

现代移动通信技术丛书

Advanced Mobile Communications

McWiLL 宽带无线接入 技术及应用

温 斌 林 波 刘 昀 江连山 李晓茜 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

现代移动通信技术丛书

Advanced Mobile Communications

McWiLL 宽带无线接入 技术及应用

温 斌 林 波 刘 昀 江连山 李晓茜 编著



人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

McWiLL宽带无线接入技术及应用 / 温斌等编著. —北京:
人民邮电出版社, 2009. 3
(现代移动通信技术丛书)
ISBN 978-7-115-19625-5

I. M… II. 温… 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001643号

内 容 提 要

本书系统地介绍了宽带无线接入技术 McWiLL 的体系结构、空中接口规范和工程规划, 并对其主要应用领域及网络解决方案做了简要介绍。

全书共分 9 章, 首先对宽带无线接入技术的发展进行了简要说明, 并对 McWiLL 技术特征及其发展的基本情况进行了介绍。第 2 章对 McWiLL 网络架构的设计理念、参考模型和各个业务平面的实体及其接口进行了全面的介绍。第 3 章介绍了 McWiLL 宽带无线接入技术中所采用的一系列关键技术。McWiLL 相对于其他的城域宽带无线接入技术最大的区别在于空中接口, 在接下来的 4 章中详细描述了 McWiLL 空中接口协议相关的物理层、数据链路层、空中接口层 3 和网络安全机制, 读者通过这 4 章的阅读可以深入地理解 McWiLL 的空中接口协议。第 8 章给出了工程实践中网络规划的原则和方法。第 9 章给出了针对不同应用需求的组网方案, 供读者在工程实践中参考。

本书内容丰富翔实, 论述深入浅出, 在技术研究和工程实践上均有较高的参考价值。本书适合工程技术人员、网络设计和运营管理人员、高校相关专业师生及科研机构相关专业人员阅读使用。

现代移动通信技术丛书

McWiLL 宽带无线接入技术及应用

-
- ◆ 编 著 温 斌 林 波 刘 昀 江连山 李晓茜
责任编辑 陈万寿
执行编辑 杨 凌
 - ◆ 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>
中国铁道出版社印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 700 × 1000 1/16
印张: 18.25
字数: 343 千字 2009 年 3 月第 1 版
印数: 1—3000 册 2009 年 3 月北京第 1 次印刷
- ISBN 978-7-115-19625-5/TN
-

定价: 48.00 元

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

反盗版热线: (010)67171154

序

在开始 McWiLL 系统设计之际,正是信息通信技术快速发展和互联网迅速普及之时。当时的无线通信技术已经开始朝着两个方向发展,即 3G 及其演进技术为代表的面向公众个人通信的移动通信技术和以 Wi-Fi、WiMAX 为代表的面向区域性应用的宽带无线接入技术。这两种技术似乎覆盖了全世界所有的无线通信需求。如果这样,McWiLL 将失去存在的价值,也没必要诞生了。

但是,实际情况并非如此。WiMAX 虽然是面向区域性应用的宽带无线接入技术,却一直没有很清晰的定位,一直摇摆在公网和专网之间、新型运营商和传统运营商之间。2007 年 WiMAX 又正式成为了 3G 的标准之一。由于过分强调 WiMAX 的标准化和片面强调 WiMAX 的宽带性,让 WiMAX 失去了行业专网需要的灵活性和特殊性,尤其是失去了在发展中国家的新型运营商的盈利模式及其与传统运营商竞争的手段,因而使得新型运营商也渐渐离它而去。首先,行业专网和公网新型运营商都将会要求无线系统能适用于多种频率。行业专网需要一种无线接入技术来满足其特殊需求,如综合语音和宽带数据传输能力的多媒体集群业务、高保真的视频监控和定位等。和公网移动通信技术一样,行业专网无线通信系统有基于模拟对讲的第一代技术和以 iDEN、TETRA、GSM-R、GoTa、GT800 为代表的第二代技术。但是行业专网却没有一个具有多媒体业务能力和提供高带宽的第三代技术。对于新型公网运营商来说,如果也采用公网国际标准技术,那么将很难与积累深厚的传统运营商竞争。新型公网运营商需要一种无线接入系统,能提供廉价语音和超前高性能数据,综合移动和固定接入特征的差异化的业务,并通过终端多模的方式支持与其他公网移动通信系统之间的兼容和漫游服务。

作为一项自主研发、具有完全自主知识产权的宽带无线通信技术,McWiLL 正是为行业专网和公网新型运营商量身定制的无线接入系统。从国内及国外发展中国家的无线通信发展状况来看,行业专网和公众新型运营商的主要特征是以区域性、有限移动性网络为主,不受公网标准和频率的制约。同时,我们相信,随着通信与以互联网为代表的 IT 产业的融合发展,人们必将习惯于享受窄带语音、短信业务和宽带因特网接入、视频传输、文件下载、E-mail 等融合业务带来的快捷和便利,并且都期望利用同一张网、同一个终端能够满足所有这些业务需求。由此,以语音为代表的传统的窄带业务和宽带数据业务的高效融合便成为源于用户需求的第一设计目标。基于此,结合覆盖效率、频率资源状况、组网能力、抗

干扰能力、业务并发能力和 QoS 保证等要素,确定了 McWiLL 空中接口的总体技术目标和关键技术。同时,在网络架构的设计上,McWiLL 采取了扁平化的单层结构,并支持移动性,还创造性地设计了 VLAN 的移动性管理机制。McWiLL 的这种设计思想,简单来说,目的只有一个,就是让用户像使用传统 IP 网一样使用低成本、高性能、多便利的 McWiLL 系统和网络。McWiLL 是行业专网和新型公网运营商的实际意义的下一代技术。

让人感到欣慰和鼓舞的是,经过近几年的发展,McWiLL 已经形成了完整的产业链,并在国内和海外公网及行业市场开始了规模商用。纵观目前的几种主流的宽带无线接入技术,McWiLL 在技术和商用程度两方面基本代表了当前宽带无线接入技术的最高水平。从 McWiLL 的未来技术演进来看,McWiLL 将成为无线多媒体集群技术的驱动者和领跑者,同时,在国家鼓励技术创新的宏观政策的支持下,McWiLL 完全可能引领国内宽带无线接入技术的发展,保持国际先进的技术水平。

本书的作者从 McWiLL 技术诞生伊始就开始从事 McWiLL 的研究和推广工作,具有丰富的理论水平和工程经验,他们在长期的技术研究和工程实践的基础上,结合读者的需求,编写了本书。从本书的特点来看,不仅技术性强,而且具有很好的易读性和实用性。本书是第一本描述 McWiLL 技术细节的正式出版物,相信本书的出版,不但填补了这个空白,还将为 McWiLL 技术的普及、推广和发展起到巨大的推动作用。

我们期待着激动人心的那一刻的到来!

McWiLL 创始人 信威通信首席科学家 IEEE Fellow 徐广涵 博士
2008 年 12 月于北京

前 言

本书基于电信科学技术研究院无线移动通信国家重点实验室 SCDMA 宽带无线接入研究中心的研究和技术开发成果编写而成，并在无线移动通信国家重点实验室资助下出版。

通信网络和计算机网络的融合推动了信息通信技术 (ICT, Information and Communication Technology) 的发展，基于 ICT 的电信业务需求远远超出了传统通信的概念，从技术、业务到服务对象都在发生根本性的变化。IP、宽带和无线接入代表了支撑 ICT 业务的通信网络发展趋势，特别是移动互联网技术及其业务需求的发展对宽带无线通信技术提出了新的需求，并成为其发展的重要推动力量。

泛在的宽带无线接入网络作为未来信息通信技术基础设施的发展趋势已经成为不争的事实，适应各种应用和环境需求的多元化无线接入技术共同构建该网络也已经得到业界的普遍认可。3GPP 和 3GPP2 主导的 3G 及其宽带演进技术代表了面向公众个人通信服务的宽带移动通信技术的主流发展方向，而且由于移动通信系统统一标准、统一频率、全球漫游的特征，其他非主流技术基本失去了生存和发展空间。源于 IEEE 技术标准的 Wi-Fi 和 WiMAX 技术从另一个侧面代表了宽带无线接入技术的发展方向，其应用领域具有区域性、灵活性和个性化等需求特征，国际标准对技术发展的影响能力相对较弱，从而为更多的技术体制提供了生存的土壤。

McWiLL 定位为一种宽带无线接入技术，根据特定的市场需求设计，面向行业专网和公众信息通信普遍服务市场，以区域性、有限移动性网络为主，降低了国际标准和频率资源规划的制约因素。从频谱利用率、覆盖效率和技术成熟度等方面来看，McWiLL 技术基本代表了当前无线宽带接入技术及其商用程度的最高水平。McWiLL 系统设计的初衷旨在打造一个融合语音和宽带数据业务能力的低成本信息通信技术平台整体解决方案，“实用”是该技术体系设计的基本理念，无论是技术体制的架构设计、关键技术的选择，还是业务功能和系统特征的定义，都以经济和实用为出发点。对于这一点，读者可以自己在阅读中加以体会。

由于缺乏正式的出版资料和大规模的媒体宣传，与 WiMAX 和 Wi-Fi 等国际标准技术相比，公众对 McWiLL 的了解甚少，更谈不上对其技术细节的研究和探讨。揭开 McWiLL 的神秘面纱，把这项由中国人自主创造，并达到世界领先水平的技术体系相对系统地呈现给广大读者，正是本书编著者的初衷。

本书的主要参考资料来源于由 CCSA TC5 WG3 负责制定的《SCDMA 无线宽带系统空中接口技术规范》等标准文稿,以及编著者在多年从事 SCDMA 技术及产品研发、市场推广工作中积累的素材。本书共分 9 章,主要内容概述如下。

第 1 章,概述。简要介绍了国际上宽带无线接入技术的整体发展状况和趋势,重点介绍了 McWiLL 技术的发展历史、演进路线、主要技术特征和产业化及商用进展情况。

第 2 章,网络架构。主要阐述了 McWiLL 网络架构的设计原则、网络参考模型和各个功能实体之间的接口定义。对 McWiLL 系统架构设计理念和网络架构做了全面的介绍,旨在使读者对系统形成总体概念。

第 3 章,关键技术。从移动宽带无线接入系统设计的四大技术挑战入手,阐述了 McWiLL 系统的设计理念及其所采用的主要关键技术,这些关键技术涵盖了针对提升频谱利用率、组网效率、安全可靠,以及提高应用灵活性等不同系统性能指标的先进技术。这些关键技术主要包括智能天线及其增强技术、CS-OFDMA、动态信道分配、先建后拆快速硬切换等。

第 4 章,空中接口物理层。本章详细介绍了空中接口物理层的功能、处理过程及其所采用的相关技术。McWiLL 与其他无线宽带技术标准的主要差异,很大程度体现在物理层无线传输技术上,其关键技术也主要集中在物理层。

第 5 章,空中接口数据链路层。对空中接口数据链路层各子层及其功能模块进行了逐一介绍,然后在此基础上阐述数据链路层的处理过程,具体包括开机注册、随机接入、寻呼、会话的建立和释放,以及带宽重配和切换等。

第 6 章,空中接口层 3。详细介绍了空中接口层 3 的模型及其功能,其功能主要包括基于 L1、L2 提供的服务完成会话管理和移动性管理,数据业务转发以及语音业务支持等。

第 7 章,网络安全。主要从接入安全、业务安全 and 安全数据管理等方面对 McWiLL 系统的基本安全体系进行介绍和分析,并对 McWiLL 高级安全体系进行简单介绍。

第 8 章,网络规划。包括无线网络规划、路由区规划、VLAN 规划和网元之间的带宽规划等 4 个方面。重点介绍了 McWiLL 无线网络的规划步骤和方法,同时对 RAID 规划、VLAN 规划和网元之间带宽规划的基本原则和经验数据进行了概括性的介绍。

第 9 章,组网方式及应用。从市场应用的角度,对 McWiLL 的组网方式和应用模式进行了简单介绍。重点阐述了针对不同应用场景的 3 个网络解决方案——JoveTele™、JovePro™ 和 JoveEmge™。

由于 McWiLL 技术仍处于快速发展的过程之中,技术的公开性也才刚刚开始,其中很多技术细节的讨论并不充分。也正是基于这样一种状态,编著者希望

通过本书的出版能够推动 McWiLL 技术及其衍生的知识得到更广泛的传播和讨论。作为 TDD 制式下的移动宽带无线接入技术发展的先驱,更期望业内专家和研究人员能够从 McWiLL 技术体系中汲取有益的元素,在国家大力支持自主创新技术发展的国策下,共同推动我国“新一代移动宽带无线通信网”技术引领国际先进水平。相信“众人拾柴火焰高”,国家整体创新能力的提升也必将反哺 McWiLL 技术体制的演进和发展。

本书的编写和出版首先得益于 McWiLL 技术的主要创始人徐广涵教授的支持和肯定,特别感谢徐教授在百忙之中抽空为本书作序。在历时 3 个月的编写过程中,还得到了北京信威公司的诸多同事的支持和帮助,蒋伯峰、李航和许瑞峰分别对本书的重要章节进行了审阅,并提出了宝贵的改进意见;刘卫东、姜孟超、周晖、李一鸣、宋永亮、赵晓军、郭辉、严振亚、黄其华等同事对编写过程中遇到的技术问题进行了详尽的解答,提供了相关的参考材料。在此向所有参与和支持本书编写的同事和朋友表示衷心的感谢!

意欲编写本书已经有一年多的时间,但各种所谓忙碌的理由和惰性导致迟迟没有下决心付诸行动。契机是在一次与大庆油田通信公司和华北油田通信公司的许代红和李凤民两位总工程师的交流中,他们对 McWiLL 技术的期待和对 McWiLL 技术的封闭性提出的疑虑触动我们立刻行动起来。在此,也特别感谢两位老总对 McWiLL 技术的支持以及对本书的出版提供了动力!

鉴于作者知识背景和水平的限制,编写过程较短、时间仓促,疏漏不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。同时,殷切希望广大读者能够积极反馈意见和建议,这将有助于本书再版时得以改进。

作 者

2008 年 12 月于北京

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 宽带无线接入技术的发展	1
1.1.1 无线通信技术的发展趋势	1
1.1.2 宽带无线个域网	2
1.1.3 宽带无线局域网	3
1.1.4 宽带无线城域网	3
1.1.5 宽带无线广域网	4
1.2 McWiLL 宽带无线接入技术	4
1.2.1 McWiLL 的由来	4
1.2.2 McWiLL 与 WiMAX 的技术对比	6
1.2.3 McWiLL 的后续演进	8
1.3 McWiLL 产业发展情况	10
1.3.1 论坛暨产业联盟	11
1.3.2 标准	11
1.3.3 频率	12
1.3.4 产品概况	12
1.3.5 市场应用情况	14
1.4 本章小结	14
第 2 章 网络架构	16
2.1 设计原则	16
2.2 网络参考模型	17
2.2.1 用户终端 (UT)	19
2.2.2 基站 (BS)	19
2.2.3 用户数据库/鉴权中心 (UDB/AUC)	20
2.2.4 业务汇聚网关 (SAG)	20
2.3 数据业务平面功能	21
2.4 语音业务平面功能	22
2.5 业务支撑平面功能	23

2.6 接口描述	24
2.6.1 SUm1 接口	24
2.6.2 St 接口	24
2.6.3 Sm 接口	28
2.6.4 Si 接口	28
2.6.5 SUc 接口	28
2.6.6 SABis1 接口	29
2.6.7 Sd 接口	32
2.6.8 Sv 接口	32
2.7 本章小结	32
第3章 关键技术	33
3.1 移动宽带无线系统设计的主要技术挑战	33
3.1.1 路径损耗和链路预算	33
3.1.2 多径信道	34
3.1.3 小区间干扰	35
3.1.4 宽带和窄带业务的高效融合	36
3.2 智能天线技术	37
3.2.1 提升覆盖范围	38
3.2.2 干扰抑制和同频组网	39
3.3 CS-OFDMA	41
3.3.1 OFDMA	41
3.3.2 CDMA	42
3.3.3 SCDMA	42
3.3.4 CS-OFDMA	43
3.4 TDD	45
3.5 自适应调制	46
3.6 动态信道分配 (DCA)	46
3.7 编码技术	47
3.8 MIMO 和 SDMA	47
3.9 高效语音网络架构	48
3.10 先建后拆的切换 (MBB, Make Before Break)	50
3.11 QoS 和 GoS	51
3.12 安全和欺诈保护	51
3.13 软件无线电	52

3.14	VLAN 技术	53
3.15	ARP 代理	56
3.16	广播过滤	56
3.17	本章小结	56
第 4 章	空中接口物理层	57
4.1	物理层功能简介	57
4.2	物理层信号处理流程概述	57
4.3	加扰	58
4.3.1	扰码序列	59
4.3.2	加扰过程	59
4.4	信道编码	59
4.4.1	R-S 编码	60
4.4.2	编码过程	60
4.5	自适应调制	61
4.5.1	QPSK	61
4.5.2	8PSK	62
4.5.3	16QAM	63
4.5.4	64QAM	64
4.6	编码校验比特变换	65
4.7	CS-OFDMA 信号描述	65
4.7.1	码扩	65
4.7.2	OFDMA 原理和实现	68
4.7.3	OFDMA 符号	70
4.7.4	CS-OFDMA 频域发射信号的产生	72
4.7.5	CS-OFDMA 频域前导信号的产生	75
4.7.6	CS-OFDMA 频域测距信号的产生	77
4.8	帧	78
4.8.1	帧结构	78
4.8.2	发送保护间隔与最大覆盖半径	79
4.8.3	时隙结构	79
4.8.4	TDD 上下行业务时隙分配比例	80
4.9	子信道	81
4.9.1	子信道结构	81
4.9.2	业务并发数与系统吞吐量	81

4.9.3	子信道到物理子载波的映射	82
4.9.4	子信道观察窗位置	82
4.9.5	子信道分类	83
4.10	物理信道	84
4.10.1	物理信道分类	84
4.10.2	物理信道和时隙、子信道的映射关系	84
4.10.3	信道设计与链路预算	85
4.11	复用和数据映射	86
4.12	多入多出技术 (MIMO)	87
4.13	信道质量测量	90
4.14	本章小结	91
第 5 章	空中接口数据链路层	92
5.1	功能	92
5.2	参考模型	92
5.2.1	基站侧 L2 模型	92
5.2.2	终端侧 L2 模型	93
5.3	接口通信	94
5.4	地址及连接标识	94
5.5	MAC	95
5.5.1	功能	95
5.5.2	逻辑信道	96
5.5.3	逻辑信道与物理信道间的映射	97
5.5.4	层间通信	97
5.5.5	对等层间通信	103
5.5.6	调度服务	117
5.6	DAC	117
5.6.1	功能	117
5.6.2	层间通信	117
5.6.3	对等层通信	118
5.6.4	ARQ 机制	121
5.7	VAC	124
5.7.1	功能	124
5.7.2	层间通信	124
5.7.3	对等层通信	126

5.8	TCS	127
5.8.1	功能	127
5.8.2	层间通信	127
5.8.3	对等层通信	128
5.8.4	业务分类过程	129
5.8.5	加密过程	129
5.9	无线资源管理	130
5.9.1	RRM 实现	130
5.9.2	动态信道分配	131
5.9.3	抢占机制	132
5.9.4	功率控制机制	132
5.10	数据链路层过程	133
5.10.1	测距	133
5.10.2	随机接入	134
5.10.3	寻呼	134
5.10.4	会话建立	135
5.10.5	带宽重配置	141
5.10.6	会话释放	143
5.10.7	切换	148
5.10.8	省电操作	149
5.11	网络进入及初始化	150
5.11.1	流程	150
5.11.2	下行信道扫描及同步	150
5.11.3	接收系统广播消息	150
5.11.4	测距	151
5.11.5	注册/鉴权	152
5.12	本章小结	152
第 6 章	空中接口层 3	153
6.1	几个概念	153
6.1.1	编号计划	153
6.1.2	锚基站 (Anchor BS)	154
6.1.3	服务基站 (Serving BS)	154
6.1.4	用户分类	154
6.2	L3 模型	155

7.4.3	账号绑定	201
7.4.4	IP 地址、MAC 地址及用户终端设备三者的绑定	201
7.4.5	端到端的加密	201
7.5	高级安全体系	201
7.6	本章小结	202
第 8 章	网络规划	203
8.1	无线网络规划	203
8.1.1	网络规划的基本步骤	203
8.1.2	McWiLL 设备性能指标	204
8.1.3	无线电波传播模型	206
8.1.4	网络规模设计	211
8.1.5	站址规划	212
8.1.6	容量规划	215
8.1.7	参数规划	219
8.2	路由区规划	220
8.3	VLAN 规划	223
8.4	带宽规划	224
8.4.1	基站传输带宽规划	224
8.4.2	SAG 传输带宽规划	225
8.5	本章小结	226
第 9 章	组网方式及其应用	227
9.1	JoveTele™ 解决方案	227
9.2	JovePro™ 解决方案	229
9.3	JoveEmge™ 解决方案	230
9.4	本章小结	231
附录 A		232
A1	测距序列	232
A2	导频序列	243
A3	64QAM 映射关系表	247
A4	子信道到物理子载波的映射	249
附录 B		252
B1	RACH 消息格式	252

第1章 概 述

本章简要介绍宽带无线接入 (BWA, Broadband Wireless Access) 技术的发展状况及趋势, 重点介绍我国自主创新的宽带无线接入技术——多载波无线信息本地环路 (McWiLL, Multicarrier Wireless Information Local Loop) 系统的技术背景、主要特征和产业化进展情况。

1.1 宽带无线接入技术的发展

1.1.1 无线通信技术的发展趋势

信息网络技术的总体发展趋势如图 1.1 所示。从图中可见, 现代无线通信技术的发展形成了两个重大的技术发展方向和应用领域: 一个是蜂窝移动通信技术, 另一个是宽带无线接入技术。随着通信和计算机技术的发展与融合、信息通信技术 (ICT, Information and Communication Technology) 的诞生, 无线通信技术也在向融合的方向发展, 人们正在设想一个宽带化、移动化、全 IP 的信息通信系统。但是, 正如通信与计算机技术的融合一样, 移动通信技术和宽带无线接入技术的融合将体现在网络设施和应用模式上的融合 (或互补结合), 而不是一种技术替代另一种技术。

蜂窝移动通信系统的基本设计理念是满足任何人、任何时间、任何地点的个人通信需求, 其重要特征之一是支持全球漫游和保证高速移动下的可靠通信服务。蜂窝移动通信系统经历了从第一代模拟移动通信系统到第二代和第三代数字移动通信系统的发展过程, 目前已经进入超三代 (B3G) 技术发展时期, 正向宽带化、全 IP 网络结构方向演进。

宽带无线接入技术源于计算机数据通信的需求, 从无线局域网和无线城域网的应用中发展起来, 基本特征是提供高带宽和支持 IP 网络, 其发展轨迹基本涵盖在 IEEE 802.11 系列和 802.16 系列标准中。当前国际上基于 802.11g 的 Wi-Fi 技术和基于 802.16e 的 WiMAX 技术基本代表了 BWA 技术的商用发展水平。同时, BWA 技术在保持高频谱利用率、高带宽特点的基础上, 也在从固定、游牧式向移动和蜂窝组网方向演进。