络称为第二代网络。正如上文所说,虽然后面的章节将会使用一些对所有蜂窝网络(包括局域网和个域网)也适用的材料,但本书的重点是数字蜂窝网络。世界上主要有3种运营的第二代网络:GSM, D-AMPS 或 IS-136, IS-95,这将在第6章和第8章中对其进行详细的描述。

近年来,为了从第二代网络向所谓的第三代网络升级,我们已经做了很多工作。第三代网络使用分组交换模式,而第二代网络使用与数字有线电话网相同的电路交换技术。第10章将详细介绍第三代网络,并将详细介绍电路交换和分组交换的区别。

1.1 历史回顾

在对移动无线网络进行详细研究之前,先对本领域的发展历程做一简要介绍。下文的材

料将重点介绍贝尔实验室的工作,包括在美国的发展。更多的详细内容参见 Frenkiel(2002)^①和 O'Neill(1985)^②的第 14 章。这部分的结尾将简要地讨论欧洲从 1981 年起在无线移动通信方面的活动。详细内容请参见 Paetsch(1993)^③。

船与岸之间的通信属于移动电话技术的最早应用之一,实验性的业务开展于 1919 年美国波士顿和巴尔蒂摩之间的沿岸蒸汽船。采用 4.2 MHz 和 8.7 MHz 幅度调制的商用业务开展于 1929 年,这与幅度调制的电台广播获得大众关注大概发生在同一时期。注意到这些频率相应的波长大概是 70 m 和 35 m,因此轮船成为装载这些波长天线的合适的交通工具。同样,轮船也适合于所需无线设备的大小和重量,并能提供需要的功率。警察通信也大约在同时开展起来。1928 年,底特律警察局引进了一种使用小而结实的无线电台的地面移动通信系统。到 1934 年止,美国 194 个市政系统和 58 个警察系统的 5000 辆警车都装备并使用了移动通信。这些早期的移动通信系统使用的频段是 35 MHz。然而人们很快发现,由于有害的传播效应和大的噪声,使得城市中车辆间的通信常常不能满足要求。城市环境的传播效应是一个未知量,贝尔实验室以及其他地方开始了对它的研究。传播测试最初在 1926 年对 40 MHz 频段开展。到 1932 年,对多个不同频段、多种传输路径和距离的测试都开展起来,并考虑了诸如信号反射、折射、衍射等人们注意到的现象所造成的影响(现在各种研究人员仍然在对不同传播环境中,包括室内和室外的不同频段信号进行测试。第 2 章将介绍传播效应和用来表示这些效应的模型)。1935 年,在波士顿对 35 MHz 和 150 MHz 进行了更多的传播测试。这次对多径效应进行了特别的关注。这些测试同时表明使用调频(而不是先前的调幅技术)能使可靠的传输成为可能。这些各种各样的测试以及在以后年代进行的其他测试,都表明传播效应能够以最简单的形式得到理解,即看成是 3 个因素的组合:一个是形式为 $1/d^n$ 的、与距离成逆向相关的平均接收功率变量,其中 n 是一个比通常自由空间因子 2 要大的整数;一个是平均功率的长期统计变量,现在称为阴影或对数正态衰落;一个是短期的、变化迅速而与车辆移动有关的衰落效应。第 2 章将对这 3 种传播效应进行详细的讨论和建模。

第二次世界大战的爆发中断了无线移动系统的商业活动,然而这些活动在战后得到了快速的发展,特别是在高频段。这些高频段的运营使得更多的用户通道成为可能。1946 年,美国联邦通信委员会(FCC)对圣路易斯的第 1 个商用陆地移动电话系统提供了运营许可证。到当年年底,全美有 25 个城市有该系统的运营。这个基本的系统使用 150 MHz 频段的调频传输,信道载频间隔为 120 kHz。到 20 世纪 50 年代,信道载频间隔减少到 60 kHz,但是由于接收机不能充分地区分相邻的信道,相邻的城市只能交替地使用间隔 120 kHz 的信道。系统之间必须间隔 50 mile(1 mile = 1.6093 km)以上。为了提供与移动用户间的无线连接,人们建造了能覆盖 20 mile 到 30 mile 的高塔。这个系统能提供 40 个信道或并发呼叫。FCC 将这些无线信道均匀划分给本地电话公司(Telcos)和新建立的称为“无线公共业务商”(RCC)移动载频。这些早期的移动系统都是手动操作,通过接线员进行连接呼叫。它们提供半双工的传输,即连接的任何时候都只能有一个方向的通信:双方在连接的空中或无线部分使用同一个频率信道,未

① Frenkiel, R. 2002. "A brief history of mobile communications," *IEEE Vehicular Technology Society News*, May, 4-7.

② O'Neill, E. F. 1985. *A History of Engineering and Science in the Bell System: Transmission Technology (1925 - 1975)*, ed. E. F. O'Neill, AT&T Bell Laboratories.

③ Paetsch, M. 1993. *Mobile Communications in the US and Europe: Regulation, Technology, and Markets*, Boston, MA, Artech House.