



本书受 | 中国科学院无线传感网与通信重点实验室 | 支持出版

► 21世纪通信网络技术丛书



移动通信前沿技术系列

分布式天线系统

——未来无线通信的开放式架构

DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEMS

Open Architecture for Future Wireless Communications

[中] Honglin Hu [中] Yan Zhang [德] Jijun Luo 编著

艾 渤 王劲涛 史国炜 译



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

本书受 | 中国科学院无线传感网与通信重点实验室 | 支持出版

21 世纪通信网络技术丛书
——移动通信前沿技术系列

分布式天线系统—— 未来无线通信的开放式架构

DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEMS
Open Architecture for Future Wireless
Communications

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书主要围绕分布式天线系统中的一些重要问题展开,如系统结构、容量、互连性、可测性、访问控制、时序安排、动态信道分配和跨层优化等。本书重点在于,结合分布式天线系统的最新研究成果,介绍分布式天线系统的概念、实现方案、系统集成、性能分析,给出仿真、实验的结果,指出本领域的发展方向。本书既有系统性,又不失重点性,概念清晰,理论分析严谨,逻辑性强,例证丰富,深入浅出地介绍了分布式天线通信系统中的主要问题,而且,书中还提供了大量的参考文献供读者阅读,加深理解。因此,它是一本可供高年级本科生和研究生使用的很好的教科书,同时也可供无线通信领域的研究人员和工程技术人员参考。

DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEMS Open Architecture for Future Wireless Communications

Edited by Honglin Hu, Yan Zhang, Jijun Luo, ISBN:1-4200-4288-2

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:01-2009-0635

图书在版编目(CIP)数据

分布式天线系统——未来无线通信的开放式架构 / 胡宏林, 张彦, 骆济军编著; 艾渤等译. —北京: 电子工业出版社, 2009.7

(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: DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEMS Open Architecture for Future Wireless Communications

ISBN 978-7-121-08875-9

I. 分… II. ①胡…②张…③骆…④艾… III. 无线电通信—天线—研究 IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 079086 号

责任编辑: 王春宁 特约编辑: 牛雪峰

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: 23.25 字数: 595 千字

印次: 2009 年 7 月第 1 次印刷

印数: 4 000 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 zltts@pei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@pei.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、应用最广和最前沿的通信领域之一。通信技术发展到今天,已经不是传统意义上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,使通信技术得以有了广阔的用武之地。正是由于有了固定电话网、移动通信网和 Internet,使通信技术的应用在这些平台上有了用武之地,渗透到我们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 无线通信新技术系列》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,例如,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;UMTS 技术;Ad Hoc 技术等。

《3GPP LTE 无线通信新技术系列》是以 3GPP 中 LTE 标准的关键技术在无线、宽带、高速、资源中的有效管理和利用,以及在 B3G/4G 无线通信领域中的应用为主。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。例如,无线网状网、WLAN、无线传感器网络、3G/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、网络安全新技术与新策略、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;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

移动通信的快速发展加速了宽带高速数据通信服务的需求。近年来,分布式天线系统(Distributed Antenna Systems, DAS)已经成为未来移动通信(B3G或4G)的重要候选技术,这在FRAMES和FuTURE等方案中已经得到证明。分布式天线系统继承并发展了微单元系统概念,而在微单元系统中,多个分布式天线或访问节点互相连接,并由一个中心节点来控制。分布式天线系统也拥有开放式无线结构(Open Wireless Architecture, OWA)的特点,这是未来无线通信系统的重要属性之一。由于其具有开放的结构,一些新颖、灵活的无线资源管理方式就可以应用到分布式天线系统中,从而拥有比传统的中心控制无线通信系统更好的性能。分布式天线技术的研究目前集中于蜂窝网系统中,特别是网络本身就有分布式结构的自组织网(Ad Hoc)和网格(Mesh)网络。然而,许多有关分布式天线系统物理层和高效协议层的技术仍然需要进一步研究。

《分布式天线系统——未来无线通信的开放式架构》是一本详细介绍分布式天线技术的指导书,包括基本概念、研究进展及待解决的问题。本书主要围绕分布式天线系统中的一些重要问题进行展开,如系统结构、容量、连通性、可测性、访问控制、时序安排、动态信道分配和跨层优化等。本书重点在于介绍分布式天线系统的概念、实现方案、系统集成、性能分析,并给出仿真、实验的结果,尤其是指出本领域的发展方向。本书适于相关领域的学者、教师、研究人员、学生、工程师及决策研究者作为参考书使用。

本书分为三部分:

- 信道分析和理论研究
- MAC和协议
- 案例及应用

第一部分主要介绍分布式天线系统(DAS)的基本概念,包括信道模型和理论研究,使读者明白系统在不同结构下的性能;第二部分介绍DAS的MAC和协议,包括分布式信号处理、资源分配优化、访问控制协作方法、跨层设计和分布式整合等;最后介绍DAS的案例及应用,主要包括实验结果、射频实现和应用等。

本书有以下特点:

- 提供给读者分布式天线系统的最新研究成果,包括概念、方法、结构和系统实现;
- 总结分布式天线系统的研究热点和未来发展方向;
- 通过详尽的图例使得书中的介绍更加易懂;
- 详细的参考文献使得对分布式天线系统熟悉程度不同的读者都能从书中受益;
- 书中介绍的技术细节可以用来提高系统性能;
- 书中还介绍了分布式天线系统的相关标准和规范情况。

本书对于无线网络和移动通信领域的学生、教师、学者、通信运营商、政策研究者、科学家、研究人员和工程师等有很好的参考价值。

译 者 序

无线通信技术的发展始终围绕着如何在恶劣的信道环境和有限的带宽内提高传输速率和质量。已经证明,在无线信道上提高数据传输速率和传输质量、提高系统容量的有效途径之一是采用分布式天线技术,即在无线通信系统的发送端和/或接收端使用多个天线或者天线阵列来进行信息传输的技术。分布式天线技术在不增加带宽的情况下,成倍地提高了通信系统的容量和频谱利用率,是新一代无线移动通信系统广泛采用的关键技术。目前,世界各国学者都在对分布式天线技术的理论、性能、算法和实现等各方面进行着广泛研究,分布式天线技术已成为通信技术发展中的热门课题,但尚有大量的问题需要研究。

《分布式天线系统——未来无线通信的开放式架构》是一本详细介绍分布式天线技术的指导书,内容包括分布式天线技术基本概念、研究进展及待解决的问题。本书主要围绕分布式天线系统中的一些重要问题进行展开,如系统结构、容量、互连性、可测性、访问控制、时序安排、动态信道分配和跨层优化等。本书重点在于结合分布式天线系统的最新研究成果,介绍分布式天线系统的概念、实现方案、系统集成、性能分析,并给出仿真、实验的结果,指出本领域的发展方向。本书既有系统性,又不失重点性,概念清晰,理论分析严谨,逻辑性强,例证丰富,深入浅出地介绍了分布式天线系统中的主要问题,而且,书中还提供了大量的参考文献供读者阅读,加深理解。因此,它是一本可供高年级本科生和研究生使用的很好的教科书,同时也可供无线通信领域的研究人员和工程技术人员参考。

本书第1~8章由清华大学电子工程系、数字电视技术研究中心的王劲涛博士翻译;第9~12章由北京交通大学轨道交通控制与安全国家重点实验室的艾渤博士翻译;第13章、第14章由武警总部自动化处的史国炜博士翻译;艾渤博士对全书作了审校。

需要指出的是,本书中的一些专业词汇在国内尚无统一标准译法,只能按实际含义较准确地译出,供读者参考。由于译者水平有限,错误和不妥之处在所难免,望读者批评指正。

译 者

2009年3月

于轨道交通控制与安全国家重点实验室(北京交通大学)

编著者简介

Honglin Hu 于 2004 年在中国科技大学通信与信息系统专业获得工学博士学位。2004 年 7 月至 2006 年 1 月，他在德国慕尼黑的 Future Radio, Siemens AG Communications 工作。2006 年 1 月，加入上海无线通信研究中心工作 (SHRCWC)，也称为国际无线合作研究中心 (WirelessCoRe)。Hu 博士同时也是中科院上海微系统信息技术研究所的副研究员，他主要致力于国际标准化和其他合作活动。另外，他还是 IEEE 会员、IEEE ComSoc 会员和 IEEE TCPC 会员，还是 IEEE WirelessCom 2005、IEEE ICC 2006、IEEE IWCMC 2006、IEEE/ACM Q2SWinet 2006、IEEE ICC 2007 和 IEEE WCNC 2007 技术委员会委员。自 2006 年 6 月以来，他是 John Wiley & Sons 出版的 Wireless Communications and Mobile Computing 杂志的编辑。E-mail: hlhu@ieee.org。

Yan Zhang 于新加坡南洋理工大学电气电子工程学院获得工学博士学位。2004 年 8 月至 2006 年 5 月，在新加坡国家信息与通信技术 (NICT) 学院工作。自 2006 年 8 月以来，他在挪威 Simula 研究室工作 (<http://www.simula.co/>)。他是国际网络安全杂志的编辑。同时他现在是无线网络与移动通信系列丛书的编辑。他还是下面著作的合作作者: 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; Wireless Metropolitan Area Networks: WiMAX and Beyond; 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 and Handbook Research on Wireless Security。Zhang 博士担任过 IEEE PCAC'07 程序合作主席、ITNG 2007 “Mobility and Resource Management in Wireless/Mobile Networks” 特别分会合作主席、PDCS 2006 “Wireless Mesh Networks” 特别分会合作主席，并且，他还是 IEEE AINA 2007、IEEE CCNC 2007、WASA'06、IEEE GLOBECOM'2006、IEEE WoNGeN'06、IEEE IWCMC 2006、IWCMC 2005、ITST 2006 和 ITST 2005 技术委员会委员。他的研究领域包括无线网络和移动计算中的资源、移动、能量和安全管理。他是 IEEE 和 IEEE ComSoc 会员。E-mail: yanzhang@ieee.org。

Jijun Luo 于 1999 年在中国山东大学获得工学硕士学位，于 2000 年在德国慕尼黑科技大学获得理学硕士学位。2000 年他加入西门子公司工作，2006 年他在德国亚琛工业大学获得工程博士学位。他已经发表了 100 多篇技术文章，合著了 3 本著作，拥有多项专利。他的研究成果主要在无线通信系统设计、无线协议、系统结构、无线资源管理、信号处理、编码以及调制技术等领域。他积极参加国际协会及研究组织的交流活动，曾担任过多个 IEEE 和欧洲研究组织举办的高水平会议的分会主席；领导了多个欧洲研究项目的进行，也参与了多个国际工业标准的研究。主要的研究方向是传输技术、无线资源管理、软件无线电和无线系统设计。他也是 IEEE 会员。E-mail: jesse.luo@ieee.org。

致 谢

非常感谢所有花费时间和精力于本书写作的人们，感谢他们精通的技术和友好的协作。特别感谢 Richard O'Hanley、Jessica Vakili、Ari Silver、Jennifer Strong 及其他 Taylor & Francis Group 的同仁，感谢他们对本书自始至终的支持和耐心。同样感谢 Charles Devaux，感谢他帮助排版。最后，特别感谢我们的家人，感谢他们在本书写作过程中自始至终的鼓励和理解。

Honglin Hu, Yan Zhang, Jijun Luo

目 录

第一部分 信道分析和理论研究

第 1 章 分布式天线系统中的分集和复用: 信道模型分析	(3)
1.1 引言	(3)
1.2 系统非相关和系统相关信道模型比较	(4)
1.3 系统相关的信道特性	(5)
1.3.1 多径信道的一般描述	(5)
1.3.2 天线方向和系统工作频率对于信道特性的影响	(7)
1.4 分布式天线系统拓扑机构和信道模型	(10)
1.5 退化的单簇单跳 (SCSB) 信道的分集和自由度	(11)
1.5.1 分集增益计算	(11)
1.5.2 自由度计算	(13)
1.6 完整模型: 接收机非理想情况下的多簇多跳 (MCMB) 信道	(16)
1.6.1 分集增益计算	(16)
1.6.2 自由度计算	(18)
1.7 示例	(20)
1.7.1 接收机理想情况下的 SCSB 信道	(20)
1.7.2 接收机非理想情况下的 SCSB 信道	(21)
1.7.3 接收机非理想情况下的 MCMB 信道	(21)
1.8 小结及开放性问题	(21)
参考文献	(22)
第 2 章 蜂窝系统中分布式天线处理的信息论分析	(25)
2.1 引言	(25)
2.2 系统模型	(26)
2.2.1 Wyner 模型	(26)
2.2.2 发送/接收方法	(27)
2.3 上行信道	(29)
2.3.1 单单元处理	(30)
2.3.2 多单元处理	(34)
2.4 下行信道	(38)
2.4.1 单单元处理	(38)
2.4.2 多单元处理	(40)
2.4.3 分布式的迫零波束成型	(42)

2.5	终端间的协作	(44)
2.5.1	终端协作的 Wyner 模型	(44)
2.5.2	单单元处理和终端间的前向译码协作	(45)
2.5.3	多单元处理和终端间的前向译码协作	(46)
2.6	观点和讨论	(47)
2.7	文献笔记	(47)
	参考文献	(48)
第 3 章	分布式天线蜂窝系统中的理论限	(52)
3.1	引言	(52)
3.2	分布式天线系统的结构优点	(52)
3.2.1	分布式天线蜂窝结构	(53)
3.2.2	传输策略和多接入	(53)
3.2.3	分布式天线系统的功率效率	(54)
3.2.4	信噪比 (SINR)	(54)
3.2.5	损耗概率	(55)
3.3	多单元分布式天线系统中的发射分集性能	(57)
3.4	多单元分布式天线系统中的容量	(59)
3.4.1	CSIT 情况下的各态历经容量	(59)
3.4.2	CSIR 情况下的各态历经容量	(62)
3.5	多单元分布式 MIMO 系统	(63)
3.5.1	系统模型	(63)
3.5.2	CSIT 情况下的各态历经容量	(64)
3.5.3	CSIR 情况下的各态历经容量	(66)
3.6	结论	(67)
	参考文献	(67)
第 4 章	移动 Ad Hoc 网络中的协作通信: 抽象链接概念的重思考	(69)
4.1	引言	(69)
4.1.1	协作通信: 由上而下的动力	(69)
4.1.2	网络模型	(70)
4.2	协作通信的要素	(71)
4.2.1	协作无线电的物理层模型	(71)
4.2.2	性能增益	(74)
4.3	现有网络结构中的协作链路	(77)
4.3.1	基础网络的中心分割	(78)
4.3.2	含有协作网关的分组网络的连接	(79)
4.4	新 Ad Hoc 网络结构协作	(81)
4.4.1	随机协作编码	(81)
4.4.2	物理层协作的随机分组	(83)
4.4.3	随机协作的连接	(84)

4.5 结论	(86)
参考文献	(86)
第5章 分布式天线系统和亏秩 MIMO 系统的线性中继	(91)
5.1 引言	(91)
5.2 前向放大中继的协议	(93)
5.2.1 信号和信道模型	(94)
5.2.2 可达速率	(96)
5.2.3 带分布式中继阵列的系统 (DRA)	(97)
5.2.4 带 Ad Hoc 中继的系统	(99)
5.2.5 例子	(100)
5.3 一种中继辅助亏秩 MIMO 信道的各项性能	(102)
5.3.1 系统模型	(102)
5.3.2 可达速率	(103)
5.3.3 结果	(105)
5.4 总结和展望	(108)
参考文献	(108)

第二部分 MAC 和协议

第6章 无线传感器网络中的分布式信号处理	(113)
6.1 分布式检测和数据融合问题	(113)
6.2 融合架构	(114)
6.3 资源受限无线传感器网络中分布式检测/估计的近期进展	(116)
6.3.1 大规模系统中的检测	(116)
6.3.2 衰落信道下的检测性能	(117)
6.3.3 利用分布式传感器进行参数估计	(118)
6.4 无线传感器网络中模拟数据融合的近期研究成果	(119)
6.4.1 功率和带宽受限系统中确定性信号的分布式检测	(121)
6.4.2 功率和带宽受限系统中高斯随机信号的分布式检测	(124)
6.5 未来研究方向	(130)
6.6 小结	(130)
参考文献	(130)
第7章 分布式天线系统的资源最优分配	(134)
7.1 无线系统的资源分配	(134)
7.1.1 资源分配的最优架构	(134)
7.1.2 自适应技术	(135)
7.2 分布式信道的资源分配	(137)
7.2.1 系统和信道模型	(137)

7.2.2	注水和等功率分配	(139)
7.2.3	发射机完全信道状态信息 (CSI)	(141)
7.2.4	发射机长期信道统计	(144)
7.2.5	小结	(148)
7.3	分布式天线系统中多用户资源分配	(148)
7.3.1	基于 CDMA 的资源分配	(149)
7.3.2	机会传输	(152)
7.3.3	小结	(154)
7.4	结论	(154)
	参考文献	(155)
第 8 章 移动 Ad Hoc 网络中协同基于竞争的 MAC 协议和智能天线		(160)
8.1	简介	(160)
8.2	智能天线使用条件	(161)
8.2.1	输入	(161)
8.2.2	自适应结果	(162)
8.2.3	天线自适应模型	(164)
8.2.4	智能天线的使用条件	(164)
8.3	竞争 MAC	(165)
8.3.1	机制	(165)
8.3.2	竞争 MAC 层协议	(165)
8.3.3	MANET 竞争 MAC 协议的失败模式	(170)
8.3.4	使用智能天线与流行的竞争 MAC 协议	(171)
8.4	同步冲突分解 MAC 层协议	(172)
8.4.1	概述	(172)
8.4.2	采用单时隙 Phase 设计冲突分解信令	(175)
8.4.3	回声	(176)
8.4.4	天线使用策略	(178)
8.4.5	开发条件	(179)
8.5	MANET 仿真中具有 SCR 的智能天线建模	(179)
8.5.1	智能天线建模过程	(180)
8.5.2	智能天线效果的建模	(180)
8.6	SCR 的评估	(182)
8.6.1	仿真情况	(182)
8.6.2	实验	(182)
8.7	开放的问题和研究机会	(186)
8.7.1	使用智能天线建立 MANET 节点	(186)
8.7.2	使用 SCR 的高级概念	(186)
8.7.3	新的技术	(187)
8.8	结论	(187)
	参考文献	(188)

第 9 章 具有虚拟 MIMO 的无线传感器网络跨层设计	(190)
9.1 引言	(190)
9.2 相关工作	(192)
9.2.1 无线传感器网络中关于虚拟 MIMO 设计的相关工作	(192)
9.2.2 无线传感器网络中关于可靠数据传输的相关工作	(192)
9.2.3 无线传感器网络中关于 QoS 保障的相关工作	(193)
9.3 基于虚拟 MIMO 方案的跨层设计	(193)
9.3.1 系统架构	(193)
9.3.2 单跳传输方案设计	(194)
9.3.3 端到端传输方案设计	(201)
9.4 跨层设计的理论分析	(203)
9.4.1 能耗及端到端 QoS 性能分析	(203)
9.4.2 参数优化	(205)
9.5 仿真分析	(205)
9.5.1 跨层设计的节能性能	(206)
9.5.2 跨层设计的 QoS 保障性能	(208)
9.6 结论及开放性的问题	(212)
参考文献	(212)
第 10 章 协作天线系统的分布式组织	(215)
10.1 引言	(215)
10.2 协作天线引入的动因	(216)
10.2.1 理论性能限及算法	(216)
10.2.2 室外测量	(221)
10.3 分布式系统概念	(224)
10.3.1 下行	(224)
10.3.2 上行	(227)
10.3.3 挑战与优化	(230)
10.4 开放性的问题	(238)
10.5 结论	(238)
参考文献	(239)

第三部分 案例及应用

第 11 章 室内分布式天线系统的实验研究	(243)
11.1 引言	(243)
11.1.1 动因	(243)
11.1.2 方法及目的	(244)
11.1.3 概述	(244)

11.2	实验描述	(244)
11.2.1	测量实验	(244)
11.2.2	测量环境及所采用的天线	(246)
11.2.3	X-dB 窗及数据完整性	(247)
11.3	发射分集的后处理	(248)
11.3.1	下行分集	(248)
11.3.2	选择性分集	(248)
11.3.3	多径天线分集	(248)
11.3.4	同相发射分集	(249)
11.4	实验结果与问题	(251)
11.4.1	分集性能	(251)
11.4.2	覆盖	(254)
11.4.3	非平衡链路 SNR 及最优功率分配	(256)
11.5	结论及将来的工作	(258)
11.5.1	结论	(258)
11.5.2	将来的工作	(258)
	参考文献	(259)
第 12 章	分布式天线系统案例	(261)
12.1	引言	(261)
12.2	案例: 室内环境中的 DAS	(262)
12.2.1	室内传播特性	(263)
12.2.2	用户配置方案	(264)
12.3	无线资源分配	(265)
12.3.1	功率分配与端口配置	(265)
12.3.2	动态信道分配	(270)
12.4	系统仿真	(272)
12.4.1	仿真假定	(272)
12.4.2	系统容量	(274)
12.5	结论及一些开放性问题	(280)
12.6	总结	(280)
	参考文献	(281)
第 13 章	CDMA 分布式天线系统的 RF 系统工程	(283)
13.1	引言	(283)
13.2	DAS 小区特征	(283)
13.3	DAS 小区室外传播及链路预算	(287)
13.3.1	DAS 小区室外传播	(287)
13.3.2	DAS 小区链路预算	(291)
13.4	DAS 小区反向链路容量	(295)
13.5	DAS 扇区分簇和基站分簇	(297)

13.5.1	CMI 扇区分簇规则	(298)
13.5.2	BTS 分簇	(302)
13.6	CMI 小区重叠考虑	(302)
13.6.1	增量法	(302)
13.6.2	一致性方法	(304)
13.7	天线安装配置	(304)
13.7.1	CMI 天线电缆规格	(304)
13.7.2	电缆绞合线的 CMI 天线安装配置	(305)
13.7.3	空间分集	(305)
13.7.4	天线隔离	(306)
13.7.5	天线灵敏度降低	(306)
13.8	DAS/CMI 现场性能测量设计过程及效果	(307)
13.8.1	理论限	(308)
13.8.2	关于容量的现实因素	(309)
13.8.3	整体基站扇区容量	(313)
13.9	结论及将来的研究方向	(314)
13.9.1	结论	(314)
13.9.2	将来的研究方向	(314)
	参考文献	(315)
第 14 章	多跳虚拟蜂窝网	(316)
14.1	引言	(316)
14.2	多跳 VCN 概念	(317)
14.3	无线多跳路由	(318)
14.3.1	路由构建过程	(319)
14.3.2	MHMRC 分集	(320)
14.3.3	计算机仿真	(323)
14.4	无线多跳信道分配	(327)
14.4.1	CS-DCA 在上行多跳通信中的应用	(327)
14.4.2	计算机仿真	(328)
14.5	结论	(333)
	参考文献	(333)
第 15 章	DVB-H 网络的 DAS	(335)
15.1	DAS 和 DVB-H	(335)
15.1.1	DVB-H 介绍	(335)
15.1.2	DVB-H 中 DAS 的应用	(338)
15.2	DVB-H 网络中有源中继器的应用	(339)
15.2.1	DVB-H 中的软切换	(340)
15.2.2	使用中继器形成 DVB-H 中的虚拟小区	(343)
15.2.3	中继器辅助的软切换算法	(343)

15.2.4 仿真分析	(345)
15.3 DVB-H 网络中有源中继器的应用	(349)
15.3.1 目前的研究状况	(349)
15.3.2 开放性问题	(349)
15.4 结论	(350)
参考文献	(350)

第一部分

信道分析和理论研究