

小基站 (Small Cell) 规划、
设计技术宝典

“十二五”

国家重点图书出版规划项目

Small Cell Radio Network Planning and Design **4G 丛书**

小基站 (Small Cell) 无线网络规划与设计

□ 姚岳 李新 朱晨鸣 戴春雷 聂磊 贝斐峰 等 编著



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

“十二五”
国家重点图书出版规划项目

Small Cell Radio Network Planning and Design 4G 丛书

小基站 (Small Cell) 无线网络规划与设计

□ 姚岳 李新 朱晨鸣 戴春雷 聂磊 贝斐峰 等 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

小基站 (Small Cell) 无线网络规划与设计 / 姚岳
等编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2015. 12
(4G丛书)
ISBN 978-7-115-39361-6

I. ①小… II. ①姚… III. ①无线网—网络规划②无
线网—网络设计 IV. ①TN92

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第219963号

内 容 提 要

本书共分 10 章, 首先介绍了小基站 (Small Cell) 的概念及引入背景、技术标准及产业发展、网络结构及关键技术、回传解决方案等基础理论; 在此基础上重点介绍了 Small Cell 的网络规划、工程建设、网络规划实务、工程建设实务、商业模式和业务; 最后对全文进行了总结, 展望了 Small Cell 的未来发展趋势。

本书适合电信运营商、电信设备供应商、电信咨询业的相关工程技术人员阅读参考。

-
- ◆ 编 著 姚 岳 李 新 朱晨鸣 戴春雷 聂 磊 贝斐峰 等
责任编辑 杨 凌
责任编辑 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 13.5 2015 年 12 月第 1 版
字数: 328 千字 2015 年 12 月北京第 1 次印刷
-

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010) 81055488 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

前 言

近几十年来,民用无线通信技术迅速发展,先后出现了多种无线接入技术及标准,其中蜂窝移动通信的出现更是改变了全球数十亿人的生活方式。目前移动通信发展已经进入第四代移动通信系统(4G)时代,而第五代移动通信系统(5G)预研工作已经启动,目前处于需求征集阶段,预计2020年前将会商用。

基站作为移动通信网络最为关键的设备,其发展与移动通信技术的发展密切相关,从目前来看,基站发展大致经历了4个阶段。第一阶段的基站:设备集成度低,耗电大,功放效率低,能提供的容量有限。第二阶段的基站:随着微电子技术的发展,设备集成度增高,设备耗电减小,功放效率升高,单机柜的系统容量得到很大的提升。随着数据业务需求的出现,第二阶段的基站通过部分硬件更换和软件升级的方式,发展到第三阶段的基站,此阶段的基站具备了支持数据业务功能,同时设备向更高的集成度和更大的容量方向发展。目前,基站已经发展到了第四阶段——具有更高性能和集成度的宏基站、体积更小的小基站(Small Cell)、更灵活的分布式基站。其中 Small Cell 工作在国家授权、非授权频段,利用智能化技术对传统宏蜂窝网络进行补充与完善。Small Cell 信号可以覆盖 10~200m 的区域范围,支持多种标准,包括 2G 通信的 GSM, 3G 通信的 cdma2000、TD-SCDMA、WCDMA 以及 LTE 等。

Small Cell 技术由于其独特之处并能解决目前宏基站的覆盖和容量问题,因而受到了业界的青睐,目前正在现网中规模应用。但目前在国内市场上,针对 Small Cell 技术、规划及工程建设方面的图书相对较少。

本书作者均是江苏省邮电规划设计院从事 Small Cell 技术及规划建设研究的移动通信网络规划、设计人员。本书在编写过程中融入了作者长期从事移动通信网络规划及工程建设工作的心得和经验,从而使读者可以更好地理解 Small Cell 的技术原理和规划建设等内容。

本书是一本以 Small Cell 关键技术、网络规划和工程建设为主要内容的书籍。首先从 Small Cell 标准演进和产业链发展、关键技术、回传方案等方面,介绍了 Small Cell 相关标准和技术,接着重点从 Small Cell 的规划、部署与工程建设原理方面进行了分析,并在此基础上,结合工程实际,从 Small Cell 网络规划实务和工程建设实务两方面,详细介绍了 Small Cell 规划和工程建设项目的内容,最后介绍了 Small Cell 的商业模式和重点业务。

本书对 Small Cell 技术的介绍总体概念突出,内容清晰,具有新颖性、专业性和实用性。本书的出版,将对通信业相关人员在 Small Cell 方面的技术研究、网络规划和工程建设等工

作都起到积极的参考作用。

本书由姚岳、李新策划和主编，李新、朱晨鸣负责全书的结构和内容的掌握与控制。参与全书编写的有戴春雷、聂磊、贝斐峰、何浩、朱峥、米世成、范乐昊、许华东、彭雄根、陈旭奇、王强等。

本书在编写期间，得到了房树森、卢林林、张海龙、项晨晖等同仁的支持和帮助，在此谨向他们表示衷心的感谢。

作者

2015年8月于南京

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 移动通信技术发展历程	1
1.2 移动通信基站发展历程	3
1.3 Small Cell 概念	4
1.4 Small Cell 引入背景	5
1.5 Small Cell 应用场景	7
1.6 Small Cell 面临的挑战	8
1.7 小结	9
第 2 章 Small Cell 标准及产业发展	10
2.1 Small Cell Forum	10
2.2 国内外标准化情况	15
2.2.1 3GPP 标准化情况	15
2.2.2 国内行业标准情况	17
2.2.3 其他相关标准化/行业组织	18
2.3 全球商用进展	20
2.4 全球产业发展	23
2.5 小结	25
第 3 章 Small Cell 网络结构及关键技术	26
3.1 FemtoCell	26
3.1.1 标准化组织的架构制定	26
3.1.2 国内三大运营商的系统架构细化	29
3.1.3 网元功能	31
3.1.4 接入移动网方式	31
3.1.5 接入控制	35
3.1.6 移动性管理	36
3.1.7 关键技术	40
3.1.8 组网技术	41
3.2 LightRadio	42

3.2.1	系统架构	42
3.2.2	关键技术与方案	43
3.3	NanoCell	45
3.4	AtomCell	46
3.5	小结	47
第 4 章 Small Cell 回传解决方案		48
4.1	回传技术要求	48
4.1.1	回传覆盖	48
4.1.2	吞吐量、容量与带宽	48
4.1.3	时延	49
4.1.4	同步	51
4.1.5	安全	52
4.1.6	管理	52
4.2	有线回传解决方案	52
4.2.1	光纤直驱	52
4.2.2	PTN	53
4.2.3	xPON	54
4.2.4	FTTx	56
4.2.5	xDSL	57
4.3	无线回传解决方案	59
4.3.1	毫米波	59
4.3.2	微波	61
4.3.3	电视频段	64
4.3.4	卫星	65
4.3.5	蜂窝网	67
4.4	小结	68
第 5 章 Small Cell 网络规划与部署		69
5.1	无线网络规划基础	69
5.1.1	无线网络规划内容	69
5.1.2	无线网络规划流程	71
5.1.3	详细规划阶段	77
5.1.4	无线传播模型	78
5.2	Small Cell 网络规划特点	79
5.2.1	宏基站网络规划特点	79
5.2.2	宏基站规划对 Small Cell 的需求	81
5.3	Small Cell 部署原则及要点	82
5.3.1	业务发现及定位	82

5.3.2	Small Cell 部署原则及要点	82
5.3.3	宏微协同规划	83
5.4	SON	85
5.5	小结	87
第 6 章	Small Cell 网络工程建设	88
6.1	Small Cell 站址勘察	88
6.1.1	站址预规划	89
6.1.2	现场调查	91
6.1.3	站址选择	92
6.2	室外网络设计	94
6.2.1	设备选择	94
6.2.2	设备设置	100
6.2.3	覆盖区设计	100
6.2.4	与异系统的干扰分析	104
6.3	天馈系统安装	105
6.3.1	天线的选型	105
6.3.2	天线安装	106
6.3.3	室外线缆布放	108
6.3.4	室外天馈系统接地	108
6.4	分布系统设计	108
6.4.1	信号源	108
6.4.2	室内分布系统	112
6.5	基站配套设计	121
6.5.1	电源配套	121
6.5.2	天线支架配套	121
6.5.3	土建配套	122
6.6	基站防雷与接地	122
6.6.1	接地系统	122
6.6.2	主设备的防护	123
6.6.3	天馈系统的防护	124
6.6.4	供电系统的防护	124
6.7	小结	125
第 7 章	Small Cell 网络规划实务	126
7.1	项目概况	126
7.1.1	项目背景	126
7.1.2	覆盖目标	126
7.1.3	容量及业务目标	126

7.2 网络现状	127
7.2.1 规模现状	127
7.2.2 覆盖现状	127
7.2.3 容量现状	127
7.2.4 现网问题分析	128
7.3 网络规划	128
7.3.1 Small Cell 特点分析及设备选型	128
7.3.2 传播模型选择及校正	132
7.3.3 覆盖规划	138
7.3.4 容量规划	142
7.3.5 仿真验证	145
7.4 规划设计实例	147
7.4.1 Small Cell 设计原则	147
7.4.2 Small Cell 分场景设计实例	148
7.5 小结	160
第 8 章 Small Cell 网络工程建设实务	161
8.1 室外站点设计实例	161
8.1.1 室外基站设置原则	161
8.1.2 室外基站建设方案	171
8.2 室内站点设计实例	177
8.2.1 室内基站设置原则	177
8.2.2 室内基站建设方案	184
8.3 小结	190
第 9 章 Small Cell 商业模式和业务	191
9.1 商业模式分析	191
9.2 用户分析	194
9.3 传统业务与特色业务	196
9.4 小结	198
第 10 章 总结及展望	199
缩略语	201
参考文献	206

第 1 章

概述

1.1 移动通信技术发展历程

19 世纪 30 年代有线电报试验成功,用电磁系统传递信息的电信系统开始迅速发展;1872 年贝尔发明电话,将人类社会带入电信时代;1898 年,马可尼拍发了第一封收费电报,标志着无线电通信进入实用阶段。虽然承载信息的 Morse 码本质上属于数字信号的形式,但自那以后的近百年中,数字通信发展缓慢,以电话、广播、电视为代表的模拟制的通信形式占据了统治地位。

通过有线信道传输的信号稳定,干扰与失真较小,但是由于通信设备必须连接在固定的线路上,通信形式不够灵活,难以满足众多场景下的通信需求。而无线通信利用电磁波传递信息,通信双方无需拘泥于固定的地点,是实现个人通信的最佳选择,因此逐渐成为研究与应用的重点。

移动通信在 20 世纪中期已现雏形,主要应用于军事或特种领域,当时移动通信的工具包括步话机、对讲机等,其不仅体积很大而且很重,携带不方便。近几十年来,无线通信技术在民用领域发展迅速,先后出现了蜂窝移动通信、微波通信、卫星通信、固定宽带无线接入、802.x 系列无线接入等技术。其中蜂窝移动通信的出现更是改变了全球数十亿人的生活方式,它的发展先后经历了模拟移动通信、数字移动通信、第三代移动通信(3G)以及第四代移动通信(4G)阶段,目前 4G 的商用网络在部分国家已经投入使用。

(1) 第一代移动通信系统(1G)

第一代蜂窝移动电话系统是模拟蜂窝移动电话系统,主要特征是用无线信道传输模拟信号,美国、英国和日本都先后开发了各自的系统。

随着对电磁波研究的深入、大规模集成电路的问世,移动电话首先被制造出来,移动终端设备的研制成功带动了对网络结构的探索。20 世纪 70 年代初,贝尔实验室提出了蜂窝系统覆盖小区的概念和相关理论,随即该系统得到了迅速发展,很快进入了商用阶段,移动通信跨入了第一代模拟蜂窝移动电话系统的时代。

1978 年年底,贝尔实验室又成功研制出了先进移动电话系统(AMPS),建成了蜂窝状移动通信网,大大提高了系统容量。1983 年,该系统首次在芝加哥投入商用。同年 12 月,在华盛顿也开始商用。随后,服务范围在美国逐渐扩大。到 1985 年 3 月已扩展到 47 个地区,约 10 万用户。其他工业化国家也相继开发出蜂窝式公用移动通信网。日本于 1979 年推出

800MHz 汽车电话系统 (HAMTS), 在东京、大阪、神户等地商用。原西德于 1984 年完成 C 网, 频段为 450MHz。英国在 1985 年开发出全接入通信系统 (TACS), 首先在伦敦投入使用, 以后瑞典等北欧四国于 1980 年开发出 NMT-450 移动通信网并投入使用, 频段为 450MHz。

(2) 第二代移动通信系统 (2G)

第一代模拟通信系统解决了移动通信系统的有无问题, 但他们的各种缺点也在应用中不断显露出来, 包括系统间没有公共接口、难以互通, 频谱利用率低、系统容量小, 安全性差、容易被窃听等。

为克服模拟通信的上述缺点, 引入了数字技术的数字蜂窝移动通信系统在 20 世纪八九十年代得到了长足的发展, 称之为第二代移动通信系统。2G 系统提供更高的网络容量, 改善了话音质量和保密性, 并为用户提供无缝的国际漫游。2G 系统的制式主要有 GSM、CDMA (IS-95)、D-AMPS 等, 其中 GSM 与 CDMA 系统应用最广泛。

(3) 第三代移动通信系统

第三代移动通信系统 (3G) 的技术发展和商用进程是近年来全球移动通信产业领域关注的热点问题之一。

3G 在 ITU 的正式名称是 IMT-2000, 其前身为 1985 年提出的 FPLMTS (未来公共陆地移动通信系统)。ITU 在 1996 年年底确定了第三代移动通信系统的基本框架, 包括业务需求、工作频带、网络过渡要求和无线传输技术的评估方法等, 并将 FPLMTS 更名为 IMT-2000, 其用意在于希望在 2000 年左右商用、最高速率达 2 000kbit/s、工作在 2 000MHz 频段。

经过融合和发展, 形成了 3 种最具代表性的 3G 技术标准, 分别是 TD-SCDMA、WCDMA 和 cdma2000。其中 TD-SCDMA 属于时分双工 (TDD) 模式, 是由中国提出的 3G 技术标准; 而 WCDMA 和 cdma2000 属于频分双工 (FDD) 模式。

在 3G 的商用发展过程中, 又发展出两大标准化论坛: 一个是推广 WCDMA 和 TD-SCDMA 标准的 3GPP 标准化论坛, 另外一个推广 cdma2000 标准的 3GPP2 论坛。

(4) 第四代移动通信系统

为了应对宽带接入技术的挑战, 满足新型业务需求, 保持在移动通信领域的技术及标准优势, 3GPP 规范不断增添新特性来增强自身能力。

在 2004 年 11 月魁北克会议上, 3GPP 决定启动 UTRAN 系统的长期演进——LTE 研究项目。LTE 是定位于 3G 与第四代移动通信系统 (4G) 之间的一种技术标准, 致力于填补这两代标准间存在的巨大技术差异, 希望使用已分配给 3G 的频谱, 保持无线频谱资源的优势, 同时解决 3G 中存在的专利过分集中的问题。世界主要的运营商和设备厂家通过会议、邮件讨论等方式, 开始形成对 LTE 系统的初步需求, 确定的工作目标如下。

- 使用 5MHz 或者更宽频谱分配时, 无线网络用户面的时延应低于 5ms。而使用更小的频谱分配, 时延应低于 10ms。

- 减小控制面时延。

- 灵活的带宽分配, 最高可达 20MHz。使用的带宽可以更小, 包括 1.4MHz、3MHz、5MHz、10MHz 和 15MHz。

- 下行链路的峰值数据速率可达到 100Mbit/s。

- 上行链路的峰值数据速率可达到 50Mbit/s。

- 频谱利用率是 HSDPA/HSUPA 的 2~3 倍。

- 改善位于小区边缘用户的数据速率。
- 可以只支持 PS 域。

2008 年年底, 3GPP 发布了 LTE 标准的基础版本 R8 (Release 8), 该版本主要开展了两项非常重要的演进标准化项目——LTE 和 SAE, 具体研究和标准化的内容包括:

- 第三代移动通信系统 (3G) 长期演进 (LTE);
- 3G 系统架构演进 (SAE);
- LTE 和 3GPP2、WiMAX 系统之间改进的网络控制移动性研究;
- 用于 FDD HSDPA 的 64QAM 与 MIMO 的合并使用;
- LTE 和 WLAN 之间互操作和移动性的可行性研究;
- UMTS 与 GSM 系统中的机器间通信 (M2M, Machine-to-Machine Communications) 等。

2009 年年底, 3GPP 发布了 LTE 的增强版本 R9。R9 在 R8 的基础上主要增加了基于 LTE 的定位技术和双流波束赋形技术以及广播/多播服务、配置服务等。

2011 年 3 月, 3GPP 完成了包括 LTE FDD 和 TD-LTE 在内的长期演进版本 R10, 即 LTE-Advanced, 该版本主要增加了增强的小区间干扰协调、增强的上下行 MIMO、无线中继、载波聚合等新功能。

2010 年 12 月, 3GPP 开始了 LTE-Advanced R11 版的制订工作。R11 版是对 R10 版的增强, 主要是进一步完善 CoMP、跨频段的载波聚合、下行控制信道增强等功能。到 2012 年 9 月, 3GPP 完成了 R11 版的制定, 进入了 R12 版制订周期。相对于仅作为 R10 版本增强的 R11 版, R12 版将是一个里程碑版本。除了进一步增强现有版本的网络性能外, 在 R12 版中更提出了针对热点/室内覆盖的 LTE-Hi (LTE Hotspot/indoor) 技术, 以应对移动宽带数据业务的爆炸性增长。

与 3GPP 在 3G 时代的标准制定上类似, LTE 也同时定义了 LTE FDD 和 TD-LTE 两种方式。其中 FDD 为频分双工机制, 也就是采用成对的频谱来划分上、下行通道; TDD 为时分双工机制, 通过时钟同步把通道划分为不同的时隙来区分上、下行通道, 和计算机内部的总线工作方式相似。

1.2 移动通信基站发展历程

近几十年来, 无线通信技术在民用领域发展迅猛, 从初期的第一代模拟通信发展到第二代数字通信, 从窄带向宽带发展, 网络从小规模、小范围覆盖发展到今天的大规模、大范围覆盖。我国移动通信完成了从无到有并成为世界第一手机用户大国的发展历程, 现又进入到第四代数字移动通信时代。

基站即公用移动通信基站, 是无线电台站的一种形式, 是指在一定的无线电覆盖区中, 通过移动通信交换中心, 与移动电话终端之间进行信息传递的无线电收发信电台。

基站作为移动通信网络最为关键的设备, 其发展与移动通信技术的发展密切相关。移动通信基站的建设一般都是围绕覆盖范围、通话质量、投资效益、建设难易、维护方便等要素进行。随着移动通信网络业务向数据化、分组化方向发展, 移动通信基站的发展也发生着深刻的变化。

从第一代模拟通信系统的应用, 到被第二代窄带数字移动通信系统所替代, 历经了 15

年,其间主要解决通话的需求。第二代基站主要是 GSM 与 CDMA 两大阵营。根据 GSA 的统计, GSM 占有绝对优势。移动通信市场发展促使基站技术不断发展,每隔几年就有更高性能的新一代 GSM 基站推出。

基站的发展大致经历了 4 个历程。第一阶段的基站,设备集成度低、耗电大、功放效率低、能提供的容量有限、产品形式单一、只有室内宏蜂窝型号。经过 3~5 年时间,微电子技术使设备能高度集成,设备耗电小,功放效率高,单机柜的系统容量得到很大提升,产品形式极大丰富,除了常用的室内宏蜂窝外,还有室外一体化基站、室内微蜂窝基站和直放站等。随着数据业务需求的出现,第二阶段的基站通过部分硬件更换和软件升级的方式,发展到第三阶段的基站,此阶段的基站具备了支持数据业务、小区定位等功能,同时设备向更高的集成度和更大的容量方向发展。目前基站形态已经发展到了第四阶段,具有更高性能和集成度的宏基站,体积更小的 Small Cell,更灵活的分布式基站。

1.3 Small Cell 概念

随着科技手段的进步和通信方式的变化,多媒体通信已经成为我们日常生活的一部分。加之智能终端的猛增,致使业务量也以指数型增长。尽管移动运营商采用小区分裂、新增频点等措施应对数据业务量的猛增,但是就传统网络而言,目前还没有快速有效的方法应对如此大量的数据业务。移动运营商正在积极处理和应对由增长的数据量所带来的难题,而多方一致的观点认为:提高无线频谱资源使用效率,是分流移动数据的有效方法。

Small Cell 是低功率的无线接入节点,工作在国家授权的、非授权的频段,利用智能化技术对传统宏蜂窝网络进行补充与完善。Small Cell 信号可以覆盖 10~200m 的区域范围,与 Small Cell 相比较,传统宏蜂窝的信号覆盖范围可以达到数公里之多。Small Cell 融合了 Femtocell、Picocell、Microcell 和分布式无线技术,与传统通信基站的一个共同点是 Small Cell 也是由运营商进行管理,并且 Small Cell 支持多种标准,包括 2G 通信的 GSM,3G 通信的 cdma2000、TD-SCDMA、WCDMA 以及 4G 通信的 LTE 和 WiMAX。这里需要注意的是,在 3GPP 协议中,Home Node B 专指 3G Femtocell,而 Home eNode B 则是 LTE Femtocell,这也和 Node B 专指 3G,而 eNode B 专指 LTE 是一致的。另外,Wi-Fi 也是 Small Cell 的一种,但是工作于非授权频段。Small Cell 是 LTE 网络的重要组成部分。在 3G 网络中,Small Cell 被视为分流技术。在 4G 网络,引入了异构网络的概念 HetNet,故移动网络由 Small Cell 和宏蜂窝的多层蜂窝组成。值得一提的是,在 LTE 网络中,所有的蜂窝都具备自组织的能力。而对于典型蜂窝网络,通常采用宏基站进行连续覆盖和室内浅层的部署,并在相关场景采用 Small Cell 进行道路、室外覆盖室内,以及室内深度覆盖的室内分布系统进行部署。

Small Cell 分布如图 1-1 所示。

由于 Small Cell 在室内外都可部署,因此应用的地方较为广泛。运营商可利用 Small Cell 延伸网络的覆盖范围和提升网络容量。在实际运用中,运营商可利用 Small Cell 进行业务分流。根据 ABI 的预测:至 2015 年,宏蜂窝的数据流量可降低至 58%,而 Small Cell 可有效承担 42%的数据流量。

回顾 Small Cell 发展的历史可以看出,Small Cell 的基本形式是 FemtoCell,即为大家所熟悉的家庭基站。FemtoCell 最初的设计目的是进行室内覆盖。目前阶段 FemtoCell 的概念已

经被扩充。包括 MetroCell、Metro FemtoCell、热点接入 FemtoCell、企业级 FemtoCell 和超级 FemtoCell 等。类似的，Small Cell 的概念也更加频繁地被扩展和延伸。

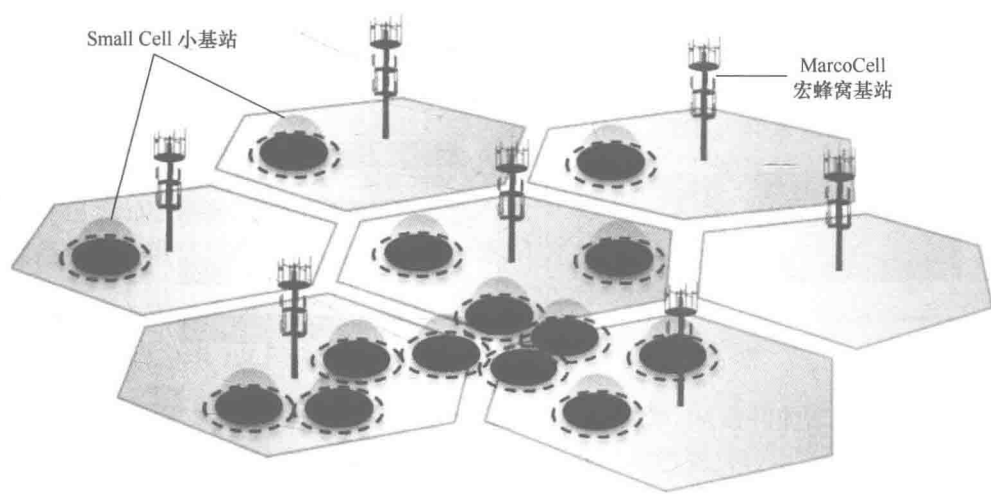


图 1-1 Small Cell 分布示意图

1.4 Small Cell 引入背景

由于近期互联网的爆炸式增长，移动数据流量也呈现出爆发式增长的趋势，据预测，未来室内业务将占总业务量的 90%左右。而随着无线数据业务的高速增长以及室内深度覆盖等需求的不断增加，传统蜂窝网络覆盖方式很难满足室内等深度覆盖的矛盾日益突出。

全球移动通信已经进入 LTE 时代，截至 2015 年 1 月 7 日，全球已有 124 个国家商用了 360 张 LTE 网络，近年来全球 LTE 商用网络发展趋势如图 1-2 所示。

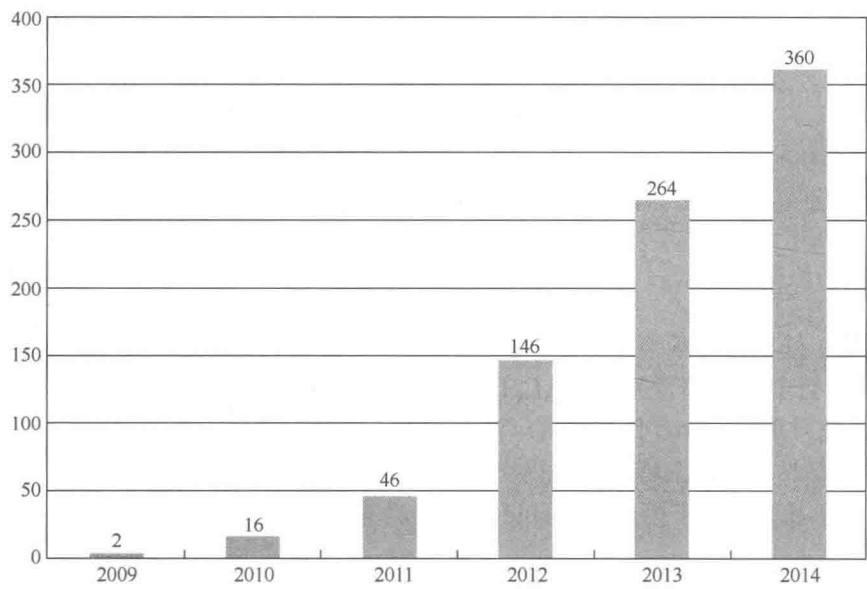


图 1-2 全球 LTE 商用情况

由于全球各国 LTE 频段非常分散，包括 2.6GHz、2.3GHz、2.1GHz、1.8GHz、1.5GHz、800MHz、700MHz 等。根据对已经公布频率规划的运营商的统计：对于 LTE FDD 网络，43.8% 的 LTE 网络将部署在 1.8GHz 频段，25.3% 的网络部署在 2.6GHz 频段，18.9% 的网络部署在 800MHz 频段。对于 TD-LTE 网络，22 张 LTE 网络部署在 2.6GHz 频段，21 张网络将部署在 2.3GHz 频段，9 张网络部署在 3.5GHz 频段。全球 LTE 商用频段如图 1-3 所示。

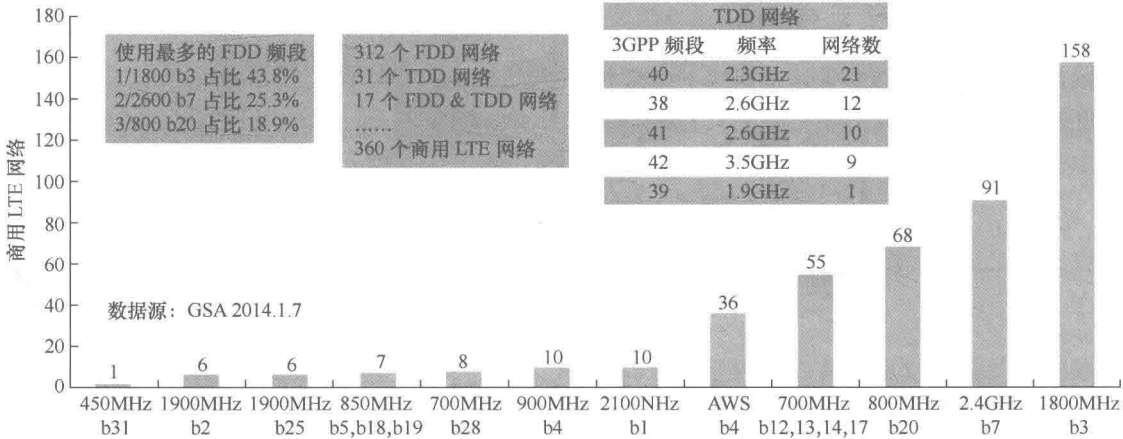


图 1-3 全球 LTE 商用频段情况

由于 LTE 网络频段普遍较高，传统建设方式覆盖效果不佳，因此 LTE 主要采用异构网络进行深度覆盖和热点容量吸收，如图 1-4 所示。国内外相关厂商、研究机构提出了多种异构网络底层网络覆盖的技术和设备，其中 Small Cell 由于具有体积小、功耗低、部署灵活、贴近用户部署等特点，因而可以有效提高网络性能和服务质量，近年来受到了广泛的关注，Small Cell 有望成为未来解决 LTE 异构网络底层覆盖的重要手段。

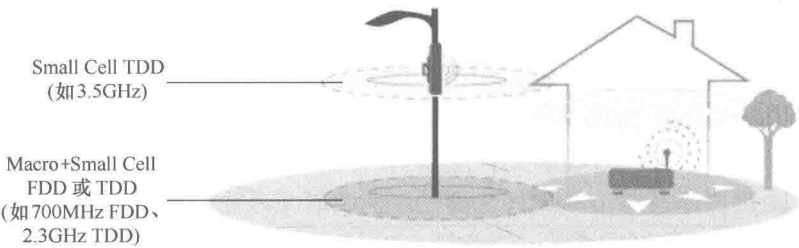


图 1-4 异构网络覆盖

2012 年 10 月 Spring 承诺 2014 年完成 Small Cell 部署 195 万个，成为规模发展的重大标志。2013 年年初全球新部署的 Small Cell 数量超过了新增宏基站数量，标志着 2013 年成为 Small Cell 快速发展的元年。目前相关厂商推出的小型基站产品主要有 Home Node B（HNB，飞蜂窝或家庭基站）、阿尔卡特—朗讯提出的 Light Radio（灵云无线）、华为提出的 ATOMCELL（原子基站）、诺基亚西门子提出的 Liquid Radio（动态无线电）、中国移动提出的 NanoCell（纳米基站）等。

我国通信行业对 Small Cell 的探索研究也在如火如荼地进行着。中国联通基于 Femto 的

“3G 基站”利用固网宽带作回传已商用，无独有偶，中国移动在上海、江苏、广东、浙江等省市进行 TDFemto 试点，开展了 TD-LTE 和 TD-Femto 双模技术的深入研究，并在苏州验证了 Small Cell 提升室内容量、改善用户感知和提高营收效益的能力，提出了集成 Small Cell 及 WLAN 移动接入 NanoCell 及其系统方案。另外，工业和信息化部电信研究院对有关标准和应用带来的切换、管理等多个问题进行了研究。设备厂商如华为、中兴等也跟踪国际 Small Cell 的发展趋势，发展了一体化 Small Cell，采用 SON 等技术，尚未处于国际领先地位。同时有关政府机构部门认真推动我国标准组织和厂商开展研究，对其频率应用进行了考虑。我国运营商在 Small Cell 部署方面整体上落后于发达国家，商用进程较慢，部署力度较小，目前主要是个别省市试点部署，还没有进行大规模推广。

1.5 Small Cell 应用场景

Small Cell 最初是为应对室内信号覆盖问题提出的概念。从最初的家庭用 FemtoCell 开始发展，该概念一直发展和扩展到目前的多场景、多解决方案的复合应用背景，体现了 Small Cell 良好的发展趋势，并且 Small Cell 作为应对未来无线通信业务量爆炸型增长的主要技术已经进入标准化阶段。

针对 Small Cell 具体的应用场景，Small Cell 产品可以分为 3 种形态。

作为 Small Cell 的最基本形态，也是第一种产品形态，FemtoCell（家庭基站）主要用于室内如商业写字楼等，以保证室内无线覆盖的效果并解决宏基站室内覆盖难题。对于建筑物密集的区域，无线规划更是一个难题。简单地增大宏基站的发射功率的方案并不能解决问题。室内覆盖的问题在 3G/4G 时代更加突出。特别是国内 LTE 工作频谱多数分配在较高的频率上，墙体等障碍物对信号的衰减作用更加明显。FemtoCell 可以较好地解决上述问题。FemtoCell 从诞生那天起，就是为解决室内覆盖的难题而设计的。在实际运用中，简单地增加一个 Femto 就可以解决 $100\sim 250\text{m}^2$ 的室内覆盖问题，而相关的 FemtoCell 设备可以提供更大范围的室内覆盖。值得一提的是，FemtoCell 除了能够解决室内覆盖问题，还能分流室内数据业务，为宏基站分担工作负荷，所以 FemtoCell 受到了运营商的青睐。

FemtoCell 基站如图 1-5 所示。

第二种称为 PicoCell（微微蜂窝），在火车站、机场和大型商场都能见到 PicoCell 的身影。一般 PicoCell 基站发射功率为 $0.1\sim 5\text{W}$ ，市区环境覆盖半径 150m 以内，FemtoCell 基站发射功率为 30mW ，空场覆盖范围 50m 以内。与主要面向个人或家庭用户的 FemtoCell 基站不同的是，PicoCell 基站主要针对城市热点、居民小区、企业客户提供运营商级的覆盖功能。从技术上看，PicoCell 基站亦支持多种回传方式，包括光口和电口 FE/GE、EPON/GPON，部分产品与 Wi-Fi 整合，解决“最后一公里”热点难题，做到即插即用。相对宏蜂窝来说，PicoCell 基站能耗低，占用空间少，减少了运营商的建设和维护费用。

PicoCell 基站如图 1-6 所示。

最后一种便是 MicroCell（微蜂窝），主要运用于解决大区域盲点、热点覆盖问题或用于受限于占地无法部署宏基站的场景。蜂窝移动通信系统中，在网络运营初期，运营商的主要目标是建设大型的宏蜂窝小区，实现网络的广覆盖。随着用户的增加，宏蜂窝小区进行小区分裂，变得越来越小。当小区小到一定程度时，建站成本就会急剧增加，小区半径的缩小相

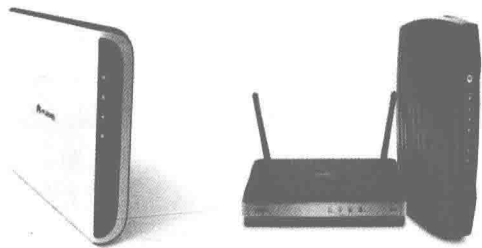


图 1-5 FemtoCell 基站示意图

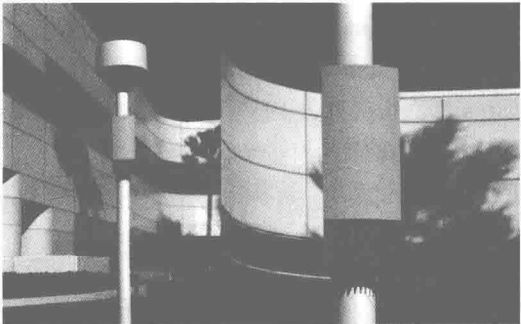


图 1-6 PicoCell 基站示意图

应地带来严重的系统内干扰；另一方面，盲区仍然存在，热点地区的高业务量也无法得到很好的吸收，MicroCell 技术就是为了解决以上难题而产生的。并且因为 MicroCell 工作功率较小，相比宏基站而言，它的频率复用距离大大降低，能够实现每个单元的信道数增多，从而可以较好地解决容量和通信质量的问题，故用于宏蜂窝小区业务繁忙的区域。在现实运用中，微蜂窝的覆盖半径一般在 200m 左右，典型微蜂窝天线的高度为 10~15m。

微蜂窝基站如图 1-7 所示。

为了与 Small Cell 区分开来，这里介绍一下宏蜂窝，以便对 Small Cell 有更清楚的理解和更清晰的对比。在蜂窝式移动电话的建网初期，蜂窝小区的覆盖半径较大，一般为 1~2.5km，有的甚至达到 20km 以上，因此被称作“宏蜂窝”小区。

MacroCell 基站如图 1-8 所示。

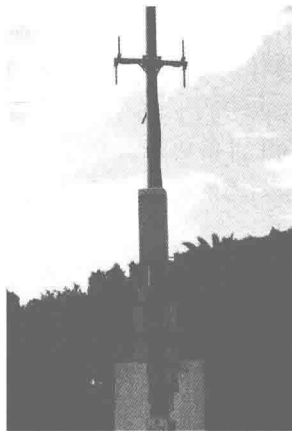


图 1-7 微蜂窝基站示意图



图 1-8 MacroCell 基站示意图

1.6 Small Cell 面临的挑战

Small Cell 的发展前景良好，通信市场研究公司 Informa 2013 年发布的最新报告显示，单从 Small Cell 中的第一个产品形态 FemtoCell 来看，全球运营商部署的 FemtoCell 基站的数量已经超过了宏基站，而照此趋势发展，到 2016 年，全球 Small Cell 的整体部署数量将从目前的 1000 余万台激增到 9200 万台，增幅达 8 倍，届时市场规模将超过 220 亿美元。当然，在