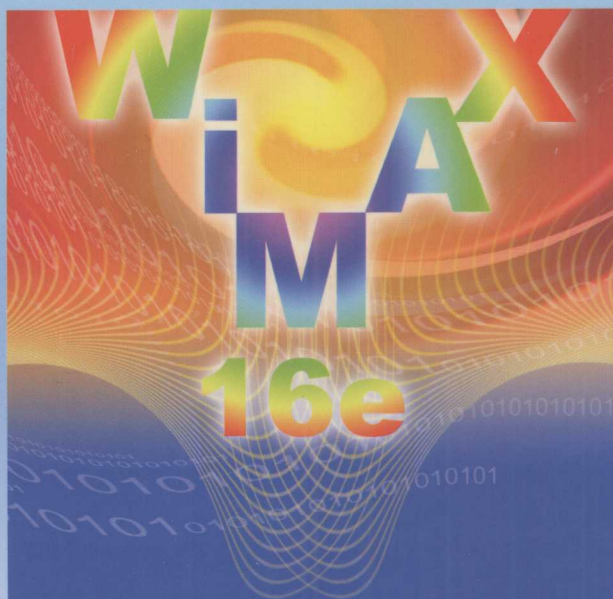


现代移动通信技术丛书

Advanced Mobile Communications

WiMAX 16e 无线网络 技术与应用

田 韬 张新程 周晓津 关 山 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

现代移动通信技术丛书

WiMAX 16e 无线网络技术与应用

田 韬 张新程 周晓津 关 山 编著

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

WiMAX 16e无线网络技术与应用 / 田韬等编著. —北京:
人民邮电出版社, 2009. 1
(现代移动通信技术丛书)
ISBN 978-7-115-19157-1

I. W… II. 田… 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 (2008) 第172491号

内 容 提 要

本书从网络架构、协议栈、物理层、MAC 层等方面介绍了 WiMAX 16e 的有关原理及其关键技术, 尤其对 OFDMA 以及 MIMO 技术的原理及仿真进行了详细的说明, 并结合实例给出了 WiMAX 16e 的网络性能方面的内容。在业务应用方面, 本书通过 VoIP、MBS 业务在 WiMAX 16e 中的实现原理及其应用进行了详细的论述。另外, 本书对 WiMAX 16e 的无线网络规划的关键问题进行了深入的剖析, 并介绍了 WiMAX 16m 的技术发展及其与 LTE 技术的性能对比。本书在内容展开的同时给出了大量的示例。

本书面向的读者为通信运营商、网络和终端制造商、通信业务提供商, 以及有关高校通信专业的学生等。本书也可供信息技术领域中的其他有关人员阅读参考。

现代移动通信技术丛书

WiMAX 16e 无线网络技术与应用

-
- ◆ 编 著 田 韬 张新程 周晓津 关 山
责任编辑 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 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 700×1000 1/16
印张: 21.25
字数: 405 千字 2009 年 1 月第 1 版
印数: 1—5 000 册 2009 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19157-1/TN

定价: 49.00 元

读者服务热线: (010)67129254 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

WiMAX (World Interoperability for Microwave Access) 意即全球微波接入互操作性, 是基于 IEEE 802.16 标准的无线城域网技术。近年来, 美国 and 欧洲的主要电信运营商加入 WiMAX 阵营无疑增添了人们对 WiMAX 前景的信心, 而且 WiMAX 联盟内 1/4 的成员都是电信运营商。WiMAX 作为一项新兴的技术, 能受到许多大运营商的关注本身就显示出其巨大的市场吸引力。WiMAX 能给终端用户提供真正的无线宽带网络接入服务, 甚至是移动通信服务。可以想象, 有了 WiMAX 之后, 用户将在很大程度上摆脱无线局域网的“热点”约束, 从而实现更自由的移动网络应用。

本书内容共分 7 章。第 1 章是 WiMAX 16e 技术概述, 阐述了 WiMAX 16e 系统的网络架构、协议结构及其标准的进展情况。第 2 章介绍了 WiMAX 16e 所采用的核心物理层技术——OFDMA, 对 OFDM 的编码、调制、发射及接收等过程也做了详细的讲解。第 3 章介绍了 WiMAX 16e 的物理层的实现机制与过程, 并详细讲述了测距、上行反馈及 MIMO 技术。第 4 章介绍了 WiMAX 16e 的 MAC 层, 这一章主要是从协议规定的角度对 WiMAX 16e 的 MAC 层进行介绍, 尤其对空闲模式及切换过程进行了细致的论述。第 5 章介绍了 WiMAX 16e 的业务应用。第 6 章介绍了 WiMAX 16e 的无线网络规划的技术要点。第 7 章介绍了 WiMAX 16m 的技术特性。本书中给出了大量的 WiMAX 16e 的示例, 包括一些实际的测试及仿真结果, 目的是希望能够使读者更好地理解相关的技术内容。

另外, 本书在编写过程中还参考了业界专家、同行的著作, 借鉴了华为、Nortel、中兴、Motorola 等公司的经验, 并得到了他们的帮助, 在此一并深表感谢。

本书面向的读者为运营商, 网络和终端制造商, 业务提供商, 高校学生。本书的内容仅代表作者个人的观点和见解, 并不代表其所在公司的观点。

由于作者水平有限, 加上时间仓促, 书中不当之处在所难免, 殷切希望业内专家以及广大读者批评指正。为了便于本书再版时能对书中差错加以修正, 读者可将发现的具体问题发至 ttian.tim@gamil.com, 在此深表感谢。

作 者

目 录

第 1 章 WiMAX 16e 协议体系	1
1.1 WiMAX 论坛与 802.16 系列标准	1
1.1.1 IEEE 802.16 工作组	1
1.1.2 IEEE 802.16 系列规范	3
1.1.3 全球微波接入互操作性论坛——WiMAX FORUM	5
1.2 频率资源与认证	8
1.2.1 全球 WiMAX 频率资源划分	8
1.2.2 中国频率资源现状	9
1.2.3 WiMAX 产品认证	11
1.3 WiMAX 802.16e 体系架构	12
1.4 WiMAX 16e 接口及其协议栈介绍	13
1.4.1 WiMAX 16e 接口	13
1.4.2 WiMAX 协议栈	16
1.5 WiMAX 16e 系统优势	16
1.6 WiMAX 16e 关键技术	17
1.7 WiMAX 与 B3G 技术标准	20
1.8 WiMAX 应用	23
第 2 章 OFDM 与 OFDMA	24
2.1 基本原理	24
2.1.1 正交频分复用多址 OFDM/OFDMA	24
2.1.2 (逆) 快速傅里叶变换 FFT/IFFT	29
2.1.3 OFDM 优势与劣势	32
2.1.4 降低峰均功率比 PAPR	38
2.1.5 时间同步和循环前缀 CP	38
2.1.6 信道估计与均衡	40
2.2 OFDM 发射与接收	41
2.2.1 发射接收原理	41
2.2.2 射频设计挑战	43

第 3 章 WiMAX 16e 物理层协议	45
3.1 OFDMA 基本术语定义	46
3.1.1 时隙和数据区	46
3.1.2 分段与组	48
3.1.3 排列域	48
3.1.4 组	49
3.2 OFDMA 数据映射	50
3.2.1 下行链路	50
3.2.2 上行链路	51
3.3 帧结构	52
3.3.1 PMP 帧	52
3.3.2 上行传输分配	65
3.3.3 上下行传输资源分配示例	65
3.4 OFDMA 子载波分配	68
3.4.1 下行子载波分配	68
3.4.2 上行子载波分配	74
3.4.3 AMC 子载波分配	77
3.5 OFDMA 测距	80
3.5.1 OFDMA 测距种类	80
3.5.2 OFDMA 测距信道与测距码产生	81
3.5.3 时间偏置调整方法	83
3.5.4 测距初始功率	83
3.6 信道编码与调制方式	84
3.7 功率控制	85
3.7.1 开环功率控制	85
3.7.2 闭环功率控制	89
3.8 上行链路的快速反馈信道	91
3.9 上行链路试探信道	93
3.10 物理层过程	96
3.10.1 基站测量	96
3.10.2 终端测量	97
3.10.3 信道质量反馈	98
3.11 同步	100
3.11.1 子载波频偏和时间偏移	100
3.11.2 频率同步	103

3.11.3 时间同步·····	104
3.12 MIMO 与 AAS·····	105
3.12.1 MIMO 技术基本概念·····	105
3.12.2 MIMO-OFDMA 结构与技术·····	108
3.12.3 MIMO 技术·····	117
3.12.4 MIMO 容量分析·····	128
3.12.5 MIMO-MAP 结构·····	133
3.12.6 自适应天线阵列 AAS·····	134
第 4 章 WiMAX 16e MAC 层协议 ·····	138
4.1 汇聚子层·····	139
4.1.1 分类器·····	139
4.1.2 净荷头压缩 (PHS)·····	140
4.2 公共部分子层·····	143
4.2.1 寻址和连接·····	143
4.2.2 MAC PDU 的构建和传送·····	144
4.2.3 进入网络和初始化·····	161
4.2.4 业务调度和 QoS·····	175
4.2.5 带宽分配和请求机制·····	182
4.2.6 ARQ 和 HARQ·····	189
4.3 安全子层·····	201
4.3.1 体系结构·····	201
4.3.2 认证和密钥交换·····	205
4.3.3 数据加密·····	208
4.4 WiMAX 16e 对移动性的支持·····	209
4.4.1 睡眠模式·····	209
4.4.2 空闲模式·····	218
4.4.3 MAC 切换过程·····	229
第 5 章 WiMAX 16e 的业务应用 ·····	255
5.1 VoIP·····	256
5.1.1 VoIP 的应用所面临的技术问题·····	256
5.1.2 调度方式的比较·····	258
5.1.3 资源分配的考虑·····	262
5.2 MBS·····	263

第 1 章 WiMAX 16e 协议体系

1.1 WiMAX 论坛与 802.16 系列标准

1.1.1 IEEE 802.16 工作组

作为宽带无线通信的推动者，美国电气和电子工程师协会（IEEE）于 1999 年设立 802.16 工作组，开发工作于 2~66GHz 频带的无线接入系统空中接口物理层（PHY）和媒质接入控制层（MAC）规范，同时还有与空中接口协议相关的一致性测试以及不同无线接入系统之间的共存规范。

2001 年 12 月，基于单载波的物理层和 TDM 的 MAC 层协议，该工作组推出初始版本的标准 802.16，其中 MAC 层从广泛使用的 DOCSIS（Data Over Cable Service Interface Specification）标准引入许多崭新概念到无线标准中。无线城域网规范的 802.16 标准预计将实现无线连接的多媒体应用，并且在 30 英里的距离范围内提供一个可视的最后一英里技术。

IEEE 802.16 工作组在初始标准基础推出修正版本——802.16a，其中采用正交频率复用（OFDM）的物理层技术，MAC 层支持 OFDMA。802.16 支持 2~11GHz 频段范围内的非视距应用，在长达 31 英里的距离内实现 79Mbit/s 的速度。IEEE 802.16a 标准仅仅是 IEEE 802.16 标准的修改和扩展，不是一个独立的标准。

2004 年继续修正制定新的标准规范 IEEE 802.16-2004，该标准替代以往所有修正版本，形成第一个 WiMAX 解决方案的基础，是相对比较成熟并且最具实用性的一个标准版本。IEEE 802.16-2004 WiMAX 方案提供广泛的固定宽带应用，被称为固定 WiMAX 技术，即 WiMAX 16d。

WiMAX 标准规范不同版本技术细节比较见表 1-1。

表 1-1 WiMAX 标准规范不同版本技术细节比较

	WiMAX 初始版本	固定 WiMAX	移动 WiMAX
标准	802.16	802.16-2004	802.16e-2005
频率范围	10~66GHz	2~11GHz	2~11GHz（固定） 2~6GHz（移动）
复用方式	SC	OFDM	OFDM/OFDMA

续表

	WiMAX 初始版本	固定 WiMAX	移动 WiMAX
FFT 大小		256	256OFDM
			128/512/1 024/204 8OFDMA
调制解调方式	QPSK,16QAM,64QAM	BPSK,QPSK,16QAM,64QAM	QPSK,16QAM
			64QAM (UL 可选)
双工方式	TDD,FDD	TDD,FDD	TDD,FDD
信道宽度	20MHz,25MHz,28MHz	1.75MHz,3.5MHz,7MHz,14MHz,1.25MHz,5MHz,10MHz,15MHz,8.75MHz	1.75MHz,3.5MHz,7MHz,14MHz,1.25MHz,5MHz,10MHz,15MHz,8.75MHz,20MHz
数据速率	32~134.4Mbit/s	1~75Mbit/s	~100Mbit/s
应用	固定视距接入	固定非视距接入 NLOS,Mesh	固定视距 NLOS,Mesh,游牧,便携,移动
覆盖半径	~10km	~15km	~5km

2005 年 12 月, IEEE 工作组完成并且批准 IEEE 802.16-2005 标准, 该标准继承 IEEE 802.16-2004 规范基础上新增对终端移动性的支持。作为增强版的 IEEE 802.16e 的成功制定, 无疑是 WiMAX 技术的一个最重要的里程碑。它工作在 2~6GHz 频段, 支持移动性的宽带无线接入空中接口标准, 实现了高速数据业务的宽带无线移动接入, 还支持基站或扇区间高层切换功能。基于该新版本的 WiMAX 解决方案支持游牧和移动宽带应用, 通称为移动 WiMAX 技术 (WiMAX 16e)。IEEE 802.16e 能向下兼容 IEEE 802.16d, 802.16d/e 标准具有的主要技术特征存在着一些差异, 决定了两者应用场景的不同。

802.16d/e 的物理层可选用单载波、OFDM 和 OFDMA 共 3 种技术。因为 OFDM 和 OFDMA 只用于小于 11GHz 频段的信道条件传输, 为了兼容 10~66GHz 频段的视距传输, 这里 802.16d/e 采用了单载波这个选项。虽然在 802.16d/e 协议中, 单载波物理层也可以用于 2~11GHz 频段, 但通常认为 802.16d 典型的物理层技术是 OFDM, 802.16e 的典型物理层技术是 OFDMA。802.16d OFDM 物理层采用 256 个子载波, OFDMA 物理层采用 2 048 个子载波, 信号带宽为 1.25~20MHz 可变。802.16e 对 OFDMA 物理层进行了修改, 使其可以支持 128、512、1 024 和 2 048 共 4 种不同的子载波数量, 但子载波间隔不变, 信号带宽与子载波数量成正比, 这种技术称为可扩展的 OFDMA。采用这种技术, 系统可以在移动环境中灵活适应信道带宽的变化。

在多址方面, 802.16d/e 在上行采用了 TDMA, 下行采用了 TDM 支持多用户传输。另一种多址方式是 OFDMA, 以 2 048 个子载波的情况为例, 系统将所有可用的子载波分为 32 个子信道, 每个子信道包含若干个子载波。多用户多址采用和跳频类似的方式实现, 只是跳频的频域单位为一个子信道, 时域单位为 2 或 3

在调制技术方面，802.16d/e 支持的最高阶调制方式为 64QAM，相对于蜂窝移动通信系统（3GPP HSDPA 最高支持 16QAM），802.16d/e 更强调在信道条件较好时实现极高的峰值速率。为适应高质量数据通信的要求，802.16d/e 选用了块 Turbo 码、卷积 Turbo 码等纠错能力很强但解码延时较大的信道码，同时也考虑使用低复杂度、低时延的 LDPC 码。

在双工方面, 802.16d/e 支持 FDD 或者 TDD 两种方式, 其物理层技术基本相同。相对而言, 3G 技术中 FDD 和 TDD 模式采用的物理层有较大的不同。802.16d/e 在 5MHz 频带上可以实现约 15Mbit/s 的速率, 频谱效率为 3bit/s/Hz, 与 HSDPA 类似。但是 802.16d/e 在固定或低速环境下可以使用更大带宽 (20MHz), 实现高达 75Mbit/s 的峰值速率, 这是现有蜂窝移动通信系统难以达到的。这充分体现出 OFDM 技术在使用更宽频带方面的优势。

802.16d/e 标准支持全 IP 网络层协议, 802.16d/e 设备可以作为一个路由器接入现有的 IP 网络, 但现有 IP 核心网缺乏有效的移动性管理能力。WiMAX 论坛已经开始开发网络层协议, 802.16 NetMAN 工作组也已开展这方面的工作。同时, 802.16 协议也可以通过一个 ATM 汇聚子层将 ATM 信元映射到 802.16d/e MAC 层, 具备支持 3G 核心网的潜力。也就是说, WiMAX 支持和 3G 系统的互通和融合。

802.16d/e 的 MAC 层支持多种 QoS 等级以适应 VoIP、可视电话、流媒体、在线游戏、浏览、下载等不同的业务类型,包括主动分配带宽、实时轮询、非实时轮询和尽力而为,其中最后一种为竞争接入的调度机制。802.16e 增加了节点模式,以支持移动终端,除正常工作状态外,还支持空闲状态和睡眠状态。

1.1.2 IEEE 802.16 系列规范

IEEE 802.16 工作组围绕 WiMAX16d/e 还制定了其他一系列标准，分别定义了系统 MAC 层和物理层的管理信息库，相关的管理流程，设备的互操作性，对网络资源、移动性和频谱的有效管理。

(1) 802.16——固定宽带无线接入系统空中接口标准 (10~66GHz)

定义工作在 10~66GHz 固定宽带无线接入系统空中接口标准, 采用 TDM/PDMA 多址方式, 单载波调制, 本质上是为 LMDS 实现可互操作性而制定的一个标准, 业务应用与 LMDS 相似。

(2) 802.16a——固定宽带无线接入系统空中接口标准 (2~11GHz)

定义了工作在 2~11GHz 固定宽带无线接入系统空中接口标准,本质上是 为 MMDS 实现可互操作性而制定的一个标准,其业务应用与 MMDS 相似。 802.16a 对 802.16 进行了扩展,MAC 层提供 QoS 保证机制,可支持语音和 视频等实时性业务。

(3) 802.16c——固定宽带无线接入系统的兼容性 (10~66GHz)

802.16c 是对 802.16 的增补文件, 是使用 10~66GHz 频段 802.16 系统的兼容性标准。

(4) 802.16d (IEEE 802.16-2004)——固定宽带无线接入空中接口标准 (2~66GHz)

802.16d 是 802.16 的一个修订版本, 也是相对比较成熟并且最具实用性的一个标准版本。802.16d 对 2~66GHz 频段的空中接口物理层和 MAC 层做了详细规定, 定义了支持多种业务类型的固定宽带无线接入系统的 MAC 层和相对应的多个物理层。该标准对前几个标准进行了整合和修订, 但仍属于固定宽带无线接入规范。

(5) 802.16e (IEEE 802.16-2005)——固定和移动宽带无线接入空中接口标准 (2~6GHz)

802.16a 的增补版, 是支持客户端移动性的规范, 使用户可以在基站之间自由切换和漫游, 进而实现在不同的 802 网络之间自由切换。该标准可同时支持固定和移动宽带无线接入系统, 工作在小于 6GHz 适宜于移动性的许可频段, 可支持用户终端以车辆速度移动 (一般低于 120km/h)。本书后面章节会详述该规范的各项协议以及系统的组成。

(6) 802.16f (Fixed MIB)——固定宽带无线接入系统管理信息库标准

固定宽带无线接入系统空中接口 MIB (Management Information Base) 要求。

(7) 802.16g——固定和移动宽带无线接入系统管理平面流程和服务要求规范

规定固定和移动 WiMAX 的管理平面流程和服务要求, 实现 WiMAX 设备的互操作性, 以及对网络资源、移动性和频谱的有效管理。

(8) 802.16h (License-Exempt)——非执照频段的无线宽带系统标准

利用认知无线电技术使 802.16 系列标准, 改进诸如策略和媒介接入控制等机制, 以确保基于 IEEE 802.16 的免授权系统之间的共存, 降低对其他基于 IEEE 802.16 免授权频段服务用户的干扰。

(9) 802.16i (Mobile MIB)——移动宽带无线接入系统管理信息库标准

移动宽带无线接入系统空中接口 MIB (Management Information Base) 要求。

(10) 802.16j (Mobile Multi-hop Relay)——移动宽带无线接入系统多跳中继技术标准

通过中继技术改善由无线信道环境导致的阴影衰落, 扩大 WiMAX 基站覆盖范围, 提高系统容量和性能, 以减少有线互联带来的成本压力。这是一种基于 WiMAX 技术架构的基站式新标准, 后续章节有详述。

(11) 802.16k (802.1D Bridging)——媒体接入控制 (MAC) 桥接规范

(12) 802.16m (Advanced Air Interface)——先进空中接口标准

目前最新的 802.16 家庭的技术标准, 其目标是在“漫游”模式或高效率/强

信号模式下，将设备的下行传输速度提高到 1Gbit/s。同时这项标准也要求“高移动”模式，即传输速度达到 100Mbit/s。严格地说来，802.16m 并非 WiMAX 的组成部分，但是 IEEE 承诺将让 802.16m 和 WiMAX 兼容，还将与基于 OFDMA 的 4G 标准网络 IMT-Advanced 兼容，后续章节有详述。

(13) 802.16 Rev2

合并 802.16-2004 与后面的修订版本，包括 802.16-2004/Cor-1-2005、802.16e-2005、802.16f-2005、802.16g 和 802.16i，合并的 802.16-2004/Cor2 初稿。

1.1.3 全球微波接入互操作性论坛——WiMAX FORUM

IEEE 802.16 工作组制定出系统标准，一个完整端到端的网络应用还需要完善端到端应用管理流程，确保其节点设备兼容性及互用性。2001 年 4 月，由业界领先的通信设备公司及器件公司共同成立了一个非盈利工业贸易联盟组织——全球微波接入互操作性论坛（WiMAX Forum）。该组织旨在规范业界宽带无线接入的服务需求并促其标准化，帮助并解决 IEEE 802.16 标准和 ETSI HiperMAN 标准实施的障碍，以推动 WiMAX 标准的市场化进程。IEEE 和 ETSI 是标准制定者，WiMAX 论坛组织是标准实施的推动者，现在 WiMAX 已成为 IEEE 802.16 标准的别称。

WiMAX 论坛使用与 Wi-Fi 联盟推动无线局域网行业发展的相同方法，制定完整的测试规范和认证体系，对相关厂家的产品进行测试和认证，并对那些通过认证的产品发放 WiMAX 认证标志¹，从而鼓励所有的无线宽带接入相关产业的厂商遵循一个统一的规范，使各个产品之间具有良好的互操作性。WiMAX 论坛希望通过它的努力，加快符合 IEEE 802.16 技术标准的宽带无线接入设备的上市速度，从而加速全球最后一公里宽带的部署。WiMAX 论坛发展情况如图 1-1 所示。

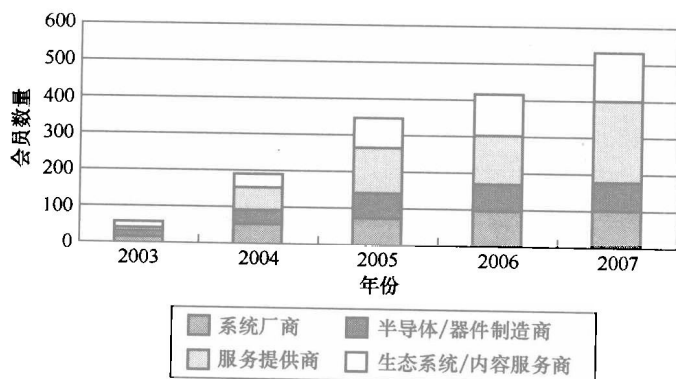


图 1-1 WiMAX 论坛发展

论坛成立以来，随着市场化进程加快会员数量也迅速膨胀，几乎全球的主流

¹通过 WiMAX 认证的产品会拥有“WiMAX © CERTIFIED”标识。

设备提供商和集成商都一致支持 WiMAX。截至 2007 年年底，共有 536 家公司加入 WiMAX 论坛，其中包括 15 家董事公司成员，120 家高级公司成员。论坛成员公司扩大到通信行业的各个环节——运营商/服务提供商、系统设备制造公司、半导体器件公司和系统集成商等²，集中了各个行业领先的公司。

截止到目前, WiMAX 论坛运营商会员共建成 275 个无线宽带接入系统的实验网, 遍布全球 65 个国家。试验过或者已部署 WiMAX 系统的运营商包括了 BT (英国)、France Telecom (法国)、Rogers (加拿大)、Korea Telecom (韩国)、KDDI (日本)、Telmex (墨西哥)、Unwired (澳大利亚)、Reliance (印度) 和 SingTel (新加坡)。2007 年 7 月 19 日, Sprint Nextel 和 Clearwire 宣布将要共同建设采用 WiMAX 16e 技术的美国第一个移动宽带网络, 全面推进全球 WiMAX 系统的业务应用。

WiMAX 论坛由认证工作组 (CWG)、技术工作组 (TWG)、网络工作组 (NWG)、市场工作组 (MWG)、漫游工作组 (GRWG) 和频谱工作组 (RWG) 等组成, 如图 1-2 所示。WiMAX 论坛的标准是由网络工作组和技术工作组制定。WiMAX 论坛中的需求由需求工作组提出并输出给网络工作组, 网络工作组制定 WiMAX 核心网络规范以满足需求工作组的要求。技术工作组负责制定测试规范, 而认证工作组则根据技术工作组制定的测试规范要求进行 WiMAX 设备认证。

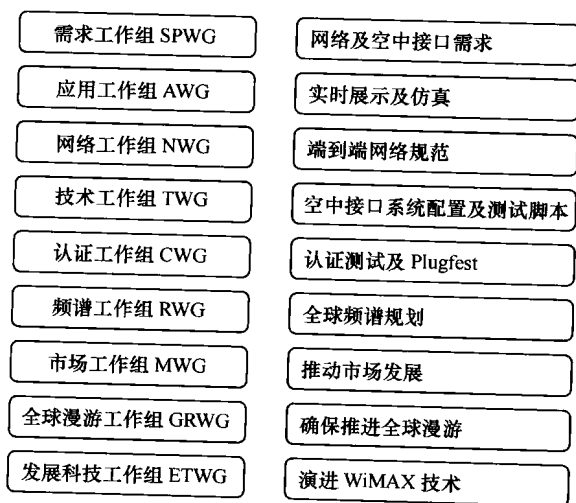


图 1-2 WiMAX 论坛工作组组织结构和主要任务

(1) 认证工作组 (CWG)

管理认证过程，包括一致性测试规程、互操作规程以及认证的流程，同时还负责认证实验室的建立以及质量监控。

² 会员名单实时更新, 访问 <http://www.WiMAXforum.org/about> 即可获得最新完整会员公司列表。

(2) 技术工作组 (TWG)

基于 IEEE 802.16 的 OFDMA 空中接口标准制定, 维护一致性和互操作的测试规范, 同时为系统定义技术规范需求。

(3) 网络工作组 (NWG)

对现有的 IEEE 802.16 标准没有定义和涉及的部分(如 MAC 层之上网络规范)进行明确的定义和描述, 制定 IEEE 802.16 以及核心网之外的网络单元、功能实体、消息和协议。

(4) 频谱工作组 (RWG)

寻找和确定适用于 WiMAX 产品的许可频段, 鼓励使用全球统一的频率带宽以最大限度利用频率资源, 降低产品的制造成本。

(5) 市场工作组 (MWG)

推动 WiMAX Forum 发展, 建立全球宽带无线接入一致性和互联互通标准, 确定 WiMAX 产品的市场定位, 以推动宽带无线接入市场的发展。

(6) 应用工作组 (AWG)

挖掘 WiMAX 产品极具竞争力的“杀手级”应用, 推动宽带无线接入用户和市场的发展, 为产品的研制提供指导。

(7) 需求工作组 (SPWG)

为宽带无线接入系统定义系统需求, 以保证产品满足当前和未来市场发展的需要。

(8) 发展科技工作组 (ETWG)

维护相关正交分频多工的发展与效益, 维护现有 OFDM 利益, 开发新增固定 OFDMA 效益, 制定 WiMAX 网络演进技术的技术规范。

(9) 全球漫游工作组 (GRWG)

确保 WiMAX 网络全球漫游服务的能力及时符合市场要求。

WiMAX 论坛发布了 NWG 规范 R1.1 版本, 正在制定 NWG1.5 版本。在 NWG R1.1 版本中, 对网络的接入、鉴权过程做了比较详细的规定, 但只对互联网接入业务进行了比较详细的规范, 而对 VoIP 业务、广播多播业务等没有进行详细的说明。同时, NWG1.1 只能支持用户预先设置的业务 QoS 等级, 不支持用户根据业务情况动态调整业务的 QoS。NWG1.1 也对漫游情况下网络流程没有给出详细的说明。因此, NWG1.1 还只能支持互联网接入业务。

论坛目前正在制定的 NWG1.5 规范, 主要对漫游和移动性管理、PCC (策略控制和计费)、IMS 的融合、以及对支持广播多播、定位、MBS 等业务进行了加强, 同时要加入全球漫游的需求, 进一步完善与其他系统(如 3G)的互通, 其中最关键的是 PCC 和与 IMS 融合这两方面的增强。在 PCC 框架下, WiMAX 将支持动态建立不同 QoS 等级的业务, 并根据不同业务的计费策略来进行计费, 将 WiMAX 的 QoS 控制和计费结合起来, 以支持互联网接入、VoIP 等多种 QoS 等级的业务。

通过 IMS 的引入，可以有效增强 WiMAX 网络的业务提供能力。多媒体广播业务（MBS）是目前行业内公认的所谓下一个杀手级应用（Killer Application），所以对它的支持就显得尤为重要。为实现 MBS 业务，网络架构的设计中也需要作相应的考虑，例如广播节点间的业务同步、广播业务的鉴权、加密以及计费的机制与结构。对于漫游能力来讲，全球的频谱资源分配可能是目前更为迫切的话题，但是在网络架构的设计中同样需要考虑用户的认证与鉴权，业务的转移与计费等问题。

技术工作组制定的测试规范保证 WiMAX 设备的功能和性能，以及不同厂家之间的互操作性。技术工作组制定的规范中，最重要的有两个：系统功能参数概要（System Profile），给出了 WiMAX 标准中必选和可选的功能参数项；无线一致性测试（RCT），给出了无线接口的一致性测试规范。同时，TWG 还根据 WiMAX 认证的两个阶段给出了测试规范的两个参数概要：Wave1 和 Wave2。Wave1 和 Wave2 的主要差别在于：Wave2 采用了 MIMO 和波束成形（BF）技术，能大大提供网络的容量和覆盖。Wave2 也是被广泛所看好和关注的版本。但目前 Wave2 的测试规范还在讨论过程中，目前只发布了 Wave1 的测试规范。

综合上面的描述，WiMAX 网络要能够支持多种业务、支持全国性组网，必须要支持 NWG1.5 规范要求。WiMAX 网络在无线容量和覆盖上要增强 3G 能够竞争的话，必须支持 Wave2 版本。但目前这两个规范还处于制定过程中，WiMAX 的标准进程还需要进一步加快。

1.2 频率资源与认证

1.2.1 全球 WiMAX 频率资源划分

WiMAX 论坛目前初步建议 IEEE 802.16 标准互操作性认证的可选频率集中在 4 个频段上，分别是：2.3~2.4GHz，2.496~2.69GHz，3.4~3.6GHz，5.725~5.850GHz（无需许可证）。WiMAX 16e 许可频段及相应信道特性见表 1-2。

表 1-2 WiMAX 16e 许可频段及相应信道特性

信道带宽 (MHz)	FFT 采 样数量	其他频 段特定	2.3~2.4 GHz	2.305~2.32 GHz, 2.345~2.36 GHz	2.496~2.69 GHz	3.3~3.4 GHz	3.4~3.8 GHz
1.25	128						
5.0	512		TDD	TDD	TDD	TDD	TDD
7.0	1 024					TDD	TDD
8.75	1 024		TDD				
10	1 024		TDD	TDD	TDD	TDD	TDD
20	2 048						

WiMAX 16e 许可频率除了上述 4 个频段外,美国已经拍卖部分 UHF 频率(700MHz)作为无线宽带接入,新的使用许可从 2009 年 1 月开始,目前计划拍卖 698~806MHz 频率中的 62MHz 频率。

WiMAX 部分频段已经在部分国家和地区拍卖,频段均不相同,这也成为 WiMAX 应用普及的最大障碍。对于移动 WiMAX,目前世界上比较流行的做法是使用 2.5GHz 频段,也有极少部分地区使用 3.5GHz 频段,但是 3.5GHz 频段不能很好地发挥移动 WiMAX 的特性,特别是在移动性能上会大打折扣。

美国联邦通信委员会(FCC)将 3.65~3.70GHz 的频段分配给了 WiMAX,也仅 50MHz,而拟分配的 700MHz 频段要等到 2009 年电视数字化后才能释放出来。英国为 WiMAX 分配了 2 010~2 025MHz、2 290~2 302MHz 和 2 500~2 690MHz 等频段共 196MHz,虽然比较富余,但要同时容纳 2 个以上运营商频率仍显不足。新加坡将 2.3GHz 上的 50MHz 和 2.5GHz 上的 90MHz 分配给了 WiMAX。意大利同意将用于军用的 3.4~3.6GHz 共 200MHz 频率重新分配给 WiMAX 技术用于多家运营商,但由于频段较高也主要用于固定 WiMAX 业务。韩国将 2.3~2.4GHz 频段的 100MHz 频率规划给了 WiBro 业务,分给 3 个运营商,每个运营商获得 27MHz 频率,中间有 4.5MHz 隔离带。即使 WiMAX 发展最快的韩国,在频率配置上也远没有满足移动 WiMAX 大规模组网的需求。香港电讯管理局宣布将启用 2.3~2.4GHz 的频段以及 2.5~2.69GHz 的频段,并将这两个频段的相关牌照在 2007 年第四季度进行公开拍卖后。中国台湾省 2.5GHz 和 5.8GHz 频段被批准可使用部署 WiMAX 技术。

2007 年 10 月于日内瓦召开的世界无线电通信大会(WRC-07)讨论和确定了 4G 的全球性频谱规划。国际电信联盟(ITU)划定了第三代及第四代移动通信系统的 4 个新频段,其中包括 3.4~3.6GHz 的 200MHz 带宽、698~806MHz 的 108MHz 带宽、450~470MHz 的 20MHz 带宽以及分配给 IMT_Advanced 的 2.3~2.4GHz 的 100MHz 带宽。

1.2.2 中国频率资源现状

WiMAX 许可频段的频率资源现状如图 1-3 所示。

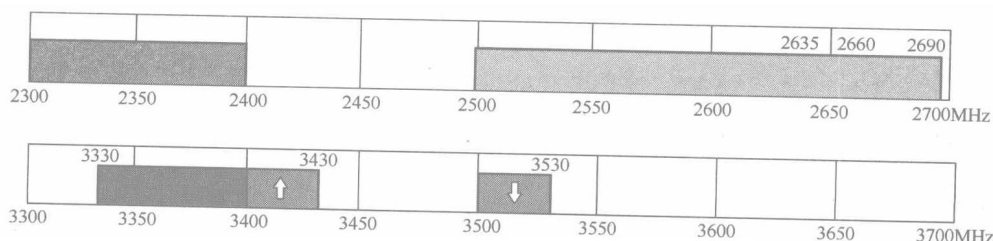


图 1-3 WiMAX 许可频段的频率资源现状