

信息与通信网络技术丛书

无线局域网设计与优化

**Design and Optimization of Wireless
Local Area Network**

广州杰赛通信规划设计院 ○ 编著

给广大的WLAN工程技术人员，
提供一本能从理论上指导WLAN工程实践的技术手册



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

信息与通信网络技术丛书

无线局域网设计与优化

**Design and Optimization of Wireless
Local Area Network**

广州杰赛通信规划设计院 ○ 编著

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

无线局域网设计与优化 / 广州杰赛通信规划设计院
编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2015. 1
(信息与通信网络技术丛书)
ISBN 978-7-115-37296-3

I. ①无… II. ①广… III. ①无线网—局域网 IV.
①TN92

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第257022号



-
- ◆ 编 著 广州杰赛通信规划设计院
责任编辑 李 强
责任印制 程彦红
 - ◆ 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>
北京市艺辉印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14.75 2015 年 1 月第 1 版
字数: 262 千字 2015 年 1 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

本书编委会

主 任：彭国庆

副主任：孙义传 沈文明

委 员：刘时康 程 敏 詹益旺

李建中 陈康先 张 昕 孟新予

一、无线局域网在全球的发展

无线局域网 (WLAN, Wireless Local Area Network) 是有线 LAN 的无线延伸, 亦可作为 LAN 的无线互联。它在低速移动工作环境下, 主要解决“最后 100 米”的接入问题。在宽带无线接入的网络链中被称为“无线城域网 (WMAN) 的毛细血管”, 用于点对多点的无线连接, 解决用户群内部的信息交流和网际接入, 是目前我国重点应用的宽带无线接入技术之一。在国外, IEEE802.11 和 HiperLan 构成了 LAN 的无线接入标准。

无线接入网络技术由澳洲政府的研究机构 CSIRO 在 20 世纪 90 年代发明并于 1996 年在美国成功申请了无线网技术专利 (US Patent Number 5 487 069)。发明人是悉尼大学 Dr John O'Sullivan 领导的研究小组, 他被尊称为“Wi-Fi 之父”, 并获得了澳洲的国家最高科学奖和欧洲专利局颁发的 2012 年欧洲发明者大奖。澳洲政府收取了世界上几乎所有电器电信公司 (包括苹果、英特尔、联想、戴尔、AT&T、索尼、东芝、微软、宏碁、华硕等) 的专利使用费。2013 年底 CSIRO 的无线网专利过期。

1997 年 IEEE 应用这一专利编制发布无线局域网 802.11 标准, 经过 17 年的发展大体可分为 3 个阶段。

(1) 1999 年颁布 2.4GHz 的 802.11b, 2000 年颁布 5GHz 的 802.11a, 2003 年颁布 2.4GHz 的 802.11g, 802.11a/g 均采用 OFDM 技术, 最高数据速率达到 54Mbit/s。

(2) 2009 年颁布 2.4GHz/5GHz 的 802.11n, 采用 OFDM+MIMO 技术, 最高数据速率达到 600 Mbit/s。

(3) 2011 年草案的 5GHz 的 802.11ac, 采用增强 OFDM+MIMO 技术, 最高数据速率达到 7Gbit/s。

WLAN 摆脱了线缆的束缚, 带给人们更多的自由和便利, 同时移动性的引入、位置的引入, 让 WLAN 和应用非常紧密地结合在一起。WLAN 会给人们带来本质性的变化, 真正让 IT 去改变他们原来的工作方式与生活方式, 提升服务质量。它是一个目前几乎所有终端都拥有且每天都在使用的技术, 每个人甚至都会拥有多部内置了 WLAN 技术的产品, 用户日后可以通过它进行通信。对于运营商来说, 用户可以使用其 WLAN 网络热点的增值服务, 从而达到节省用户流量、分流热点地区数据压力的目的。

得益于互联网的高速发展, 除了 ADSL、光纤等有线固定方式之外, 无线网络发展也很快, 在高速广域促进了 3G/4G 的发展, 在低速局域则促进了 WLAN 的发展。全球主流电信运营商如英国电信、法国电信等都采用“3G+WLAN”作为全业务运营的主要模式, 一直把 WLAN 视为 3G 网络的有效补充, 提供覆盖范围更广、带宽更高的数据业务。一方面美国政府首倡波及全球的无线城市的建设, 另一方面苹果公司 iPhone、iPAD 等智能终端的扩展使用, 激励了建设成本低廉, 数据速率又高的 WLAN 网络, 终端与网络二者相互促进, 相得益彰, 使得 Wi-Fi 成为家喻户晓的首选上网方式, 促使了 iPhone 全球蔚为壮观的爆炸式发展, 从而改变了人们的工作生活方式, 甚至影响了产业布局。最近芬兰总理认为, 苹果摧毁了芬兰两大支柱产业, 导致经济滑坡。感叹两个冠军倒下, iPhone 杀死了诺基亚, iPad 杀死了芬兰造纸业!

据 IDC WLAN 季度报告显示, 包括整个消费级和企业级在内的全球无线局域网市场在 2014 年第一季度同比增长了 9.2%。企业级细分市场继续保持稳定的增长速度, 较去年同期增长 7.7%。从 802.11n 标准向更新更快的 802.11ac 标准的过渡正在加速, 超出了市场预期。在投入产品化仅仅 4 个季度之后, 802.11ac 标准已经占有 19% 的独立接入点出货量, 30% 的独立接入点收入, 明显要比多年前从 802.11a/b/g 向 802.11n 过渡的普及速度更快。这个趋势背后的主要原因是大多数厂商采用的 802.11ac 接入点的定价与 802.11n 产品非常接近甚至持平, 以及 802.11ac 产品在高密度环境中自身固有的优点——能将无线与千兆以太网相耦合; 可显著增加终端数量; 确保每个用户都能得到更好的体验。近期即将推行新版技术标准, 让用户在同一运营商的 WLAN 网间可以自动建立连接, 同时智能地选择最佳网络, 从而实现了类似于目前移动蜂窝网手机在基站间的信号自动切换连接的效果。从目前技术发展的情况来看, 未来在不同区域的覆盖范围也必将不断扩大, 完全可以实现大规模地连续地对一个城市甚至国家的全面覆盖。预测全球不久将会拥有超过 1000 万个热点, 50 亿台电子设备使用, 届时, 60% 以上的数据流量将会从有线接入转移到无线接入, WLAN 正在成为用户的首选。

二、WLAN 在中国的萌芽

在中国, WLAN 应用始于 2000 年。在 2002 年上半年, 由于公众运营市场和行业用户应用需求的增长, 国内市场比较活跃。中国电信的“天翼通”服务、中国网通“无线伴旅”服务从 2002 年开始在全国展开。中国电信当时已在全国主要城市铺设 1000 多个热点, 9000 多个 AP, 用户达 3.3 万; 中国网通在全国 20 个城市铺设 1000 多个热点; 中国移动则从 2002 年底开始在全国大规模地建设 GPRS+WLAN 局域网 1000 多个, AP 一万多个, 2003 年开始商用, 用户曾达几万人, 并计划 2004 年在全国范围内再铺设 GPRS+WLAN 热点 1000 个; 中国联通也在 2003 年的 cdma 2000 1x 网络中引入 WLAN 技术来配合使用。而且, 国内运营商与国际运营商开始合作, 网通、澳洲电讯、韩国电信、马来西亚 Maxis、新加坡 Starhub 五家发起了全球第一个无线宽频漫游联盟计划, 已能实现热点间的无线漫游。据计世资讯的统计, 截至 2003 年年底, 国内 WLAN 市场规模为 5.7 亿元, 单是无线网卡的销售量就达到了 74 万片。

在这样一种形势下, 西电杰通公司一批有识之士全面分析了 WLAN 的优势与弱点, WLAN 在给用户带来巨大便利的同时, 与有线网络不同, 也带来了许多安全上的问题。虽然相继采用了 WEP、WPA 等保密措施, 但极易被破译, 因此认为, 我国不应全盘照抄引进, 而急需一种新的安全机制来解决 WLAN 的健康发展问题。基于这一认识, 在深入研究了新的安全机制之后, 从市场和产业的需求出发, 我国组织了无线局域网国家标准的研究和制订工作, 重点进行了 WLAN 国家标准的核心技术——WAPI 机制的构思、开发验证。从起草到颁布历时两年多, 期间负责标准起草工作的“宽带无线 IP 标准工作组”相关成员单位, 在信息产业部电子信息产业发展基金、科技部 863、国家发改委高技术产业化示范工程、国家自然科学基金等多个国家项目的大力支持下, 本着“公开、开放”的原则, 借鉴国外成功经验, 研发出符合我国 WLAN 用户利益和产业发展需要的标准关键技术——无线局域网鉴别和保密基础结构 (WAPI)。以这个自主创新技术为核心修编 IEEE802.11a/b 而制定了国家标准, 于 2003 年 5 月 12 日发布了强制执行的无线局域网 (WLAN) 国家标准 GB15629.11 和 GB15629.1102, 分别是无线局域网媒体访问控制和物理层及其扩展的基础性技术规范 and 它的一项扩展应用技术规范。把国家对密码算法和无线电频率的要求纳入了进来, 是基于 Wi-Fi 标准之上的符合中国安全规范的 WLAN 标准, 拥有自主知识产权。它已由 ISO/IEC 授权的 IEEE Registration Authority 审查获得认可, 分配了用于 WAPI 协议的以太网类型字段 0x88b4, 这是我国当时在该领域唯一获得批准的协议。

三、泄密频发，要严格贯彻国家标准

我们必须清醒地看到 WAPI 虽然在国内外都取得了可喜的进展，但还有短板。目前所建 WLAN 网络都具备 WAPI 功能，却没有广泛实际应用，还是一个不设防的 Wi-Fi 网，就像一个搬进新居的家庭，放着很坚固的门锁不用，任凭小偷潜入。因此出现了蹭网卡、伪基站、伪无线网络等非法手段，黑客犯罪分子花几百元的成本，就可以轻易窃取用户的银行卡、购物网站账户、电子邮件等个人信息和密码。2013 年我国发生的大型信息安全事件即有支付宝转账信息、如家等快捷酒店开房记录、中国人寿 80 万份保单、搜狗手机输入法漏洞、微信漏洞、圆通快递客户信息、东航等航空公司乘客信息等，造成了互联网金融安全、个人隐私、出行安全、受到诈骗等威胁个人生命财产的严重问题，影响了社会的安定团结。近日，央视新闻、人民日报等多家权威媒体官方微博曝光，称一种利用假冒商场、快餐店的免费 Wi-Fi 的骗术正在流行，通过这种方法，用户手机中的网银可以很轻易地被盗用。扬州一市民最近就遭遇了银行卡上的钱不翼而飞的怪事，U 盾、银行卡均在手，账户还绑定了手机短信，密码也没丢失，但银行卡上的钱却不翼而飞了，69 笔“隐形”交易记录，让他账户上的 6 万多元，在两天内仅剩 500 元。

在这样一种 WLAN 网络大发展又面临不安全的形势下，要推广 WLAN 网络部署和应用、同时增强网络安全性和健壮性，就需要从 WLAN 网络的规划设计做起。杰赛通信规划院的设计专家以 WLAN 网络规划设计与优化的丰富经验为基础，结合对 WLAN 技术原理、关键技术的深入探究，撰写了这本书，对 WLAN 工程实践提供了指导。

理论结合实际是本书的一大特色，本书以 WLAN 的相关技术原理和关键技术的分析为出发点，通过建立数学模型对目前 WLAN 的工程设计难点进行定性，定量的分析，从而得出科学、明确的解决方案。尤其是在目前业界甚为头疼的 WLAN 的容量设计问题上，本书从物理层帧设计、MAC 层 DCF 的状态机设计等关键技术研究出发，通过引入概率分析等数学理论，进行了详细的数学建模分析、推导和计算，成功地给出了 WLAN 容量设计的量化结果，解决 WLAN 网络部署中的难题。在提供理论量化分析的同时，本书又结合工程案例，具体分析介绍了 WLAN 网络的规划设计与优化。

工程技术人员借助本书，能够快速掌握 WLAN 的规划设计与优化要点，解决 WLAN 网络部署和使用中出现的各种问题；随着 WLAN 的网络部署更加成熟和便捷，基于 WLAN 的应用能够更加顺利地推广，WLAN 乃至整个移动通信的发展也将从中获益。

我们要认识到，贯彻国标是一项系统工程，在实施过程中难免会出现这样那样

的问题；因此建议主管部门组织 WAPI 产业联盟制订科学，合理，全面的联盟标准与周密地贯彻国标的实施计划，使芯片、设备的开发，测试，认证条件的完善，网络的建设，标准的完善，以至新品的投放，运营商的统一等环节都能有条不紊地进行，才能有效促进我国无线局域网健康快速地发展。

四、自主创新 WAPI 的机制和特点

WAPI 是全新的高可靠性安全认证与保密体制，更可靠的链路层以下安全系统。其认证机制是完整的无线用户和无线接入点的双向认证，身份凭证为基于公钥密码体系的公钥数字证书；采用 192/224/256 位的椭圆曲线签名算法；集中式或分布集中式认证管理，灵活多样的证书管理与分发体制，认证过程简单；客户端可以支持多证书，方便用户多处使用，充分保证其漫游功能；认证服务单元易于扩充，支持用户的异地接入。其加密机制是高强度分组加密算法，采用可控的会话协商动态密钥，可基于用户、基于认证、通信过程中动态更新，安全强度最高。可扩展或升级的全嵌入式认证与算法模块，支持安全的越区切换，支持 SNMP 网络管理。

WAPI 具有诸多重要特点。

(1) 用户只要安装一张证书就可在 WLAN 覆盖的不同地区漫游，方便用户使用。AP 设置好证书后，无须再对后台的 AAA 服务器进行设置，安装、组网便捷，易于扩展。

(2) 支持 Windows98/2000/XP、Linux 及其后续操作系统。

(3) 提供与现有计费技术兼容的服务，可实现按时计费、按流量计费、包月等多种计费方式。

(4) 满足家庭、企业、运营商等多种应用模式。

(5) 在不同场合，应用形式相同，使用方便，用户易接受。

五、WAPI 的作用和影响

由于缺乏统一的安全解决方案标准，不同的 WLAN 设备在启用安全功能时无法互通，严重制约了无线局域网在企业、运营商、政府等市场领域的推广应用。WAPI 充分考虑了市场应用模式，分为单点式和集中式两种：单点式主要用于家庭和小型公司的小范围；集中式主要用于热点地区和大型企业，可以和运营商的管理系统结合起来，共同搭建安全的无线应用平台。用户可以在家里、公司、热点地区应用 WLAN，互连互通尤为重要。全面采用 WAPI 可以彻底扭转目前 WLAN 采用多种安全机制并存且互不兼容的现状，从根本上解决安全性和兼容性问题。WAPI 的强制实施，将会促进产业的全面发展。这对开拓国内 WLAN 市场无疑是个巨大的利好消息。

WAPI 新标准实施后会影响到细分市场有：笔记本电脑，无线热点服务设备（AP、无线网关、无线路由器），无线终端网卡（PC 卡、USB 接口卡），Wi-Fi 手持设备（Wi-Fi 手机、Wi-Fi PDA 等），基于 Wi-Fi 的中远程连接设备等，将可能影响到 1000 多种无线局域网产品。

有关专家认为 WAPI 安全体制中所形成的系列自主知识产权，具备技术先进性，能适应和满足多种应用环境模式及大规模商用化需求，对推动我国无线网络的应用及产业化具有重大影响。2003 年 12 月份，该技术被信息产业部评为该年度六项重大技术创新之一，这是国内最高水平的技术成果，也是我国极为迫切而重要的一项基础性的先进的国家标准。

六、WAPI 遭遇美国的遏制

我国正式推行 WLAN 国家标准，从 2003 年 5 月公布到 2004 年 6 月强制实施，有 12 个多月的准备阶段。显然，我国颁布实施 WLAN 国家安全标准符合国际惯例，符合 WTO 的有关协议，是合情合理的，为 WLAN 在国内的健康发展提供了强有力的安全保障，对现行国际标准严重的安全缺陷进行了补充，为各国用户有效解决了安全隐患，按理应该受到国际社会的欢迎。可是这件事，却在世界上引起了一场轩然大波。先是 Wi-Fi 的核心成员、一家 WLAN 芯片厂商明确表示反对这一标准；接着，Wi-Fi 联盟主席威胁将停止向中国销售 Wi-Fi 芯片；后来，美国政府的高层官员甚至发表讲话，认为中国政府制订的这一标准“不合时宜”，致信中国政府要求重新考虑这个决定，予以放弃等。何以美国会如此大动干戈？

首先是 WAPI 标准的实施将打破美国在无线接入领域的高度垄断，触动了美国以英特尔为代表的垄断势力的核心利益。指责中国是“技术民族主义”，中国不满于相对收益的分配，正在采取试探性手段来挑战现有的体系标准，跑到技术的上游——标准领域去争利益，WAPI 虽小，但这个试金石能演变成大问题，必须枪打出头鸟。

其次是 WAPI 的实施将堵塞美国在 WLAN 中窃取他国机密的通路，WLAN 的安全是受到美国政府的蓄意弱化，明知国防部专家提出的 WPA 标准有问题，却硬要塞入 IEEE802.11i 安全标准中，美国国家安全局（NSA）联手美国标准与技术研究院（NIST）发挥了举足轻重的作用，斯诺登曝光 NSA 通过 NIST 在网络安全国际标准中植入漏洞的秘密之后，才使我们恍然大悟：为何对 WAPI 进行了长达十年的遏制。

在 2004 年 4 月举行的中美商贸联委会上，由于美国政府的压力，我国政府为平衡各方面的利益，同意 WAPI 延期实施，美国网站却别有用心改为无限期延长实施。“无限期”三个字，大大挫伤了国内企业自主创新的信心，导致产业化乏力，应用进展缓慢。原来准备报检产品的十余家厂商包括上海华曼、北京兴唐、南京智达康、

广州杰赛等均不得已暂时放弃原定计划，转而等待观望。

事实上 WAPI 在标准延期强制实施之前，国内的产业链已经渐成雏形，产业准备当时就己能应对市场需求。在芯片研制方面，有些企业如中电华大、六合万通正在研发包括 MAC 部分、基带部分在内的 WLAN 芯片，捷通已经推出了 WAPI IP 核。2004 年 4 月 8 日，国内方正、联想、捷通、明华澳汉等公司的无线局域网卡、无线接入点、无线鉴别服务器等产品通过了 CCCi 认证。

虽然在 2004 年中美商贸联委会之后，3C 认证偃旗息鼓，WAPI 产业整体沉寂，但是，一大批充满责任感和务实精神的人和企业，仍步履坚定地积极推进 WAPI 的产业化进程，国内产业试图以关键技术创新赢得生存空间的艰难拓荒一直在进行。在这种处境下，WAPI 产业链的核心企业，仍然坚持了对 WAPI 国家标准的实质性投入和推动，在芯片、系统产品、测试平台等方面均取得了稳步发展。符合 WAPI 国家标准的产品已经得到了应用，如广州杰赛的产品已经试用于新白云国际机场报关大楼等的无线接入，并于 2004 年 5 月 17 日在广州举办的“通信奥运会”上展出了全套 WAPI 产品；西电捷通已经在 30 多个工程项目中采用了 WAPI 产品。

七、WAPI 再次吹响了进军号

2004 年底到 2005 年国务院参事郎志正教授根据调研情况，多次给国家有关部门呈上《关于“无线局域网安全标准”有关问题的建议》。郎志正是 WAPI 被重新提上日程最重要的推动者之一。在建议呈报之后，引起了国家领导人的重视，历经山穷水尽的 WAPI 开始峰回路转。

(1) 由发改委牵头的 WAPI 部际联系会议从 2005 年 11 月起相继召开。会议对 WAPI 的实施时间、实施方案进行了深入的讨论和周密的安排。从此，偃旗息鼓的 WAPI 再次吹响了进军号。

(2) 2006 年 1 月 9 日，国家密码管理局公布无线局域网国家标准 WAPI 的加密算法。此举意味着国外厂商也可获得密码算法，降低了进入 WAPI 市场的门槛，使国外企业不再有借口阻挠。

(3) 2006 年 3 月 7 日，WAPI 产业联盟终于揭牌成立。22 家从事 WLAN 领域的芯片设计、系统研发、设备制造和运营服务的联盟成员共同见证了这一历史时刻的盛会。

(4) 2006 年 4 月 19 日，国家发改委召开“2006 年信息产业关键技术产业化专项评审会”，共有 20 多个企业参加 WAPI 产业化专项评审答辩。说明在中国政府的有力支持下，WAPI 得到了国内相关企业的积极支持和参与。

当时，实施 WAPI 标准的国内产业积极性大大高涨，包括 WAPI 核心芯片在内的多个 WLAN 关键芯片开始进行规模生产。在我国巨大市场利益的驱使下，不少公

司符合 WAPI 标准的产品正加紧研制,国家 3C 认证工作也继续开展,国内 WAPI 完整产业链日益形成并处于快速发展中,产业规模也在不断扩大,出现了群体突破的大好势头。

八、八年奋战迎来光辉前景

WAPI 产业群体殚精竭虑经过 8 年的艰苦奋战,在国内形成了包括标准、芯片、系统、终端、应用、测试和运营在内的完整产业链,首先在 2008 年北京奥运会信息化建设中得到推广应用。中国电信、中国移动、中国联通三大运营商建设的公共无线局域网都已具备 WAPI 功能,WLAN 已经在运营商小微蜂窝覆盖方案中作为主要的无线覆盖手段之一,都在大力建设完善 WLAN 网络的建设和覆盖。中国移动采用“四网协同”(WLAN、GSM、TD-SCDMA、TD-LTE)战略,累计投入资金 200 亿元,全国建设了 WLAN 热点(AP)429 万个;中国电信和中国联通将 WLAN 作为蜂窝移动通信网络的重要补充,加大对 WLAN 热点的投入和建设。除了在公共宽带无线运营网络中普遍应用之外,正迅速扩展到航空、交通、地铁、旅游、电力、广电、金融、教育以及国防等更多行业。现在几乎所有中等宾馆都可以免费无线上网。2009 年,工信部支持 WAPI 手机上网,增强了国内终端、芯片、器件产业的量产信心,他们纷纷推出手机、笔记本、上网卡、电子书、家庭网关等 WAPI 产品型号超过 7000 个,具备 WAPI 功能的手机超过 3000 款,出货量已超过 7000 万部,芯片出货量累计超过 40 亿个。特别是 2013 年国家实施促进信息消费扩大内需的政策,要求到 2015 年,适应经济社会发展需要的宽带、融合、安全、泛在的下一代信息基础设施初步建成,城市家庭宽带接入能力基本达到每秒 20 兆比特(Mbit/s),部分城市达到 100Mbit/s,农村家庭宽带接入能力达到 4Mbit/s,行政村通宽带比例达到 95%,促使智慧城市建设和取得长足进展,两批试点城市有 193 个,仅国家开发银行将提供不低于 800 亿元的投融资额度。在国家政策的激励下,WLAN 成为移动互联时代主流接入方式之一,无论在运营商市场还是企业市场,都正在以前所未有的速度迅猛增长。WAPI 产业联盟也在发展壮大,已有国内外成员 90 家。在广泛应用实践的基础上,国家正在试点组织联盟标准,WAPI 产业联盟是首批入选单位。联盟标准是由宽带无线 IP 标准工作组和 WAPI 产业联盟一起,依据发展的需求提出并组织编制的,都经过严格的标准化编制程序,所有这些标准都是国家标准的有效补充,并且在现实产品中得到应用。例如,围绕怎样将 WLAN 应用到飞机、列车,编制了 CBWIPS/Z 005-2014《机载无线局域网设备的接入要求和测试方法》和 CBWIPS/Z 010-2014《轨道交通车载无线局域网设备的接入要求和测试方法》。这些标准必将促进 WLAN 在这些场景的应用。今后整个产品线也将会转向千兆级 802.11ac,WLAN 的应用将越来越广泛,可以说是“无 WLAN 不智能”,预计到 2015 年,市场上发货

的 15 亿部手机中，将有 12 亿部具备 WAPI 芯片，这将呈现井喷式的发展。

在国际上，WAPI 为中国的标准创新争取到了一定的平等权利，逐渐获得了认可与尊重。2009 年在 ISO/IEC JTC/SC6 东京会议上，WAPI 获美、英、法等十多个与会国家成员体一致同意，将以独立文本形式推进为国际标准。2010 年 6 月，虎符 TePA 在 ISO/IEC 中以全票通过，正式成为国际标准，这是我国在信息安全领域的第一个国际标准，也是全球范围内推出的唯一新技术。虎符 TePA 是三元对等鉴别架构，采用在线可信第三方的实体鉴别机制，通过 5 次传递流程，实现实体间的双向身份鉴别，可以有效阻止不符合安全要求的终端访问网络，也能避免终端接入不符合安全要求的网络。由于虎符 TePA 具有适用性广、扩展性强的特点，可广泛应用于物联网、接入网等各种有线和无线网络，因而荣获世界知识产权组织和国家知识产权局联合颁发的第 12 届中国专利金奖。今年 WAPI 在美国获得授权，原本只需要 3 年左右的时间申请，却足足拖了 8 年！对此，中央电视台进行了《WAPI 技术打破美国无线网络技术垄断》的专题报道，指出美国的安全战略是一种不对等的战略，它故意让 Wi-Fi 弱化其安全保护技术，才有利于植入后门。

李进良

前 言

21 世纪,随着信息化技术的飞跃发展,数据通信已经超过了话音通信,占据了通信业务的第一把交椅。而在数据通信的发展当中,以 IEEE 802.11 为主的 WLAN,以其快速的接入(目前最高速率已经超过 300 Mbit/s)、简单快捷的安装设置(与 3G、4G 的基站相比)、低廉的通信费用(由于节省了通信基础设施建设所形成)等特点,依托现有四通八达的通信网络,从诞生之日开始就得到了充分的重视,发展十分迅猛。目前全球 WLAN 在数据通信(尤其是互联网应用)方面的应用已经远远超过了 3G、4G 等其他数据通信系统,居于数据通信的首位。伴随着 WLAN 的快速发展,由于其自身技术特点所造成的大量问题接踵而来,如干扰问题、信道阻塞问题、用户效率达不到要求等,而要解决这些问题,就要了解 WLAN 的技术本身,并且分析出各种问题与技术之间的关系,从而解决 WLAN 在应用过程中出现的各种问题,为 WLAN 的顺利应用铺平道路。

本书的写作宗旨,就是针对目前 WLAN 在应用过程中出现的各种常见问题,从 WLAN 的内在技术入手,以 WLAN 的技术理论为基础,结合具体的 WLAN 的应用实际,给广大的 WLAN 的工程技术人员,提供一本能从理论指导 WLAN 的工程实践(如 WLAN 的网络规划与配置、WLAN 的故障检测以及 WLAN 的网络优化)的技术手册。

本着这个宗旨,本书共分 5 章呈现给读者。第 1 章首先通过 WLAN 的概念、WLAN 与其他通信系统的区别以及 WLAN 的应用与发展,说明了 WLAN 在数据通信中的地位以及未来的发展趋势。然后通过对 WLAN 的主流:IEEE 802.11 整个家族的分类概括,将 IEEE 802.11 WLAN 全部技术的脉络展示给大家,使读者对 IEEE 802.11 WLAN 的技术全貌有清晰的认识。

第 2 章在第 1 章的基础上,针对与 IEEE 802.11 WLAN 的规划设计和应用密切相关的 WLAN 的物理层、MAC 层以及信息安全方面的关键技术展开论述,特别是

对 MAC 层的关键技术进行较为深入的分析,为下面的 WLAN 的网络规划设计的数学建模奠定了理论基础。

第3章描述了在 WLAN 网络中常见的各种设备以及选择这些设备所必须具备的各种技术参数条件。为用户的 WLAN 设备的选择提供了技术指引。

第4章以第2章的关键技术为基础来建立相应的数学模型,通过详细的理论分析、推导和计算的方式,量化了 WLAN 的网络覆盖设计和容量设计,解决了 WLAN 容量设计在业界一直存在的难以量化的难题,为 WLAN 的容量设计铺平了道路。同时结合具体的工程实践,给出具体的 WLAN 工程规划案例,为 WLAN 的规划与设计提供了理论与实践相结合的详尽指导。

第5章对于用户在 WLAN 的使用过程中存在的各种常见问题,给出了较为详尽的分析、查找的途径,并以此为出发点,详细描述了对现存的 WLAN 网络进行优化的方法、手段以及完整过程,给用户的 WLAN 网络优化提供了详细的指导。

第6章作为本书的最后一章,对 WLAN 的未来发展趋势和应用做了前瞻性的展望,从应用的角度,指出了 WLAN 的未来发展方向。

总而言之,本书可看成一本偏重于 WLAN 工程实践(网络规划设计和网络优化)的技术指导手册,但同时,它又将技术指导与 WLAN 自身的关键技术相结合,并且通过数学模型量化的方法,使 WLAN 的工程实践的技术指导做到有据可依、有的放矢。

由于 IEEE 802.11 是一个非常庞大、分支较多、发展很快的技术标准簇,作者的网络规划设计、优化的经验还不丰富,且由于篇幅所限,无法将 IEEE 802.11 的相关技术全部展开论述,因此书中若有遗漏和不当之处,欢迎广大读者提出批评和指正意见,并希望广大同人共同探讨。

广州杰赛通信规划设计院

2014年11月24日

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 各种无线网络技术分类	1
1.1.1 什么是无线网络	1
1.1.2 无线网络的分类	1
1.2 IEEE 802.11 标准组成	7
1.2.1 物理和 MAC 层接入	8
1.2.2 网络组网	11
1.2.3 信息安全	13
1.2.4 应用优化	14
1.2.5 网络测试与管理	16
1.3 无线局域网技术的国家标准	17
1.3.1 GB 15629-11-2003	18
1.3.2 GB 15629-1101-2006	18
1.3.3 GB 15629-1102-2003	19
1.3.4 GB 15629-1103-2006	20
1.3.5 GB 15629-1104-2006	20
1.3.6 GB 15629.11-2003/XG1-2006	20
1.3.7 20075519-T-469 《无线局域网测试规范》	20
1.4 无线局域网技术的中国产业联盟标准	20
1.4.1 CBWIPS-Z 010-2009	23
1.4.2 CBWIPS-Z 011-2010	23
1.4.3 CBWIPS-Z 012-2010	23
1.4.4 CBWIPS-Z 013-2010	23
1.4.5 CBWIPS-Z 014-2010	23
1.4.6 CBWIPS-Z 016-2010	23
1.4.7 CBWIPS-Z 017-2010	23

1.4.8	CBWIPS-Z 018-2010	24
1.4.9	CBWIPS-Z 019-2010	24
1.4.10	CBWIPS-Z 020-2010	24
1.4.11	CBWIPS-Z 021-2010	24
1.4.12	CBWIPS-Z 022-2010	24
1.4.13	CBWIPS-Z 024-2011	24
1.4.14	CBWIPS-Z 025-2011	25
1.4.15	CBWIPS-Z 001-2012	25
1.4.16	CBWIPS-Z 002-2012	26
1.4.17	CBWIPS-Z 003-2012	26
1.4.18	CBWIPS-Z 005-2012	26
1.4.19	CBWIPS-Z 006-2012	26
1.4.20	CBWIPS-Z 007-2012	27
1.4.21	CBWIPS-Z 008-2012	27
1.4.22	CBWIPS-Z 001-2014	27
1.4.23	CBWIPS-Z 002-2014	27
1.4.24	CBWIPS-Z 003-2014	27
1.4.25	CBWIPS-Z 004-2014	27
1.4.26	CBWIPS/Z 005-2014	28
1.4.27	CBWIPS/Z 006-2014	28
1.4.28	CBWIPS/Z 007-2014	28
1.4.29	CBWIPS/Z 008-2014	28
1.4.30	CBWIPS/Z 009-2014	28
1.4.31	CBWIPS/Z 010-2014	28
1.4.32	CBWIPS/Z 011-2014	29
1.4.33	CBWIPS/Z 012-2014	29
1.4.34	CBWIPS/Z 013-2014	29
1.4.35	CBWIPS/Z 016-2014	29
1.4.36	CBWIPS/Z 017-2014	30
1.4.37	CBWIPS/Z 018-2014	30
1.5	无线局域网的发展现状	30
1.5.1	国外发展现状	30
1.5.2	国内发展现状	31
第2章	无线局域网的关键技术	35
2.1	无线局域网的物理层组成	35
2.2	物理层的关键技术	36
2.2.1	直序扩频/高速直序扩频	36
2.2.2	OFDM (正交频分复用)	43
2.2.3	MIMO (多输入多输出)	51