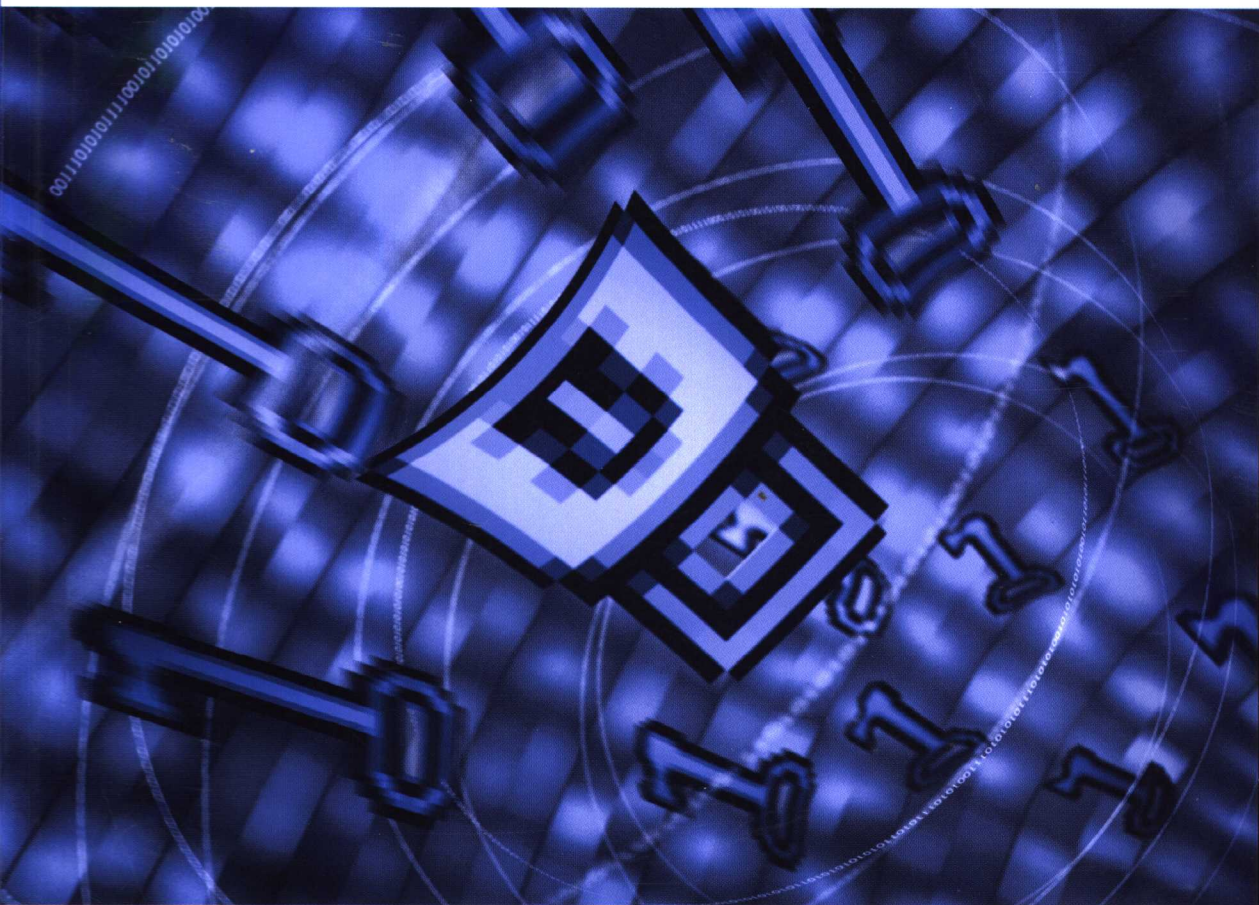


21 世纪高等院校教材

# 无线局域网

钟章队 主编  
赵红礼 吴昊 黄清 编著



 科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

21 世纪高等院校教材

# 无线局域网

钟章队 主编

赵红礼 吴昊 黄清 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书介绍了无线局域网的基本原理和应用。无线局域网是一个发展非常迅速、原理和应用都很复杂的系统。全书从无线局域网的基本概念、发展以及应用开始,介绍了局域网的基础知识;随后具体介绍了无线局域网的理论基础,包括差错控制编码、调制与解调技术、扩频通信的基本理论以及无线电波的传播等;无线局域网的标准,包括 IEEE 802. 11、IEEE 802. 11a、IEEE 802. 11b、IEEE 802. 11g 等系列协议;各种无线局域网,如 Hiper-LAN、HomeRF、蓝牙以及 IEEE 802. 16 等;无线局域网的安全问题;无线局域网和移动蜂窝网络的融合;无线局域网的产品测试等问题。

本书可以作为高年级本科生和研究生的教材或参考书,也可以作为无线局域网方面的科研和工程技术人员的参考读物。

### 图书在版编目(CIP)数据

无线局域网/钟章队主编;赵红礼,吴昊,黄清编著. —北京:科学出版社, 2004

(21世纪高等院校教材)

ISBN 7-03-012445-6

I. 无… II. ①钟…②赵…③吴…④黄… III. 无线电通信—局部网络—高等学校—教材 IV. TN925

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 104694 号

策划编辑:李 宇/文案编辑:邱 璐 贾瑞娜/责任校对:宋玲玲

责任印制:安春生/封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2004年2月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2004年2月第一次印刷 印张:18 3/4

印数:1—3 000 字数:377 000

定价: 30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

# 前 言

随着 Internet 的全面化发展,人类的生活、工作和休闲都和网络形成了更加牢不可分的关系,因此在个人网络(PAN)、局域网(LAN)、广域网络(WAN)等各种网络应用环境中,厂商无不竞相开发各种可能、便利的网络联机技术。虽然技术发展呈多元化,不过无线技术(wireless)已成为网络技术发展的热点话题,不论从厂商、产品形态、技术成熟度等各方面考虑,相对其他技术都具有极大的市场潜力。无线局域网就是在此背景下对计算机网络和移动通信的融合。

2001 年以后,随着中国网通等电信运营商的介入,无线局域网在中国进入高速发展阶段,目前无线局域网不仅在中国各个行业得到了广泛应用,而且增长迅速。但是由于该项技术出现时间不长(IEEE 802.11a 和 802.11b 标准于 1999 年制定,802.11g 标准于 2003 年 6 月制定),并且相关的技术发展很快,因此熟悉这方面技术的人员比较缺乏。希望本书能够对无线局域网在中国的发展和應用有所促进。

2002 年 8 月,信息产业部电子培训中心和 T&D 培训发展机构联合开始了国内第一家无线局域网的专职培训,本书的主要作者之一赵红礼为他们编写了培训教材并作为讲师进行培训的授课,在培训和工程实践中积累了许多实际经验,了解了无线局域网当前在国内各个行业的应用情况。本书融合了作者的培训和工程经验,并结合了相关的理论研究。

无线局域网的设计和分析与有线局域网的设计和分析差别很大,它的复杂性在于空中接口的设计和移动性的支持,而这两个方面在有线网络中不加考虑,因此在本书中介绍了有线网络的一些基本知识,并把无线局域网和有线网络进行对比,使我们对无线局域网中特定的问题能获得较深刻的理解。

本书共分 11 章,第一、二章介绍了无线局域网的基本概念和局域网的基础知识;第三、四章介绍了无线局域网的相关理论和无线电波的传播;第五、六、七章介绍了 IEEE 802.11 系列协议;第八章介绍了 IEEE 802.11 标准以外的其他无线局域网;第九章讨论了无线局域网的安全问题;第十章介绍了无线局域网和移动蜂窝系统的融合;第十一章介绍了无线局域网产品的测试。

本书由钟章队主编,赵红礼、吴昊、黄清编著,其中赵红礼编写了第一、二、三、五、六、七、八、九、十一章,吴昊编写了第十章,黄清编写了第四章。由于笔者水平有限,加之时间比较仓促,书中难免有错误和疏漏之处,恳请有关专家和广大读者批评指正。

作 者

2003 年 10 月

于北京交通大学现代通信研究所

# 目 录

## 前言

<b>第一章 概述</b> .....	1
1.1 引言 .....	1
1.2 无线局域网的发展历史 .....	3
1.3 无线局域网和有线局域网的对比 .....	6
1.3.1 有线局域网的局限性 .....	8
1.3.2 无线局域网的优点 .....	8
1.4 无线局域网的技术要求 .....	10
1.5 无线局域网的分类 .....	11
1.5.1 基于窄带调制的无线局域网 .....	12
1.5.2 基于扩展频谱方式的无线局域网 .....	12
1.5.3 基于红外线的无线局域网 .....	14
1.5.4 载波电流无线局域网 .....	14
1.6 无线局域网的市场和应用 .....	15
1.7 无线局域网的问题 .....	18
1.7.1 工程实施 .....	19
1.7.2 无线连接 .....	19
1.7.3 无线电信号干扰 .....	20
1.7.4 电源管理 .....	22
1.7.5 系统兼容性 .....	23
1.7.6 网络安全 .....	23
1.7.7 对人体健康的危害 .....	24
<b>第二章 局域网基础</b> .....	26
2.1 OSI 参考模型和局域网的协议体系 .....	26
2.1.1 OSI 参考模型 .....	26
2.1.2 局域网的标准协议体系 .....	28
2.1.3 IEEE 802 协议体系 .....	29
2.1.4 无线局域网的协议体系 .....	31
2.2 局域网的 LLC 层协议 .....	32
2.2.1 未确认无连接服务 .....	33

2.2.2	面向连接的服务 .....	33
2.2.3	确认无连接服务 .....	34
2.3	局域网的 MAC 协议 .....	34
2.3.1	概述 .....	34
2.3.2	Aloha 协议 .....	38
2.3.3	CSMA 协议 .....	39
2.3.4	CSMA/CD 协议 .....	42
2.3.5	CSMA/CA 协议 .....	42
<b>第三章</b>	<b>无线局域网的理论基础 .....</b>	<b>45</b>
3.1	差错控制编码 .....	45
3.1.1	差错控制方式 .....	45
3.1.2	检错重发 .....	46
3.1.3	前向纠错 .....	47
3.2	调制与解调技术 .....	48
3.2.1	二进制调制与解调 .....	49
3.2.2	四相调制 .....	52
3.2.3	QAM 调制 .....	56
3.2.4	CCK 调制 .....	58
3.2.5	PBCC 调制 .....	60
3.2.6	OFDM 技术 .....	62
3.3	扩频通信的基本原理 .....	64
3.3.1	扩频通信的基本概念 .....	64
3.3.2	直接序列扩频系统 .....	70
3.3.3	跳频系统 .....	75
3.3.4	两种扩频方式的比较 .....	82
<b>第四章</b>	<b>无线局域网的电波传播 .....</b>	<b>85</b>
4.1	概述 .....	85
4.2	自由空间的电波传播 .....	86
4.2.1	自由空间传播损耗 .....	86
4.2.2	自由空间传播条件下收信电平的计算 .....	87
4.3	室内电波传播模型 .....	87
4.3.1	同楼层损耗模型 .....	88
4.3.2	多楼层损耗模型 .....	88
4.3.3	使用建筑材料的 路径损耗模型 .....	89
4.4	地面反射对电波传播的影响 .....	89

4.4.1	菲涅耳区的概念 .....	89
4.4.2	地面反射对收信电平的影响 .....	92
4.5	大气对电波传播的影响 .....	96
4.5.1	大气折射 .....	97
4.5.2	大气折射引起的余隙变化 .....	99
4.5.3	余隙标准 .....	100
4.5.4	余隙的计算 .....	100
4.5.5	电波反射点的确定 .....	101
4.6	无线电波传播过程中的衰落 .....	103
4.7	抗衰落技术 .....	104
4.7.1	分集技术 .....	104
4.7.2	自适应均衡 .....	107
<b>第五章</b>	<b>IEEE 802.11 标准</b> .....	<b>110</b>
5.1	IEEE 802.11 标准概述 .....	110
5.1.1	IEEE 802.11 逻辑结构 .....	111
5.1.2	IEEE 802.11 拓扑结构 .....	112
5.1.3	IEEE 802.11 服务 .....	115
5.2	媒体访问控制(MAC)层 .....	118
5.2.1	MAC 层功能 .....	118
5.2.2	MAC 帧结构 .....	123
5.3	物理层 .....	124
5.3.1	物理层结构 .....	124
5.3.2	物理层功能 .....	125
5.3.3	跳频扩频物理层 .....	126
5.3.4	直接序列扩频物理层 .....	128
5.3.5	红外线物理层 .....	131
<b>第六章</b>	<b>IEEE 802.11a 标准</b> .....	<b>134</b>
6.1	IEEE 802.11a 标准描述 .....	134
6.1.1	标准简介 .....	134
6.1.2	多速率支持 .....	136
6.1.3	系统描述 .....	136
6.1.4	发射 .....	138
6.1.5	接收 .....	139
6.2	IEEE 802.11a PLCP 子层 .....	140
6.2.1	PLCP 帧结构 .....	140

6.2.2	PLCP 前导序列 .....	144
6.2.3	信号域 .....	144
6.2.4	数据域 .....	145
6.3	PMD 子层 .....	150
6.3.1	信道分配 .....	150
6.3.2	接收性能 .....	151
<b>第七章</b>	<b>IEEE 802.11b 标准</b> .....	<b>153</b>
7.1	IEEE 802.11b 标准描述 .....	153
7.1.1	标准简介 .....	153
7.1.2	多速率支持 .....	154
7.1.3	发送 .....	155
7.1.4	接收 .....	155
7.2	PLCP 子层 .....	157
7.2.1	PLCP 帧结构 .....	157
7.2.2	PLCP PDU 域定义 .....	159
7.2.3	扰码和解扰码 .....	163
7.3	PMD 子层 .....	163
7.4	IEEE 802.11g 标准 .....	165
7.5	IEEE 802.11 系列标准比较 .....	167
<b>第八章</b>	<b>其他无线局域网</b> .....	<b>170</b>
8.1	HiperLAN 技术 .....	170
8.1.1	HiperLAN 的特点 .....	170
8.1.2	HiperLAN2 的协议结构 .....	172
8.2	HomeRF 技术 .....	176
8.3	蓝牙技术 .....	178
8.3.1	蓝牙技术概述 .....	178
8.3.2	蓝牙的系统组成 .....	179
8.3.3	蓝牙网络结构 .....	181
8.3.4	蓝牙协议栈结构 .....	181
8.4	IEEE 802.16 协议 .....	183
8.4.1	IEEE 802.16 标准体系 .....	183
8.4.2	IEEE 802.16 标准总体框架 .....	184
8.4.3	IEEE 802.16a .....	189
<b>第九章</b>	<b>无线局域网的安全</b> .....	<b>192</b>
9.1	网络安全入门 .....	192



9.1.1	概述	192
9.1.2	网络安全基础知识	192
9.1.3	评价安全策略	199
9.2	无线局域网中常见攻击和弱点	201
9.2.1	概述	201
9.2.2	WEP 中存在的弱点	202
9.2.3	进行搜索	206
9.2.4	窃听、截取和监听	208
9.2.5	欺骗与非授权访问	209
9.2.6	网络接管与篡改	211
9.2.7	拒绝服务和泛洪攻击	212
9.2.8	偷窃用户设备	213
9.3	无线网络安全对策	214
9.3.1	分析威胁	214
9.3.2	设计和部署安全网络	215
9.3.3	有效管理无线网络的 SSID	216
9.3.4	实现 WEP	217
9.3.5	过滤 MAC 地址	219
9.3.6	过滤协议	221
9.3.7	分配 IP	222
9.3.8	使用 VPN	223
9.3.9	保护用户	226
9.4	IEEE 802.1x 和 EAP	228
9.4.1	IEEE 802.1x 协议体系机构	228
9.4.2	IEEE 802.1x 协议技术特点	229
9.4.3	基于 IEEE 802.1x 的无线局域网	231
9.4.4	EAP 的分类	232
<b>第十章</b>	<b>WLAN 与移动蜂窝网络的互通</b>	<b>235</b>
10.1	WLAN 与 GPRS 互通方案	235
10.1.1	GPRS 协议标准	235
10.1.2	互通结构	239
10.2	WLAN 与 WCDMA 互通方案	250
10.2.1	WLAN 与 WCDMA 互通	250
10.2.2	认证与计费解决方案	253
10.3	WLAN 与 CDMA 1X 互通方案	258

---

10.3.1	CDMA 1X 系统结构	258
10.3.2	CDMA 1X+WLAN 的网络结构	259
10.3.3	CDMA 1X+WLAN 的技术流程	261
10.3.4	认证与计费解决方案	262
10.4	国内移动运营商 WLAN 业务应用现状	263
10.4.1	“GPRS+WLAN”无线数据业务捆绑方案	264
10.4.2	CDMA 1X 与 WLAN 的网络融合	266
<b>第十一章</b>	<b>无线局域网产品测试</b>	<b>268</b>
11.1	无线局域网电路及射频的检测	268
11.1.1	直接序列扩频调制方式的模拟	269
11.1.2	无线局域网设备发射波形的测试	270
11.2	WLAN 设备及系统性能的检测	272
11.2.1	网络性能测试	273
11.2.2	设备功能测试	275
11.2.3	系统测试	278
11.2.4	设备管理测试	279
11.2.5	安全性功能测试	280
11.2.6	认证协议测试	282
	<b>参考文献</b>	<b>284</b>
	<b>附 录 缩 略 语</b>	<b>286</b>

# 第一章 概 述

## 1.1 引 言

20 世纪 80 年代是计算机有线局域网发展与普及的年代。简单地讲,有线局域网指用电缆线或光纤把局部区域内的大型计算机、工作站、微机等相互连接起来,并完成计算机间的数据传输与资源共享。我国局域网的使用虽然滞后于发达国家,但是到 80 年代末,已开始普及使用。现在局域网已成为提高工作效率及生产率不可缺少的工具。

局域网的代表可以列举 IEEE 802.3 10BASEx 的以太网。它的速率为 10Mbps,采用双绞线、电缆线及光纤作为传输媒体。这种网络能够满足一般的工业自动化及办公自动化要求,但是也存在不足之处,如:

- 布线烦琐,电缆线数量大,在办公室内,各种网络系统共存,必将出现电缆线泛滥。
- 无法在移动中访问网络。

20 世纪 90 年代以来,移动通信和 Internet 是信息产业发展最快的两个领域,它们直接影响了亿万人的生活,大大地改变了人类的生活方式。移动通信使人们可以在任何时间、任何地点和任何人进行通信,Internet 使人们可以获得丰富多彩的信息。

Internet 的兴起,让我们通过计算机就能同地球上的任何一个国家、任何一个人、在任何时候进行联系,实现天涯若比邻的地球村;通过网络我们可以和更多的人进行交流,互通信息,如收发 E-mail、查询资料、电子商务、网上交易,等等。据预测,到 2004 年,全球 Internet 用户将突破 10 亿。

的确,Internet 正在改变世界的运转方式,Internet 的爆炸性发展使得信息产业的高速发展、新兴信息业务的开展和使用成为可能。但是目前为开发 Internet 应用而出现的绝大多数技术,一般适用于台式计算机或大型计算机,通常是基于可靠的数据网络,采用中等以上带宽。而对于使用便携式电脑和需要经常流动的人们来说,就不可能实现在任何地方、任何时候、与任何人进行通信、获取信息的真正个人通信方式的要求。这个局限让人们感到很多不便,无法满足人们在移动中获取信息的需要。

移动通信的发展打破了通信与地点之间的固定连接,它采用无线技术解决了 Internet 所不能解决的移动性,使人们可以在移动中进行信息的获取和交互。

但是,目前移动通信中经常使用的业务大部分为语音通信,即打电话。移动数据业务还没有得到广泛的应用;另一方面,目前 Internet 主要为固定接入方式,Internet 丰富的信息又由于条件限制难以像移动电话一样自由移动,Internet 和移动通信以往就像两条平行线一样发展着。

如何将这些 Internet 的网上服务转移到一个体积小、重量轻,而且方便随身携带的设备上,自然也就成为大势所趋的想法。不仅我们可以随时随地接收信息,并且还能进一步立即做出反应,在这个极度网络化的世界里,什么样的协议规则能够用来解决这样的难题呢?如何才能创造出这种方便的环境呢?

为解决上述问题,随着市场需求和技术的成熟,人们希望能够把 Internet“随身携带”,能随时随地上网获取信息,于是出现了支持移动计算能力的无线局域网。所谓移动计算,是指网络中的站可在网络中漫游同时保持与网络通信。无线局域网除了保持局域网的高速度和移动通信的特点外,无需布线即可灵活地组成移动的局域网,并接入到 Internet 中。

随着社会的发展,人们对计算机的依赖性也迅速增加,用户要求互连的计算机数量更多,类型也更为复杂。随着通信和网络技术的发展,使人们可以根据不同的要求选择不同的网络方案,但传统有线网络由于受设计或环境条件的制约,在物理、逻辑和资金方面普遍存在着一系列问题,特别是当涉及网络移动和重新布局时。所以发展一种可行的无线通信网络技术作为现有数据连接的扩充已成为一种需要。进入 20 世纪 90 年代以来,随着个人数据通信的发展,功能强大的便携式数据终端以及多媒体终端的广泛应用,为了实现任何人在任何时间、任何地点均能实现数据通信的目标,要求传统的计算机网络由有线向无线,由固定向移动,由单一业务向多媒体发展,更进一步推动了无线网络的发展。

无线网络就是利用无线电波而非线缆来实现与计算机设备位置无关的网络数据传送的系统,就应用层面来讲,它与有线网络的用途完全相似,两者的最大不同在于传输信息的媒介不同。无线网络系统是一种灵巧的数据传输系统,它是从有线网络系统自然延伸出来的一种新技术,使用无线射频技术越空收发数据,减少使用电线连接,因此无线网络系统既可达到建设计算机网络系统的目的,又可以让设备自由安排和搬动。在很多环境,如校园或企业内,无线网络一般会作为已存在的有线网络的最终连接的一个补充方式,帮助一些计算机客户端通过无线手段访问远在大楼以外或者校园内某处的丰富资源。

无线局域网(wireless local area network, WLAN)是无线网络领域的一种重要的分支。无线局域网解决方案已经开始成为商务客户宽带网络连接的一种可选解决方案。随着商业用户逐渐认识到无线所带给他们生产力提高的潜力,无线市场开始迅速膨胀。就 Frost 和 Sullivan 的统计显示,无线市场的价值在 1998 年为 3 亿美元,而到 2005 年将迅速发展 to 160 亿美元。目前,无线局域网只是在一些

垂直产业链中开展业务和提供服务,如生产制造业、仓库、零售商店等,在不远的将来,无线局域网将深入医疗、教育和企业的办公空间,在企业内部、会议室、公共区域是最有可能使用无线局域网的地方。

无线网络和个人通信网(PCN)代表了 21 世纪通信网络技术的发展方向。PCN 主要用于支持速率小于 56kbps 的语音/数据通信,而无线网络主要用于传输速率大于 1Mbps 的局域和室内数据通信,同时为未来多媒体应用(语音、数据和图像)提供了一种潜在的手段。无线网络既可满足各类便携机的人网要求,也可作为传统有线网络的补充手段。当然,局域网技术应用用于无线信道之所以成为可能,还在于相关技术的发展解决了某些关键性问题,包括:

- 天线设计技术的发展,使得在无线网络中,每个节点在保证信号强度的同时,实现整个区域的覆盖。
- 高性能、高集成度的 CMOS 和 GaAs 半导体技术的发展,以及超大规模集成电路的发展,使得在一块低功耗、低成本专用集成电路(ASIC)芯片上可同时实现信号的调制解调,完成在微波以上频段的收发信功能。
- 网络软硬件设计技术的进展,使芯片实现高速数据处理和复杂协议成为可能。

## 1.2 无线局域网的发展历史

无线局域网是计算机间的无线通信网络。相比有线通信悠久的历史,无线网络的历史并不长,特别是充分发挥无线通信的“可移动”特点的无线局域网则是 20 世纪 90 年代才出现的事情。

1971 年,夏威夷大学投入运行的 AlohaNet 首次将网络技术和无线通信技术结合起来。夏威夷群岛由包括 Oahu、Maui、Hawaii 等在内的几个岛屿组成。夏威夷大学共有 10 个校区,其中主校区位于 Oahu 岛,其他校区分别散布在不同的岛屿。为了使其他岛屿的计算机和用户终端能够共享主校区的大型计算机,需要构筑一个通信网络把这些用户终端与计算机连入主校区的大型计算机。从网络的业务需求和实现费用角度考虑,采用无线电作为传输媒体在当时的情况下无疑是最佳的选择,为此校方租用了一条卫星链路进行数据传输。AlohaNet 使分散在 4 个岛上的 7 个校区里的计算机利用无线的方式和主校区的中心计算机通信。AlohaNet 通过星型拓扑将中心计算机和远程工作站连接起来,提供双向数据通信。远程工作站之间通过中心计算机相互通信。上行和下行信道分别使用 407.35MHz 与 413.475MHz 频段,数据传输速率为 9.6kbps。

20 世纪 80 年代,美国和加拿大的业余无线电爱好者和无线电报务员们设计并建立了终端节点控制器(TNC),将各自的计算机通过无线发报设备连接起来。

TNC工作起来像电话 Modem 一样,把计算机数字信号转换为无线电收发报机可以调制并能利用分组交换技术通过广播频道发送出去的信号。事实上,美国无线电中继联盟(ARRL)和加拿大无线电中继联盟(CRRL)在 80 年代早期就开始资助计算机网络委员会进行开发广域无线网络的论坛。所以,业余无线电报务员们早已开始使用无线联网技术,比商业市场早得多<sup>[3]</sup>。

早期的无线计算机网络有个共同特征:采用无线媒体仅仅是为了克服地理障碍,或是为了免去布线的烦琐,使网络安装简单、使用方便,而网络中节点的移动能力并不重要。然而进入 20 世纪 90 年代后随着功能强大的便携式计算机的普及使用,人们需要在其办公室以外的地方使其随身携带的计算机仍然能够接入其办公室的局域网,或能够访问其他公共网络。这样,支持移动计算能力的计算机网络越来越重要。

1985 年,美国联邦通信委员会(Federal Communication Committee, FCC)授权普通用户可以使用 ISM 频段而把无线局域网推向商业化发展。这里 ISM 分别取自 industrial(工业)、scientific(科研)及 medical(医疗)的第一个字母,许多工业、科研和医疗设备使用的无线频率集中在该频段。FCC 定义的 ISM 频段为 902~928MHz、2.4~2.4835GHz 和 5.725~5.875GHz 三个频段。目前世界上大部分国家的无线电管理机构也分别设置了各自的 ISM 频段,1996 年中国无线电管理委员会开放了 2.4~2.4835GHz(IEEE 标准)的 ISM 频段。ISM 频段为无线网络设备供应商提供了产品频段,如果发射功率及带外辐射满足无线电管理机构的要求,则无需提出专门的申请即可使用这些 ISM 频段。ISM 频段对无线产业产生了巨大的积极影响,保证了无线局域网元器件的顺利开发。

国际电子电气工程师协会(IEEE)802 工作组负责局域网标准的开发,如以太网和令牌环等。1990 年 11 月 IEEE 召开了 802.11 委员会,开始制订无线局域网标准。1997 年 6 月 26 日,IEEE 802.11 标准制定完成,1997 年 11 月 26 日正式发布。

IEEE 802.11 无线局域网标准的制定是无线网络技术发展中的一个里程碑。承袭 IEEE 802 系列,IEEE 802.11 规范了无线局域网的媒体访问控制(media access control, MAC)层及物理(physical, PHY)层。特别的是由于实际无线传输的方式不同,IEEE 802.11 在统一的 MAC 层下面规范了各种不同的实体层,以适应当前的情况及未来的技术发展。IEEE 802.11 标准除了介绍无线局域网的优点及各种不同性能外,还使得各种不同厂商的无线产品得以互联。另外,标准使核心设备执行单芯片解决方案,降低了采用无线技术的造价。IEEE 802.11 标准的颁布,使得无线局域网在各种有移动要求的环境中广泛接受。1998 年各供应商推出了大量基于 IEEE 802.11 标准的无线网卡和访问节点。

1999 年,IEEE 802.11 工作组又批准了 IEEE 802.11 的两个分支:IEEE 802.11a

和 IEEE 802.11b。历经十几年的发展,IEEE 802.11 家族已经从最初的 IEEE 802.11 发展到了目前 IEEE 802.11a、IEEE 802.11b、……、IEEE 802.11i 等,具体内容如下:

IEEE 802.11a:它扩充了无线局域网的物理层,规定该层使用 5GHz 频带。该标准采用正交频分复用(OFDM)调制数据,传输速率范围为 6~54Mbps。这样的速率既能满足室内的应用,也能满足室外的应用。

IEEE 802.11b:它是 IEEE 802.11 标准物理层的另一个扩充,规定采用 2.4GHz ISM 频带,调制方法采用补偿编码键控(CCK)。CCK 来源于直接序列扩频(DSSS)技术,多速率机制的媒体接入控制(MAC)确保当工作站之间距离过长或干扰太大、信噪比低于某个门限时,传输速率能够从 11Mbps 自动降到 5.5Mbps,或者根据直接序列扩频技术调整到 2Mbps 和 1Mbps。

IEEE 802.11c:负责在原有标准的基础上增强 MAC 层,以实现 IEEE 802.11 标准的网桥操作。目前已经完成,且已经合并到 IEEE 802.11d 标准中了。

IEEE 802.11d:是 IEEE 802.11b 使用其他频率的版本,以适应一些不能使用 2.4GHz 频段的国家。这些国家中大多数正在清理这个频段。

IEEE 802.11e:该标准主要是为了改进和管理 WLAN 的服务质量,保证能在 IEEE 802.11 无线网络上进行话音、音频、视频的传输,可视会议、媒体流的传送,增强的安全应用及移动访问应用等。在一些对时间敏感、有严格要求的业务(如话音、视频等)中,QoS 是非常重要的指标,因此 IEEE 802.11e 在 MAC 层加入了 QoS 功能,其中的混合协调功能(hybrid coordination function, HCF)可以单独使用或综合使用以下两种信道接入机制:一种是基于竞争式的(contentionbased),一种是基于轮询式的(polled)。MAC 层采用的是与以太网不同的时分多址(TDMA)协议,并对重要通信增加额外纠错功能。目前标准还没有定案,原因在于对服务级别仍存在争议,另外如何具体实现特定服务级别也还是个问题。

IEEE 802.11f:即接入点内部协议(Inter-Access point protocol),该标准目的是改善 IEEE 802.11 协议的切换机制,使用户能够在不同的交换分区间(无线信道)或者在接入设备间漫游。这就使无线局域网能够提供与移动通信同样的移动性。

为了支持用户从一个接入点到另外一个接入点,IEEE 802.11 标准不限制接入点之间的通信,为此允许不同分布式系统之间灵活运作(如连接接入点的有线骨干网)。但漫游时不同提供商提供的接入点可能无法互通,IEEE 802.11f 就是专门针对接入点之间的漫游而制订的协议,它能为接入点之间支持 IEEE 802.11 分布式系统功能提供必要的交换信息。

通常 WLAN 的接入点设备可能来自不同的提供商,在没有 IEEE 802.11f 的条件下,为确保用户漫游时的互通性,运营商只能安装同一提供商的产品。虽然某

些情况下,来自不同提供商的接入点产品通过 Wi-Fi 认证可以实现互操作,但若在接入点设计中加入 IEEE 802.11f 就能彻底消除产品选择的限制,确保不同提供商产品的互操作性。

IEEE 802.11g:是 2003 年 6 月 12 日正式定案的第三个传输标准,同样运行于 2.4GHz,共有 3 个不重叠的传输信道。由于该标准中使用了与 IEEE 802.11a 标准相同的调制方式 OFDM,使网络达到了 54Mbps 的高传输速率。IEEE 802.11g 提高了数据率,同时保持了与 IEEE 802.11b 的兼容性。

IEEE 802.11h:该标准主要是为了增强 5GHz 波段的 IEEE 802.11 MAC 规范及 IEEE 802.11a 高速物理层规范。IEEE 802.11h 比 IEEE 802.11a 能更好地控制发送功率和选择无线信道,与 IEEE 802.11e 一起可以适应欧洲的标准。此标准正在制订中。

IEEE 802.11i:增强 WLAN 的安全和鉴别机制,主要是克服 IEEE 802.11 在安全性方面存在的不足。WLAN 在保证安全方面很重要的一环就是认证。由于 IEEE 802.11i 与 MAC 层上的功能有关,认证协议在传输层,IEEE 不负责管理,而今市场提供的解决方案则是使用 IEEE 802.1x,同时将精力集中在比较容易实施的服务器/客户机协议上,因此出现了许多认证协议。

为加强认证,IEEE 802.11i 引用了几种重要的管理算法以及动态的会话密钥(session key),新的加密算法有高级认证标准(AES)和当时密钥集成协议(temporal key integrity protocol,TKIP)等。现在 IEEE 802.11 标准中使用的 WEP 加密过于脆弱,而基于 RC4 的 TKIP 是由几家重要的密码团体开发的,安全性较高,市场上的现有设备可以升级到此版本。但从长远来看,采用 AES 加密的分组密码是更为安全的方案,它将替代 WEP 和 RC4。为优化性能,AES 对硬件要求更高,而且许多情况下,基于 AES 的加密可能无法升级,因此 AES 将目标锁定在将来的 Wi-Fi 设备上。IEEE 802.1x、TKIP 及基于 AES 的加密构成 IEEE 802.11i 新安全标准的主要部分,目前正由 IEEE 的 IEEE802.11 工作任务组 I 制订,该小组曾经负责制订 IEEE 802.11b 和 IEEE 802.11a 标准,预计 2004 年 IEEE 802.11i 标准将得到批准。

IEEE 802.11j:目的是使 IEEE 802.11a 和 HiperLAN2 网络能够互通,目前尚处于酝酿中,IEEE 还没正式成立专门任务组来讨论。

IEEE 802.11n:下一个无线新规范,这一新规范的数据传输速率尚未确定,但至少将在 100Mbps 以上。

### 1.3 无线局域网和有线局域网的对比

计算机网络是把分布在一定范围内的不同物理位置的计算机设备连在一起,



在网络软件的支持下可以相互通讯和资源共享的网络系统。由电缆或光缆构成的有线网络有其本质的缺陷:布线、改线工程量大;线路容易损坏;网中的各站点不可移动。特别是当要把相距数公里到数十公里距离的远程站点接入网络时,或把这样距离的两个局域网相连时,当采用电话线路做传输媒介时,有速率低、误码率高和线路可靠性差的问题;而铺设专用通讯线路时,有布线施工难度大、费用多、耗时长等不足。这些问题都不同程度地制约着正在迅速扩大的联网需求。解决这一难题最迅速和最有效的方法是采用新型的计算机无线通信技术。

无线局域网具有无需布线、安装周期短、后期维护容易、网络用户容易迁移和增加等特点。它可以在有线网络难以实现的情况下大展身手。表 1-1 是无线局域网和有线局域网的比较<sup>[30]</sup>。

表 1-1 无线局域网和有线局域网的对比

	有线局域网	无线局域网
布线	布线烦琐,办公室电缆线泛滥	完全不需要布线,对于临时租用办公室或者不允许线缆布设的环境是非常理想的解决方案
吞吐量/Mbps	10,100,1000	11,54
成本	安装成本高,设备成本低,维护成本高	由于不需要布设线缆,安装成本非常低,但是它的设备成本较高、维护成本低
移动性	没有移动性	移动性强
二层漫游	支持	支持
三层漫游	支持(通过 Mobile IP 技术)	支持(类 Mobile IP 技术或者 DHCP)
扩充性	较弱。由于一些原因,原有布线所预留的端口不够用,增加新用户就会遇到重新布置线缆、施工周期长等麻烦	较强,只需要增加适配卡就可以了,如果网络出现瓶颈,也只需增加一个接入点就可以实现扩充
线路费用	对于楼宇等之间的远距离连接,如果采用租用线路的方式,费用既高,传输速度也低	不需要增加任何租用费用,只需要架设天线等一次性投资即可
安全性	高,主要在三层及以上实现	高,二层和三层共同实现

综上所述,无线局域网在移动性和灵活性上和有线局域网相比有较大的优势,同时在整体费用上而言,不管是楼内布线还是楼外远距离布线,无线局域网都有其不可替代的方面。

无论是现在还是将来,无论是局域网还是城域网,无线网络都不会完全代替有线网络。这两者之间永远是互补的关系,就像我们既需要听广播又要看电视和既要在海底铺设光缆又要在太空放置卫星是一样的道理。