

A blue wireless signal icon consisting of three concentric arcs and a central dot, positioned above the main title.

WLAN

关键技术及运营模式

张智江 胡 云 王健全 吕召彪 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

WLAN

关键技术及运营模式



张智江 胡云 王健全 吕召彪 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

WLAN关键技术及运营模式 / 张智江等编著. -- 北京:
人民邮电出版社, 2014. 8
ISBN 978-7-115-35311-5

I. ①W… II. ①张… III. ①无线电通信—局域网
IV. ①TN92

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第097605号

内 容 提 要

本书以 WLAN 运营为主线, 着重介绍了包括 WLAN 运营模式、网络关键技术、标准协议演进; 在此基础上, 针对 WLAN 业务运营中面临的问题, 分别从新业务开展和网络融合两个方面给出了端到端的解决方案及相关应用案例。

本书适合通信、计算机以及网络专业的高年级本科生和研究生作为无线网络相关专业课程的参考教材, 同时也适用于本领域的运营管理人员、一线运营和产品研发人员作为技术参考。

◆ 编 著 张智江 胡 云 王健全 吕召彪

责任编辑 牛晓敏

责任印制 杨林杰

◆ 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>

北京铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 11.75

2014 年 8 月第 1 版

字数: 300 千字

2014 年 8 月北京第 1 次印刷

定价: 49.00 元

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

反盗版热线: (010)81055315

序 言

近年来,随着智能终端及移动数据业务的蓬勃发展,拥有高终端普及率的无线宽带技术WLAN受到用户的广泛欢迎,并由此引起IT公司、电信运营商、城市运营商等各类企业的重视和关注,得到突飞猛进的发展。然而类免费运营的WLAN盈利模式一直是困扰全球电信运营商的难题,究其原因,来自个人IT市场的WLAN在网络上难以支撑电信业务的开展。本书深入浅出,试图从电信运营商WLAN运营角度出发,探索WLAN的盈利模式,依据运营对象的不同,分别给出广告业务、数据分流两种业务模式的试点情况。另外,在深入阐述当前WLAN关键技术的基础上,对支撑WLAN运营的网络端到端解决方案进行详细分析和介绍。

本书的主要特点是:首先立足“WLAN商业模式”这一困扰世界的难题,根据笔者多年电信运营研究的从业经验给出分析和思考,为WLAN运营以及新业务开展提供翔实的资料,能够切实为WLAN运营管理人员的决策提供参考;其次,详细阐述WLAN面向运营的端到端关键技术,既包括基本标准协议技术的介绍,也包括网络运营架构、业务平台技术、网元设备能力以及相关接口、网络配置等,可作为全面了解WLAN运营技术的工具书;最后,从WLAN现网出发,对WLAN新型业务开展以及部署中所涉及的网络改造以及设备升级,提出系统的解决方案,可指导一线运营人员对网络进行升级改造,同时作为网络运营相关的技术需求能够指导相关产品研发。

本书由中国联通张智江主编,主要编写人员有中国联通胡云、王健全以及广东联通吕召彪,其他编写人员有刘磊、裴郁杉、孙雷、邱勇等。在WLAN运营模式研究过程中,得到广东联通何飏、傅强、孙帆等领导 and 同事的大力支持,他们从一线运营的角度提出很多方向性的研究建议,并为研究提供网络试验环境,从而得以对无感知分流和广告推送的部分方案进行试验验证,在此表示衷心感谢。此外,在本书撰写过程中,得到乌云霄、杨军、赵婷婷、范斌、王友祥等同仁的支持和帮助,人民邮电出版社也给予大力支持,在此一并表示诚挚地感谢。同时,本书在编写过程中,参考了部分通信业内作者和单位的论文、书籍和技术资料,在此对相关作者表示感谢。

由于笔者水平有限,书中难免存在不足或欠妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2014年8月于北京

目录

第 1 章 WLAN 运营模式探讨	1
1.1 WLAN 发展机遇	1
1.2 WLAN 发展现状	5
1.2.1 标准发展现状	5
1.2.2 网络部署现状	5
1.2.3 产业发展现状	7
1.2.4 业务运营现状	8
1.3 WLAN 运营困境	9
1.3.1 Wi-Fi 城市现状	9
1.3.2 运营商案例分析	10
1.4 WLAN 运营思考	10
1.4.1 盈利艰难原因分析	10
1.4.2 运营模式探讨	12
1.5 本章小结	15
1.6 参考文献	15
第 2 章 WLAN 关键技术	17
2.1 网络结构	17
2.2 物理层技术	19
2.2.1 FHSS	19
2.2.2 IR	21
2.2.3 DSSS	23
2.2.4 OFDM	25
2.2.5 MIMO	28
2.3 MAC 层技术	30
2.3.1 MAC 架构	30
2.3.2 DCF	31

2.3.3	PCF	36
2.3.4	HCF	41
2.3.5	MCF	44
2.3.6	DCF/PCF/HCF 联合技术	45
2.3.7	帧聚合技术	45
2.3.8	Block ACK	46
2.4	安全技术	46
2.5	Mesh 技术	50
2.6	互操作技术	54
2.7	组网技术	55
2.8	本章小结	61
2.9	参考文献	62
第 3 章	WLAN 标准协议	63
3.1	标准组织	63
3.1.1	IEEE	63
3.1.2	3GPP	63
3.1.3	WBA	64
3.1.4	WFA	64
3.2	WLAN 协议体系	64
3.3	IEEE 802.11 系列协议	65
3.3.1	标准演进	65
3.3.2	802.11	66
3.3.3	802.11b	72
3.3.4	802.11a	73
3.3.5	802.11g	74
3.3.6	802.11e	76
3.3.7	802.11n	77
3.3.8	802.11i	81
3.3.9	802.11s	83
3.3.10	802.11u	88
3.3.11	其他 802.11 协议	89
3.4	3GPP 融合协议	90
3.4.1	TS 22.234	91
3.4.2	TS 22.934	91

3.4.3	TS 23.234	92
3.4.4	TS 33.234	97
3.4.5	TS 23.402	97
3.4.6	TS 33.402	100
3.5	WRIX 漫游协议	101
3.6	WAPI 安全协议	102
3.7	本章小结	106
3.8	参考文献	106
第 4 章	基于广告新业务的 WLAN 运营系统	109
4.1	WLAN 广告业务运营分析	109
4.1.1	广告业务	109
4.1.2	互联网广告业务	110
4.1.3	WLAN 广告业务	115
4.1.4	WLAN 广告业务在中国的运营前景分析	116
4.2	WLAN 广告业务部署问题分析	118
4.2.1	业务需要用户信息以及行为的精准分析支持	118
4.2.2	网络与服务的分离难以支撑业务需求	119
4.3	WLAN 广告业务系统解决方案	121
4.3.1	总体目标	121
4.3.2	系统架构及总体解决方案	121
4.3.3	业务推送解决方案一：基于客户端的技术方案	125
4.3.4	业务推送解决方案二：基于业务附着的技术方案	126
4.3.5	业务推送解决方案三：基于网元推送的技术方案	128
4.3.6	三种业务推送方案的应用分析	131
4.4	WLAN 广告业务应用案例	133
4.4.1	Boingo 公司的机场应用案例	133
4.4.2	国内运营商的应用案例	138
4.5	本章小结	141
4.6	参考文献	142
第 5 章	基于无感知分流的 WLAN 融合系统	143
5.1	网络融合的驱动力分析	143
5.1.1	移动互联网业务发展趋势	143
5.1.2	无线网络异构化格局及面临的挑战	147

5.1.3	WLAN 与蜂窝网络融合趋势	148
5.2	业务现状情况	149
5.2.1	中国移动	150
5.2.2	中国电信	151
5.2.3	中国联通	152
5.2.4	现状总结	154
5.3	融合演进策略	155
5.3.1	融合架构	155
5.3.2	演进方案	162
5.4	无感知分流网络系统解决方案	166
5.4.1	技术目标分析	166
5.4.2	总体方案	167
5.4.3	无感知认证技术方案	168
5.4.4	智能网络分流技术方案	174
5.5	无感知认证部署试验	176
5.5.1	实验网改造方案	176
5.5.2	实验结果	177
5.5.3	应用建议	178
5.6	部分应用案例分析	179
5.6.1	AT&T 案例	179
5.6.2	中国移动案例	180
5.7	参考文献	180

第1章 WLAN 运营模式探讨

随着移动数据业务量飞速增长，移动蜂窝网络数据容量的压力凸显，WLAN从个人市场走向电信运营领域。相应，其近年来无论是在产业规模还是网络部署方面均得到了长足发展，然而，摆在众多运营商前面的问题却是与之不相匹配的业务运营能力问题，运营商陷入到增量不增收的尴尬局面。

本章从WLAN发展背景入手，首先对其在近年来所迎来的机遇进行阐述，接下来对其在标准领域、网络部署现状、产业链现状以及业务运营现状进行概括，重点对其当前在运营模式方面遇到的困境进行分析，并据此对未来扭转其“盈利艰难”局面的方法进行探讨。

1.1 WLAN 发展机遇

近年来随着无线通信技术的不断发展，全球范围内无线通信的数据量增长迅速，各种基于无线网络的应用也不断涌现，开始悄悄改变人们的生活方式。无线局域网（Wireless Local Area Network，WLAN）作为一种无线宽带网络的接入方式，以其传输速率高、成本低廉、技术成熟、普及率高的优点迅速占领无线宽带接入市场，并与3G（第三代移动通信系统）网络形成互补，受到各大运营商的青睐，成为最受欢迎的无线宽带接入方式之一。实际上，WLAN之所以能够得到如此迅猛的发展，其主要原因归功于以下方面。

（1）移动数据量的飞速增长

由于移动互联网的兴起，全球移动数据量飞速增长。根据Cisco公司2012年报告的预测，如图1-1所示，目前全球移动数据量将以平均每年66%的速度增长，预计到2017年可以增长到目前的12倍以上。

而在全球各个主要地域中，亚洲的移动数据量增长尤为突出，其在全球移动数据总量的占比预计到2017年可以从2012年的20%左右增长到47%以上，尤其以我国为甚，我国的移动数据量的增长远高于全球平均水平。在Cisco 2012年的报告中指出，2011-2012年，中国移动的移动业务数据量增长了77%，而中国联通的移动业务数据量增长了112%。

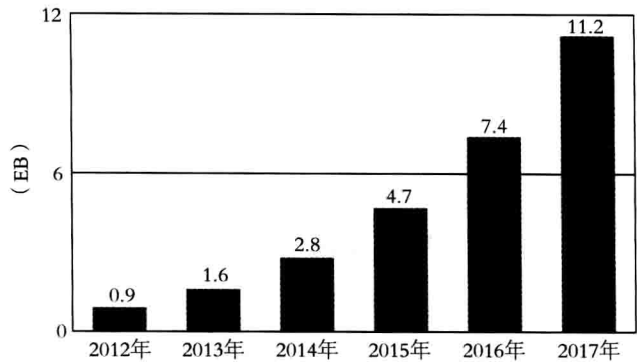


图 1-1 全球移动数据总流量预测 (数据来源: Cisco 预测)

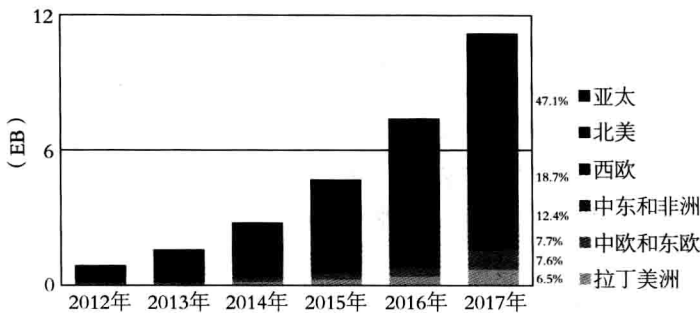


图 1-2 全球分区域移动数据流量预测 (数据来源: Cisco 预测)

面对增长如此迅速的移动数据量，各大运营商开始纷纷寻找高带宽的无线接入方式，作为典型的无线宽带技术，WLAN因其高带宽的优势得到了运营商青睐。

(2) Wi-Fi 终端的高普及率

WLAN最终能够从各种无线宽带接入方式中脱颖而出，被运营商和设备商选择的一个根本原因在于Wi-Fi终端的成熟度和其高普及率。最早在笔记本电脑市场，以802.11a/b/g为代表的WLAN接入设备几乎就已成为大部分笔记本电脑的必配项，经过多年发展早已形成成熟产业链，而随着近年来智能手机的发展，其亦将Wi-Fi作为其标配，据WBA2012年的统计结果，如图1-3所示，WLAN智能手机的数量已超过了WLAN笔记本电脑数量。据ABI报告统计，如图1-4和图1-5所示，预计到2015年具有WLAN功能的便携设备将达到22亿以上，约占所有便携设备的28%。其中在手机市场，到2014年约35%的手机是智能手机，而具有Wi-Fi功能的手机则占40%，超过了智能手机的比例，而在平板和笔记本电脑中，Wi-Fi渗透率已接近100%。

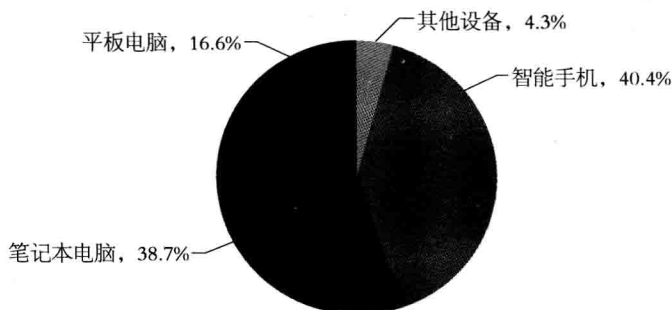


图 1-3 Wi-Fi 各类终端占比 (数据来源: WBA)

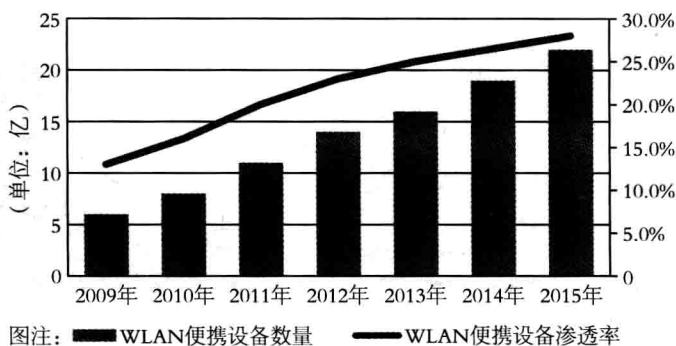


图 1-4 全球便携式 WLAN 产品数量和普及率 (数据来源: ABI Research)

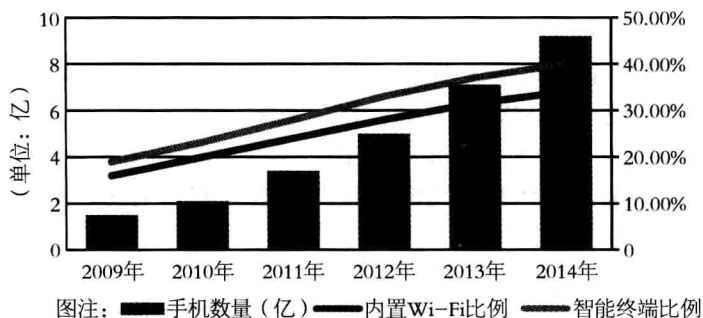


图 1-5 Wi-Fi 手机终端发展情况 (数据来源: ABI Research)

面对 Wi-Fi 终端的如此高普及率，拥有广泛终端支持的 WLAN 已成为全球移动运营商去发展其移动数据业务不得不关注的技术。

(3) 与蜂窝网络的互补

在移动数据量飞速增长的同时，运营商所依赖的蜂窝网络的空中接口数

据速率增长却相对缓慢，无法满足移动数据量的增长速度。运营商急需新的无线接入方式为蜂窝网络分流。移动数据量与蜂窝网络空中接口速率对比如图1-6所示。

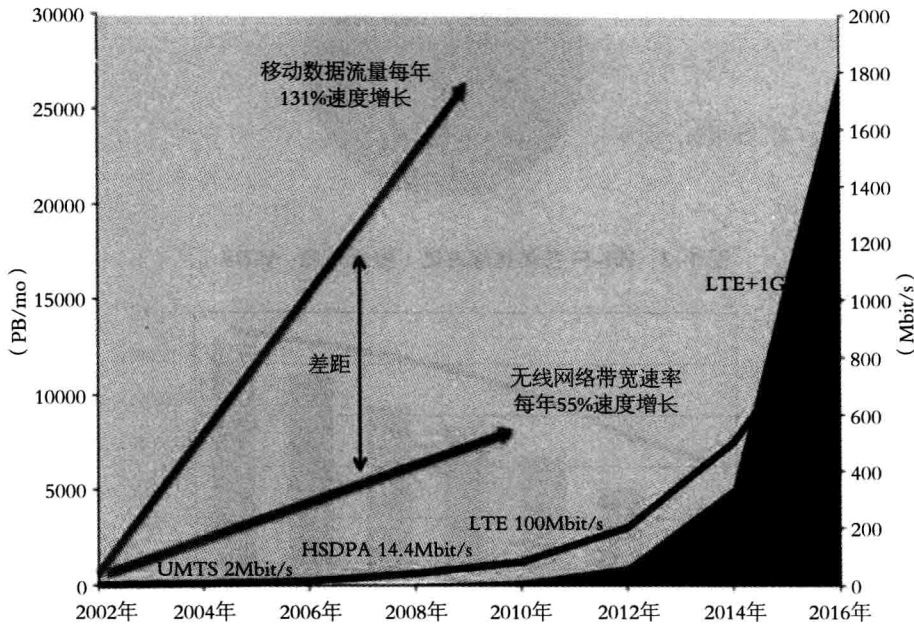


图 1-6 移动数据量与蜂窝网络空中接口速率对比

而WLAN高容量高带宽近域覆盖的特点恰好和蜂窝网络低速率广域覆盖的特点形成互补，对于一些频率资源相对较少的运营商，这样的互补需求更为迫切。运营商希望能够建设WLAN作为蜂窝网络补充，国际标准化组织3GPP也正在将蜂窝网络和WLAN融合作为重要研究方向。目前已有65%的主流运营商选择WLAN进行业务分流，以提升网络容量和用户体验。

Cisco预测的Wi-Fi网络和蜂窝网络接入的数据流量的比例如图1-7所示。

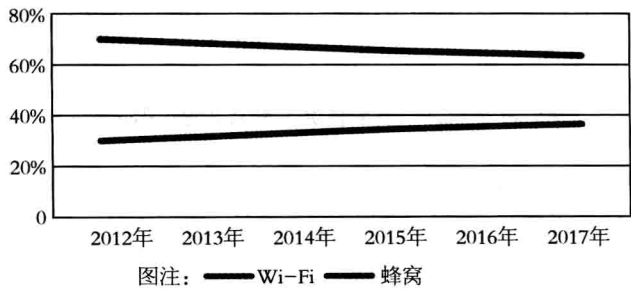


图 1-7 Wi-Fi 和蜂窝网络接入流量的对比（数据来源：Cisco 预测）

1.2 WLAN 发展现状

1.2.1 标准发展现状

自从1997年, IEEE 802.11标准问世以来, WLAN标准的演进一直保持着飞快的速度, WLAN的数据速率也不断提升, 从802.11的2Mbit/s到802.11b的5Mbit/s, 再到802.11a/g的54Mbit/s和目前802.11n的600Mbit/s。另外最高可达7Gbit/s的802.11ac标准现在也已进入草案阶段, 预计不久的将来就能进入大规模商用。

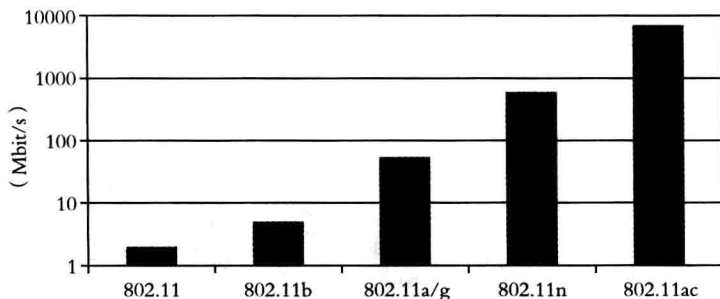


图 1-8 WLAN 802.11 系列标准数据速率的演进

在WLAN数据速率不断提升的同时, 其网络的安全性和QoS也得到了增强。在802.11i中为WLAN提供了高可靠的安全性支持, 我国也为WLAN的运营发布了具有自主知识产权的WAPI (Wireless LAN Authentication and Privacy Infrastructure) 安全标准。802.11e则增强了WLAN的QoS, 为多媒体业务提高QoS支持。另外802.11u和3GPP相关标准还对WLAN与蜂窝的融合进行了相关支持。

1.2.2 网络部署现状

目前, 世界范围内均在加速WLAN的建设, 全球WLAN热点数增加迅速。根据WBA和Informa Telecoms & Media公司的联合统计, 如图1-9所示, 全球WLAN公众热点数预计到2015年将达到580万个。

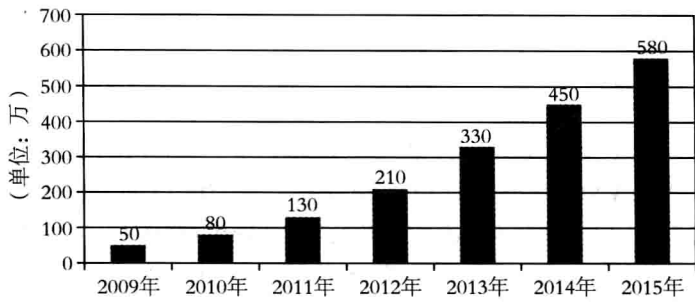


图 1-9 全球公众热点建设情况（数据来源：WBA）

其中以AT&T公司为例，如图1-10所示，截至2012年，其已经完成3万个热点建设，而其全球签约漫游热点数更是达到22万个。

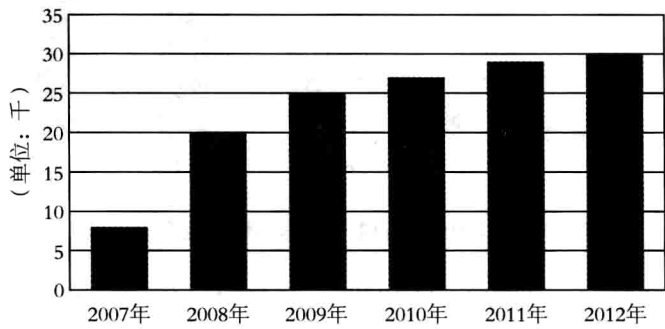


图 1-10 AT&T 公司 WLAN 热点建设情况（数据来源：AT&T）

日本运营商也纷纷加大了WLAN的建设步伐。按计划，从2012年7月到2013年3月，WLAN AP数将从37万增长到72万个。

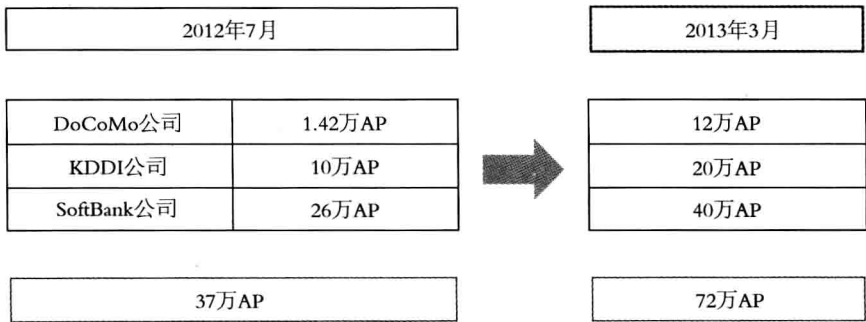


图 1-11 日本运营商 WLAN AP 建设情况（数据来源：WBA）

在我国，随着无线城市的建设以及运营商WLAN分流的需求发展，WLAN

的部署进入了一个飞速状态。如图1-12所示，截至2012年年底，中国移动建设WLAN AP数目达378万，中国电信建设WLAN AP数目达到90多万，而中国联通也已完成建设WLAN AP数目85万。

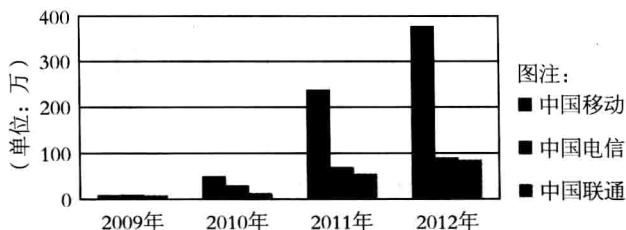


图 1-12 中国运营商 WLAN AP 建设情况

1.2.3 产业发展现状

近年来，随着WLAN的大规模部署以及Wi-Fi终端的高度普及，WLAN产业表现出蓬勃发展的趋势。根据ABI报告统计，如图1-13所示，预计到2015年，WLAN芯片出货量将达到20亿，其中绝大部分是802.11n芯片。

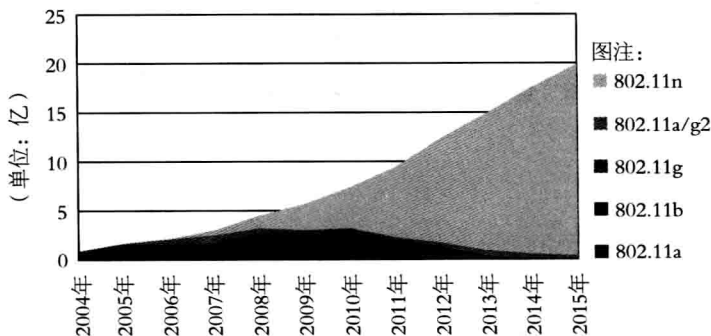


图 1-13 全球 WLAN 芯片出货量 (数据来源: ABI Research)

与此对应的，WLAN设备的出货量也不断增长。据WFA统计，如图1-14所示，2012年，WLAN设备出货量达到15亿，而2007~2012年这5年来，全球累积WLAN设备出货量已达50亿规模。

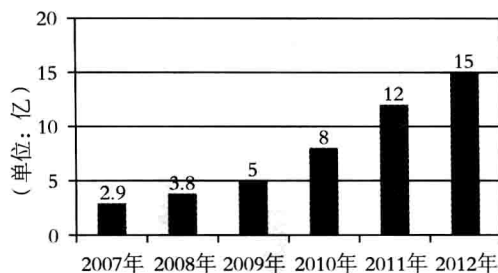


图 1-14 全球 WLAN 设备出货量 (数据来源: WFA)

与 WLAN 产业链快速发展相对应的，全球 WLAN 市场规模随之扩大。如图 1-15 所示，2012 年其市场规模已达到 75 亿美元，其中室外 WLAN 市场扩大为 37 亿美元，约占 WLAN 市场总额的一半。

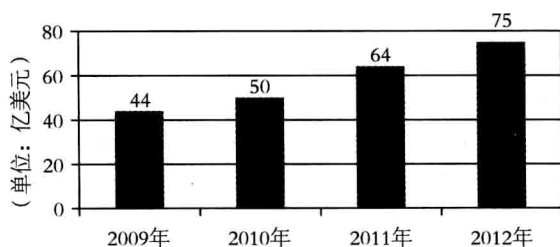


图 1-15 全球 WLAN 市场规模 (数据来源: WFA)

1.2.4 业务运营现状

目前全球各大运营商纷纷开始了 WLAN 业务的运营，主要运营模式分为融合运营、独立运营和共享运营三种。

融合运营是 AT&T 等多业务运营商所倡导 Wi-Fi 的运营方式。运营商将 WLAN 与固定宽带网络、3G 网络或者 LTE 网络业务融合，提供增值服务，承担移动蜂窝网络的流量卸载。AT&T 在引入 iPhone 后引发移动网络流量拥堵，随即调整策略，利用自己的 Wi-Fi 网络对其有线宽带和 3G 网络形成有效补充。针对上网卡用户，AT&T 规定凡是移动数据业务资费在 60 美元以上的均免费提供 Wi-Fi 接入。针对智能终端用户，AT&T 所有的 iPhone 用户、定制数据包月服务的黑莓终端用户可免费获得 Wi-Fi 热点接入服务。融合运营模式推广后，WLAN 对其 3G 网络分流作用显著。法国运营商 Orange 进行融合运营时，在其流量套餐中不区分 3G/EDGE/WiFi 流量，利用 Wi-Fi 对 3G 网络进行分流。另外在 Orange 的 Ulink 家庭网关中也提供 Wi-Fi 宽带和蜂窝接入的融合。国内，中国移动和中国电信也采用融合运营的策略，向其部分套餐的手机客

户, 提供每月一定时长的免费Wi-Fi接入, 超出部分单独计费。中国联通目前则完全向其手机付费用户提供免费的WLAN接入业务, 用户可以通过手机号免费接入WLAN。

独立运营是按接入时长或者接入流量对WLAN接入业务进行运营。一些运营商在将WLAN业务与手机业务和固网业务融合运营的同时, 还提供单独的WLAN收费业务。如Orange提供的单独Wi-Fi套餐, 按每分钟0.25欧元提供Wi-Fi接入。中国移动提供的单独Wi-Fi套餐, 则按0.05元/分钟计费。

共享运营是英国BT公司所采用的一种创新运营模式。BT公司希望公司建设的Wi-Fi节点和用户私人的Wi-Fi节点共同组成一张大规模的Wi-Fi网络。用户通过开放私人Wi-Fi节点共享自己的部分固定接入带宽, 取得免费接入Wi-Fi网络的机会。

在以融合运营方式为主, 其他运营方式为辅的背景下, 据Wi-Fi联盟统计, 2012年年底, 各大运营商的公共WLAN用户数已超过10亿, 相比2011年年底增长40%以上。WLAN已经开始向运营级网络迈进, WLAN接入业务已成为主流无线接入业务之一。

1.3 WLAN 运营困境

虽然近年来随着无线城市计划的推动, 移动运营商数据流量卸载的需求, WLAN的建设规模空前, 然其在商业模式上大都陷入困境, 鲜少有成功案例。

1.3.1 Wi-Fi 城市现状

无线城市成为当今世界城市发展的潮流, 各国相应推进无线城市建设步伐。据ABI Research发表的研究报告称, 到2010年全球无线城市达到1500个, 日本、韩国、美国等多个城市, 以及中国香港、中国台湾等成为了无线城市的表率。在中国, 北京、上海、天津、武汉、杭州、深圳等也相继确立了无线城市计划, 并已付诸实施。然而由于政府仅提供少量资金支持, 运营商进行免费推广又缺乏有效盈利模式, 无线城市计划陷入困境。2007年7月在美国举办的Wi-Fi城市大会上却传出负面消息: 在过去两年中一直被大肆宣扬的Wi-Fi城市构想, 目前正由于经济、政治、技术等方面的问题而陷入困境。2007年8月29日, 芝加哥市政府宣布, 暂时搁置建设Wi-Fi城域网的计划。同年, 美国旧金山湾区、休斯顿市和辛辛那提市的Wi-Fi无线城市建设计划也受阻搁浅。2008年6月费城无线城市计划历时4年运营后开始决定关闭其城市Wi-Fi网络, 并拆除Wi-Fi设备。单纯依靠政府投资进行城市Wi-Fi网络