



WILEY

国际先进通信技术译丛

Femtocell 技术与应用

Femtocells

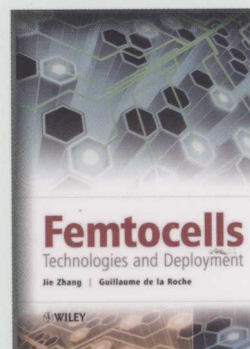
Technologies and Deployment

【英】Jie Zhang

著

【法】Guillaume de la Roche

彭木根 李楠 译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

国际先进通信技术译丛

Femtocell

技术与应用

Femtocells

Technologies and Deployment

【英】Jie Zhang 著

【法】Guillaume de la Roche

彭木根 李楠 译

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

Femtocell技术与应用 / (英) 张杰, (法) 纪尧拉罗
什著; 彭木根, 李楠译. — 北京: 人民邮电出版社,
2010.9

(国际先进通信技术译丛)

ISBN 978-7-115-23050-8

I. ①F… II. ①张… ②纪… ③彭… ④李… III. ①
移动通信—通信技术 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第087459号

版 权 声 明

Jie Zhang, Guillaume de la Roche

Femtocells: technologies and deployment

Copyright © 2010 by John Wiley & Sons Ltd.

All rights reserved. This translation published under license.

Authorized translation from the English language edition published by Wiley Publishing, Inc..

本书中文简体字版由 John Wiley & Sons Ltd 公司授权人民邮电出版社出版, 专有版权属于人民邮电出版社。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2010-2366 号

国际先进通信技术译丛

Femtocell 技术与应用

◆ 著 [英] Jie Zhang [法] Guillaume de la Roche
译 彭木根 李楠
责任编辑 姚予疆
执行编辑 刘洋

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15.25
字数: 365千字 2010年9月第1版
印数: 1—3000册 2010年9月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2010-2366 号

ISBN 978-7-115-23050-8

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

内 容 提 要

本书系统讲述了 Femtocell 的技术原理和实际应用方案，主要涉及室内覆盖技术、接入网结构、空中接口技术、场景的系统级仿真、多天线干扰、移动性管理、网络自组织等。

本书内容全面，翔实丰富，实用性强，对于从事 Femtocell 相关工作的研究开发人员和工程技术人员都有很高的参考价值。本书也可供通信领域相关人员和高校通信等专业的师生阅读参考。

致 谢

在这里感谢出版商、Tiina Ruonamaa、Anna Smart、Sarah Tilley、Brett Wells 和 Wiley 无线团队的其他成员。他们出版了很多很好的无线书籍！我们非常感谢他们对这本书出版的鼓励、热情和评价以及他们在 Femtocell 方面的专业水准。我们相信他们是 Wiley 最宝贵的财富！从他们身上我们学到了很多，同时感谢 Brett Wells 和 Dhanya Ramesh 在本书出版过程中的杰出贡献。

我们感谢读者给予我们的宝贵意见，这些意见大大提高了这本书的质量。

感谢 Simon Sauders 邀请张杰参加 2008 年 12 月份的 Femto 论坛会议，通过参加这次会议，张杰对 Femto 论坛活动有了大致的了解。关于 WCDMA 干扰管理的 Femto 论坛白皮书也对此书帮助很大。

作者一并感谢阿尔卡特朗讯的 Holger Claussen 和 Malek Shahid，他们对 Femtocell 的了解比较深入，与他们的讨论使得我们非常受益。

我们还感谢华为的 De Chen 和 Eric Xia (夏林峰)，通过与他们的讨论，增加了我们对 LTE 系统中 Femtocell 的了解。

我们还感谢我们的好朋友 John Malcolm Foster，感谢他在过去的 7 年用自己的智慧对我们的研究论文和所著的书籍提供宝贵的建议。Malcolm 修正了此书所有章节的英文。近年来，他使我们受益无穷。

我们还感谢 CWiND 的其他成员，比如 Alpár Jüttner、Raymond Kwan、Ákos Ladányi 和 Zhihua Lai (根据姓氏字母顺序)，他们的研究对此书有直接或者间接的帮助。同这么多有天赋、有朝气的年轻研究员一起工作，我们非常自豪，同时，CWiND 是一个可以使我们在很短的时间内取得很多成就的宝地。

同时我们感谢支持我们对 femtocell 和室内无线网络设计的工程和物理科学研究委员会 (Engineering and Physical Science Research Council, EPSRC) 以及欧洲委员会，并向 Ranplan 无线网络设计有限公司的工程合作者特别是 Joyce Wu 以及 INSA-Lyon 的工程合作者特别是 Jean-Marie Gorce 表示感谢。

感谢我们从小学到取得博士学位的过程中指导我们的所有老师和研究员。在很多方面，是他们点亮了我们的梦想。

感谢多年来家人对我们的支持，没有他们的支持，我们甚至可能不会生活在这个世界上。

张杰感谢 Joyce 在家里做的所有工作，尤其感谢她对孩子 Jennifer 和 Jame 的照顾。张杰很欣慰 Jennifer 对工程的热爱，相信她将会在工程方面做出比自己更大的贡献。

关于作者

张杰 (Jie Zhang)，英国贝德福特大学计算机科学与技术学院无线通信与网络系教授，无线网络设计中心主任，2002 年成为英国贝德福特大学讲师，2006 年荣升为该大学教授。

1995 年获得华东理工大学自动化专业博士学位，1997~2001 年，在伦敦大学佩里亚伦敦学院和牛津大学任博士后研究员。

自 2003 年以来，张教授已经申请到 12 个以上的项目，自身创造的价值超过 400 万欧元。除此之外，张教授同他的工业合作伙伴负责的项目创造的价值也达几百万欧元，这些项目集中在无线传播模型，UMTS/HSPA/WiMAX/LTE 仿真、规划和优化，室内无线网络设计和 femtocell 领域。

张教授是工程和物理科学研究理事会和欧盟框架项目的评审专家。

张教授已经发表一百多篇相关的期刊和会议论文，是 2009 年 IEEE ICC 上与 femtocell 相关的名为 Femtocells: Deployment and Applications 分会的主席，是 IEEE Globecom 和 IEEE PIMRC 的技术委员会成员。

张教授是 Springer (施普林格)《电信系统》期刊的副主编，同时是 Elsevier《计算机通信》期刊的编委。

纪尧拉罗什 (Guillaume de la Roche) 自 2007 年起为英国无线网络设计中心研究员，在法国里昂化学物理与电子学院获得电信专业学士学位，2003 年获得信号处理硕士学位，2007 年在法国里昂国家应用科学研究所获得无线通信博士学位。

2001~2002 年，他是西门子—英飞凌公司在德国慕尼黑的研究工程师。在 2003~2004 年，他就职于法国一家公司，致力于对 802.11 无线网络进行部署和规划，负责团队中 Wi-Fi 规划工具的设计。2004~2007 年，他就职于法国里昂国立应用科学学院花旗实验室，主要负责室内环境下无线传播和 Wi-Fi 网络的规划和优化。

之前他给很多的学生都讲述过 GSM 网络规划课程；现在仍然就职于里昂第一大学，主讲面向对象编程和 Java 语言；曾参与欧盟和英国资助的项目，目前为室内和室外无线网络并存和优化的第七框架计划 (FP7) 项目主要研究员；当前的研究工作包括 femtocell、信道模型和无线网络的规划和优化。

巴尔卡赛·阿尔瓦罗 (Alvaro Valcarce) 于 2006 年在西班牙维哥大学电信工程系获得工程硕士学位，2005 年就职于德国马德里“Telefonica I+D”公司，参与了把应用流平台集成到“ATG Dynamo”服务器中，并促进了基于应用的点播系统的发展。

2006 年，他担任德国萨尔布吕肯 WiSAAR 集团的研究员，在那里多次对 WiMAX 系统

的无线传播模型、数据分析和无线性能评估进行了大量测试工作，该项目的成果为在城市环境中频率为 3.5GHz 的 WiMAX 覆盖区域的理论传播模型提供了测试依据。

阿尔瓦罗在 2007 年在欧洲居里玛丽奖学金支持下参与了英国贝德福特大学的无线网络设计中心的早期研究训练 (EST) 工作；2008 年，成为第一批英国自然科学研究理事会关于 femtocell 的主要研究人员，研究项目题目是基于 WiMAX 的 femtocell 室内覆盖可行性分析 (EP/F067364/1)；博士期间主要参与的研究是“动态 3G/4G 无线接入网络的规划和优化——高端的计算方法”，其属于 FP6 RANPLAN-HEC 项目范畴，此项目研究包括其他无线网络研究课题、室内到室外无线信道以及把它们应用到网络规划中的问题等。当前阿尔瓦罗的主要研究兴趣包括无线信道模型、多载波系统、有限差分算法、无线网络规划和优化方法以及 femtocell。

大卫·罗伯茨-皮日兹 (David López-Pérez) 分别于 2003 年和 2006 年在西班牙阿利坎特的埃尔南德斯大学获得电信专业学士和硕士学位。他于 2005 年加入西班牙沃达丰公司，在无线网络规划和优化的无线射频部门工作，参与了该公司的 GSM 和 DCS 网络的动态频率规划工作。

2006 年在爱尔兰科克技术研究所获得博士学位，在这一年里他参与的项目是多模式 Wi-Fi 定位系统，该项目提出了基于 Wi-Fi 现有设备的多模定位方案，具有很高的经济效益，无论是在办公室环境还是在开放的建筑或者操场环境都能提供精确的位置服务。

目前，他是英国贝德福特大学无线网络设计中心居里玛丽的同事，他的研究得到 FP6 Marie Curie RANPLAN-HEC (MESTCT-2005-020958) 项目的支持，同时，他还是英国第一届自然科学研究理事会客座研究员，参与了关于 femtocell 的项目——基于 femtocell 的 WiMAX 室内覆盖的可行性分析 (EP/F067364/1)。他的研究侧重于 2G/3G/WiMAX 网络规划和优化，宏蜂窝和 femtocell 并存的网络环境下自组织，以及协同通信、优化和仿真技术。

刘恩洁 (Liu Enjie) 是英国贝德福特大学计算机科学与技术学院的高级讲师。她于 2003 年进入贝德福特大学工作，是网络教学组成员，负责本科生和研究生的有线和无线通信技术的教学工作。她在 2002 年获得伦敦大学皇家玛丽学院的博士学位，之后成为萨里大学通信系统研究中心的研究员，并获得了纳菲尔基金会的新人讲师奖。她也是 EU FP6 RANPLAN-HEC 中 3G/4G 无线网络规划和优化工程的合作者，同时也是第一个自然科学研究理事会资助的 femtocell 项目——基于 femtocell 的室内覆盖可行性分析 (EP/F067364/1) 的主要研究者。在成为博士之前，她有十年以上在北电网络研究远程通信的工作经验，成为北电在中国布置网络的第一人并进行对无线网络如 GSM 和 CDMA 的现场测试和维护，也曾经在北电的英国哈洛实验室工作过。

宋辉 (Hui Song) 是贝德福特大学的博士研究生，也是无线网络设计中心 (CWIND) 的助理，他主要研究网络规划和优化技术，当前的研究是 OFDM 衰落信道模型。在加入 CWIND 之前，他曾为位于中国上海的百林通信软件有限公司的技术部门经理，负责第一代网络规划和优化套件 (包括 GSM、WCDMA 和 TD-SCDMA) 的开发和维护。宋辉毕业于复旦大学，获得数学学士学位，现居住在英国。

前 言

蜂窝网络中大约 2/3 的电话业务和超过 90% 的数据业务都发生在室内，然而调查发现很多的家庭和公司都存在着很差的室内覆盖问题。覆盖面不足是客户流失的主要原因，而这对运营商而言，在市场已经饱和的情况下代价是很大的。如何提供良好的室内覆盖并提高成本效益，对运营商而言是一个严峻的挑战。

近期 femtocell 的发展为运营商解决室内覆盖问题提供了新的机会。同其他的室内方案相比（比如分布式天线系统 DAS，皮小区等），femtocell 具有更高的成本效益。像沃达丰和 AT&T 这样的许多运营商已经对家庭基站表现出了浓厚的兴趣，并在 2009 年的下半年在其移动网络范围内对 femtocell 进行商业运营。

在有效频谱共信道部署的情况下，大量 femtocell 的使用将会对宏小区产生影响，因此在大规模使用之前，需要对 femtocell 和宏小区之间的相互影响和它们的性能进行全面评估，可以通过试验或者仿真的方法来进行。目前缺一份全面有序的解释 femtocell 放置在宏小区网络中会产生各种问题的参考资料，因此，我们认为写一本涵盖 femtocell 技术（例如 femtocell 结构和空中接口技术）以及 femtocell 的使用会产生一系列问题（比如干扰模型和干扰消除、自优化、移动性管理等）的书籍迫在眉睫。

近年来，得到自然科学研究理事会和欧洲委员会项目资助的 CWiND 研究中心一直在从事 femtocell 和室内无线网络设计的研究，这些项目使他们对 femtocell 技术和由于 femtocell 的使用产生的一系列问题有很好的了解。此外，值得欣喜的是，2009 年 2~6 月，CWiND 投入大量的人员力量来创作这本关于 femtocell 的书籍。

在这本书中，研究 femtocell 场景用的是计算机辅助的仿真方法，而不是试验方法。这种方法更加简单，并且具有更高的成本效益。

这本书的创作风格是教材式的，这本书的读者适宜范围比较广泛，比如运营商的射频工程师、电信设备商的射频研发工程师、大学里的教师和科研人员、无线网络专家和监管机构的职员等。

本书的结构如下。

第 1 章（绪论） 介绍了 femtocell 的概念和书中要讲述的内容，femtocell 的优缺点，并简要介绍了 femtocell 的相关标准和商业模型。

第 2 章（室内覆盖技术） 介绍了多种不同的室内覆盖技术。由于 femtocell 主要用于室内，在这里对其他类型的室内覆盖技术同时做了简要介绍，希望对读者有所帮助。在这一章，阐述了从宏小区到 femtocell 的演进，比较了不同的方法。介绍了分布式天线技术、中继站和

皮小区技术的优缺点并阐述了它们与 femtocell 的竞争关系。需要指出的是, 由于 femtocell 可以提供回程连接或方便建立有线连接, 它也可以用于室外场景。

第 3 章 (接入网络架构) 阐述了从 3GPP R8 中演进而来的 femtocell 结构以及 femtocell 连接到核心网的不同连接方式。进一步阐述了 femtocell 和 femtocell 网关之间的功能, 比如 Iuh 接口的功能, 此外还讲述了安全方面的问题。

第 4 章 (空中接口技术) 阐述了 femtocell 中不同的空中接口技术, 特别描述了这些接口中 femtocell 特有的性质。这一章涉及的技术主要有: 全球移动通信系统 (Global System for Mobile Communication, GSM), 通用移动通信系统 (Universal Mobile Telecommunication System, UMTS), 高速分组接入 (High Speed Packet Access, HSPA), 全球微波接入互操作性 (Worldwide Interoperability for Microwave Access, WiMAX) 和长期演进 (Long Term Evolution, LTE)。

第 5 章 (Femtocell 场景的系统级仿真) 详细讲述了 femtocell 的仿真方法。从无线覆盖水平到系统级仿真, 讲述了 femtocell 仿真工具的发展。仿真方法分为静态和动态两种, 并举例说明了 femtocell 部署的仿真工具的使用。给出了 femtocell 和宏小区并存的 WiMAX 场景下的覆盖和容量分析结果。

第 6 章 (Femtocell 中存在的干扰) 基于 CDMA 或者 OFDMA 的 femtocell 和宏基站共存的网络中存在的干扰除了有相邻家庭基站之间的干扰外, 还有 femtocell 和宏小区之间的干扰, 这个干扰也称为跨层干扰。本章也考虑了 UMTS 中宏小区和家庭基站共存时的性能。此外, 这一章还阐述了一些干扰消除和避免技术。

第 7 章 (移动性管理) 详细阐述了移动性管理的相关内容, 包括小区选择/重新选择、不同的接入方法 (CSG, 开放式、混合式) 的 femtocell 和宏小区之间的切换。移动性管理是一个重要的技术难点, 对 femtocell 和宏小区共存的网络结构而言是一个很大的挑战。

第 8 章 (网络自组织) 阐述的网络自组织技术包括: 自配置、自优化和自修复。由于具有自配置功能, femtocell 的初始参数 (比如 PCI、邻小区列表、信道和功率) 都是自动选择的。在考虑信道的动态特性和可用资源的情况下, 使用 FAP 时通过自优化来优化 FAP 参数。这一章还阐述了信息交互和测量报告这些无线信道感知技术。femtocell 是即插即用装置, 它的自组织能力是成功部署 femtocell 的关键。

第 9 章 (Femtocell 进一步研究的问题) 阐述了 femtocell 面临的需要进一步解决的重要问题, 包括精确定位、安全性和家庭基站设备的位置认证。除此之外, 这一章还讲述了接入方法、femtocell 的应用和绿色环保问题。

参与本书翻译工作的人员有彭木根、李楠、杨旭、刘文鑫、李秦梓、李远、陈俊、江加沫、牟勤、黄宇、谢信乾、张春飞、丰俊伟、陈华、周通、李雪娜等。

没有一本书是完美的, 这本书也不例外。为了进一步修正存在的问题和不足, 在网站 www.deployfemtocell.com 上可以找到这本书的详细资料, 我们还计划在网站上开放一个供作者和读者、读者和读者相互讨论的平台。最后, 我们衷心地希望您喜欢这本书, 并给予我们反馈以帮助我们在下一版进行改进。

目 录

第1章 绪论	1	2.3.1 室内无源中继站	14
1.1 室内覆盖问题	1	2.3.2 有源中继站	15
1.2 Femtocell 的概念	2	2.3.3 室内中继的发展	15
1.2.1 Femtocell 的定义	2	2.3.4 结论	16
1.2.2 Femtocell 简史	2	2.4 分布式天线系统	16
1.2.3 Femtocell 接入点	2	2.4.1 无源分布式天线系统	16
1.2.4 FAP 技术	3	2.4.2 无源系统的缺点	19
1.2.5 FAP 部署	3	2.4.3 有源分布式天线系统	19
1.2.6 FAP 分类	3	2.4.4 无源系统和基础系统 之间的选择	20
1.3 Femtocell 的重要性	4	2.5 辐射电缆或泄漏电缆	20
1.4 Femtocells 的部署	5	2.5.1 操作准则	21
1.4.1 为运营商带来的好处	6	2.5.2 部署	21
1.4.2 为用户带来的好处	7	2.5.3 辐射电缆的替代品	22
1.5 吸引更多消费者的重要因素	7	2.6 室内基站	23
1.5.1 接入控制	7	2.6.1 微微小区	23
1.5.2 标准化	8	2.6.2 Femtocells	25
1.5.3 商业模式	9	2.6.3 微微小区和 Femtocells 的 区别	26
1.5.4 应用	9	2.7 室内覆盖技术的比较	27
1.5.5 Femtocell 与未许可移动 接入的比较	10	参考文献	28
1.6 本书的结构	10	第3章 接入网络架构	31
参考文献	11	3.1 概述	31
第2章 室内覆盖技术	12	3.1.1 IP 上的传统 Iub	32
2.1 室内覆盖的改进	12	3.1.2 集中器	33
2.2 室外小区	12	3.1.3 通用接入网 (GAN) —— 基于 RAN 网关	33
2.2.1 乡村地区	13	3.1.4 IMS 和 SIP	34
2.2.2 城市地区	13		
2.3 中继	14		

3.2 基于 GAN 的从 Femtocell 到 核心网的连接	35	参考文献	80
3.2.1 基于 Iu 的 Home Node B 架构的 GAN 演化	35	第 5 章 Femtocell 场景的 系统级仿真	82
3.2.2 构件描述	37	5.1 网络仿真	82
3.2.3 HNB 和 HNB 网关的 功能分割	40	5.2 链路级和系统级仿真	83
3.2.4 内部和外部的接口	42	5.3 无线信道模型	85
3.2.5 协议架构	43	5.3.1 物理影响	86
3.2.6 HNB 支持的 GAN 规范 扩展	46	5.3.2 传播模型	86
3.2.7 GANHNB 架构的 优点	46	5.3.3 模型的选择	88
3.3 Home Node B 的 3GPP Iuh	47	5.3.4 重要因素	89
3.3.1 HNB 的 Iub 和 Iuh 比较	47	5.3.5 衰落影响的仿真	90
3.3.2 HNB 的 Iuh 接口 定义	48	5.4 静态和动态系统级仿真	90
3.4 向 IMS/HSPA+/LTE 的演进	49	5.5 针对 WiMAX Femtocell 的 静态系统级方法论	91
3.5 IMS 支持的架构	51	5.5.1 网络特点	91
3.5.1 附加的特性	51	5.5.2 静态系统级仿真研究 方法	94
3.5.2 可选择的架构	52	5.6 针对 WiMAX Femtocell 的 覆盖和容量分析	101
参考文献	53	5.6.1 场景描述	101
第 4 章 空中接口技术	55	5.6.2 覆盖	102
4.1 引言	55	5.6.3 信号质量	104
4.2 2G femtocell: GSM	55	5.6.4 性能	105
4.2.1 网络	56	5.7 动态系统级仿真综述	108
4.2.2 空间干扰	58	5.7.1 业务模型	109
4.3 3G Femtocell: UMTS 和 HSPA	61	5.7.2 移动性模型化	110
4.3.1 CDMA 基础	62	参考文献	111
4.3.2 网络	63	第 6 章 Femtocell 中存在的干扰	113
4.3.3 空中接口	65	6.1 概述	113
4.3.4 HSPA Femtocell	69	6.2 关键概念	113
4.4 基于 OFDM 的 Femtocell	70	6.2.1 共层干扰	113
4.4.1 OFDM 的基本原理	71	6.2.2 交叉层干扰	120
4.4.2 WiMAX 技术	75	6.2.3 远近问题	126
4.4.3 LTE 技术	77	6.3 干扰消除	128
		6.3.1 上行技术	128
		6.3.2 下行技术	131
		6.4 干扰避免	131
		6.4.1 CDMA	131

6.4.2 OFDMA	133	7.7.2 Rel-8 中的小区切换	167
6.5 UMTS 干扰管理	134	参考文献	172
6.5.1 共信道干扰	135		
6.5.2 邻信道干扰	136	第 8 章 网络自组织	175
6.6 小结	136	8.1 自组织概述	175
参考文献	136	8.1.1 背景	175
		8.1.2 定义	177
第 7 章 移动性管理	139	8.1.3 驱动	178
7.1 简介	139	8.2 自配置、自优化和自愈	178
7.2 3GPP 中 femtocells 的移动性 管理	140	8.3 femtocell 场景下的自组织	179
7.3 femtocell 特性	142	8.3.1 背景	179
7.3.1 区分宏基站和 femtocell	142	8.3.2 目标	180
7.3.2 发现相邻的 femtocells	145	8.4 femtocell 中的启动过程	180
7.3.3 区分 femtocell 的接入 方式	146	8.5 认知无线信道	182
7.3.4 对允许列表的处理	147	8.5.1 网络监听模式	182
7.4 接入控制	150	8.5.2 信息交换	182
7.4.1 接入控制的诱发机制	150	8.5.3 测量报告	183
7.4.2 接入控制的地点	150	8.5.4 认知无线电	185
7.4.3 不同接入方式下的 接入控制	152	8.6 femtocell 参数的自配置和 自优化	185
7.5 寻呼程序	153	8.6.1 物理小区识别	185
7.5.1 MME/SGSN 中的寻呼 优化	154	8.6.2 相邻列表	187
7.5.2 femtocell-GW 中的 寻呼优化	154	8.6.3 频谱分配	189
7.6 小区选择和重新选择	157	8.6.4 功率选择	190
7.6.1 Rel-8 以前的版本中的 小区选择	157	8.6.5 频率分配	193
7.6.2 Rel-8 以前的版本中的 小区重新选择	159	8.6.6 天线方向图整形	199
7.6.3 Rel-8 中的小区选择	161	参考文献	200
7.6.4 Rel-8 中的小区重新 选择	162		
7.7 小区切换	165	第 9 章 Femtocell 进一步 研究的问题	203
7.7.1 Rel-8 以前版本中的 小区切换	165	9.1 定时	203
		9.1.1 时钟精度要求	204
		9.1.2 femtocell 的振荡器	204
		9.1.3 定时同步	205
		9.1.4 选择一种方案	209
		9.2 femtocell 的安全性	209
		9.2.1 可能存在的风险	209
		9.2.2 IPSec	210
		9.2.3 扩展鉴权协议	211
		9.2.4 femtocell 安全鉴权	212

Femtocell 技术与应用

9.2.5 无线链路的保护.....213

9.3 femtocell 定位.....213

9.3.1 FAP 定位的需求.....213

9.3.2 方案.....214

9.4 接入手段.....215

9.4.1 闭式接入.....216

9.4.2 开放式接入.....218

9.4.3 混合接入.....220

9.5 新应用的需求.....222

9.5.1 用户对 femtocell 需求的
演进 222

9.5.2 新应用的发展 223

9.6 健康问题 224

9.6.1 无线电波和健康 224

9.6.2 femtocell 的功率级别..... 224

参考文献 225

缩略语 227

第 1 章

绪 论

1.1 室内覆盖问题

在蜂窝网络中,估计 2/3 的电话和 90% 以上的数据业务是在室内发生的。因此,对于蜂窝网络运营商来说,为话音、视频以及高速数据业务提供良好的室内覆盖变得日益重要。然而,一些调查显示,45% 的家庭和 30% 的企业都面临着室内覆盖差的问题^[1]。良好的室内覆盖和服务质量可以为运营商创造更多的收益,增加用户忠诚度并减少客户流失。不好的室内覆盖正好相反。因此,怎样提供良好的室内覆盖,特别是针对高速数据服务,对于运营商来说是一个很大的挑战。

提供室内覆盖的一种典型的方法是使用户外宏小区基站。这种方法有以下一些缺点。

(1) 使用一种所谓的“在外面”的方式来提供相应的室内覆盖是非常昂贵的。例如,在 UMTS 中,一个室内用户为了克服很高的穿透损耗,就会要求基站发送更高的功率。这将会导致分配给其他用户的功率减少并且将会降低小区的吞吐量。这是因为从系统容量来讲,可供室内用户使用的功率是受限的,并且在 UMTS 中容量和功率是相关的。因此,使用所谓的“在外面”方式每一兆比特的成本会非常高,并且比使用室内解决方案成本要高很多。

(2) 一个大容量网络需要很多的户外基站,然而在人口密集的区域建立许多户外基站是一个很大的挑战。

(3) 由于户外宏小区服务于室内用户时的干扰以及要求基站发送高的功率等原因,很少采用这种方法建立大容量网络。

(4) 随着小区站点密度的增加,这种网络的网络规划和优化变成了一个很大的挑战。例如,在 GSM/GPRS/EDGE 网络中的频率规划,在基于 CDMA 的网络中的软切换区域规划等。

(5) 3G 和 B3G 网络通常工作在 2GHz 或者更高的频率上,对于工作在 2GHz 以上的网络,建筑物的穿透是一项很大的挑战。

(6) 网络性能(例如吞吐量)在室内无法得到保证,特别是在不是面对宏小区站点的一边。为了获得高的数据速率,就需要更高的调制和编码方式。在 HSDPA、WiMAX 和 LTE 中,更高的调制和编码方式要求有更好的信道条件,然而好的信道条件只有在面对宏小区站点的窗口附近才可以实现。

因此,在商业中心、办公楼以及商场等热点区域,室内解决方式,例如 DAS(分布式天线系统)和微微小区成为了一种具有吸引力和可行的解决方案。这些室内网络都是由运营商

部署的。室内解决方案将会改善室内覆盖，分担来自户外宏小区的流量，提高服务质量，并且由于提高了无线链路的性能，提供高速数据服务变得容易。在 UMTS 中，由于采用了室内解决方案，提高了正交性，相应的吞吐量也得以提高。在 HSPA/LTE 或者 WiMAX 中，更好的信道条件可以确保更高效的调制和编码方式得以使用，因此提供了更加丰富的服务，并且可以进一步推动用户的需求。

即使以上提到的室内解决方案在为语音和高速数据业务提供室内覆盖方面比使用户外宏小区更加有效，成本也更低，但将这种方案应用在某些场景中的成本仍然很昂贵，例如 SOHO（小型办公室和家庭办公室）和家庭用户（用于个人通信和娱乐等）场景。对于运营商来说，SOHO 和家庭使用场景通常并不意味是一项大的需要解决的问题。最近，femtocells 的发展为在这些场景中采用低成本的室内解决方案提供了很好的机会。不同于微微小区，femtocells 是由用户自己部署的。

1.2 Femtocell 的概念

1.2.1 Femtocell 的定义

Femtocell 是蜂窝网接入点，将标准移动设备连接至移动运营商网络，所使用的方法有：住宅 DSL、电缆宽带连接、光纤或者无线“最后一英里”技术等。

1.2.2 Femtocell 简史

“home base station”的概念最早在 1992 年由 Alcatel-Lucent 所提出。2002 年，摩托罗拉公布了最早的基于 3G 的 home base station 产品。然而，直到 2005 年，的概念才被广泛接受。2006 年，“femtocell”作为术语首次提出。2007 年 2 月，许多公司在 3GSM 国际会议(Barcelona)上都对 femtocell 做了说明，同时运营商也宣布对 femtocell 开始测试。2007 年 7 月，Femto^[2]论坛建立了，此举不仅推进了 femtocell 的标准化，而且推进了其在全球范围的部署。截至 2008 年 12 月，此论坛已经包含了超过 100 个电信硬件和软件供应商、移动运营商、内容供应商以及创办者。2008 年，HNB 和 HeNB 首次在 3GPP Release 8 中提出，标志着它已经成为一项主流的无线接入技术。大规模的 femtocell 部署预期在 2010 年后开始。这就预示着 LTE 网络的铺设将会从早期的网络部署阶段演变为既包含户外宏小区又包含室内 femtocell 的阶段。femtocell 应用于企业场景也是非常值得期待的。

1.2.3 Femtocell 接入点

一个 femtocell 单元包含一个典型基站（在 UMTS 中为 Node B）的功能。一个 femtocell 单元就像一个 Wi-Fi 接入点，如图 1.1 所示。然而它还包含 RNC（无线网络控制器，在 GSM、BSC 中使用）和所有的核心网络元素。因此，它不需要蜂窝核心网络，仅仅需要一个到 DSL 的数据连接或者到因特网的有线连接，通过此数据连接或者有线连接将其接入移动运营商核心网络，如图 1.1 所示。在本书中，我们使用 femtocell 接入点（FAP）来表示包含基站和核心网络功能设备的 femtocell 单元，并且使用 femtocell 来代指被 FAP 所覆盖的服务区。一个 FAP 就像一个 Wi-Fi 接入点（WAP）。然而，从严谨角度来看，它们具有本质区别。WAP 采

用的是 Wi-Fi 技术, 例如 IEEE 802.11b、802.11g 以及 802.11n。FAP 采用的是蜂窝技术, 例如 GSM/GPRS/EDGE、UMTS/HSPA/LTE 以及移动 WiMAX (IEEE 802.16e)。对 Wi-Fi 技术和蜂窝技术做一个详细的比较不在本章的讨论范围之内。

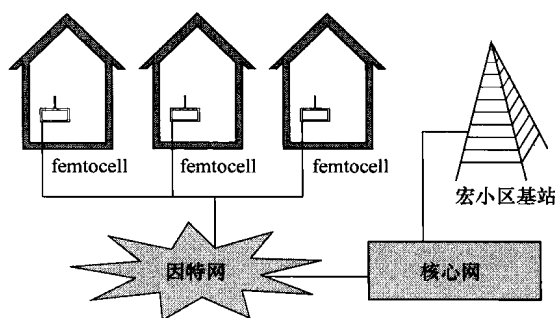


图 1.1 典型的家庭基站和宏小区场景

1.2.4 FAP 技术

femtocell 的背景技术就是蜂窝技术。由于 femtocell 的关键动力就是极高的室内分组数据传输速率要求, 所以 UMTS/HSPA/FAPs 是目前主要的焦点。然而, FAP 还可以基于 GSM/GPRS/EDGE。基于 femtocells 的 2G/3G 已经有很大的进展, 基于 femtocell 的 WiMAX 和 LTE 也正在研究和完善中。

1.2.5 FAP 部署

不同于微微蜂窝基站, FAP 不是由运营商部署而是由用户自己部署。它们应该被看作消费电子设备。为了使到达户外宏小区以及周围 FAP 的干扰最小, 一个 FAP 必须能够自动的进行配置。FAP 的自动配置可以分为一个感应阶段和一个自动调试阶段, 前者包含了对无线环境的评估, 后者包含了对 FAP 参数 (例如, 下行发射功率和子信道分配等) 的自动配置。FAP 的自动配置是 femtocells 部署能否成功的关键所在。在 FAPs 被用户成功部署之前, 运营商必须通过测试或者仿真的方式对典型 femtocell 的部署场景进行性能评估。仿真和测试的主要目的是找出 femtocell 部署对宏小区层的影响。另外, femtocells 怎样互相影响、femtocell-layer 和宏小区层的性能等都需要研究。一个 femtocell 部署工具包括对 RAT (无线接入技术) 的系统级仿真, 准确的无线传输模型 (例如, 使用 3D 射线追踪或者 FDFD), 3D 建模和可视化建筑结构 (例如, 从 AutoCAD.dxf 文件中读出内容后生成可见的 3D 建筑层结构) 以及引擎优化, 其中引擎优化是必不可少的组成部分, 因为和进行测试相比较, 引擎优化既便宜又方便。CWIND 的产业合作伙伴 Ranplan Wireless Network Design Ltd 研制了这一工具, 并且准备在 2010 年年初用于商用。

1.2.6 FAP 分类

根据性能, FAP 可以分为两类, 一类称为家庭 FAP, 可以支持 3~5 个用户同时使用; 另一类称为企业 FAP, 可以同时支持 8~16 个用户。FAP 的核心动力是在住宅地区提供高速数据服务。对于所有的用户而言, 同时使用 femtocell 的可能性很小, 这就是为什么能够支持分组 5 个以上用户同时使用 femtocell 与现实需求相比是多余的原因。另外, 这也受到回程

ADSL 带宽传输限制。根据已使用的蜂窝技术, FAP 可以被分为 UMTS FAP、GSM FAP、WiMAX FAP 等。另外, 目前还出现了将不同的空中接口与同一 FAP 相结合的趋势。

1.3 Femtocell 的重要性

femtocells 的大规模部署有望在 2012 年出现^[3] (如图 1.2 和图 1.3 所示), 但是为什么它会如此重要呢? femtocell 之所以重要, 原因有以下几点。

(1) 它可以为宏小区基站所不能覆盖的地区提供室内覆盖。

(2) 它可以减少来自于宏小区基站的高功率开销并提高宏小区基站的性能 (在使用宏小区基站提供室内覆盖范围的情况下, 为了补偿大的穿透损耗, 就需要基站提供更高的功率, 这会导致性能的下降)。

(3) 假设能够获得很好的隔离效果, 这样信号从室内向室外的渗透就很少, 那么额外增加的 femtocell 层通过室内频谱复用便可在很大程度上改善整个网络的性能。

(4) 目前, 高速数据传输的需求日趋增长。由于存在很高的穿透损耗, 除了那些与面向宏小区基站的窗户靠近的室内区域外, 其他的地方是不能够获得高速数据服务的。这是因为高速数据服务需要很好的无线链路性能。通过采用例如 HSDPA 等技术, 使高速数据传输服务简单化是 femtocells 的核心动力。

(5) femtocell 可以为用户节省大量的功率。到达室内 FAP 的路径损耗比到达室外宏小区基站的路径损耗要小得多, 从用户到 FAP 所要求的发射功率也类似。电池寿命也是制约移动终端提供高速数据服务的最大瓶颈之一。

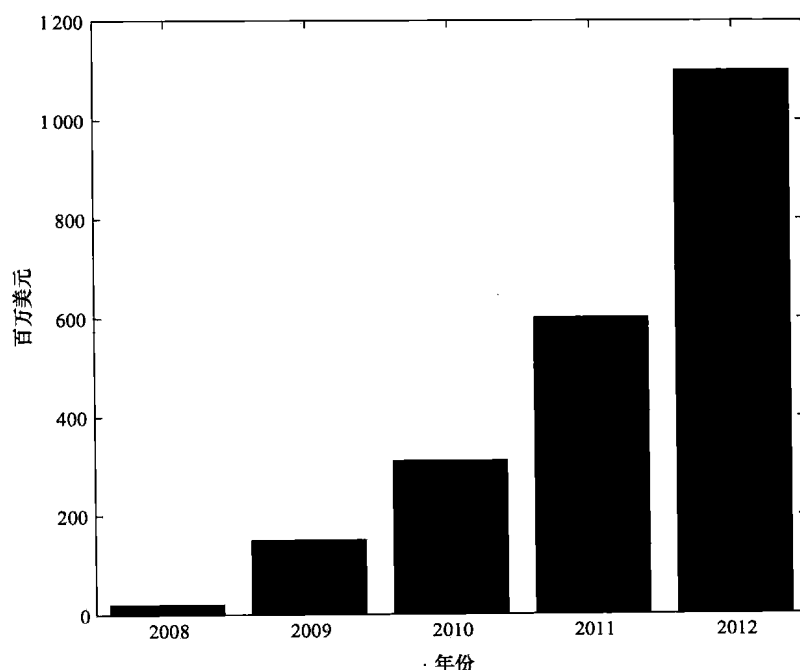


图 1.2 全球家庭基站基础设施市场预计 (数据来自 www.wirelessweek.com)