

► 21世纪通信网络技术丛书



移动通信前沿技术系列

构建宽带无线城域网 的移动WiMAX技术

MOBILE WiMAX Toward Broadband Wireless
Metropolitan Area Networks

[中] Yan Zhang [新] Hsiao-Hwa Chen 编著

李 赞 蔡觉平 陈小军 等译



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



Auerbach Publications

Taylor & Francis Group

21 世纪通信网络技术丛书
——移动通信前沿技术系列

构建宽带无线城域网的移动 WiMAX 技术

MOBILE WiMAX

Toward Broadband Wireless Metropolitan Area Networks

[中]Yan Zhang [新]Hsiao-Hwa Chen 编著

李 赞 蔡觉平 陈小军 刘和碧 权 安 姚 磊 译

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以采用 IEEE 802.16 标准的 WiMAX 为重点, 主要介绍了 WirelessMAN 的基本概念、技术发展的最新进展和标准化等内容。本书共 17 章, 涵盖了 WirelessMAN 中的主要内容, 包括以 OFDM/OFDMA 为基础的物理层、射频电路、MIMO、信号处理算法、信道容量、多媒体应用、QoS、MAC、移动管理、动态信道分配、跨层优化和安全协议等方面。本书旨在为读者提供 WirelessMAN 在技术、应用、经济和政策等方面较为全面的参考。

本书适合于从事宽带无线通信系统研究和开发的技术人员阅读, 也可以作为高等院校通信专业师生的参考书。

MOBILE WiMAX Toward Broadband Wireless Metropolitan Area Networks

Edited by Yan Zhang, Hsiao-Hwa Chen ISBN:0-8493-2624-9

Copyright©2007 by Auerbach Publications.

Authorized translation from the English language edition published by Auerbach Publications, a division of Taylor & Francis Group LLC; All rights reserved.

本书原版由 Taylor & Francis Group 出版集团旗下的 Auerbach 出版公司出版, 并经其授权翻译出版, 版权所有, 侵权必究。

Publishing House of Electronics Industry is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland of China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书中文简体翻译版授权由电子工业出版社独家出版并限在中国大陆(不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区)发行与销售, 未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal.

本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2009-0634

图书在版编目(CIP)数据

构建宽带无线城域网的移动 WiMAX 技术 / 张彦, 陈晓华编著; 李赞等译. —北京: 电子工业出版社, 2009.4
(21 世纪通信网络技术丛书——移动通信前沿技术系列)

书名原文: MOBILE WiMAX Toward Broadband Wireless Metropolitan Area Networks

ISBN 978-7-121-08462-1

I. 构... II. ①张...②陈...③李... III. 宽带通信系统—接入网 IV. TN915.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 032018 号

策划编辑: 王春宁

责任编辑: 田宏峰

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

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

开 本: 787×1092 1/16 印张: 25 字数: 638 千字

印 次: 2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 3 500 册 定价: 69.00 元

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

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

出版说明

通信网络技术是当今发展最快、应用最广的前沿通信领域之一。通信技术发展到今天，已经不是传统意义上的充满神秘色彩的深奥技术了，它已经与日常的应用密不可分。可以说，网络的出现，使通信技术有了广阔的用武之地。正是固定电话网、移动通信网和因特网，使通信技术的应用在这些平台上有了用武之地，渗透到日常生活的方方面面。

为了促进和推动我国通信产业的发展，电子工业出版社通信分社特策划了一套《21 世纪通信网络技术丛书》。这套丛书根据不同的层面，又细分为三个系列：<移动通信前沿技术系列>、<3GPP LTE 新技术项目系列>和<网络通信与工程应用系列>。

<移动通信前沿技术系列>是从移动通信技术（3G 技术）的应用现状与发展情况出发，全面介绍当今移动通信领域涉及的关键技术与热点技术，如软件无线电；移动 IP 技术；移动数据通信；WCDMA；TD-SCDMA；cdma2000 移动通信系统网络规划与优化；智能天线技术；认知无线电技术；WiMAX，WiFi，ZigBee 宽带无线接入技术；UWB 技术；Ad Hoc 技术等。

<3GPP LTE 新技术项目系列>是以 3GPP 中 LTE 标准的关键技术在无线、宽带、高速、资源的有效管理和利用，以及在 B3G/4G 无线通信领域的应用为主。LTE 作为 3G 技术的一个重要的长期演进计划，代表了国际无线通信领域的最新发展需求和解决方案，例如基于 OFDM 的上、下行（HSxPA）的多址接入技术、随机接入技术、多天线 MIMO 技术、多链路自适应技术、多播技术、功率控制技术、宽带无线网络的安全性、可移动性、可管理性；高效信源与信道编码和调制 MQAM 技术等。

<网络通信与工程应用系列>是以技术为先导，以构建网络的体系结构、标准、协议为目标所开展的对现代无线、移动、宽带通信网络的规划与优化，以及结合工程应用的方向所提出来的，如无线网状网、WLAN、无线传感器网络、B3G/4G 通信网工程设计与优化、卫星移动通信网、三网融合技术、网络新安全技术策略、RFID 应用网络、下一代基于 SIP 的统一通信、光网络与光通信等。

本套丛书依托各高等院校在通信领域从事科研、教学、工程、管理的具有丰富的理论与实践经验的专家、教授；各研究院所的研究员；国内有一定规模和研发实力的科技公司的研发人员，以及国外知名研究实验室的专家、学者等组成编写和翻译队伍，力求实现内容的先进性、实用性和系统性；力求内容组织循序渐进、深入浅出、理论阐述概念清晰、层次分明、经典实例源于实践；力求很强的可读性和可操作性。

本套丛书的主要读者对象是广大从事通信网络技术工作的各科研院所和公司的广大工程技术人员；各高等院校的专业教师和研究生；刚走上工作岗位的大学毕业生；以及与此相关的其他学科的技术人员。

本套丛书从 2008 年上半年开始将陆续推出，希望广大读者能关注它，多对本套丛书提出宝贵意见与建议，欢迎通过电子邮箱 wchn@phei.com.cn 进行探讨、交流和指正，以便今后为广大读者奉献更多、更好的优秀通信技术类图书。

电子工业出版社
通信分社

前 言

无线城域网（Wireless Metropolitan Area Networks, WirelessMAN）是一种新兴的宽带无线接入（Broadband Wireless Access, BWA）技术，它可以为家庭和企业提供传输速度快、频谱效率高、信道容量大的无线多媒体应用，因此 WirelessMAN（WiMAX）被认为是一种 4G 技术。由于 WirelessMAN 取得的巨大成功，国际标准化组织非常积极地制定了 IEEE 802.16、ETSI HiperMAN 和韩国 WiBro 等一系列标准。同时建立了 WiMAX 论坛，以确保相关标准和技术的兼容性。WirelessMAN 提供了两种工作模式：点对多点模式（Point-to-MultiPoint, PMP）和 Mesh 网络模式。这两种可选架构在设计中需要具有灵活的可集成性、可迅速开发性、易维护性、可测试性和弹性服务。为了达到这些设计目的，许多研究机构和工业组织都做出了巨大的努力，将协议栈分成物理（Physical）层、媒体接入控制（MAC）层、网络（Network）层和应用（Application）层，分别解决其中的技术问题。为了保证系统满足全部需求，需要在高效信号处理、网络结构、安全协议、软件架构和灵活的系统设计等方面展开深入的研究。

本书以采用 IEEE 802.16 标准的 WiMAX 为重点，主要介绍了 WirelessMAN 的基本概念、技术发展的最新进展和标准化等内容。本书共 17 章，涵盖了 WirelessMAN 中的主要内容，包括以 OFDM/OFDMA 为基础的物理层、射频电路、MIMO、信号处理算法、信道容量、多媒体应用、QoS、MAC、移动管理、动态信道分配、跨层优化和安全协议等方面。本书旨在为读者提供 WirelessMAN 在技术、应用、经济和策略等方面较为全面的参考。

本书第 1 章介绍了 WirelessMAN 进展的基本状况，其他 16 章分为以下 3 个部分。

第一部分：射频、信号处理和 MIMO；

第二部分：协议问题；

第三部分：安全系统与策略。

第 1 章指出了 WirelessMAN 物理层遇到的挑战和可能的解决途径；第 2 章讨论了射频和电路设计方面面临的问题；第 3 章从信号处理角度说明了以 OFDMA 为基础的物理层技术；第 4 章和第 5 章分析了采用 MIMO 技术的优势。第二部分主要集中讨论了协议问题，主要包括 MAC、PMP 网络结构和 Mesh 网络结构中的 QoS，跨层优化技术、移动管理、不同网络之间的信息传递、功率管理和链路自适应机制。第三部分重点在于 WiMAX 中的安全、组织和系统容量等问题。

本书具有以下显著特点：

- 为 WirelessMAN 提供了丰富的参考资料；
- 从 WiMAX 不同协议栈层次进行研究；
- 说明了基本概念和所采用的技术，并分析了前沿性课题和发展方向；
- 为便于读者理解，提供了大量直观说明图；
- 详细分析了为提高 WiMAX 性能所采用的特殊技术。

本书可以为无线网络和移动通信领域的学生、教师、研究人员、工程师、通信运营商、策略研究者等提供实用的参考。

在本书的出版和发行中，我们首先要感谢为本书撰写提供支持的合作者，同时感谢本书的审稿人，他们提出的宝贵意见和建议显著提高了最终发行版的质量。特别感谢在本书发行过程中 Taylor&Francis Group 的 Richard O'Hanley 和 Jessica 的指导以及耐心和专业化的要求。最后要感谢我们的家人和朋友在本书的编写过程中对我们一如既往的鼓励、耐心和理解。

Yan Zhang 和 Hsiao-Hwa Chen

译者序

微波接入全球互通 (WiMAX) 作为一种目前非常受关注的宽带无线接入技术, 可以为家庭和企业提供传输速度快、频谱效率高、信道容量大的无线多媒体应用, 它可作为有线电视和 DSL 的无线扩展技术, 从而实现无线宽带接入。与现有技术相比, 其优势主要体现在以下几个方面。① 实现更远的传输距离。WiMAX 所能实现的 50 km 的无线信号传输距离是无线局域网所不能比拟的, 网络覆盖面积是 3G 发射塔的 10 倍, 只要少数基站建设就能实现全城覆盖, 这样就使得无线网络应用的范围大大扩展。② 提供更高速的宽带接入。WiMAX 所能提供的最高接入速率是 70 Mb/s, 这个速率是 3G 所能提供的宽带连接速率的 30 倍。对无线网络来说, 这的确是一个惊人的进步。③ 提供优良的“最后一公里”网络接入服务。作为一种无线城域网技术, 它可以将 Wi-Fi 热点连接到互联网, 也可作为 DSL 等有线接入方式的无线扩展, 实现“最后一公里”的宽带接入。WiMAX 可为 50 km 线性区域内提供服务, 用户无需线缆即可与基站建立宽带连接。④ 提供多媒体通信服务。由于 WiMAX 较之 Wi-Fi 具有更好的可扩展性和安全性, 从而能够实现电信级的多媒体通信服务。

本书以采用 IEEE 802.16 标准的 WiMAX 为重点, 主要介绍了 WirelessMAN 的基本概念、技术发展的最新进展和标准化等内容。本书共 17 章, 涵盖了 WirelessMAN 中的主要内容, 包括以 OFDM/OFDMA 为基础的物理层、射频电路、MIMO、信号处理算法、信道容量、多媒体应用、QoS、MAC、移动管理、动态信道分配、跨层优化和安全协议等方面。本书旨在为读者提供 WirelessMAN 在技术、应用、经济和政策等方面较为全面的参考。

本书是一本全面介绍移动 WiMAX 技术的专著, 内容丰富, 论述详细, 并且有大量的附图说明和公式推导过程。通过对本书的学习, 读者可以了解到目前移动 WiMAX 技术的最新发展情况以及具体技术细节。本书适合于从事宽带无线通信系统研究和开发的技术人员, 也可以作为高等院校通信专业师生的参考书。

参加本书翻译工作的有蔡觉平 (前言、第 1~3 章); 陈小军 (第 4、5、7、8 章); 李赞 (第 6 章); 刘和碧 (第 9~11 章); 权安 (第 12~14 章); 姚磊 (第 15~17 章), 全书由李赞教授进行审校。此外, 参加了部分翻译和资料整理工作的还有胡珍、宋建明、刘坤、李海波, 参加本书校对工作的有刘英挺、王琳、曾佐琪、郝本建、尹德、王一峰。

在本书翻译过程中, 得到了刘增基教授、卢小峰博士、司江勃博士和西安电子科技大学通信工程学院以及综合业务网理论及关键技术 (ISN) 国家重点实验室各位老师的大力指导。同时, 李新奎硕士和张智翼硕士也为本书做了很多基础性工作。在此, 对于他们的帮助表示衷心的感谢! 本书的出版得到了国家自然科学基金 (60672129 和 60706027)、新世纪优秀人才支持计划 (NCET-07-0653)、国家“863”高技术研究发展计划 (2007AA01Z182)、高等学校学科创新引智计划 (B08038) 和霍英东教育基金会第十届高等院校青年教师基金 (101065) 的资助和支持, 在此表示感谢! 最后特别感谢电子工业出版社及本书的策划编辑王春宁博士在本书的翻译和出版过程中给予的热情支持, 王博士对本书的细致阅读以及所提出的富于建设性的意见给我们的工作提供了非常大的指导和帮助。

限于译者水平, 译文中难免存在一些疏漏和错误, 望广大读者批评指正。

译者

2009 年 3 月于古都西安

作者简介

张彦 (Yan Zhang), 新加坡南洋理工大学电子工程学院博士。2004 年 8 月至 2006 年 5 月在新加坡国立信息与通信技术研究所 (NICT) 从事研究工作。从 2006 年 8 月开始参与挪威 Simula Research Laboratory 的研究。

张博士是“International Journal of Network Security”的编辑, 目前也是“Wireless Networks and Mobile Communications”系列丛书的编辑 (Auerbach 出版社, CRC 出版, Taylor & Francis 小组)。他还参与了以下书籍的编写:《Resource, Mobility and Security Management in Wireless Networks and Mobile Communications》、《Wireless Mesh Networking: Architectures, Protocols and Standards》、《Millimeter-Wave Technology in Wireless PAN, LAN and MAN》、《Distributed Antenna Systems: Open Architecture for Future Wireless Communications》、《Security in Wireless Mesh Networks》、《Mobile WiMAX : Toward Broadband Wireless Metropolitan Area Networks》、《Wireless Quality-of-Service: Techniques, Standards and Applications》、《Broadband Mobile Multimedia: Techniques and Applications》、《Internet of Things: From RFID to the Next-Generation Pervasive Networked Systems》、《Unlicensed Mobile Access Technology: Protocols, Architectures, Security, Standards and Applications》、《Cooperative Wireless Communications》、《WiMAX Network Planning and Optimization》、《RFID Security: Techniques, Protocols and System-On-Chip Design》、《Autonomic Computing and Networking》、《Security in RFID and Sensor Networks》、《Handbook of Research on Wireless Security》。

作者担任过 MobiHoc 2008 会议产业部联合主席、UIC-08 会议程序委员会联合主席、CoNET 2007 会议联合总主席、WAMSNet 2007 会议联合总主席、FGCN 2007 会议研讨会联合主席、IEEE ISM 2007 会议程序委员会联合副主席、UIC-07 会议的公共关系联合主席、IEEE ISWCS 2007 会议的出版发行联合主席、IEEE PCAC'07 会议程序委员会联合主席、ITNG 2007 会议“无线/移动网络中的移动性和资源管理”专题联合主席、PDCS 2006 会议“无线网状网”专题分会联合组织者, 在多个国际会议中担任过技术委员会委员, 包括 CCNC、AINA、GLOBECOM、ISWCS 和 ICC。作为 IEEE 21 世纪国际先进信息网络与应用会议 (AINA-07) 研讨会主席, 他获得了最佳论文奖和杰出服务奖。

张博士的研究方向包括无线网络和移动计算中的资源、移动性、能量和安全管理。作者是 IEEE 会员和 IEEE 通信学会 (ComSoc) 会员。

陈晓华 (Hsiao-Hwa Chen) 目前是中国台湾省“国立”孙逸仙大学通信工程系的教授。他分别在 1982 年和 1985 年于浙江大学取得电子工程学学士和理学硕士学位, 1990 年于芬兰 Oulu 大学取得电子工程博士学位。1991~1993 年他作为一名研究员工作于芬兰学院, 1992~1997 年作为国立新加坡大学的讲师和高级讲师。1997 年, 他加入中国台湾省“国立”中兴大学电子工程系, 任副教授, 并于 2000 年提升为教授。2001 年, 他加入中国台湾省“国立”孙逸仙大学, 成为通信工程系的主任。在他的领导下, 该系 2004 年名列中国台湾省 SCI 杂志评选和中国台湾省自然科学基金排名的第二名。特别是, 根据美国海军研究局发表的研究报

告 (www.onr.navy.mil/scitech/special/354/technowatch/textmine.asp), 在 2004 年到 2005 年上半年期间, 中国台湾省“国立”孙逸仙大学在 SCI 期刊上发表的关于无线 LAN 方面的学术论文数量在全世界排名第一。他作为访问教授, 于 1999 年访问德国凯泽斯劳滕大学电子工程系, 2000 年访问日本筑波大学应用物理系, 2002 年访问德国埃森大学试验数学系, 2004 年访问香港中文大学以及 2007 年访问香港城市大学。

陈博士目前的研究兴趣包括无线网络、MIMO 系统、下一代 CDMA 技术、信息安全和超 3G 无线通信。他在中国台湾省自然科学基金委和中国台湾省相关教育部门获得了多项研究奖和教学奖。在通信领域, 他作为作者或共同作者在主要的国际期刊和会议上发表了超过 200 篇学术论文, 出版了 5 本专著和参与编写了一些专著的部分章节, 包括 2005 年由 John Wiley 发表的《下一代无线系统与网络》。15 年来他一直积极参加 IEEE 各种技术活动, 目前他是 IEEE 通信学会无线通信委员会主席, 同时, 他也担任过许多主要 IEEE 会议的专题主席和联合主席, 包括 IEEE VTC 2003 Fall、IEEE ICC 2004、IEEE Globecom 2004、IEEE ICC 2005、IEEE Globecom 2005、IEEE ICC 2006、IEEE Globecom 2006、IEEE ICC 2007 和 IEEE WCNC 2007 等。

他也是许多杂志的编委会委员或客座编辑, 例如 IEEE Communications Letters、IEEE Communications Magazine、IEEE Wireless Communications Magazine、IEEE JSAC、IEEE Networks Magazine、IEEE Transactions on Wireless Communication 和 IEEE Vehicular Technology Magazine。他也是 Wiley'Wireless Communications and Mobile Computing (WCMC) Journal 和 Wiley'International Journal of Communication System 期刊的亚太区(Asia and Pacific)总编辑。

他在关于 CDMA 无线网络、数字通信和雷达系统中的原创性工作包括了 5 项美国专利、2 项芬兰专利、3 项中国台湾省专利、两项中国专利, 其中一些已经授权给了商业应用。他同时也是浙江大学和上海交通大学的荣誉客座教授。

目 录

第 1 章 IEEE 802.16 标准和 WirelessMAN	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 IEEE 802.16 MAC 层	(2)
1.2.1 MAC 子层	(3)
1.2.2 MAC 协议数据单元 (PDU) 格式	(4)
1.3 IEEE 802.16 物理层 (PHY)	(6)
1.3.1 下行链路子帧结构	(6)
1.3.2 上行链路子帧结构	(7)
1.3.3 复用技术	(8)
1.4 IEEE 802.16 支持的业务	(8)
1.4.1 用户服务质量的支持	(8)
1.4.2 移动管理的支持	(12)
1.5 结论	(15)
参考文献	(15)

第一部分 射频、信号处理和 MIMO

第 2 章 WiMAX 射频系统及电路中的挑战	(19)
2.1 引言	(19)
2.2 RF 的体系结构	(20)
2.3 TDD, FDD 和 HFDD 结构	(20)
2.3.1 TDD	(20)
2.3.2 FDD	(21)
2.3.3 HFDD	(22)
2.3.4 RF 接口	(23)
2.3.5 HFDD 体系结构	(24)
2.3.6 TDD 结构	(24)
2.3.7 I/Q 基带结构 1	(25)
2.3.8 I/Q 基带结构 2	(26)
2.3.9 MIMO、AAS 和 OFDMA 的射频挑战	(26)
2.4 射频系统模块	(28)
2.4.1 频率合成器	(28)

2.4.2 功率放大器	(29)
2.4.3 滤波器	(29)
2.4.4 WiMAX 规范	(30)
2.5 小结	(31)
参考文献	(31)

第3章 无线城域网物理层协议：信号处理视角

3.1 引言	(32)
3.2 IEEE 802.16e OFDMA 的物理层规范	(34)
3.2.1 子信道组织的框架结构及类型	(34)
3.2.2 PUSC 中的子信道组织结构	(35)
3.2.3 编码和调制	(39)
3.3 OFDMA 接收机中主要的信号处理功能	(40)
3.4 同步	(41)
3.4.1 载波频率偏移 (CFO) 和符号定时估计	(42)
3.4.2 寻找下行链路前导码索引	(43)
3.4.3 小结	(44)
3.5 信道估计	(44)
3.5.1 导频处的最小均方值信道估计	(44)
3.5.2 频域内插 (Interpolation) 和时域平均	(45)
3.5.3 基于子空间的方法	(45)
3.5.4 IEEE 802.16e OFDMA 中应用的信道估计方法	(46)
3.6 解调和解码	(47)
3.6.1 尾比特卷积编码 (Tail-biting CC) 的解码	(48)
3.6.2 比特交织 QAM 调制下的分支度量 (Branch Metric) 的计算	(48)
3.7 后向兼容的延迟系统设计	(49)
3.7.1 帧结构的设计及其对同步和信道估计的影响	(49)
3.7.2 用数字说明帧结构对信道估计的影响	(52)
3.8 结论	(56)
3.9 开放性问题	(56)
参考文献	(57)

第4章 MIMO 在无线城域网中的应用

4.1 引言	(59)
4.2 多输入多输出 (MIMO) 无线通信	(60)
4.2.1 MIMO 系统模型	(60)
4.2.2 MIMO 的系统容量	(62)
4.2.3 WiMAX 中 MIMO 的容量	(63)
4.3 分组空时编码	(65)
4.3.1 分组空时码的不同类别	(66)

4.3.2	正交 STC	(67)
4.3.3	WiMAX 中的空时码	(68)
4.4	发射分集技术	(69)
4.4.1	发射分集技术的分类	(69)
4.4.2	空间分集的合并技术	(70)
4.4.3	接收分集和发射分集	(70)
4.4.4	极化分集和角分集	(71)
4.5	小结	(71)
	参考文献	(71)

第 5 章 移动 WiMAX 下行链路中的 MIMO 频谱效率 (73)

5.1	引言	(73)
5.2	移动 WiMAX 概述	(75)
5.2.1	物理层	(76)
5.2.2	MAC 层	(80)
5.3	移动 WiMAX 中的 MIMO 技术: 自适应 MIMO 切换 (AMS)	(82)
5.4	链路级性能评估	(83)
5.4.1	MIMO 信道模型	(83)
5.4.2	STC MIMO 模式的性能	(84)
5.4.3	SM MIMO 模式的性能	(87)
5.4.4	MIMO 物理层抽象	(92)
5.5	系统级性能评估	(95)
5.5.1	网络拓扑和频率复用	(95)
5.5.2	模式部署和链路预算	(95)
5.5.3	路径传播模型	(96)
5.5.4	干扰模型和载荷	(97)
5.5.5	OFDMA 空中接口模型	(97)
5.5.6	仿真方法论	(97)
5.5.7	OFDMA 调度器和 HARQ	(98)
5.5.8	移动 WiMAX MIMO 下行链路系统级仿真结果	(99)
5.6	结论	(104)
	参考文献	(104)

第二部分 协议问题

第 6 章 无线城域网中的媒体接入控制 (MAC) (109)

6.1	引言	(109)
6.2	IEEE 802.16 的 MAC 层	(109)
6.2.1	IEEE 802.16 标准 MAC 层的子层	(110)

6.2.2 服务流 (SF) 和连接 (Connection)	(112)
6.2.3 帧结构	(117)
6.2.4 移动性	(120)
6.2.5 IEEE 802.16 的开放问题	(121)
6.3 MAC 层的 ETSI HiperACCESS	(123)
6.3.1 汇聚层	(123)
6.3.2 DLC 层	(123)
6.3.3 连接	(124)
6.3.4 帧结构	(125)
6.4 ETSI HiperMAN 的 MAC 层	(125)
6.5 TTA WiBro 的 MAC 层	(125)
参考文献	(125)

第 7 章 WiMAX 网格网络中的 MAC 和 QoS

7.1 引言	(128)
7.2 业务提供	(128)
7.2.1 业务和参数	(128)
7.2.2 业务实现方案	(129)
7.3 QoS 构架	(132)
7.4 QoS 调度	(134)
7.4.1 类型间调度	(136)
7.4.2 类型内调度	(137)
7.5 结论	(138)
参考文献	(138)

第 8 章 IEEE 802.16 WiMAX 网格网络中的无线资源管理

8.1 引言	(140)
8.2 IEEE 802.16 网络模式操作	(141)
8.2.1 调度	(142)
8.2.2 网络接入过程	(144)
8.2.3 隧道技术	(148)
8.2.4 安全性	(148)
8.3 树状拓扑多跳 IEEE 802.16 网络中的 RRM	(149)
8.3.1 干扰感知 (Interference-Aware) 路由选择	(149)
8.3.2 干扰感知调度	(150)
8.4 网络拓扑多跳 IEEE 802.16 回程网络中的 RRM	(151)
8.4.1 网络回程中的路由构建	(151)
8.4.2 网络 BS 调度	(154)
8.4.3 计算两条路由间的数据分派 (Dispatching) 延时	(155)
8.4.4 网络 BS 上的流水线分派 (Pipeline Dispatch)	(156)

8.4.5 作为回程 (Backhaul) 的 WiMAX 网络网络: 接入点和路由选择	(157)
8.5 结论	(158)
参考文献	(158)
第 9 章 无线城域网中的跨层设计	(159)
9.1 引言	(159)
9.2 无线通信系统的跨层设计	(159)
9.2.1 跨层设计的范例和方法	(160)
9.2.2 跨层反馈信息及其应用	(161)
9.3 无线城域网系统及其跨层协议	(163)
9.3.1 IEEE 802.16e OFDMA 系统的帧结构	(163)
9.3.2 用于一项跨层协议的上行链路控制信道	(166)
9.4 IEEE 802.16e OFDMA 系统的跨层设计	(167)
9.4.1 用于提高容量的跨层设计	(167)
9.4.2 QoS 保证的跨层设计	(176)
9.4.3 用于节能设计的跨层	(178)
9.5 WirelessMANS 系统跨层化设计前景	(179)
9.5.1 多跳中继系统的跨层设计	(180)
9.5.2 自适应跨层协议的设计	(181)
9.5.3 多天线系统的跨层设计	(181)
9.6 结论	(182)
参考文献	(182)
第 10 章 移动 WiMAX 中的移动性管理	(185)
10.1 移动 WiMAX 网络介绍	(185)
10.2 空闲模式管理	(188)
10.3 ASN 锚定移动性管理	(190)
10.3.1 扫描进程	(190)
10.3.2 关联 (Association) 进程	(191)
10.3.3 切换进程	(192)
10.3.4 快速基站切换 (FBSS) 和宏分集切换 (MDHO)	(194)
10.4 CSN 锚定移动性管理	(194)
10.5 结论	(196)
参考文献	(196)
第 11 章 无线 LAN/MAN 异构网络中的动态网络选择	(198)
11.1 引言	(198)
11.2 网络选择判决	(200)
11.2.1 传统网络中的选择判决	(201)
11.2.2 未来网络中的选择判决	(201)
11.2.3 切换实施过程	(203)

11.2.4	网络选择触发	(203)
11.2.5	用户偏好的衡量标准与重要性	(203)
11.3	技术发展中的挑战	(204)
11.3.1	体系结构设计	(205)
11.3.2	判决衡量标准	(207)
11.3.3	网络选择判决方法	(210)
11.3.4	移动性管理功能	(211)
11.4	接入网中的选择策略	(212)
11.4.1	网络选择判决算法的类型	(212)
11.4.2	网络选择判决算法的发展现状	(212)
11.4.3	网络选择判决算法的分析和对比	(214)
11.4.4	网络选择判决算法的性能	(214)
11.5	基于用户效用的网络选择策略	(215)
11.5.1	吞吐量预测方法	(215)
11.5.2	用户效用函数 (User Utility Function)	(216)
11.5.3	基于消费者盈余的网络选择策略	(219)
11.5.4	性能评估	(221)
11.6	结论	(224)
	参考文献	(225)

第 12 章 对无线 PAN、LAN 和 MAN 中的移动性支持

12.1	IEEE 802 中对移动性的相关规定	(229)
12.1.1	局域网 (LAN) 中的移动性	(230)
12.1.2	城域网 (MAN) 中的移动性	(230)
12.1.3	个域网 (PAN) 中的移动性	(230)
12.1.4	技术独立的移动性 (Technology-Independent Mobility)	(231)
12.2	一般的移动性功能	(231)
12.2.1	探测可用的无线小区	(231)
12.2.2	切换判决及其准则	(232)
12.2.3	重建链路层连接	(233)
12.2.4	较高层中移动性的基本功能	(233)
12.3	IEEE 无线网络中的切换支持机制	(234)
12.3.1	IEEE 802.11	(234)
12.3.2	IEEE 802.15.1	(234)
12.3.3	IEEE 802.15.3	(234)
12.3.4	可用无线小区的检测	(235)
12.3.5	切换判决准则	(238)
12.3.6	重建链路层连接	(239)
12.4	不同技术之间的切换	(242)
12.4.1	因特网工程任务组 (IETF) 的移动性支持	(242)

12.4.2 媒体独立切换	(243)
12.5 未来技术的发展趋势和挑战	(243)
参考文献	(244)
第 13 章 IEEE 802.16 无线城域网 (WiMAX) 中的能量管理	(246)
13.1 引言	(246)
13.1.1 标准化活动	(246)
13.2 WiMAX 概述	(247)
13.2.1 OFDMA	(247)
13.2.2 MAC 层概述	(248)
13.3 IEEE 802.16 WiMAX 协议中的 PMP 和网状模式	(248)
13.3.1 PMP 和网格 (Mesh) 组网模式	(248)
13.3.2 PMP 模式中的帧结构	(249)
13.3.3 网格模式中的帧结构	(250)
13.3.4 WiMAX 网格网络中的分布式调度	(251)
13.4 IEEE 802.16e 协议中的睡眠模式	(252)
13.5 下行链路业务的能量消耗分析	(254)
13.6 下行与上行链路业务的能量消耗分析	(255)
13.6.1 图 13.7 中的第一种情况	(256)
13.6.2 图 13.7 中的第二种情况	(257)
13.6.3 图 13.7 中的第三种情况	(258)
13.7 一般业务过程中的能量消耗分析	(259)
13.7.1 能量消耗	(261)
13.7.2 分组时延	(262)
13.8 结论	(264)
参考文献	(265)
第 14 章 无线城域网的链路自适应机制	(266)
14.1 引言	(266)
14.2 链路自适应的基本概念	(267)
14.2.1 单天线系统中的链路自适应	(269)
14.2.2 链路自适应多天线系统	(271)
14.3 无线系统链路自适应的相关研究	(273)
14.4 IEEE 802.16 (WiMAX) 中的链路自适应	(275)
14.4.1 空中接口的命名和物理层定义	(276)
14.4.2 监视信道: 信道质量的测量	(277)
14.4.3 物理层 (PHY) 模式间的转换: 媒体接入控制 (MAC) 功能	(278)
14.4.4 媒体接入控制对自动重传请求和混合自动重传请求的支持	(279)
14.4.5 WirelessMAN-SC 的物理层	(279)
14.4.6 WirelessMAN-SCa 的物理层	(280)

14.4.7	WirelessMAN-OFDM 的物理层	(280)
14.4.8	WirelessMAN-OFDMA 的物理层	(282)
14.5	HiperACCESS 中的链路自适应	(283)
14.5.1	HiperACCESS 中的自适应编码和调制	(284)
14.6	HiperMAN 中的链路自适应	(285)
14.6.1	HiperMAN 物理层	(285)
14.7	无线宽带 (WiBro) 中的链路自适应	(286)
14.8	开放性问题	(287)
14.8.1	更好的链路自适应算法: 更智能的决策	(287)
14.8.2	越多越好: 更多的物理层模式	(287)
14.8.3	相对与整体的协议层: 更好的跨层方案	(288)
14.8.4	新型或反向兼容: 把新型信道和信源编码方法融合到标准中去吗	(288)
14.8.5	激烈竞争或者合作: 兼容性与协调性	(288)
14.9	结论	(289)
	参考文献	(289)

第三部分 安全系统与策略

第 15 章	WiMAX/802.16 安全威胁的分析	(295)
15.1	引言	(295)
15.2	方法	(295)
15.2.1	发生的可能性	(296)
15.2.2	对用户和系统的影响	(298)
15.3	分析	(298)
15.3.1	物理层的安全威胁	(300)
15.3.2	MAC 层的威胁	(301)
15.4	结论	(306)
	参考文献	(307)
第 16 章	固定 WiMAX 网络的技术经济分析	(309)
16.1	引言	(309)
16.2	技术-经济建模: 方法论和工具	(309)
16.2.1	建立技术-经济模型的工具	(310)
16.2.2	灵敏度和风险分析	(311)
16.3	固定 WiMAX 系统的技术性能	(311)
16.3.1	标准和互操作性	(311)
16.3.2	频段和管理	(312)
16.3.3	范围和覆盖面积	(313)
16.3.4	容量	(314)