

IEEE 802.16m

宽带无线技术与系统设计

IEEE 802.16m

Broadband Wireless Technology
and System Design

杜滢 方惠英 刘扬 关艳峰
陈玉芹 吕开颖 等 编著

- 参考技术规范、报告、会议提案及纪要编写，便于读者查阅

- 融入作者参会体会，介绍技术方案甄选过程，便于读者理解标准的前因后果

- 采用与802.16e对比的方式编写，更易理解



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

IEEE 802.16m

宽带无线技术 与系统设计

IEEE 802.16m
Broadband Wireless Technology
and System Design

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

IEEE 802.16m 宽带无线技术与系统设计 / 杜滢等编
著. — 北京: 人民邮电出版社, 2010. 7
ISBN 978-7-115-22754-6

I. ①I… II. ①杜… III. ①宽带通信系统—接入网
IV. ①TN915.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第059261号

内 容 提 要

本书系统阐述了 IEEE 802.16m 宽带无线技术与系统设计。本书内容包含 IEEE 802.16m 空中接口物理层传输技术、物理层系统设计、MAC 子层设计、主要物理过程、多载波技术、增强多播广播业务、定位业务、中继技术、Femtocell、自组织技术。

本书可供从事移动通信工作的研发人员、工程技术人员、运营管理人员阅读(尤其适合 IEEE 802.16、4G 技术研究和开发人员使用), 也可供高等院校通信及相关专业的师生参考。

IEEE 802.16m 宽带无线技术与系统设计

◆ 编 著 杜 滢 方惠英 刘 扬 关艳峰
陈玉芹 吕开颖 等

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>
北京鑫正大印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 20.25

字数: 496 千字

印数: 1—3 000 册

2010 年 7 月第 1 版

2010 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-22754-6

定价: 65.00 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

在蜂窝移动通信技术快速发展，力争提供移动宽带服务的同时，一些无线宽带接入技术也开始提供移动能力的支持。2004 年，IEEE 推出了基于 OFDMA 和多天线技术的移动 WiMAX 技术。在 IEEE 逐步完善 WiMAX 技术的同时，IEEE 又启动了 IEEE 802.16m 项目。

经过 3 年多的技术预研和标准化工作，IEEE 802.16m 标准已接近完成。在后向兼容 IEEE 802.16e 的基础上，IEEE 802.16m 基于 OFDMA 和多天线技术，提供两倍于 IEEE 802.16e 的频谱效率、每赫兹 15bit/s 的下行频率效率、更低的传输时延，目标满足 IMT-Advanced 技术需求。

预计在未来的 10 年内，基于 OFDMA 和多天线技术的宽带移动通信技术将被广泛应用。在此背景下，本书的作者希望写作一本全面而详尽地介绍 IEEE 802.16m 技术的书籍，帮助业内人员加深对技术方案的理解，从总体上了解基于 OFDMA 和多天线技术的系统设计和技术特点，对研究和跟进相关国际标准化进展起到参考作用。

本书的作者均深入地参与了 IEEE 802.16m 标准的研究与制定过程，参加了历次 IEEE 802.16m 标准化会议，代表我国企业、高校和研究机构提交了大量技术提案，经历了多次技术选择的重要确定过程。他们对 IEEE 802.16m 规范和技术原理有深入的理解，对 IEEE 802.16m 研究和标准化过程有切身的体会。本书编写的素材均来自 IEEE 802.16m 发布的技术规范、技术报告、会议提案及会议纪要，以做到有据可依，也方便读者查阅相关资料。

为了便于读者理解 IEEE 802.16m 标准的前因后果，在介绍 IEEE 802.16m 规范和技术原理的同时，本书的作者将参会的体会和技术理解也融入到书中，尽可能详细地介绍技术方案的甄选过程、各种解决方案的特点等。此外，IEEE 802.16m 基于 IEEE 802.16e 增强，为了更好地体现 IEEE 802.16m 的技术特点和优势，作者尽可能地采用与 802.16e 对比的方式编写本书，以便读者更好地理解，力求为读者提供一本高质量的关于 IEEE 802.16m 技术的专业参考书籍。

对于深入研究技术和设备开发的人员，本书可作为阅读 802.16m 技术规范参考资料，以便更深入地理解规范，更准确地使用规范。对于企业、高校和研究单位人员，本书可作为学习标准化工作方法的重要参考。

本书的内容主要基于接近完成的 IEEE 802.16m 标准第一版本，在本书的编写过程中，相

IEEE 802.16m 宽带无线技术与系统设计

关标准还在完善中。根据以往的经验，802.16m 标准还将有一个版本完善和增强的过程。作者希望以此为契机，为我国通信产业界提供一个共同学习和研究的基础，在宽带无线通信技术发展中掌握主动权，为我国无线通信产业的发展贡献一份自己的力量。

工业和信息化部电信研究院副院长

 谨撰

2010 年 5 月于北京

前 言

经过十几年的发展，基于第三代移动通信技术的网络和业务已在全球得到了广泛应用。随着用户需求的提高和业务的丰富，数据业务的比例不断增加。在传统蜂窝技术为提高系统容量和服务质量，向宽带化发展的同时，一些传统的无线宽带接入技术也开始提供移动能力的支持。移动通信技术与宽带接入技术的融合成为无线通信的发展趋势。

新的需求带来新的机遇，2004 年第一个基于 OFDMA+MIMO 的移动 WiMAX 技术的推出，给无线移动通信市场打了一剂强心针，也打破了码分多址（CDMA）技术一统移动通信天下的局面。随后，全球主要的移动通信标准组织 3GPP 和 3GPP2，纷纷开始 3G 演进型系统的开发和标准化，相继推出了长期演进（LTE）技术和超移动宽带（UMB）技术。LTE 从立项之初到标准的发布，一直受到多方关注，它的出现也给 WiMAX 技术带来了一定的压力和挑战。2006 年年底 IEEE-SA（美国电气和电子工程师学会的标准协会）通过了 802.16m 立项申请。IEEE 802.16m 以 802.16e 为基础，支持更大带宽、更高阶天线配置，提供两倍于 802.16e 的频谱效率。同时，802.16m 以 ITU IMT-Advanced（也称为 4G）的需求为目标性能需求，面向 IMT-Advanced 进行设计，以期在较长的时间内保持对其他无线通信标准的竞争优势。

在今后的数年，IEEE 802.16m 的标准成果将逐步被产业化，应用到市场中。设备企业需要根据这个标准开发设备，运营企业技术人员需要根据此标准部署商业网络，科研人员可以此为基础研发新技术，这一切都需要对 802.16m 标准有深入理解。因而，在 IEEE 802.16m 标准制定收尾之时，撰写一本介绍 IEEE 802.16m 技术原理和系统设计的书籍很有必要，也是正当其时。

本书的作者大都参与了 IEEE 802.16m 标准化过程，在会议过程中也提交了大量文稿，较深入地参与了 IEEE 802.16m 标准的制定，了解标准制定过程中技术方案的选择过程。为了便于读者理解 IEEE 802.16m 标准的前因和后果，本书的作者将参会的体会和技术理解也融入到书中，尽可能详细地介绍技术方案的甄选过程、各种解决方案的特点等。在书稿编写过程中，作者尽可能地参考和引用会议文稿，以做到有据可依，也方便读者查阅相关资料。此外，IEEE 802.16m 基于 IEEE 802.16e 进行增强，为了更好地体现 IEEE 802.16m 的技术特点和优势，作者尽可能地采用与 802.16e 对比的方式编写本书，以便读者更好地理解。

本书各章节写作分工如下：杜滢编写了第 1 章、第 4 章（除 4.6 节），第 5.1、5.3、5.4、5.7 和 11.1 节；李扬编写了第 2 章和第 3 章；第 4.6 节由龚贤卫、许进、徐前子编写；第 5.2、5.5、5.6、5.8 节由方惠英、关艳峰、梁婷、刘锟、鲁照华、朱登魁编写；第 6 章由刘扬、宁

丁、李楠、张磊编写；第 7 章由方惠英、李楠、刘扬编写；第 8 章由陈玉芹编写；第 9 章由吕开颖编写；第 10 章由张磊编写；第 11.2、11.3 节由谢峰编写；全书由杜滢统稿。感谢曲红云在本书撰写过程中的悉心安排和组织，感谢本书编辑刘洋的建议和帮助，感谢人民邮电出版社的大力支持和高效工作，使本书能尽早与读者见面。

本书是基于作者的主观角度和有限学识对 IEEE 802.16m 标准化讨论过程和最终解决方案的理解，观点难免有欠周到之处。另外，IEEE 802.16m 标准本身也在不断地完善和演进，截至本书成书之日，仍有一些技术方案还未达到完全成熟的程度，今后如有机会，也希望能够进一步修正和补充。最后，对于书中存在的不当之处，敬请读者和专家批评指正，并提出宝贵意见。读者可以通过本书编辑的电子邮箱（liuyang@ptpress.com.cn）与我们交流。

作 者

2010 年 5 月

目 录

第 1 章 背景及概述	1	第 4 章 物理层传输技术	28
1.1 IEEE 组织架构和 workflow	1	4.1 双工方式	28
1.2 IEEE 802 各工作组情况	3	4.1.1 FDD	28
1.3 WiMAX 论坛及技术现状	5	4.1.2 TDD	28
1.3.1 固定 WiMAX 技术现状	6	4.1.3 H-FDD	29
1.3.2 移动 WiMAX 技术现状	7	4.2 多址接入技术的选择	30
1.4 IEEE 802.16 及 ITU-R 标准 进展	9	4.2.1 OFDMA	30
1.5 IEEE 802.16m 主要技术特点和 下一步工作	11	4.2.2 DFT-S-OFDMA	32
第 2 章 IEEE 802.16m 需求	13	4.2.3 IFDMA	33
2.1 基本需求	13	4.2.4 混合多址	34
2.2 功能性需求	14	4.3 下行多天线技术及选择	35
2.3 基本性能需求	17	4.3.1 下行 MIMO 框架和数据 处理	35
2.4 目标性能需求	19	4.3.2 支持的多天线技术	39
2.5 系统部署	20	4.3.3 空时编码	41
第 3 章 IEEE 802.16m 系统 架构	22	4.3.4 循环延时/相位偏移分集	45
3.1 网络架构	22	4.3.5 天线跳变 (hopping)	46
3.2 IEEE 802.16m 系统参考模型	23	4.3.6 天线选择技术	47
3.3 IEEE 802.16m 空中接口协议 结构	24	4.3.7 空间复用	47
3.3.1 AMS/ABS 数据面处理	26	4.3.8 下行预编码	49
3.3.2 AMS/ABS 控制面处理	26	4.3.9 波束赋形	59
3.3.3 多载波协议	27	4.3.10 多用户 MIMO	60
		4.3.11 多天线技术自适应	63
		4.3.12 相关反馈信息的设计	63
		4.3.13 多基站 MIMO 技术 (网络 MIMO)	69
		4.4 上行多天线技术	71

4.4.1	上行 MIMO 框架和数据 处理	71
4.4.2	支持的多天线技术	73
4.4.3	单用户 MIMO (SU-MIMO)	74
4.4.4	多用户 MIMO (MU-MIMO)	76
4.4.5	非自适应 MIMO	76
4.4.6	SU-MIMO 和 MU-MIMO 的反馈和控制信道	77
4.5	链路自适应	77
4.5.1	下行链路自适应	77
4.5.2	上行链路自适应	78
4.6	信道编码	78
4.6.1	数据信道的信道编码	78
4.6.2	控制信道的信道编码	86
4.6.3	IR HARQ	87
4.6.4	星座图重排	89

第 5 章 物理层系统设计

5.1	OFDMA 参数设计	91
5.1.1	CP 长度设计	92
5.1.2	子载波带宽设计	92
5.2	帧结构设计	95
5.2.1	基本帧结构	95
5.2.2	支持 16e 的帧结构 (后向 兼容)	99
5.2.3	共存的帧结构设计	102
5.2.4	多载波帧结构设计	103
5.3	下行物理结构	104
5.3.1	物理和逻辑资源设计	104
5.3.2	信道化和资源映射	105
5.3.3	导频结构设计	119
5.3.4	用于 E-MBS 的物理资源 结构	128
5.4	上行物理结构	129
5.4.1	物理和逻辑资源设计	129
5.4.2	信道化和资源映射	130
5.4.3	导频结构设计	133

5.4.4	支持多载波的上行物理 资源	138
5.5	下行控制信道	139
5.5.1	下行控制信息分类	140
5.5.2	下行控制信道设计	143
5.5.3	下行控制信息映射	147
5.6	上行控制信道	150
5.6.1	上行控制信息分类	150
5.6.2	上行控制信道设计	152
5.6.3	上行控制信息映射	157
5.7	功率控制	162
5.7.1	下行功率控制	162
5.7.2	上行功率控制	162
5.8	干扰消除技术	166
5.8.1	基于部分频率重用	166
5.8.2	基于多天线技术	171

第 6 章 MAC 子层

6.1	MAC 寻址	181
6.1.1	MAC 地址	181
6.1.2	逻辑标识符	181
6.2	HARQ 功能	181
6.2.1	HARQ 反馈机制	181
6.2.2	下行 HARQ	182
6.2.3	上行 HARQ	186
6.2.4	HARQ 和 ARQ 交互	189
6.3	切换 (Handover, HO)	190
6.3.1	网络拓扑获取	190
6.3.2	切换处理	191
6.3.3	支持 Femtocell 的切换	193
6.3.4	支持 WirelessMAN OFDMA 参考系统的切换处理	193
6.3.5	Inter-RAT 切换流程	194
6.4	ARQ	195
6.4.1	ARQ 机制	195
6.4.2	ARQ 控制信息	196
6.4.3	ARQ 反馈	196
6.4.4	ARQ 块	196
6.5	功率管理	197

6.5.1 休眠模式.....	197	7.4.4 上行控制信息到上行 控制信道的匹配.....	227
6.5.2 空闲模式.....	204		
6.6 安全.....	209	第 8 章 多载波技术	229
6.6.1 安全结构.....	209	8.1 问题提出和设计准则.....	229
6.6.2 鉴权.....	210	8.2 子载波不对齐问题的处理.....	230
6.6.3 密钥管理协议.....	210	8.3 多载波物理层操作.....	231
6.6.4 安全联盟管理.....	212	8.3.1 支持多载波的帧结构.....	231
6.6.5 加密方法.....	212	8.3.2 控制信道设计.....	232
6.6.6 AMS 私密性保护.....	213	8.4 多载波 MAC 层操作.....	232
6.7 汇聚子层.....	214	8.4.1 寻址.....	232
6.8 网络接入过程.....	214	8.4.2 安全.....	232
6.9 连接管理.....	215	8.4.3 网络接入.....	232
6.9.1 管理连接.....	215		
6.9.2 传输连接.....	215	第 9 章 增强多播广播业务 (E-MBS)	244
6.9.3 紧急服务流.....	215	9.1 概述.....	244
6.10 QoS.....	215	9.2 E-MBS 传输.....	244
6.10.1 业务分类.....	216	9.2.1 宏分集传输.....	245
6.10.2 自适应轮询和许可.....	216	9.2.2 非宏分集传输.....	245
6.10.3 业务调度.....	217	9.3 E-MBS 操作.....	246
6.11 MAC 管理.....	217	9.3.1 E-MBS 连接建立.....	246
6.12 MAC PDU (消息及开销 设计).....	218	9.3.2 连接状态下的 E-MBS 操作.....	248
6.12.1 MAC Header 格式.....	219	9.3.3 空闲状态下的 E-MBS 操作.....	248
6.12.2 扩展头 (Extended Header) 格式.....	220	9.4 E-MBS 协议及功能.....	249
第 7 章 主要物理过程	222	9.4.1 物理层.....	249
7.1 同步过程.....	222	9.4.2 MAC 层.....	250
7.2 网络捕获过程.....	223		
7.3 随机接入过程.....	225	第 10 章 定位业务技术	253
7.3.1 异步 AMS 使用的测距 信道.....	225	10.1 定位能力的协商.....	253
7.3.2 同步 AMS 使用的测距 信道.....	226	10.2 基本 LBS 能力.....	253
7.4 带宽请求过程.....	226	10.2.1 AAI_LBS-ADV 消息的 基本功能.....	254
7.4.1 与其他控制信道和数据 信道的复用.....	227	10.2.2 定位的测量和报告.....	254
7.4.2 物理层结构.....	227	10.2.3 基于卫星辅助的定位.....	254
7.4.3 上行带内控制信令.....	227	10.2.4 LBS 消息格式.....	255
		10.2.5 增强 LBS.....	257

第 11 章 其他技术260

11.1 中继技术 260

11.1.1 概述 260

11.1.2 802.16m 与 802.16j 263

11.1.3 MAC 层功能 264

11.1.4 物理层功能 272

11.2 Femtocell 277

11.2.1 Femto 基站概述 277

11.2.2 Femto 系统原理 279

11.2.3 Femto 系统设计方案 282

11.2.4 小结 291

11.3 自组织技术 292

11.3.1 自组织网络与 Femto
基站系统的网络规划/
频率规划问题 292

11.3.2 自组织网络与 Femto
基站系统的空口同步 294

11.3.3 Femto 基站系统与宏基
站网络的空口同步 295

11.3.4 自组织网络与 Femto
基站系统的干扰避免、
消除问题 295

11.3.5 自组织网络与 Femto
基站的初始化、重初
始化和退出网络 297

缩略语 299

参考文献 306

第 1 章

背景及概述

全球无线通信正呈现出移动化、宽带化和 IP 化的趋势。传统蜂窝移动通信的阵营中,由于数据业务的比例不断增加,移动通信在向提供无线高速数据业务的方向演进,移动通信设备制造商也相应地优化系统结构,不断提高数据传输速率。一些传统的无线宽带接入技术也开始提供移动能力的支持。移动通信技术和传统宽带接入技术之间的界线越来越模糊,移动通信技术与宽带接入技术的融合成为无线通信的发展趋势。

2004 年第一个基于 OFDMA+MIMO 的移动 WiMAX 技术的推出,给无线移动通信市场打了一剂强心针。全球主要的移动通信标准组织 3GPP 和 3GPP2,纷纷开始 3G 演进型系统的开发和标准化,相继推出了 LTE 技术和 UMB 技术。由于各种原因,UMB 技术最终被 3GPP2 所放弃。LTE 从立项之初到标准的发布,一直受到多方关注,它的出现也给 WiMAX 技术带来了一定的压力和挑战。

另一方面作为第一个基于 OFDMA+MIMO 的移动通信系统,其性能在某些方面可进一步增强,运营商在此方面有强烈的需求。此外,国际电信联盟 (ITU) 于 2008 年 3 月正式发出通函,征集 IMT-Advanced (也称为 4G 移动无线技术) 候选提案,各个标准组织根据 ITU 时间表积极准备提案。ITU 于 2008 年年底、2009 年年初表示将征集 IMT-Advanced 候选技术。

2006 年 12 月 IEEE-SA (美国电气和电子工程师学会的标准协会) 通过了 IEEE 802.16 提交的 16m 立项申请,16m 具体标准工作在 IEEE 802.16 WG 下设的 TGm 任务组中进行,预计在 2010 年完成。16m 以 ITU IMT-Advanced 的需求为目标性能需求 (Target Performance Requirement),面向 IMT-Advanced 进行设计。

1.1 IEEE 组织架构和 workflows

美国电气和电子工程师学会 (IEEE) 的前身 AIEE (美国电气工程师学会) 和 IRE (无线电工程师学会) 成立于 1884 年。1963 年 1 月 1 日 AIEE 和 IRE 正式合并为 IEEE。自成立以来,IEEE 一直致力于推动电气和电子技术在理论方面的发展和应用方面的进步。作为科技革新的催化剂,IEEE 通过在广泛领域的活动规划和服务支持其成员的需要。其主要工作范畴为电气、电子和计算机及其相关科学技术领域。

IEEE 是一个非营利性科技学会,拥有全球近 175 个国家 36 万多名会员。通过多元化的会员,该组织在太空、计算机、电信、生物医学、电力及消费性电子产品等领域中都是主要的权威。在电气及电子工程、计算机及控制技术领域中,IEEE 发表的文献约占全球的 30%。

IEEE 每年会主办或协办 300 多次技术会议。

IEEE 有着严密的组织机构，由主席（首席执行官）和执行委员会共同领导，每年选举一次。图 1-1 所示为 IEEE 组织机构。

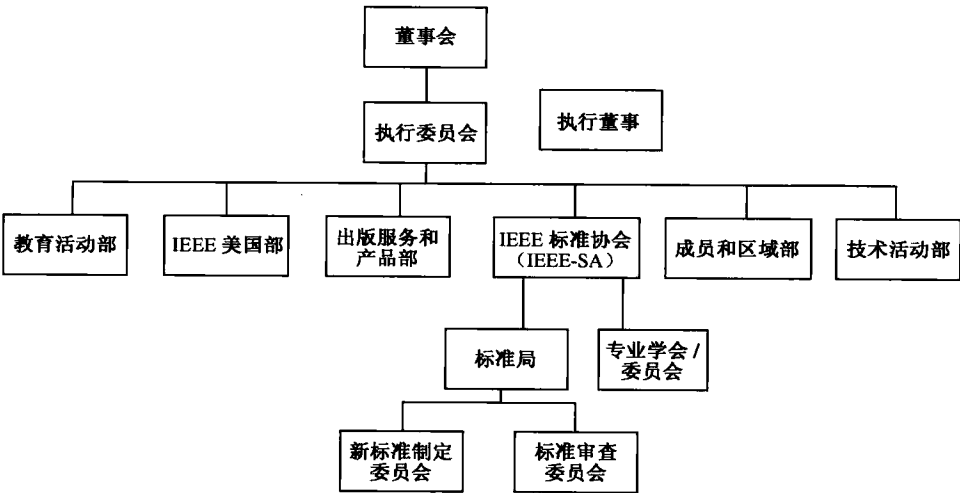


图 1-1 IEEE 组织机构

作为全球最大的专业学术组织，IEEE 也非常重视标准的制定工作。IEEE 专门设有 IEEE 标准协会 (IEEE-SA)，负责标准化工作。IEEE-SA 下设标准局，标准局下又分设两个分委员会：新标准制定委员会和标准审查委员会。IEEE 的标准制定内容包括电气与电子设备、试验方法、元器件、符号、定义以及测试方法等多个领域。

IEEE 是当今通信和信息技术、电力产品和业务的领先标准制定者，已经完成了 900 多个现行工业标准，400 多个标准正在制定中。通常，一个 IEEE 标准制定流程如下：首先发起人（一般为学会）提出标准课题，接着形成由发起人组成的研究组，由此研究组向新标准制定委员会提交项目授权申请书并申请批准；依据该委员会批准的项目授权申请书，在具体的工作组或研究组中开展技术工作，技术点的确定在组内讨论后通过个人投票决定，在 Working Document 阶段，超过 50% 的支持率技术点就被接纳；在 Working Document 形成 Draft 后，即进入 Letter Ballot 阶段，需要超过 75% 的支持率，技术点才能被采纳；经过几轮的 Letter Ballot 后，进入 Sponsor Ballot 阶段，这时，只是少数授权成员具有投票资格，投票支持率也需要超过 75%，完成 Sponsor Ballot 后，经过 IEEE-SA 的批准，标准正式发布。

IEEE 多为个人成员制，但公司作为企业咨询组 (CAG) 的成员可以对工业动态和热点提出建议。CAG 是 IEEE-SA 下的一个委员会，它负责为运营、策略规划提出建议，以影响 IEEE-SA 中的公司和组织成员，也为公司成员提供了交流平台。

IEEE 中最为人们熟悉，并已广泛使用的标准就是 IEEE 802 系列标准，它就是 IEEE 计算机专业学会下设的 P802 委员会负责主持的。IEEE 802 又称为 LMSC (LAN/MAN Standards Committee, 局域网/城域网标准委员会)，致力于研究局域网和城域网的物理层和 MAC 层规范，对应 OSI 参考模型的下两层。在具体工作中，LMSC 执行委员会 (EC) 又下设工作组 (WG)、研究组 (SG)、任务组 (TG)、技术顾问组 (TAG) 等。

1.2 IEEE 802 各工作组情况

截至目前, IEEE 802 委员会共有 20 多个分委员会, 有些分委员会任务完成, 已经解散, 有些正在积极开展工作。

(1) 802.1 局域网体系结构、网络管理和性能测量等:

① 802.1d (Spanning Tree, 生成树协议);

② 802.1p (General Registration Protocol);

③ 802.1q (Virtual LANs, VLAN, 虚拟局域网);

④ 802.1x (Port Based Network Access Control, 基于端口的访问控制)。

(2) 802.2 逻辑链路控制 (LLC)。

(3) 802.3 总线网介质访问控制协议 CSMA/CD 及物理层技术规范:

① 802.3u (Fast Ethernet, 快速以太网);

② 802.3z (Gigabit Ethernet, 吉比特以太网)。

(4) 802.4 令牌环总线 (Token-Passing Bus) (单一/多信道速率 1、5、10Mbit/s) 网介质访问控制协议及其物理层技术规范。

(5) 802.5 令牌环 (Token-Passing Ring) (基带速率 1、4、16Mbit/s) 网介质访问控制协议及其物理层技术规范。

(6) 802.6 城域网 (Metropolitan Area Networks, MAN) 介质访问控制协议 DQDB 及其物理层技术规范。

(7) 802.7 宽带技术咨询组, 为其他分委员会提供宽带网络技术的建议。

(8) 802.8 光纤技术咨询组, 为其他分委员会提供光纤网络技术的建议。

(9) 802.9 综合语音/数据的局域网 (IVD LAN) 介质访问控制协议及其物理层技术规范。

(10) 802.9a (IsoENET)。

(11) 802.10 局域网安全技术标准。

(12) 802.11 无线局域网的介质访问控制协议 CSMA/CA 及其物理层技术规范:

① 802.11b 11Mbit/s;

② 802.11g 54Mbit/s。

(13) 802.12: 100Mbit/s 高速以太网按需优先的介质访问控制协议 100VG-AnyLAN (Voice Grade—Sprache geeignet)。

(14) 802.14 (CATV, 有线电视)。

(15) 802.15 (无线个域网)。

(16) 802.16 (无线广域网)。

(17) 802.17 (Resilient Packet Ring)。

(18) 802.18: 负责 ITU 相关事务, 不涉及具体的技术。

(19) 802.20: 超宽带通信技术。

(20) 802.21: 负责多种接入技术间的切换, 称为媒质独立切换业务。

(21) 802.22: 认知无线电。

已被广泛应用的无线个域网、局域网和广域网都在 IEEE 802 制定, 图 1-2 所示为无线个域

网、局域网和广域网的关系。802.15.3a 属于无线个域网（WPAN），IEEE 802.11 系列属于无线局域网（WLAN），IEEE 802.16 和 802.20 系列属于无线广域网/城域网。其中 IEEE 802.11 VHT（Very High Throughput）和 IEEE 802.16m 是目前 IEEE 802 的工作重点，也是最为活跃的任务组。

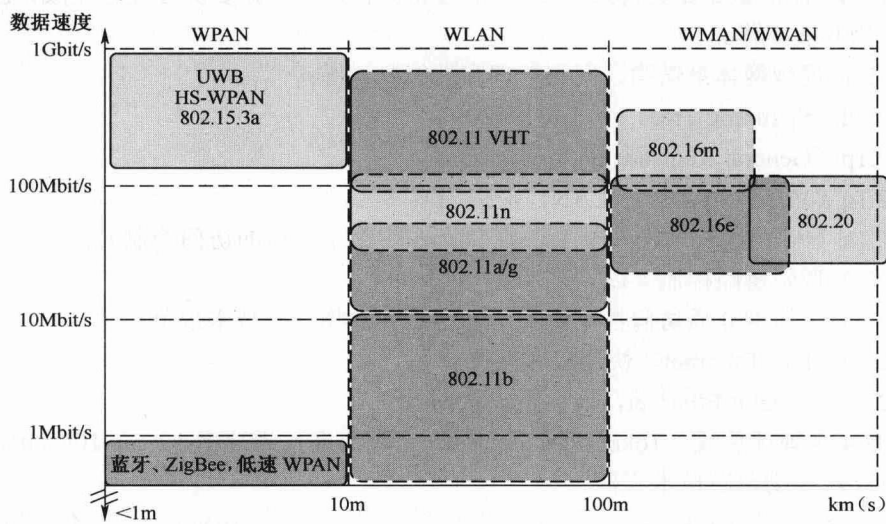


图 1-2 IEEE 802 无线个域网、局域网和广域网

1. IEEE 802.11n

IEEE 802.11n 作为下一代 WLAN 技术，从 2006 年 5 月立项以来，一直都是业界关心的重点。11n 在立项时，就明确提出定位：增强以支持更高速率。与 802.11g 技术相比，802.11n 技术优势明显，提供了高达 300Mbit/s 的传输速率，是 802.11g 能力的 5 倍，这个速率也足以与有线以太网传输速率媲美；在吞吐量上，是 802.11g 的 2 倍，同时采用了 MIMO 技术，在抗干扰性上有了极大的改善，而在安全性上，也延续了最新的 WPA2 的安全标准，能够为用户提供更好的安全保护。这让无线局域网一跃进入了高速网络的行列；智能天线技术也使无线局域网的覆盖范围延伸至几平方千米；更重要的是，802.11n 使无线局域网获得了更大的环境适应能力。

802.11n 是基于 OFDMA+MIMO 的技术，支持双频带（20MHz 和 40MHz 带宽，将两个相邻的 20MHz 带宽捆绑成 40MHz 带宽）。此外，802.11n 后向兼容 802.11a/b/g，允许 802.11a/b/g 用户的接入。

但由于各个利益集团在标准化过程中的争执，导致 802.11n 正式标准迟迟不能颁布。于 2007 年 2 月推出的草案 2.0，一直在紧锣密鼓地进行文稿的修订，2009 年 1 月 802.11n 草案 7.0 进入 Sponsor Ballot 阶段后，在经过 EC 和 RevCom 审阅和批准流程后，预计 802.11n 的标准将在 2010 年中发布。

2. IEEE 802.11 VHT

随着实际数据传输速率被提高至吉比特每秒等级，吉比特以太网的无线化以及家庭内部的 HDTV 视频传输、热点的高速化、在工厂自动化中的应用等纷纷进入视野。着眼于制定高速 WLAN “IEEE 802.11n” 后续标准的工作已经展开。IEEE 802 委员会已于 2008 年下半年起，制定传输速率比现行 IEEE 802.11n 更高的新一代标准。由于工作目标是把实际数据传输

速率提高至数吉比特每秒,因此,标准化命名为“VHT (Very High Throughput)”。

在2008年7月13~18日IEEE 802全会上,批准成立任务组TGac,研究频率低于6GHz的技术(即VHTL6GHz)。随后,2009年1月会议上,确定成立任务组TGad,研究频率为60GHz的技术(即VHT60GHz)。

VHTL6GHz和60GHz的PAR仍在制定中。主要内容如下。

VHT60GHz的主要任务是对802.11 PHY和MAC进行标准修改,以支持在60GHz频段的工作(主要是57~66GHz):

- (1) 支持至少1GHz的吞吐量(MAC SAP吞吐量);
- (2) 支持物理层间更快的会话转换(通过802.11n实现),以便支持多频带设备;
- (3) 维持802.11用户感受;
- (4) 支持与带内其他系统的共存,包含802.15.3c系统。

VHTL6GHz的主要任务是对802.11 PHY和MAC进行标准修改,目的在于:

- (1) 支持多站(mult-station)吞吐量至少1Gbit/s,单链路吞吐量至少500Mbit/s;
- (2) 支持6GHz以下的工作频段(不含2.4GHz),同时与5GHz非许可频段的传统IEEE 802.11设备后向兼容。

近期,TGac和TGad主要的工作是明确应用场景、信道模型、仿真方法和功能需求。

1.3 WiMAX论坛及技术现状

WiMAX论坛是由支持802.16标准的设备和器件供应商、网络运营商以及软件服务商等联合成立的一个非营利性组织,旨在通过产品认证建立全球统一的设备和技术标准以及实现互操作性与兼容性,以促进WiMAX全球市场推广。WiMAX论坛成立于2003年4月,目前成员数已超过440个,分布在125个国家,具备完整的上、下游供应链,许多有影响力的电信运营商和设备商及芯片商都是其成员,包括: Intel、三星、华为、中兴、Motorola、LG、奥维通、Alcate-Lucent等,如图1-3所示。WiMAX负责制定无线设备profile、测试规范以及网络技术和测试规范。

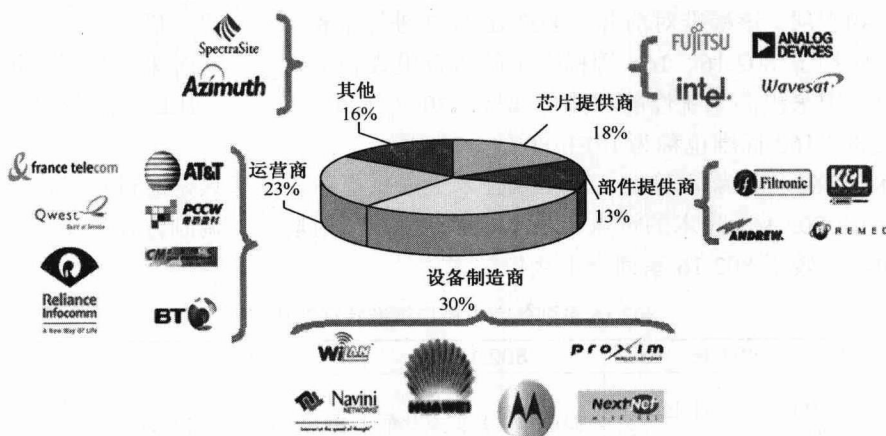


图 1-3 WiMAX 论坛组成情况

通常来讲,WiMAX标准包含802.16d和802.16e两种,其中WiMAX 16d支持固定、便

携和游牧宽带无线接入，WiMAX 16e 支持移动宽带无线接入。下面将针对固定 WiMAX 和移动 WiMAX 分别进行介绍。另外，面向 IMT-Advanced、支持更高频谱效率的 IEEE 802.16m 技术正在制定中。图 1-4 给出了固定和宽带 WiMAX 主要的应用场景。

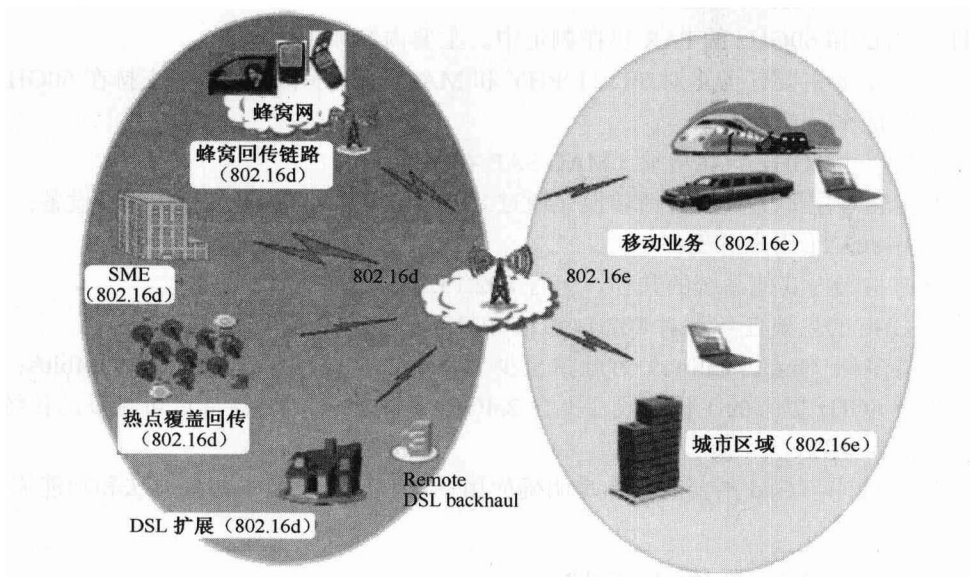


图 1-4 固定和宽带 WiMAX 主要的应用场景

1.3.1 固定 WiMAX 技术现状

802.16d 标准是在 802.16、802.16a/c 标准基础上整合和修订而形成的，是针对固定无线接入的相对比较成熟并且最具有实用性的一个标准版本。

802.16d 对 10~66GHz 频段和小于 11GHz 频段的固定宽带无线接入空中接口物理层和 MAC 层进行了详细规定，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 802.16 标准进行了整合和修订，仍属于固定宽带无线接入规范。它保持了 802.16、16a 等标准中的所有模式和主要特性同时未增加新的模式，增加或修改的内容用来提高系统性能和简化部署。2004 年 6 月 23 日，IEEE 正式批准了 802.16d 标准，因此 802.16d 标准也称为 IEEE 802.16-2004。

IEEE 802.16d 标准版本稳定，近年来技术上未做更新。这里只是通过技术对比的方式，简单介绍 IEEE 802.16d 技术的特点。表 1-1 从频段、适用场景、调制方式、支持带宽、传输速率等方面，比较了 802.16 系列空中接口技术。

表 1-1 802.16 系列各空中接口标准特征的比较

	802.16	802.16a	802.16d	802.16e
标准情况	2001 年 12 月正式发布	2003 年 1 月正式发布	2004 年 6 月 23 日发布	2005 年年中发布，目前正制定新版本 (Rev 2.0)
使用频段	10~66GHz	<11GHz	10~66GHz, <11GHz	<6GHz
信道条件	视距	非视距	视距+非视距	非视距