



国际信息工程先进技术译丛

CRC Press  
Taylor & Francis Group

# 绿色通信与网络

Green Communications and Networking

[加拿大] 于非 (F. Richard Yu)  
张曦 (Xi Zhang) 主编  
[加拿大] 梁中明 (Victor C.M. Leung)  
阚江明 闫磊 等译



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

国际信息工程先进技术译丛

# 绿色通信与网络

[加拿大] 于非 (F. Richard Yu)

张曦 (Xi Zhang) 主编

[加拿大] 梁中明 (Victor C. M. Leung)

阚江明



机械工业出版社

Green Communications and Networking/by F. Richard Yu, X  
Victor C. M. Leung/ISBN: 978-1-4398-9913-7.

Copyright © 2013 by Taylor&Francis Group, LLC.

Authorized translation from English language edition published by CRC  
Press, part of Taylor & Francis Group LLC. All rights reserved.

本书中文简体翻译版授权由机械工业出版社独家出版并限在中国大陆地区销售。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。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01-2013-5536 号。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

绿色通信与网络/(加)于非,张曦,(加)梁中明主编;  
阚江明等译。—北京:机械工业出版社,2015.11

(国际信息工程先进技术译丛)

书名原文: Green Communications and Networking  
ISBN 978-7-111-51952-2

I. ①绿… II. ①于…②张…③梁…④阚… III. ①数据  
通信-节能②通信网-节能 IV. ①TN919②TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 256696 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: 顾 谦 责任编辑: 顾 谦

责任校对: 丁丽丽 封面设计: 马精明

责任印制: 乔 宇

北京京丰印刷厂印刷

2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 20 印张 · 381 千字

0 001—2 600 册

标准书号: ISBN 978-7-111-51952-2

定价: 89.00 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

服务咨询热线: 010-88361066 机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线: 010-68326294 机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

010-88379203 金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

本书分为绿色无线通信与网络、绿色有线通信与网络和智能电网通信与网络三部分，每一部分又从通信与网络的建模、分析、设计、管理、开发、算法优化、协议和结构来分析通信与网络系统的能源效率、中继技术和跨层设计与优化，进而提高节能技术、降低温室气体排放、提高电能效率。同时本书既介绍了绿色通信与网络前沿理论研究进展，又介绍了一些实际应用案例。

本书既可以作为高等院校电气工程、通信工程和计算机网络工程相关专业高年级本科生和研究生的教材和参考书，也可以作为企事业单位从事电气工程、通信工程、计算机网络工程和智能电网相关工作的工程师的参考书，还可以作为能源研究者、政策制定者等从事绿色通信与网络相关工作科技人员的辅导材料。

## 译 者 序

在能源危机日益严重和环境进一步恶化的情况下，各国一方面越来越注重新能源的研究开发，另一方面关注如何提高能源的利用效率和保护环境，节约能源、节约资源、保护环境是新一代通信与网络的重要研究方向。从2008年开始绿色通信与网络成为通信领域的研究热点，学者和相关行业都在开展绿色通信与网络的理论和应用研究。本书正好收录了目前重要的研究成果。

在本书里，所涉及领域中顶尖专家发表的文章涵盖了不同领域绿色通信与网络的建模、分析、设计、管理、部署、算法优化、协议和体系结构。尤其是这个主题包含了能源效率、资源管理、继电器技术、跨层设计和优化、速率自适应、图论方法、路由器体系结构、动态调度、智能电网通信、智能电网中的需求和响应以及在智能电网环境下的无线网络。

目前我国没有系统介绍绿色通信与网络的图书，高校学生、工程和科研人员难以全面掌握绿色通信的知识，难以在通信与网络工程中制定和实施提高电能效率的方案，翻译出版本书可以满足读者对电能效率相关知识技术的需求。

本书第1~5章由闫磊、丁小康、王明枝负责翻译，第6~12章由阚江明负责翻译，刘念、詹任栋、胡昕卉、郝文睿、庞帅、王化、伍宏芳、魏蒙蒙、赵瑛琦、范磊、刘佳欣、王澜霏、崔鑫彤也参与了本书部分内容的翻译。由于译者水平有限，错误之处在所难免，欢迎广大同仁批评指正。

# 原书前言

## 简介

随着人们对气候变化、化石燃料价格上涨和能源安全问题担忧的增加，全世界的企业和政府为开发绿色策略以解决全球气候变化和降低温室气体（GHG）的发展投入了巨大的精力。最近，据说仅仅在信息和通信技术（ICT）产业的 GHG 排放已经等同于整个航空工业的 GHG 排放。据说一个小的计算机服务器产生的 GHG 等同于一个运动型多用途汽车（SUV）。再者来说，随着人们对更高数据速率的追求，ICT 产业的能量消耗每年增长了 16%~20%，并且移动网络运营商的能量消耗早已经高达年度运营预算的一半。ICT 的任务不仅包括减少 ICT 产业和服务中的排放和节能，也包括降低电力智能电网等其他产业的碳排放。的确，网络对电力智能电网来说是至关重要的技术，它从始至终的监测、保护、优化相互关联的部件进行操作，通过双向流动的电和信息来创造自动的、分散式的能量传递网络。

在本书里，所涉及领域中顶尖专家发表的文章涵盖了不同领域绿色通信与网络的建模、分析、设计、管理、部署、算法优化、协议和体系结构。尤其是这个主题包含了能源效率、资源管理、继电器技术、跨层设计和优化、速率自适应、图论方法、路由器体系结构、动态调度、智能电网通信、智能电网中的需求和响应以及在智能电网环境下的无线网络。接下来的内容将对所有的各章进行介绍。

## 第 1 部分 绿色无线通信与网络

第 1 章作为本书的首章，由 A. Attar, H. Li 和 V. C. M. Leung 所写，介绍了一个新颖的解决办法，叫做应用大规模光纤的连接分布式天线（BWA-FMDA）的无线宽带接入，用以实现最后一英里的绿色传输。BWA-FMDA 体系的优点在于它调度的灵活性，可调控的覆盖范围可以从几米的室内访问，到若干英尺的室外通信，还有吞吐量方面的优越性能和能量效率。此章的重点是和最先进的最后一英里的接入解决方法相比 BWA-FMDA 的节能能力。他们特别比较了几个最后一英里解决方案的功耗模型并论证了通过集成光导纤维和无线接入更大功效的访问解决方案是可以预想的，而这同时也提高了网络的吞吐量。

第 2 章由 X. Zhang 和 W. Cheng 编写，开发了一个依据需求的资源交易（DBRT）模型用以绿色通信。他们提出一种机制：在不危害用户服务质量（QoS）的情况下，最小化无线网络的能源消耗。应用 DBRT 机制，他们开发了一种新型的解决方案——无线网络资源贸易。它阐述了对于一个给定数量的 QoS

性能标准、不同无线资源的贸易关系。根据无线网络资源的贸易关系，可能会消耗不同的网络资源来满足同一组 QoS 的性能标准。因此，为了在给定 QoS 中能够使消耗的资源最小化，他们可能在满足 QoS 性能标准的同时，交易其他种类的无线网络资源来获取能量资源。根据已经发展的无线网络交易关系，这一章源于最理想的能量频带宽度、能量时间、能量空间和能量代码无线网络资源交易关系。两个事例研究也显示了如何在保证了无线网络中要求的 QoS 性能标准时，运用可利用的频带宽度或是可接受的延迟界去达到最小的能量消耗。

第 3 章由 Y. Qi、F. Héliot、M. A. Imran 和 R. Tafazolli 编写，在频谱效率 (SE) 和能量效率 (EE) 方面分析了继电保护技术链接和系统水平。一个彻底详尽的调查将提供各种各样的方法在中继节点 (RN) 转发信息，其中包括放大转发 (AF)、译码转发 (DF) 和压缩转发 (CF)。其中介绍研究了传统的继电器保护方案以混合的方式组合形成先进的继电器保护方案来适应不同的信道状态。而且，继电器技术与面向数据包的通信传输协议和光谱研究相结合，也提出了能源效率的观点。最后，此章也解决了在先进的无线蜂窝网络系统即 LTE 系统加上实际功耗模型中设计和定位无线网络子系统的挑战。

第 4 章由 T. Zhu、S. Xiao 和 C. Zhou 编写，介绍了①能量效率硬件平台；②能量效率测量和控制；③能量效率网络；④能量效率应用软件。除此之外，出于链路层设计的不足，作者介绍了在静态能量低占空比内无线网络的跨层最优化。此章还研究了在能量动态低占空比无线网络的跨层设计。

第 5 章由 Z. Zhao、Z. Dou 和 Y. Shu 编写，研究在长距离无线网状 (LDmesh) 网络的能量效率速率适配。作者们提出一种有效的探测算法来获取帧延迟比 (FDR)、接收信号强度指示值 (RSSI)，包括映射每个比特率。FDR-RSSI 是线状的，在一段时间内保持不变以使其用于促进速度选择。更重要的是，其中基于利用信息路径损耗信息互惠提出了一个能量效率比率选择方法。此外，本章提出了一种技术来监测由 WiFi 外部干扰引起的 FDR-RSSI 失真。仿真结果显示此次提出的方案能够在最小能量消耗下改善链接吞吐量效率。

## 第 2 部分 绿色无线通信与网络<sup>⊖</sup>

第 6 章由 F. Cuomo、A. Cianfrani 和 M. Polverini 编写，研究网络的能源节约。作者提出图论的解决方法使 IP 网络能源节约的目的被采纳。这些意见的普遍观点是减少环节的数量等，和在非峰值期间用于网络工作的路由器线卡。出于这样的目的，不同属性的图用于网络模型。通过控制删除代数连通度中的一些连接的影响，本章提出的方案源于可关闭的连接列表。它将代数连通度和边介数组合起

⊖ 第 1 部分和第 2 部分名称相同，原书有误，第 2 部分应为“绿色有线通信与网络”。——译者注

来,最近的参数允许从仅有极少数路径通过的网络图表中切下。结果图代数连接度接着被用于控制网络持续连接,并且它的连接程度高于一个合适的阈值。

第7章由 C. Hu、B. Liu、M. Zhang、B. Zhang 和 W. Wang 所写,研究能量有效有线网络节点的结构设计。作者将注意力集中在通过像路由器这样的网络变速器设备的设计来探索能量节约的原理。通过修正典型的网络行为和模块化的路由器典型结构,此章建议物联网工程节能的方法从三个不同的视角讨论应用的技术挑战。为应对该项挑战并抓住节约能源的机会,一个新的概念路由器模型/结构作为指南去设计并和网络一样继续实现能量效率路由器。

第8章由 M. P. Anastasopoulos、A. Tzanakaki 和 D. Simeonidou 编写,研究聚合光网络和 IT 基础设施来适应云服务。更特别的是,虚拟架构(VI)的概念和超过一个或者更多的互连的物理架构(PI)被考虑,包括网络和 IT 资源。考虑到能耗水平和今天的 ICT、网络膨胀相关联,节能基础设施对减少二氧化碳特别重要。为解决此事,高能耗 IT 资源的混合能源互补供电系统被采纳。在这个系统中,常规和可再生能源资源合作来为 IT 设备生产必要的能量来运行和支持需要的服务。通过申请应用能源意识规划的 VI 聚合 PI,减少二氧化碳排放量会进一步增强。为量化该方法的优点,提出和开发了一个规划虚拟基础设施的混合整数线性规划模型。这个模型考虑在一个集成的混合太阳动力和光学网络基础设施上的多周期和多业务问题,旨在减少规划虚拟基础设施的二氧化碳排放。建模结果显示在 10%~50% 不同程度需求请求时二氧化碳排放量显著减少。

第9章由 M. J. Neely 编写,提出不同长度帧的系统中优化平均时间的方法。应用包括在智能电话中能量和质量感知工作时段安排,在计算机服务器等方面中消耗有效的能量管理。作者认为在计算系统中能量感知控制包括两个方面:积极和空闲。在积极方面,控制者使用其中一个任务处理模式选择执行单一任务。接着控制者通过选择一个系统空闲的时间来节省能源。这些决定影响进程时间、能量消耗和能被用于其他感兴趣的标准模型(例如加工质量或扭曲)的抽象属性矢量。本章的解决方法是使用再生系统最优化的方法。

### 第3部分 智能电网通信与网络

第10章由 Z. Li、D. Ishchenko、F. Yang 和 Y. Ye 编写,回顾最近实用网络通信的发展,包括高级计量体系(AMI)以及监控和数据采集(SCADA)。在 AMI 和 SCADA 系统中通信协议的标准化是此章的重点。除此之外,同样也讨论了实时通信机制使其有效的电网运营促进一些潜在的电网管理应用。

第11章由 Q. Dong、L. Yu 和 W. Song 编写,通过阐述一个代表性的智能电网的需求和响应方法来调查正在进行的研究和讨论未来的方向。DR 是指动态需求管理电力需求响应机制供给条件和智能电网中最重要的功能之一。DR 提供各种便利,包括减少最大需求量、参与者的经济效益、集成的可再生资源 and 提供辅助



服务。此章集中于以优化目标为基准的分类，陈述大量有代表性的 DR 方法，它属于客户利润优化类别中电力成本减少类别和社会福利最大化的类别。

第 12 章由 S. Bu、F. R. Yu 和 P. X. Liu 编写，不仅考虑节能通信还考虑在设计绿色无线蜂窝网络中智能电网的动态。特别是蜂窝基站的动态操作取决于交通、实时供电价格和与发电相关的污染物水平。多点协调 (CoMP) 被用于保证可接受的蜂窝的服务质量，而它的基站已被关闭。活跃的基站决定零售商采购发电和电力采购的多少。制定系统斯塔克博格博弈 (Stackelberg game)，它有两个层次：蜂窝网络水平和智能电网水平。仿真结果显示，智能电网在绿色无线蜂窝网络中有非常重要的影响，这里的方案在绿色无线蜂窝网络中可以显著降低运营支出和二氧化碳排放。

### 结论

这里的各章介绍已经提供了对本书内容的大体介绍。各章本质上以绿色通信和下一代通信和网络系统的最新研究成果为基础，因此，本书将会对这个领域的研究人员及应用人员有益，读者将会在每章发现非常大的参考价值。

## 关于作者

F. Richard Yu 是加拿大渥太华市卡尔顿大学信息技术学院系统和计算机工程系的一名副教授。2003 年，他获得加拿大不列颠哥伦比亚大学电气工程博士学位。2002 ~ 2004 年，他参与了瑞典隆德爱立信公司的第三代蜂窝网络的研究和开发工作。2005 ~ 2006 年，他曾在美国加利福尼亚州的一个创业公司研发无线通信技术和该领域更为先进的技术。2007 年，他加入了加拿大渥太华市卡尔顿大学信息技术学院系统和计算机工程系。他的研究方向包括跨层设计、安全性以及无线网络中服务质量的部署。

他分别获得了 2012 年的卡尔顿研究成就奖，2011 年安大略省的早期研究者奖，2010 年的 IEEE/IFIP TrustCom 优秀贡献奖，2009 年的加拿大创新基金会颁发的领导机会基金奖，2009 年 IEEE/IFIP TrustCom 以及 2005 年网络研究国际大会的最佳论文奖。

Yu 博士是 IEEE 的高级成员，他同时担任多个期刊的编委，包括 IEEE 车辆技术、IEEE 通信调查和教程、ACM/Springer 无线网络、EURASIP 无线通信网络、点对点模式及传感器无线网络、Wiley 安全和通信网络期刊，以及无线通信和网络国际期刊。他还担任 IEEE 系统杂志的智能电网通信系统研究方向特刊的客座编辑。他曾担任众多会议的技术方案委员会委员，如第 13 届 IEEE CCNC、2012 年 INFOCOM-CCSES、2012 年 ICC-GCN、2012 年 VTC、第 11 届 Globecom、2011 年 INFOCOM-GCN、2010 年 INFOCOM-CWCN、2009 年 IEEE IWCMC、2008 年 VTC 和 2007 年 WIN-ITS 等会议的技术方案委员会共同主席，以及 2010 年 ICST QShine 的出版主席和 2009 年 ICUMT-CWCN 会议的联合主席。

Xi Zhang 本科和硕士毕业于中国西安的西安电子科技大学，在宾夕法尼亚州伯利恒利哈伊大学获得电气工程和计算机科学的硕士学位，并获得安娜堡密歇根州立大学电气工程和计算机科学（电气工程系统）博士学位。

他目前是德克萨斯农工大学电气和计算机工程系网络与信息系统实验室的副教授和主任。1984 ~ 1989 年，他任北京信息技术工程学院电气工程与计算机科学系计算机系统工程部门助理教授和主任。通过中国教育委员会奖学金的资助，他分别在澳大利亚悉尼科技大学的电气工程学院和澳大利亚詹姆斯库克大学电气和计算机工程系进行了深造。他参与了新泽西美利山 AT&T 贝尔实验室网络和分布式系统研究部门和新泽西弗洛厄姆公园 AT&T 实验室的研究。他发表了 200 多篇无线网络和通信系统、移动计算、网络协议的设计和建模、统计通信、随机信

号处理、信息论、控制论和系统领域的论文。

Zhang 博士主要研究移动无线多播网络和系统领域，曾获得 2004 年美国国家科学基金奖。他是 IEEE 通信协会特聘讲师。他曾获得 2007 年 IEEE GLOBE-COM、2009 年 IEEE GLOBECOM 和 2010 年 IEEE WCNC 最佳论文奖。他在 2006 年因其研究方面的优秀表现从德克萨斯农工大学的工程学院站获得了 TEES 优秀青年教师奖。他目前担任或曾担任 IEEE 通信的编辑、IEEE 无线通信的编辑、IEEE 车辆技术的副主编、IEEE 通信期刊特刊高速车辆的宽带无线通信的客座编辑、IEEE 通信期刊特刊无线视频传输的客座编辑、IEEE 通信的副主编、IEEE 通信杂志特刊合作无线网络的发展客座编辑、IEEE 通信杂志特刊下一代 CDMA 与 4G 无线应用的 OFDMA 的客座编辑、John Wiley 杂志的无线通信和移动计算方向的编辑、计算机系统网络和通信期刊的编辑、John Wiley 杂志安全和通信网络的副编辑、计算机通信领域 Elsevier 期刊编辑，Elsevier 旗下的计算机通信研究方向的编辑、John Wiley 期刊无线通信和移动计算的特刊下一代无线通信和移动计算的客座编辑。他经常在美国国家科学基金会的研究提案审查小组工作。他是现任且曾担任 2011 年 IEEE GLOBECOM 会议的技术方案委员会 (TPC) 主席，2012 年 IEEE INFOCOM 的技术方案委员会的区域主席，2012 年 INFOCOM 可持续能源系统的绿色网络和智能电网工作组的联合主席，2012 年 IEEE ICC 绿色通信与网络工作组的 TPC 联合主席，2011 年 IEEE INFOCOM 绿色通信与网络工作组的联合主席，2011 年 IEEE ICDCS 数据中心的性能工作组的 TPC 总联合主席，2011 年 ACM MobiCom 会议的分组会/展示组/海报组主席，2010 年 IEEE INFOCOM 的 TPC 副主席，2010 年 ACM QShine 的总主席，2009 年 IEEE INFOCOM 小型会议的 TPC 联席主席，2008 年 IEEE GLOBECOM 会议的无线通信研讨会部分的 TPC 共同主席，2008 年 IEEE GLOBECOM 会议的信息与网络安全研讨会部分的 TPC 共同主席，2006 年、2007 年和 2008 年 IEEE/ACM 国际跨层优化无线网络研讨会的研讨会主席，2006 年、2007 年和 2008 年 IEEE/ACM IWCMC 会议的 TCP 主席，2008 年 IEEE INFOCOM 的展示组/海报组主席，2007 年 IEEE INFOCOM 的学生旅行资助联合主席，2010 年 ACM QShine 主席，2007 年 IEEE ICCCN 的联合主席，2007 年 IEEE/ACM MSWiM 和 2006 年 IEEE QShine 海报组主席、QShine 执行委员会联合主席，2007 年 IEEE/ACM QShine 和 2005 年 WirelessCom 的宣传主席，2007 年 IEEE ICCCN 跨层优化的无线网络和多媒体通信和 2004 年 IEEE QShine WiFi 热点/无线局域网和服务质量部分的小组成员。他曾担任超过 100 个 IEEE/ACM 会议的 TPC 会员，包括 IEEE INFOCOM、IEEE GLOBECOM、IEEE ICC、IEEE WCNC、IEEE VTC、IEEE/ACM QShine、IEEE WoWMoM、IEEE ECCCN 等。

Victor C. M. Leung 1977 年获不列颠哥伦比亚大学的电子工程学位和应用科学

学士(荣誉称号),并作为应用科学学院毕业班领头人物被授予 APEBC 金牌。他得到了自然科学和工程研究理事会研究生奖学金,并进入了不列颠哥伦比亚大学研究生院,于 1981 年获得电气工程博士学位。

1981~1987 年,Leung 博士是 MPR Teltech 公司的资深技术人员,主要研究卫星通信系统的规划、设计和分析。1988 年,他在中国香港大学作为一名电子系讲师开始了他的学术生涯。1989 年,他作为一名教员回到不列颠哥伦比亚大学,目前已经是电气和计算机工程系教授和高级电信工程的 TELUS 流动研究主席。他是不列颠哥伦比亚大学计算信息和认知系统研究所的成员,还是吉林大学、北京交通大学软件学院、华南理工大学、香港理工大学和北京邮电大学的兼职/客座指导教师。Leung 博士曾合作撰写了 500 多篇学术论文,在国际期刊和会议上发表,并且有些论文被选为最佳论文。他的研究方向是架构和协议设计、计算机和电信网络管理算法及性能分析、无线网络和移动系统的当前焦点。

Leung 博士是一名加拿大不列颠哥伦比亚省注册专业工程师。他是一名 IEEE 会士、加拿大工程师协会会员和加拿大工程院研究员。他是一个杰出的 IEEE 通信学会讲师。他是 IEEE 电脑期刊、IEEE 无线通信、计算机通信、通信和网络,以及其他一些期刊的编辑委员会成员。此前,他曾担任 IEEE 无线通信系列、无线通信和车辆技术的编委。他曾受邀成为多个期刊特刊的客座编辑和多个国际会议的技术方案委员会成员。他担任 2012 年 INFOCOM 中国客户服务组、2012 年 ICC 会议 GCN 工作组、2012 年 CIT 会议、2012 年 FutureTech、2011 年 CSA 的总联合主席。他是 2012 年 IEEE WCNC 的 MAC 和跨层设计跟踪的 TPC 联合主席。他主持了 2008 年 IEEE VTC 秋季无线网络和认知无线电跟踪的 TPC 委员会。他是 2010 年 AdhocNets、2010 年 WC、2007 年 QShine 的主席和 2006~2008 年 IWCMC 下一代移动网络的研讨会主席。他是 2011 年中国客户服务组、2011 年 IEEE INFOCOM 移动世界和 GCN 组、2010 年 BodyNets、2010 年 INFOCOM 会议 CWCN 组、2010 年 IEEE GLOBECOM 会议 ASIT 组、2010 年 IEEE CCNC 会议移动世界、2009 年 IEEE EUC 和 2006 年 ACM MAWIM 的联合主席和 2005 年 IEEE WCNC 的 TPC 副主席。他是温哥华分会百年纪念奖获得者。

## 作者名单

**Muhammad Ali Imran**  
University of Surrey  
Surrey, UK

**Markos P. Anastasopoulos**  
Athens Information Technology  
Center  
Peania Attikis, Greece

**Alireza Attar**  
Department of Electrical and  
Computer Engineering  
The University of British Columbia  
Vancouver, Canada

**Shengrong Bu**  
Department of Systems and  
Computer Engineering  
Carleton University  
Ottawa, Canada

**Wenchi Cheng**  
Department of Electrical and  
Computer Engineering  
Texas A&M University  
College Station, TX, USA

**Antonio Cianfrani**  
University of Rome Sapienza  
Rome, Italy

**Francesca Cuomo**  
University of Rome Sapienza  
Rome, Italy

**Qifen Dong**  
Zhejiang University of Technology  
Hangzhou, China

**Zhibin Dou**  
Tianjin University  
Tianjin, China

**Fabien Heliot**  
University of Surrey  
Surrey, UK

**Chengchen Hu**  
MoE KLINNS Lab  
Department of Computer Science  
and Technology  
Xi'an Jiaotong University  
Xi'an, China

**Dmitry Ishchenko**  
ABB US Corp. Research Center  
USA

**Victor C. M. Leung**  
Department of Electrical and  
Computer Engineering  
The University of British Columbia  
Vancouver, Canada

**Haoming Li**

Department of Electrical and  
Computer Engineering  
The University of British Columbia  
Vancouver, Canada

**Zhao Li**

ABB US Corp. Research Center  
USA

**Bin Liu**

Department of Computer Science  
and Technology  
Tsinghua University  
Beijing, China

**Peter X. Liu**

Department of Systems and  
Computer Engineering  
Carleton University  
Ottawa, Canada

**Michael J. Neely**

University of Southern California  
Los Angeles, CA, USA

**Marco Polverini**

University of Rome Sapienza  
Rome, Italy

**Yinan Qi**

University of Surrey  
Surrey, UK

**Yantai Shu**

Tianjin University  
Tianjin, China

**Dimitra Simeonidou**

University of Essex  
Colchester, UK

**WenZhan Song**

Georgia State University  
Atlanta, GA, USA

**Rahim Tafazolli**

University of Surrey  
Surrey, UK

**Anna Tzanakaki**

Athens Information Technology  
Center  
Peania Attikis, Greece

**Xiaojun Wang**

School of Electronic Engineering  
Dublin City University  
Dublin, Ireland

**Sheng Xiao**

University of Massachusetts Amherst  
Amherst, MA, USA

**Fang Yang**

ABB US Corp. Research Center  
USA

**Yanzhu Ye**

Energy Management Department  
NEC Laboratories America, Inc.  
Cupertino, CA, USA

**F. Richard Yu**

Department of Systems and  
Computer Engineering  
Carleton University  
Ottawa, Canada

**Li Yu**

Zhejiang University of Technology  
Hangzhou, China

**Beichuan Zhang**

Department of Computer Science  
Arizona University  
Tucson, AZ, USA

**Mingui Zhang**

Huawei Inc.  
China

**Xi Zhang**

Department of Electrical and  
Computer Engineering  
Texas A&M University  
College Station, TX, USA

**Zenghua Zhao**

Tianjin University  
Tianjin, China

**Chang Zhou**

China Jiliang University  
Hangzhou, China

**Ting Zhu**

Binghamton University  
Binghamton, NY, USA

# 目 录

译者序

原书前言

关于作者

作者名单

## 第 1 部分 绿色无线通信与网络

### 第 1 章 应用光纤连接的大规模分布式天线 (BWA-FMDA) 系统的低功耗

最后一英里接入 .....	3
1.1 蜂窝网络的发展及低功耗考量 .....	3
1.1.1 功耗 .....	3
1.1.2 流量密度 .....	4
1.1.3 设备成本 .....	5
1.1.4 本章的目的与结构 .....	5
1.2 BWA-FMDA 架构 .....	6
1.2.1 RoF 解决方案的背景简介 .....	6
1.2.2 AE .....	7
1.2.3 光通信媒质 .....	7
1.2.4 中央处理实体 .....	7
1.3 功耗和仿真模型 .....	8
1.3.1 功耗模型 .....	8
1.3.2 信令开销 .....	9
1.3.3 仿真模型 .....	10
1.4 数值结果 .....	12
1.4.1 频谱效率 [(bit/s)/Hz] .....	12
1.4.2 能量效率 (bit/J) .....	13
1.4.3 能源效率和频谱效率之间的权衡 .....	15
1.5 小结 .....	18
致谢 .....	18
参考文献 .....	19



<b>第2章 具有 QoS 性能保证的绿色通信无线网络资源交易</b> .....	22
2.1 需求型通信模型 .....	22
2.2 无线网络的资源交易 .....	23
2.2.1 无线资源交易 .....	23
2.2.2 能源与带宽/延时之间的权衡 .....	24
2.2.3 能量和天线数量的权衡 .....	30
2.2.4 能量和编码方案之间的权衡 .....	31
2.3 在蜂窝网络中使用资源交易的样本案例研究 .....	32
2.4 在家庭基站网络中使用资源交易的样本案例研究 .....	35
2.4.1 系统模型 .....	36
2.4.2 下行链路信道中的能耗模型 .....	37
2.4.3 绿色无线电的频谱配置 .....	38
2.4.4 仿真结果和性能分析 .....	40
2.5 小结 .....	44
参考文献 .....	45
<b>第3章 蜂窝系统中的绿色中继技术</b> .....	47
3.1 简介 .....	47
3.2 中继辅助系统的频谱和能量效率分析 .....	51
3.2.1 系统模型 .....	52
3.2.2 频谱效率分析 .....	53
3.2.3 能量效率分析 .....	57
3.2.4 观点与讨论 .....	61
3.3 H-ARQ 和 $H^2$ -ARQ 的中继 .....	63
3.3.1 $H^2$ -ARQ 的中继策略 .....	64
3.3.2 性能分析 .....	66
3.3.3 观点与讨论 .....	68
3.4 蜂窝网络中的节能中继节点 .....	71
3.4.1 蜂窝系统与功耗模型 .....	72
3.4.2 中继节点的配置优化 .....	76
3.4.3 室外到室内的中继 .....	81
3.5 小结与展望 .....	86
参考文献 .....	87
<b>第4章 绿色无线通信与网络的跨层设计和优化</b> .....	93
4.1 不同层的节能设计 .....	93
4.1.1 节能硬件平台 .....	93