

IT 先锋系列丛书

无线安全

WIRELESS SECURITY

Merritt Maxim & David Pollino 著

余斌霄 译

王新梅 审校

**Mc
Graw
Hill** Education

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

IT 先锋系列丛书

无线安全

[美] Merritt Maxim & David Pollino 著

余斌霄 译

王新梅 审校

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

无线安全 / (美) 马克西姆 (Maxim, M.), (美) 波利诺 (Pollino, D.) 著; 余斌霄译.
—北京: 人民邮电出版社, 2004.9

(IT 先锋系列丛书)

ISBN 7-115-12469-8

I. 无... II. ①马...②波...③余... III. 无线电通信—安全技术 IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 071255 号

IT 先锋系列丛书

无线安全

◆ 著 [美]Merritt Maxim & David Pollino
译 余斌霄
审 校 王新梅
责任编辑 李 健

◆ 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>
读者热线: 010-67129258
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京顺义振华印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 12
字数: 249 千字 2004 年 9 月第 1 版
印数: 1-3 500 册 2004 年 9 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记证 图字: 01-2004-3156 号

ISBN 7-115-12469-8/TN · 2313

定价: 21.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

内 容 提 要

本书是一本专门研究无线安全的著作，它主要介绍了无线技术的历史背景、无线安全协议、技术讨论和市场观察相互融合，并且在特定于无线技术的安全威胁范围，对包括窃听、无线拒绝服务攻击以及各种加密问题方面给出了详细的解决方案。全书主要内容分为三部分，第一部分主要介绍无线系统和无线产业的发展历史和现状、针对无线系统的安全威胁、无线安全协议和密码学以及无线设备的安全性考虑；第二部分主要介绍无线技术和应用，包括蜂窝网络、无线数据网络以及无线标准和技术；最后一部分主要介绍无线部署策略，包括实现无线局域网的安全性考虑、实现对数据的安全无线访问、无线部署实例研究、无线技术及产业展望以及无线局域网评估等。

本书内容讲解深入浅出、通俗易懂、可读性强，具备一般专业基础知识的读者均可阅读。本书既适合从事无线安全领域的技术人员阅读，也可以作为大学本科学生的专业教材，对于对无线安全方面感兴趣的一般读者，本书同样是他们了解这个领域的优秀读物。

译者序

1894 年, Guglielmo Marconi 进行了人类历史上第一次无线通信试验, 从此揭开了无线通信发展历史的序幕。第一代 (1G) 无线移动通信系统采用模拟技术, 系统容量极为有限, 应用范围仅仅局限于医疗救护和安全部门等纵向市场。第二代 (2G) 移动通信系统, 特别是 GSM 系统的成功和广泛普及标志着移动通信完成了从模拟系统到数字系统的大规模进化。相对于模拟系统, 数字系统提供了更大的系统容量、更好的业务质量以及完善的漫游机制, 此外还提供了一定程度的无线数据功能。即将出台的第三代 (3G) 和未来的 (4G、5G) 移动通信系统将采用更为先进的编码技术和调制方式, 从而进一步扩充系统容量, 改善业务质量, 同时提供包括移动多媒体在内的更为多样化的系统业务。

纵观上述发展历史可以看出, 随着无线通信的广泛普及和持续发展, 它将更为深入地渗透到我们社会 and 生活的各方面, 同时成为许多行业进一步开发新业务的平台。这种需求本身也会刺激无线通信技术和产业的发展, 形成良性循环。然而遗憾的是, 无线通信在获得发展的同时, 相对应的安全威胁也获得了同等程度的发展。相对于有线通信系统, 无线通信系统产生安全威胁的原因和攻击手段趋于多样化, 因此安全管理和防护更为复杂和困难。由于应用领域日益扩大, 特别是涉及到某些安全敏感行业, 安全威胁对于无线通信的继续发展产生着越来越大的影响, 有时甚至成为否定因素。这一点可以从业界发生的一些重大安全事件中得到验证。在某种程度上, 可以说正是安全因素在制约着无线产业的发展。因此, 解决无线系统的安全问题, 提高其抵抗各种攻击的能力一直是业界关心的焦点问题, 同时也是从事系统安全研究的科技人员的重要研究领域之一。

为了适应无线通信产业发展的大环境, 普及无线通信安全知识, 介绍关于无线通信安全的最新研究进展, 提高对无线通信威胁的认知程度和防范能力, 我们选择翻译了 Merritt Maxim 和 David Pollino 合著的《无线安全》一书。该书摒弃了繁杂的公式推导和理论证明过程, 内容讲解深入浅出、通俗易懂、可读性强, 具备一般专业基础知识的读者均可阅读。该书的另外一个重要特点是内容广博, 涵盖了包括无线通信产业历史和现状、无线安全理论和技术以及无线通信系统部署和安全评估在内的众多内容。尤其是第三部分, 为那些希望部署无线系统同时又对安全问题心存疑虑的公司用户提供了较为详细的实例分析和安全评估参考, 对于无线通信系统在各行各业的推广应用将起到积极的促进作用。另外, 该书以大量的数据和分析图表为读者了解无线安全的方方面面提供了第一手资料, 并且在介绍安全理论和技术的同时注重无线通信系统部署和安全评估等实践方面, 相信无论是一般读者、公司用户还是研究人员均能从中受益。正如本书作者所说的, “本书是第一本专门写给 IT 专家和其他用户的, 专门研究无线安全的著作”, “使用本书作为向导, 你将能够享受到无线带来的所有

益处：自由性和灵活性，同时大大地减轻其固有的安全风险”。

全书主要内容分为三部分。第一部分主要介绍无线通信系统和无线通信产业的发展历史和现状（第一章）、针对无线通信系统的安全威胁（第二章）、无线安全协议和密码学（第三章）以及无线通信设备的安全性考虑（第四章）；第二部分主要介绍无线通信技术和应用，包括蜂窝网络（第五章）、无线数据网络（第六章）以及无线通信标准和技术（第七章）；最后一部分主要介绍无线部署策略，包括实现无线局域网的安全性考虑（第八章）、实现对数据的安全无线访问（第九章）、无线部署实例研究（第十章）、无线通信技术及产业展望（第十一章）以及无线局域网评估（第十二章）等。读者可以根据需要选择阅读。

在本书的翻译工作中，译者得到导师王新梅教授的悉心指导和耐心帮助，从而获益良多。王新梅教授还在百忙之中对全部译稿进行了审校。没有王老师的大力支持，本书的翻译工作无法顺利完成，在此向王老师致以衷心的感谢！此外，本室其他同志也为本书的翻译工作提供了有益的建议和意见，在此一并表示感谢。

尽管译者在本书的翻译过程中尽最大可能消除谬误和失当之处，但限于知识水平和驾驭语言的能力，错误遗漏仍然在所难免，希望读者批评指正。

余斌霄

2004年4月

西安电子科技大学 ISN 综合重点实验室

前 言

欢迎阅读《无线安全》。本书是由 RSA 安全公司的出版机构——RSA 出版社连续出版的系列丛书之一。尽管我相信我们所有的出版物对于机构选择支撑其电子商务基础设施和电子资源安全性来说都是有价值和有重大意义的，本书还是因为无线世界的不同而与其他书籍有所区别。无线有着截然不同的性能，同时也从安全角度提出完全不同的挑战。

为此，我感到自豪的是：《无线安全》是第一本专门写给 IT 专家和其他用户的专门研究无线安全的著作。我想读者将会发现历史背景、技术讨论和市场观察相互融合，当开始规划和实现针对无线系统和技术的策略时会发现这样做非常有用。

无线这个术语表示了某些不受拘束的事物，这有助于理解无线技术所带给用户的自由性和移动性。同时，无线同样意味着某些难以控制和保护的事物。所有这些联想都是有依据的。无线确实帮助人们打破了有线世界的地理边界，然而它还导致了那些通过无线网络传送的信息易于受到未授权的访问和攻击。

这就是为什么机构需要了解特定于无线技术的安全威胁范围，包括窃听、无线拒绝服务攻击以及各种加密问题。《无线安全》有助于 IT 专家解决这些问题。无线可能造成的潜在问题的重要性在第一部分第二章“无线威胁”中有详细讨论。各种蜂窝网络和远程/中程无线数据网络技术的大致特点在第二部分“无线技术和应用”中进行了研究。这类有价值的信息将使 IT 专家意识到保障无线设备和网络安全的难度。

当然，现在使用了一些无线安全协议。在第一部分第三章“无线安全协议和密码学入门”中提供了对于这些技术的总的看法，包括安全套接字层（SSL）、无线传输层安全（WTLS）和安全因特网协议（IPSec）。第三部分“无线部署策略”中讨论这些安全方法的性能和限制，以及在内聚和综合无线安全系统中进行部署的策略。

围绕从 1894 年 Marconi 的第一次无线发射到今天的无线因特网的无线通信历史和技术进化，《无线安全》一书中的内容可以帮助人们在组织内部部署安全的无线技术。使用本书作为向导，读者将能够享受到无线带来的所有益处：自由性和灵活性，同时大大地减轻其固有的安全风险。掌握这些信息可以帮助读者控制并保护无线网络以及所传输的关键信息。

我们希望读者能从本书中受益，正如从其他 RSA 出版社以前出版的学术书籍中受益一样。我们始终欢迎读者的评论以及对将来图书出版的建议。为获取关于 RSA 安全有限公司的更多信息，请访问我们的网站：www.rsasecurity.com。为更多地了解 RSA 出版社，请访问：www.rsapress.com。

销售部、市场部和公司发展部
高级副董事长
Scott T. Schnell

关于作者

David Pollino 是@stake 有限公司 Wireless Center of Excellence 主任，从事无线安全问题的前沿研究。他是受人尊敬的信息安全顾问，有着广泛的网络背景。他对无线和网络安全的独到见解已经在相关的期刊及著作中发表。David 在一些业界重大事件上就安全问题发表了自己的看法。

Merritt Maxim 是富有经验的信息安全专家，已经在一些业界重大事件上发表了关于无线安全的看法。他为一些商业客户提供关于安全问题的咨询，此前曾担任 RSA 安全有限公司的无线安全产品经理。

Carlton Davis 目前正在加拿大蒙特利尔的 McGill 大学计算机科学学院为其博士论文做关于无线网络安全的科研工作。在回到 McGill 大学之前，他任职于一些 IT 安全相关职位，从而为他提供了关于各种系统及网络安全应用和工具的第一手经验。这些职位包括 Network Associate (Santa Clara, California) 的高级系统工程师、Bell Canada (Montreal, Canada) 的 Unix 系统管理员以及 McGill 大学 (Montreal, Canada) 计算机科学学院的系统管理员。Davis 先生也是《IPSec: Securing VPN》的作者，该书由 McGraw-Hill 于 2001 年 4 月出版。

Brian Hassick 是一家模型研究机构 Consilium-III 的创始人之一，该机构在无线联网、分散网络和高级天线设计等多种领域进行研究工作。以前他是@stake 有限公司的基础研究员之一，同时作为 Wireless Center of Excellence 的主要创建者之一。在此之前，他花费了 5 年时间在 Bolt、Berenak 和 Newmann 工作，此间致力于 GP1000、TC2000、NASA ACTS Gigabit Satellite Network、Gigabit SuperRouter 和 Safekeyper 研究。他还是波士顿地区无线因特网协会 (BAWIA) 的创建者之一，自 1995 年以来在创建社区无线网络方面表现活跃。他做过关于安全硬件设计和无线连网的讲座，同时撰写了关于无线威胁和应对措施的多篇文章。

Michael Oh (MCSE, MCT) 是一位技术研究员，有着 10 年关于信息系统技术广泛领域的咨询经验。他专注于消息、连网和因特网安全系统研究，例如防火墙、虚拟专用网、入侵监测系统以及监视系统。他当前的研究兴趣集中在联网技术、无线局域网和 Linux 方面。

题 献

本书献给在生活中所有方面都给予我最大支持的两个人：我伟大的妻子 **Michelle Pollino** 和我的父亲 **Paul Pollino** 先生。

—*David Pollino*

献给 **Demetri** 和 **Cassandra**。

—*Merritt Maxim*

致 谢

我谨向以下各位致以真挚的谢意，他们曾经极大地支持过我的事业和个人生活，并使本书得以成功完成：DC Cashman, Henry Chung, Mat Hughey, Aaron Keaton, David Kim, Theran Lee, Andrew Mehren, Jay Mehren, Farrah 和 Paul Pollino Jr., Eric Rafanan, Gilbert Ribét, Steve Roge, Shelah Ryan, Mike Schiffman, Lois Spencer, Sean Stinson, Joanna Tandaguen 以及 Joel Wallenstrom。我无法忘记以下各位在无线安全研究方面给予我的帮助：Brian Hassick, Michael Oh, Michael Stokes 和 Sri Sundaralingam。

—David Pollino

虽然在本书封面上只出现了两个名字，但其他无数人也为本书的圆满完成做出了不可或缺的贡献。感到欣慰的是，这里提供了可以向这些人表示感谢的机会，他们的集体建议和支持有助于项目持续并向前平稳推进。

首先，我要感谢 McGraw-Hill/Osborne 的工作人员，他们帮助我完成了本书冗长的出版过程。在整个过程中，Emma Acker 和 Jane Brownlow 确保了本书如期完成，同时提出了有益的鼓励和促进。Bettina Faltermeier 帮助进行了推广和销售活动。最后，还要归功于美工部门那些默默无闻的人们，他们把我潦草的图样变为本书中精美的图表。

除了 McGraw-Hill/Osborne 的人们之外，还应该提到其他几位。同事兼作家 Carlton Davis 提供了对于各章内容有益的技术评论，Beth Brown 协助了版面设计和审阅过程。Brodeur Worldwide 的 Courtney Flaherty 还帮助我们获得了关于 Blackberry 设备的必要图片。

最后，但当然也相当重要的是，我要向我的大家庭致以特别的感谢。他们为我提供了极大支持以及在某些情况下必要的帮助。对于本项目最为重要的支持者是我的妻子 Lefki 和两个孩子 Demetri 和 Cassandra Last。尽管她自己的事业需要越来越多的投入，Lefki 仍然像灯塔一样给予我信念和鼓励，并使本书全部写作得以顺利完成。虽然我的孩子们因为年龄太小而无法懂得写书意味着什么，我希望他们总有一天会发现本书是有用的，因为他们这一代无疑将目睹未来几十年内无线技术令人惊异的变革。

—Merritt Maxim

目 录

第一部分 无线入门

第一章 欢迎进入无线世界	1
1.1 无线技术的发展历史	2
1.2 无线安全的发展历史	12
1.3 2001 年无线产业现状	18
1.4 结论	27
第二章 无线威胁	28
2.1 未受控制的区域	28
2.2 窃听	28
2.3 通信干扰	29
2.4 插入和修改数据	30
2.5 欺诈客户	31
2.6 攻击设备	33
2.7 无线潜信道	35
2.8 漫游问题	36
2.9 密码威胁	37
2.10 结论	37
第三章 无线安全协议和密码学入门	38
3.1 消除 FUD	38
3.2 OSI 模型	38
3.3 因特网模型	40
3.4 无线局域网 (LAN) 安全协议	40
3.5 密码学	41
3.6 安全套接字层/传输层安全 (SSL/TSL)	42
3.7 安全外壳 (SSH)	43
3.8 针对 SSL/TLS 和 SSH 的中间人攻击 (MITM)	44
3.9 WTLS	45
3.10 WEP	45
3.11 802.1x	46
3.12 IP 安全性 (IPSec)	46

3.13 结论	47
第四章 无线设备的安全性考虑	48
4.1 无线设备安全问题	48
4.2 详细设备分析	50
4.3 结论	54

第二部分 无线技术和应用

第五章 蜂窝网络入门	55
5.1 FDMA	56
5.2 TDMA	57
5.3 CDMA	58
5.4 TDMA 相对于 CDMA	60
5.5 PDC	61
5.6 iDEN: 对美国消费者出现的第 4 种选择	62
5.7 安全威胁	63
5.8 GSM 内部结构	67
5.9 CDMA 内部结构	73
5.10 未来	78
第六章 无线数据网络入门	81
6.1 蜂窝数字分组数据 (CDPD)	82
6.2 Mobitex	85
6.3 通用分组无线业务 (GPRS)	89
6.4 无线应用协议 (WAP) 简介	96
6.5 结论	101
第七章 无线标准和技术	102
7.1 现在和将来的技术	102
7.2 现在和将来的标准	104
7.3 结论	112

第三部分 无线部署策略

第八章 实现无线局域网: 安全性考虑	113
8.1 普通无线网络应用	113
8.2 企业园区设计	118
8.3 无线 ISP 设计	123
8.4 零售和制造业设计	124

8.5 小型办公/家庭办公设计 (SOHO)	126
8.6 结论	127
第九章 实现对数据的安全无线访问	128
9.1 规划无线数据——重要的第一步	131
9.2 无线政策	136
9.3 结论	139
第十章 无线世界的真实例子	140
10.1 实例研究简介	142
10.2 实例研究综合报导：主要特性	150
10.3 结论	152
第十一章 无线未来	153
11.1 第三代移动通信 (3G) 网络	153
11.2 到 2002 年为止 3G 网络的全球发展状况	154
11.3 无线运营商的前景如何	156
11.4 第四代移动通信 (4G) 网络展望	157
11.5 无线连网的前景如何	159
11.6 新的无线产品	160
11.7 新的无线连网市场	161
11.8 两个世界的冲突	161
11.9 预测未来——关键问题	162
11.10 无线综合报导	163
11.11 结论	164
第十二章 评估无线局域网	165
12.1 开始	165
12.2 信息采集	166
12.3 数据分析	167
12.4 接下来	168
12.5 新兴市场	170
12.6 结论	170

第四部分 词 汇 表

附录 A 无线术语词汇表	171
---------------------------	------------

第一部分 无线入门

第一章 欢迎进入无线世界

自从 1894 年 Guglielmo Marconi 首次发射无线信号以来,无线技术已经改变了人类通信和接收信息的方式。从 20 世纪 20 年代的无线调幅收音机到 21 世纪为数众多的无线设备,无线技术获得了令人瞩目的发展,在此过程中确立了新的行业,并产生了许多新的产品和业务。

迎着 21 世纪的曙光,无线技术已经成为日益重要的科技领域和对经济发展至关重要的催化剂。然而不幸的是,这些新的无线技术已经和混乱联系在一起。现在的商业和科技新闻充斥着无数的术语和缩略语,其中包括:码分复用(CDMA)、全球移动通信系统(GSM)、时分复用(TDMA)、802.11,无线应用协议(WAP)、第三代(3G)、通用分组无线业务(GPRS)、蓝牙、i-mode 等等。如此众多的新技术会使消费者以及企业感到畏缩:这些技术能够共存吗?它们是互相排斥的吗?它们可以在全球范围内使用吗?

数目众多的新无线技术和业务仅仅预示着无线革命的开始。在可以预见的将来无线设备和业务预计将经历更高的增长率。到 2004 年,全球预计会有超过 10 亿蜂窝移动电话用户,较 2000 年增长 105% (如图 1-1 所示)。

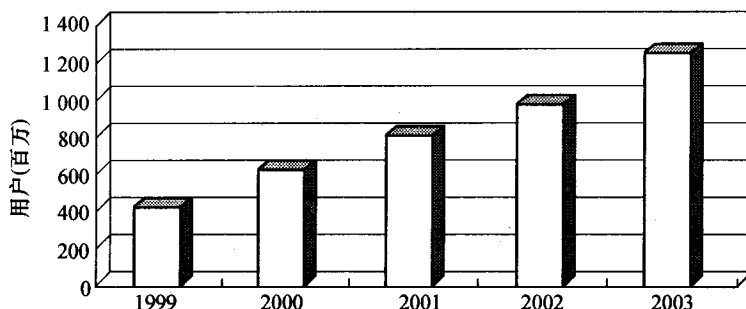


图 1-1 全球无线电话用户

对于其他诸如无线局域网和蓝牙等无线技术的市场预测同样给人以深刻印象。根据国际数据公司（IDC）市场研究员的消息，无线局域网设备市场在 2000 年增长了 80%，并期望将来随着无线网络在机场、酒店、学术机构和公司的安装还将持续强劲增长（如图 1-2 所示）。

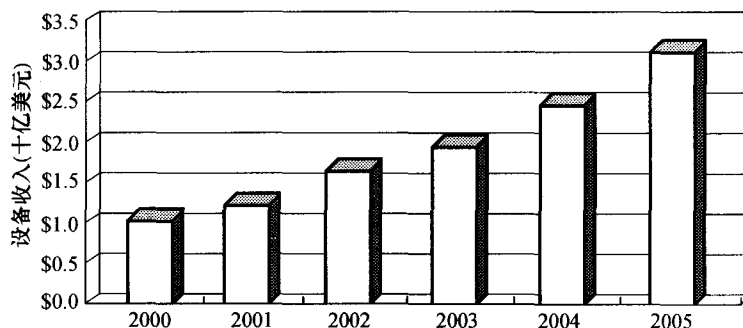


图 1-2 2000 年到 2005 年无线局域网市场预测

蓝牙是一种在短距离内（不超过 10m）将设备和诸如打印机、个人数字助理（PDA）、蜂窝电话等外围设备进行互连的一种新的无线技术。对蓝牙的预计同样令人印象深刻（如图 1-3 所示）。

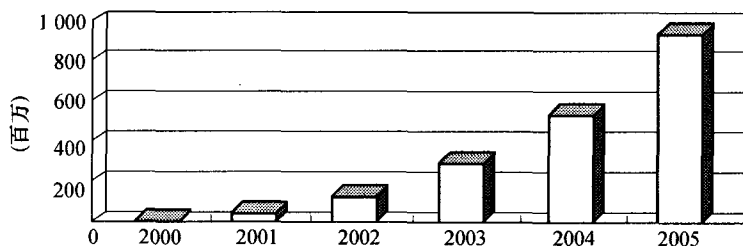


图 1-3 2000 年到 2005 年蓝牙市场预测

据有关机构的预测，到 2005 年，将会有近 10 亿装备有蓝牙技术的设备在世界各地运行。总的来说，这意味着尽管无线技术在过去 20 年内的的发展令人惊讶，但将来还会有更进一步的发展。

1.1 无线技术的发展历史

为了理解无线通信市场的发展走向，首先需要了解无线通信产业的发展历史。

无线技术起源于 18 世纪晚期 Marconi 发明无线电报的时候。这项技术能够使无线电波穿越很远的距离，并于 1896 年在 England 获得专利。然而，Marconi 的技术仅仅能传送摩尔斯电码的点和划，无法传送语音波形。因而最初应用仅仅局限于类似舰船之间和岸船之间的通信。

自从 Marconi 的发明展示了无线技术的潜能后,许多个人和公司竞相发展在空中传送语音波形的技术。继 Marconi 成功之后,美国发明家 Reginald Fessenden 于 1906 年完成了第一个真正的无线电广播,无线技术革命真正开始了。

到 19 世纪 20 年代为止,像 GE、AT&T 以及新成立的 RCA 这样的公司迅速建立了最早的真实意义的无线产业——调幅广播,其结果令人惊愕,并与 70 年后因特网的发展惊人地相似。

“一夜之间,好像人人都参加广播:报纸、银行、公用事业、百货公司、大学和学院、城市和乡镇、药房、乳品店、医院,除了个别的以外。”^[1]

随着无线电内容的增加,消费者对无线电的需求也在增长。截止 1929 年,在美国使用的无线电接收装置超过六百万,为消费者接收信息和内容提供了一种新机制。仅仅 20 年后,已经有 25% 的人在使用无线技术。在当时,那是被最快采用的大众市场技术(如图 1-4 所示)。

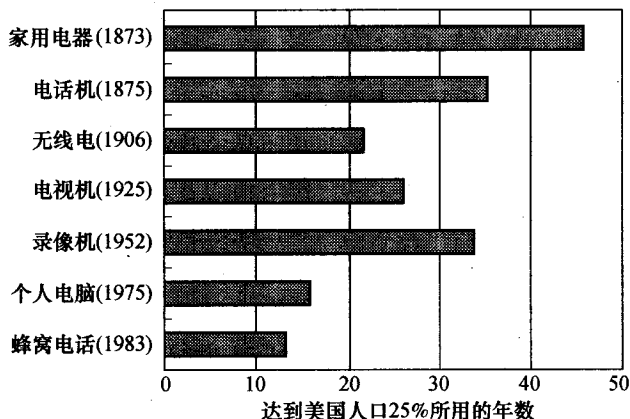


图 1-4 大众市场技术采用的综合比较

由于发明了像调频(FM)广播和电视这样的新技术,尽管 20 世纪 30 年代全球经济萧条,无线技术还是获得了不断发展。第二次世界大战的到来加速了无线通信发展,因为军方为进一步的产品研制提供了重要资源。

第二次世界大战后,新大众市场无线技术的发展停滞不前。1957 年前苏联发射的人造地球卫星改变了一切。一夜间,美国和前苏联竞相开始登月计划,在与空间相关的新技术上投入大量的人力和财力。与太空船通信需要先进的无线通信系统,因此各厂商争先恐后地研制新型无线通信系统。在未来设计无线通信系统时,将证明这些努力所产生的知识是有价值的。

1.1.1 20 世纪 70 年代——最早的无线网络

20 世纪 70 年代在美国出现了最早的无线电话系统。这些模拟系统以 AT&T Bell Lab 在

[1] Tom Lewis. 空中帝国. New York: Harper Collins, 1991, 162~163

20 世纪 40 年代所发明的技术为基础，在有限的频率范围内工作，并且只能处理低容量的同时呼叫，最初开始在执法机构和公共安全部门使用。这些系统的关键限制在于它们无法支持小区间移动时的连续通话。^[2]

在 20 世纪 70 年代对移动语音的需求有所增长，从而要求发明一种在单个小区内支持更多用户以及在小区间实现移动性的方法。通过使用直径小于 1 km 的小区站，运营商首次设计了能够在不同小区站间进行呼叫转移的系统，从而实现了真正的移动语音。最先安装此类系统的是美国 AT&T 公司，该公司于 1979 年在芝加哥部署了高级移动电话系统（AMPS）。20 世纪 80 年代早期，欧洲和日本也安装了类似系统。这些系统现在被称为第一代（1G）无线移动网络。

第一代无线移动网络几乎无法预示出无线技术未来的发展潜能。由于移动电话的需求超过了网络可用带宽，这种情况下经常导致连接中断。1981 年，纽约的系统仅能够处理 24 个同时呼叫，运营商将所有用户基数仅限定为 700 个^[3]，有限的容量使得移动电话仅限于一小部分精英群体使用。另外，早期的移动电话机大而笨重。与之相反，用户对移动电话的需求和兴趣反而增长了，网络运营商们急切地将它们的网络升级以满足不断增长的需求。

未来网络发展遇到的最大障碍是无线电频率。以前，主要为军事以及法律允许的用途分配无线电频谱，关于无线频谱的规定并不是非常明显的政策问题。但面对这些新兴的无线技术，世界各国政府需要通过政策和程序、以一种适当的方式分配另外的无线频谱。

在 20 世纪 80 年代，美国 and 世界上其他国家在促进新的无线通信网络发展方面采取了有分歧的政策。在欧洲和亚洲，主要向发展单一语音无线标准（GSM）方面推进，然而在美国却存在着相互竞争的标准，这些情况将在下一节中进行更为详细的讨论。当时这些差异并未得到政策制定者以及技术专家的特别注意，只有到 21 世纪这些差异才显现出来。这时，无线通信市场已经进化，同时不断增长的兴趣已经产生了对真正的全球无线通信网络的需要。不幸的是这些差异证明在短期内难以实现这个梦想。

1.1.2 20 世纪 80 年代——开始进化的无线市场

继 AMPS 获得成功之后，美国政府受到越来越大的压力，要求为无线通信分配额外的无线频谱。美国联邦通信委员会（FCC）受命通过颁发新的无线频谱许可证对无线通信市场进行调控。1981 年春季，FCC 宣布了其计划为美国大城市市场分配 40MHz 频谱的意图，这在系统容量上向前迈了一大步。这个频谱允许每个大城市市场建立 666 个蜂窝移动通信信道，是一次系统容量上的飞跃^[4]。FCC 最初只把精力集中在美国的最大几个城市，但最终为本国前 300 个大城市分配了该频谱。

为促进竞争，FCC 为每个市场颁发了两个许可证：一个颁发给本地电话公司（或者称为 Baby Bell），另一个颁发给无线通信公司。最重要的是，FCC 是技术不可知论者——频谱拍

[2] Sami Tabane. 移动无线网手册. Boston: Artech, 2000, 206

[3] James B.Mary. 无线王国. Cambridge, Mass.: Perseus Publishing, 2001, 19

[4] 同前, 25