

“863”通信高技术丛书

“十五”国家重点
图书出版规划项目

无线Internet技术

周武旻 姚顺铨 文莉 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

“十五”国家重点图书出版规划项目

“863”通信高技术丛书

无线 Internet 技术

周武旻 姚顺铨 文 莉 编著

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

无线 Internet 技术 / 周武旸, 姚顺铨, 文莉编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006.2
(“863” 通信高技术丛书)

ISBN 7-115-14513-X

I. 无... II. ①周...②姚...③文... III. 因特网—基本知识 IV. TP393.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 007922 号

内 容 提 要

本书详细阐述了无线 Internet 技术的发展、关键技术及其应用。全书共分九章, 第一章和第二章介绍了无线 Internet 技术的发展和无线网络的发展情况, 第三章介绍了在无线网络中的移动性管理技术, 第四章给出了现有无线网络 (如 3GPP 等) 中的移动性管理方法, 第五章阐述了无线网络中的安全问题, 第六章介绍了无线网络中的服务质量 (QoS) 控制技术, 第七章介绍了在无线网络中的 TCP 协议, 第八章介绍了无线网络中的路由协议, 第九章介绍了无线 Internet 技术的应用。

本书可供移动通信工程技术人员、计算机网络工程技术人员阅读, 也可作为高等院校相关专业的教学参考书。

“863” 通信高技术丛书

无 线 Internet 技 术

-
- ◆ 编 著 周武旸 姚顺铨 文 莉
责任编辑 陈万寿
 - ◆ 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>
北京鸿佳印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 21.75
字数: 529 千字
印数: 1—3 000 册
 - 2006 年 2 月第 1 版
2006 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14513-X/TN · 2739

定价: 46.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223

“863” 通信高技术丛书

编 委 会

主 任：叶培大

委 员：(按姓氏笔画顺序排列)

卫 国 王志威 王 京 王柏义

韦乐平 尤肖虎 冯记春 朱近康

邬江兴 邬贺铨 孙 玉 纪越峰

杜肤生 李少谦 李世鹤 李红滨

李武强 李 星 李默芳 杨千里

杨 壮 张 凌 陈俊亮 季仲华

周炯槃 郑南宁 赵梓森 赵慧玲

侯自强 姚 彦 郭云飞 唐 健

曹淑敏 蒋林涛 谢麟振 强小哲

简水生

前 言

几年以前，接入到 Internet 和 Web 网页的唯一方式是通过有线连接完成的，但如今，随着无线通信技术的迅猛发展，人们可随时随地、方便快捷地通过无线设备接入到 Internet。目前，很多国家和公司都在致力于建立无线基础设施，包括使用新的无线电频率以及开发新的手持设备、高速芯片、协议等。

本书旨在为读者提供一个对无线 Internet 领域的全面理解和参考，前两章描述了无线 Internet 技术的发展趋势以及现有无线网络的构架和接入技术，第三章到第八章描述了实现无线 Internet 中的关键技术。第三章讲述了移动性管理方面的内容，涉及到移动性模型、位置管理算法、位置预测算法、位置管理的分析框架等；第四章对移动 IP、3GPP 等系统中的移动性管理方法进行了阐述；第五章对 IS-41、GSM、GPRS、3GPP、3GPP2、WLAN 等无线系统中的安全技术进行了描述；第六章给出了 QoS 的定义，并对 Internet 和蜂窝网络中的 QoS 进行了说明，总结了移动环境下 QoS 的拓展情况；第七章阐述了无线网络中 TCP 协议的变化，并列举了几种 TCP 增强技术；第八章对 Ad Hoc 网络中的表驱动路由协议和按需路由协议进行了描述；第九章描述了无线 Internet 技术在移动视频、移动定位、移动银行、移动远程医疗、移动娱乐等方面的应用。

作者承担了国家高技术发展研究计划（“863”计划）的科研项目“宽带无线 IP 技术”（项目编号：863-317-03-03-99）、“新一代蜂窝移动通信系统无线链路传输技术”（项目编号：2001AA123031）及“FDD 方式下高层协议设计”（项目编号：2003AA12331003）。本书就是在对这些课题进行研究的基础上编写而成的。

鉴于作者水平有限，而且时间比较仓促，书中难免有不妥之处，望多批评指正。

作 者

目 录

第一章 概述.....	1
1.1 引言.....	1
1.2 通信技术.....	2
1.2.1 通信: 有线和无线	2
1.2.2 Internet: 固定、无线和移动.....	4
1.3 通向无线 Internet 之路.....	5
1.3.1 接入技术: 固定和移动	5
1.3.2 Internet 应用范围和用户的增长.....	6
1.3.3 电信业务和移动 Internet 业务.....	7
1.4 本书章节安排	8
第二章 无线网络的发展和挑战	9
2.1 前言.....	9
2.2 无线网络的发展历程	9
2.2.1 第一代蜂窝系统	9
2.2.2 第二代蜂窝系统	14
2.2.3 第三代蜂窝系统	23
2.2.4 无线局域网	29
2.2.5 无线个域网	35
2.2.6 卫星通信系统	40
2.3 未来无线网络	41
参考文献.....	42
第三章 移动性管理	44
3.1 引言.....	44
3.2 移动性模型.....	44
3.2.1 拓扑模型	45
3.2.2 移动模型	46
3.2.3 驻留时间模型	49
3.2.4 呼叫到达模型	52
3.3 位置管理.....	52
3.3.1 位置更新	53
3.3.2 寻呼	55

3.3.3	智能寻呼方案	56
3.3.4	其他寻呼方案	62
3.3.5	系统间寻呼	63
3.3.6	位置管理	65
3.4	位置预测算法	67
3.4.1	预备知识	68
3.4.2	域独立算法	68
3.4.3	特定应用域的位置预测算法	72
3.5	位置管理的分析框架	74
3.5.1	影响因素	74
3.5.2	全局代价函数	74
3.5.3	更新代价	75
3.5.4	寻呼代价	83
3.5.5	位置更新和寻呼两者的关系	85
	参考文献	86
第四章	无线网络中的移动性管理	92
4.1	IP 网络中的移动性管理	92
4.1.1	IP 终端的命名和地址	92
4.1.2	移动 IPv4	93
4.1.3	移动 IPv4 区域注册	104
4.1.4	移动 IPv4 的寻呼扩展	105
4.1.5	移动 IPv6	106
4.1.6	基于 SIP 的移动性管理	114
4.1.7	蜂窝 IP	117
4.1.8	HAWAII	121
4.2	3GPP 分组网络中的移动性管理	125
4.2.1	分组移动性管理上下文和状态	126
4.2.2	对分组交换服务的位置管理	128
4.2.3	路由区域更新	131
4.2.4	服务 RNS 重定位	134
4.2.5	硬切换	137
4.2.6	分组交换核心网 (PS CN) 发起的寻呼	139
4.2.7	服务请求步骤	140
4.3	3GPP 和 WLAN 之间的切换和漫游	141
	参考文献	143
第五章	无线网络中的安全	146
5.1	概述	146

5.1.1 安全的不同方面	146
5.1.2 安全攻击	146
5.1.3 密码学	147
5.2 Internet 网络安全	149
5.2.1 IP 安全	149
5.2.2 鉴权认证和计费 (AAA)	157
5.3 无线网络中的安全性	159
5.4 IS-41 中的安全性	161
5.4.1 密钥	162
5.4.2 鉴权	163
5.4.3 私密性	165
5.5 GSM 的安全性	165
5.6 GPRS 的安全性	166
5.7 3GPP 的安全性	167
5.7.1 安全准则	167
5.7.2 安全结构	168
5.7.3 网络访问安全性	169
5.7.4 网络领域的安全性	174
5.7.5 小结	176
5.8 3GPP2 的安全性	177
5.8.1 网络访问安全性	177
5.8.2 网络领域安全性	179
5.9 WLAN 中的安全性	181
5.9.1 WLAN 中的弱点和攻击	182
5.9.2 WLAN 安全方案	184
参考文献	190
第六章 QoS	193
6.1 前言	193
6.2 QoS 定义	193
6.2.1 用户级的 QoS 需求	194
6.2.2 系统级的 QoS 需求	195
6.2.3 保证 QoS 的一般机制	195
6.3 Internet 中的 QoS	196
6.3.1 综合服务	196
6.3.2 区分服务	197
6.3.3 两种服务比较	199
6.3.4 区分服务模型和综合服务模型的融合	200
6.4 蜂窝网络中的 QoS	200

6.4.1	3GPP 中的 QoS	201
6.4.2	3GPP2 中的 QoS	205
6.5	移动环境下的 QoS 拓展	207
6.5.1	关于移动 IP 的 QoS 设计问题	208
6.5.2	支持隧道和移动性的 IntServ	209
6.5.3	支持隧道的 DiffServ	210
6.5.4	移动 IP 中的 QoS 模型	211
6.5.5	Ad Hoc 无线网络中的 QoS 机制	215
	参考文献	219
第七章	无线网络中的 TCP 协议	222
7.1	前言	222
7.2	标准 TCP 协议	222
7.2.1	TCP/IP 体系结构	222
7.2.2	TCP 数据段头	223
7.2.3	TCP 连接管理和传输策略	224
7.2.4	TCP 超时机制	225
7.2.5	TCP 拥塞控制	225
7.3	无线网络中的 TCP 协议	226
7.3.1	随机丢失	226
7.3.2	时延	226
7.3.3	低带宽	227
7.3.4	路径的不对称性	227
7.4	TCP 协议技术的增强	227
7.4.1	快速重传及快速恢复	227
7.4.2	显示丢失通知 (ELN)	227
7.4.3	大窗口尺度	228
7.4.4	大初始窗口	228
7.4.5	选择确认机制 (SACK)	228
7.4.6	间接的 TCP (I-TCP)	228
7.4.7	改进的 I-TCP	229
7.4.8	探听 (Snooping) TCP	229
7.5	WTCP 协议	230
7.6	ARQ 技术	231
7.6.1	Go-back-N ARQ	231
7.6.2	选择重传 ARQ	232
7.6.3	ARQ 协议的参数设计	233
	参考文献	233

第八章 无线网络中的路由协议	236
8.1 引言	236
8.2 表驱动路由协议	238
8.2.1 DSDV	238
8.2.2 WRP	240
8.2.3 GSR	241
8.2.4 FSR	241
8.2.5 HSR	243
8.2.6 ZHLS	244
8.2.7 CGSR	246
8.3 按需路由协议	247
8.3.1 TORA	248
8.3.2 DSR	249
8.3.3 CBRP	251
8.3.4 AODV	252
8.3.5 SSA	253
8.3.6 ABR	254
8.3.7 OLSR	256
8.3.8 ZRP	257
8.3.9 VSP	257
8.4 路由协议中存在的问题	258
参考文献	258
第九章 无线 Internet 技术的应用	261
9.1 移动视频	261
9.1.1 移动视频业务简介	262
9.1.2 移动视频业务中的关键技术	264
9.1.3 移动视频业务的发展现状	270
9.1.4 移动视频业务面临的问题和挑战	273
9.1.5 移动视频业务的前景展望	276
9.2 移动定位	277
9.2.1 移动定位概述	277
9.2.2 移动定位技术	279
9.2.3 移动定位业务的发展概况	288
9.2.4 移动定位业务的影响因素和前景展望	292
9.3 移动银行	295
9.3.1 什么是移动银行	295
9.3.2 移动银行的技术考虑	296

9.3.3 移动银行的发展现状	298
9.3.4 移动银行面临的困难和挑战及前景展望	300
9.4 移动远程医疗	303
9.4.1 移动远程医疗简介	303
9.4.2 移动远程医疗中的无线因特网技术	306
9.4.3 移动远程医疗的发展现状	309
9.4.4 移动远程医疗存在的问题及前景展望	314
9.5 移动娱乐	318
9.5.1 移动游戏	319
9.5.2 移动卡拉 OK	326
参考文献	326
附录 缩略语	329

第一章 概 述

1.1 引 言

无线 IP 技术可认为是将标准 Internet 应用和服务融合到移动环境下的一种技术，由于引入了移动性，从而带来很多新的问题：什么样的无线技术最适于提供 Internet 服务？该技术是否能够适用于不同需求的应用，如 E-mail 和视频广播等？如何为移动用户提供 Internet 服务？如何将几种无线技术如蜂窝数据网、无线局域网（WLAN, Wireless Local Area Network）、无线个域网（WPAN, Wireless Personal Area Network）等融合成一个无缝的无线服务网？如何优化无线资源以容纳尽量多的无线 Internet 用户？以及如何管理无线传输、不同运营商提供的不同无线服务等所带来的安全问题？

如果将无线移动 Internet 技术实用化，这些问题必须都要考虑。目前，虽然可以使用笔记本电脑或 PDA 通过无线设备（如蜂窝电话或 WLAN 适配器）接入到 Internet，但这并不意味着无线移动 Internet 已经存在，它远不止这样简单。因为 Internet 是成千上万用户通过标准 IP 协议进行通信的网络，所以在无线移动 Internet 中，也必须能够支持这么多始终在线（always-connected）的无线/移动用户。这里需要强调“始终在线”和“成千上万用户”这两个方面。“始终在线”意味着在每次处理前或改变了无线服务后，不需要再进行连接，因为这些用户是一直连接到公共 Internet 上的，这样无论用户在哪儿，只要通过一个公共 IP 地址就可以访问 Internet。当经过不同的无线网时，就需要大量的移动性管理和无缝切换。而且，也确实需要几个不同的无线网，因为没有一个无线网络能提供无处不在的无线服务，所以也就没有一个无线网络能满足“始终在线”这种需求。一个典型的无线移动 Internet 用户应该可以在不同的无线网之间无缝移动（甚至在固定网和无线网之间移动），它可以使用相同或不同的无线接入技术，如图 1.1 所示。从一个网络无缝切换到另一个网络，从用户的角度看并没有进行任何动作，但从效果上，这相当于为用户创建了一个虚拟无线网络，提供始终在线的 Internet 连接。

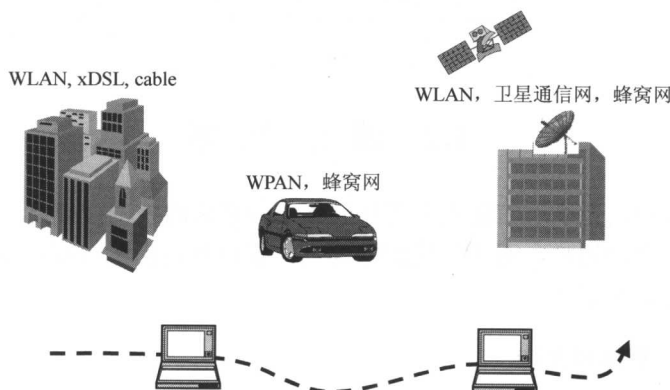


图 1.1 始终在线的概念

同时还需要支持成千上万的用户以无线方式连接到 Internet，也是为了顺应 Internet 能够支持大量用户数的要求。这涉及容量问题，同时也能更好地解释为什么没有一个单一网络是足够充分的。例如，无线技术需要提供尽可能高的频谱效率，它必须实现一个随机接入方案能够容纳大量的用户，在过载情况下性能降低缓慢；IP 地址方案应能支持所需的用户容量；端到端的传输方案和应用也应将移动性考虑在内。

目前绝大多数研究计划及标准化活动都是围绕该目标而进行的。国内外学者提出的很多超三代（Beyond 3G）技术都能够支持移动 Internet 的需求：容量的增加、QoS、移动性、安全、增强的 TCP/IP 性能及将不同技术融合成一个无处不在的虚拟网。

虽然本书主要描述无线网络作为接入 Internet 的技术，但是，应当注意固定接入网及它们所涉及的技术（xDSL、cable modems）也起着很关键的作用。实际上，无线移动 Internet 的愿景包含了无线接入和固定接入技术，以及如何将它们融合成一个无缝的、基于 IP 的核心网的方法。图 1.2 所示的典型场景展示了由于固定接入网和无线接入网之间最基本的相互补充而满足了用户“永远在线”的需求，例如，当用户在家通过宽带有线接入方式下载文件时，需要中途开车到公司去，虽然此时文件并没有下载完毕，但他可以通过不同网络间的无缝切换继续对文件进行下载，如图 1.1 所示。

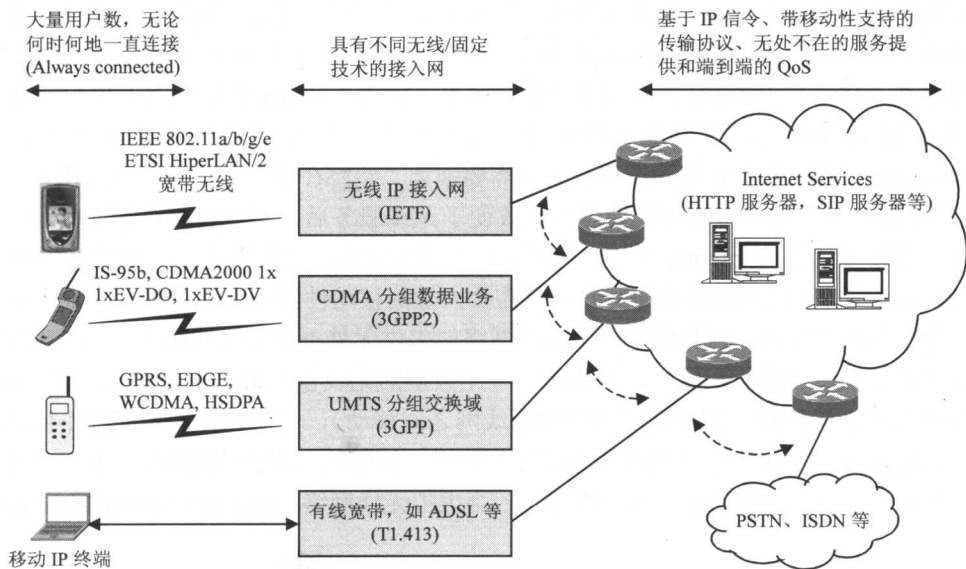


图 1.2 无线移动 Internet 结构

1.2 通信技术

在过去几十年中，无线通信是人类所有成就中最重要的技术突破之一。20 年前，很难想象电信业务能够提供给用户，而不管他们的地理位置以及他们是否在移动。而如今，人们的生活已经离不开移动电话了。

1.2.1 通信：有线和无线

通信业务以话音通信为起始点，人类最自然的需求是通话，无论他们在同一位置，还是

相隔千里之外。有线电话的发明圆了这个愿望，被认为是当时最重要的技术突破，但有线电话从出现到发展至第 5000 万个用户时花了 75 年的时间！

随着电磁波的应用，无线技术在通信历史上开创了一个新的时代。用空间代替电线对通信信号进行传输为通信开辟了新的途径。研究者开始致力于通信技术的提高，使得更多的信息能够在空中传输。新的编码算法，使得用户能够接收更高质量的无线信号；模拟调制方案使得更多的用户能够接入到相同的频谱，并能共享可用的带宽资源。无线电和电视广播开始在世界范围内的用户市场上占据主导地位，尤其是电视，它以虚拟的方式带给观众全新的体验，比纯粹的话音业务更有吸引力，而且卫星通信也使得它能在几秒钟之内将电视信号传播到世界各地，即使是这样的突破性的发明也需要时间为大家所接受。无线电广播用了 35 年才等来了它的第 5000 万个用户，而电视广播用了 13 年。随后，出现了无线通信。

1. 多址方案

随着人们开始大量使用通信资源，研究者开始致力于探索资源共享的有效方法。他们一开始就发现通信资源是有限的，无论用户使用有线还是射频。因此，多址技术方案应运而生。不同多址方案的论述和讨论在所有经典通信教材中都会有。调频 (FM) 是在不同频带上发送它们的信号，使更多用户共享频率，结果频分多址 (FDMA) 被发明出来，如图 1.3 (a) 所示。每个用户只占可用频带内的一小部分，相邻用户频率之间有保护频带，以避免信道间干扰。第一个无线系统，包括卫星信道，就是使用 FDMA 技术来容纳众多用户的。

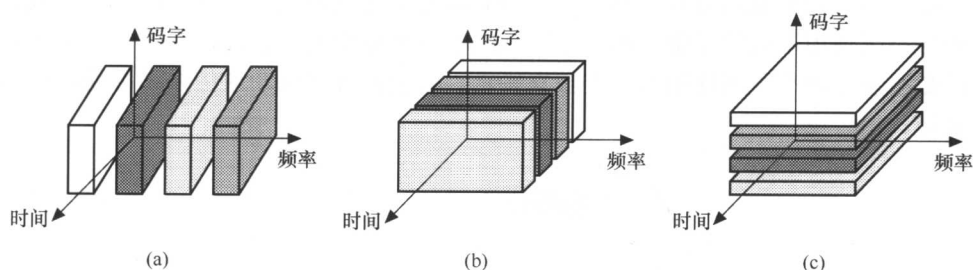


图 1.3 FDMA、TDMA 和 CDMA 三种多址方式

随着数字通信和模数转换技术的出现，将时域划分为多个信道，用户共享所有可用频谱资源成为更好的选择，这就是时分多址 (TDMA)，如图 1.3 (b) 所示。用户在每个不同的时间片，即时隙，发送各自的信息。相邻时隙间设有保护时间，以减少信道间的干扰。TDMA 和 FDMA 分别是在时域和频域按一定的准则接入信道，因此都是无竞争的接入协议。

在码分多址 (CDMA) 系统中，每个用户信号可占用所有的频域和时域资源，信号的区别是根据分配给每个用户不同的码字来实现的，如图 1.3 (c) 所示。每个用户都有其自己的伪随机码，且与其他用户的扩频码几乎是正交的。接收机用相关检测得到需要的码字，其他码字由于不相关就作为噪声处理。为了检测出有用信号，接收机需要知道发射机所使用的码字。CDMA 既可看作是一个无竞争的协议，也可看作是一个有竞争的协议，这要取决于信道的饱和程度。如果在信道上同时传输的用户数或多址干扰低于设定的门限，则此时是无竞争的协议；否则，就是有竞争的协议。因此，CDMA 是一个功率受限的系统，即受其他用户干扰功率的限制，而 TDMA 和 FDMA 都是带宽受限的系统。

空分多址 (SDMA) 技术是利用空间分割构成不同的信道。例如，在一颗卫星上使用多

个天线，各个天线的波束射向地球表面的不同区域。地面上不同地区的地球站在同一时间、即使使用相同的频率进行工作，它们之间也不会形成干扰，如图 1.4 所示。空分多址控制了用户的空间辐射能量，它使用定向波束天线来服务于不同用户。相同的频率（在 TDMA 或 CDMA 系统中）或不同的频率（在 FDMA 系统中）可服务于被天线波束覆盖的这些不同区域。扇形天线可被看作是 SDMA 的一个基本方式，以后可使用自适应天线或智能天线，迅速引导能量沿用户方向发送。

空分多址（SDMA）是一种信道增容的方式，可以实现频率的重复使用，充分利用频率资源。空分多址还可以和其他多址方式相互兼容，从而实现组合的多址技术，例如空分一码分多址（SD-CDMA）。

2. 蜂窝移动通信

无线电通信、多址方案、编码算法等技术的不断发展为移动通信的实现提供了保障，因此，个人通信服务（PCS）的新时代已经到来。同时，电子技术和制造业的发展也使在一个小芯片内实现各种通信算法成为可能。所有这些成果都推动了移动通信的迅速发展，用户数的指数增加和超大规模集成电路技术的推进使得移动通信设备和终端的价格在较短时间内大幅度降低。因此，即使无线电和电视被认为是最有吸引力的电信服务，但移动通信还是创纪录地在短短 12 年便迎来了它的第 5000 万个用户。

在 PCS 系统中，引入了蜂窝结构以实现更高的频谱效率，即距离足够远的小区可复用同一频带。以 7 小区频率复用方式为例，分配给蜂窝通信系统的整个无线频谱划分为最大 7 个子带。相邻小区使用不同的子带，相距足够远的小区可复用同一子带，如图 1.5 所示，每个小区内的数字表示该小区所使用的一个独立频带。目前的蜂窝移动通信系统都使用类似的概念进行设计。

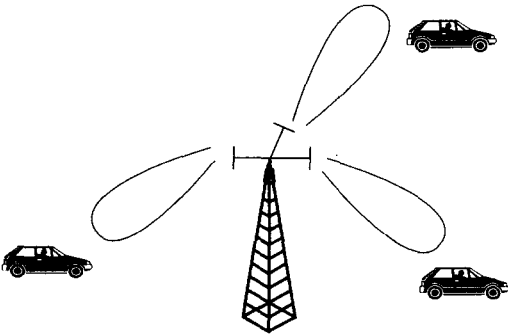


图 1.4 SDMA 多址方式

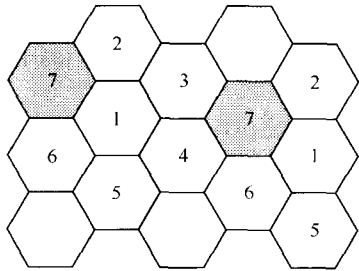


图 1.5 蜂窝结构的频率复用方式

1.2.2 Internet：固定、无线和移动

起初，无线电广播、电视和话音通信被认为是电信业的全部业务，直到个人电脑的出现，取代了很多传统的办公和家庭设备。HTTP 和 HTML 的出现使 Internet 成为了通信的新媒质，PC 机互相连接并能交互信息，不久人们就发现计算机和 Internet 能取代很多通信的传统手段。个人电脑价格的大幅度下降、处理能力的大幅度增加使得个人拥有一台电脑已经变得非常普遍，并在家就可连接到 Internet 上。Internet 提供的业务是激动人心的，它也创造了一个记录：只用了短短 4 年便迎来了其第 5000 万个用户，图 1.6 给出了不同电信技术的市场业绩。

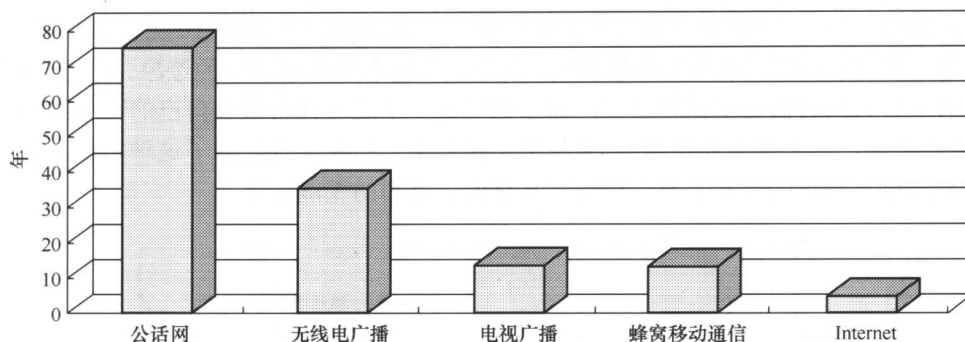


图 1.6 不同电信技术的市场业绩

现在人们已经实现了几十年前不敢想的事：人们可以在家或路上进行话音和图像传输，鼠标轻轻一点，就能从 Internet 获取即时更新的信息，那还需要什么呢？如果想一想通信的发展历史，答案就不言而喻了。当话音通信都可变为移动的了，为什么 Internet 接入还被限制在某个位置？如今 Internet 在人们的日常生活中已经起着至关重要的作用，为什么不能随时随地使用它？因此，无线移动 Internet 是通信业发展的必然。

移动 Internet 通常定义为：无论连接到网络的附接点在哪儿，用户都能接入到全球 Internet 网络，并能享用其服务。这样的定义寓含了移动 Internet 比无线 Internet 的定义更宽泛。在无线 Internet 中，用户物理连接到网络是通过 RF 信道的无线媒质，而在移动 Internet 中，无论是通过无线信道还是有线信道，只要可用，都可用于接入到网络。无线 Internet 的例子如 WLAN，其接入点是基站，服务于室内环境有限区域内的移动计算设备，将它们通过一个 WLAN 服务器连接到一个有线的局域网，并最终连接到 Internet；而在移动 Internet 中，WLAN 只是其接入到网络中的一种方法。在移动 Internet 环境中的用户，在某时刻可以通过高速以太网接入到网络，在另一时刻可能会通过 WLAN 接入，之后可能又会通过蜂窝网接入。它也不同于一个游牧用户，游牧用户从一个网络（如以太网）准备连接到另一个网络（如 WLAN）前，必须中断连接，而移动 Internet 用户在移动时，其连接是无缝改变的，即没有连接的中断。

移动 Internet 的实现不像话音通信那么简单，而是有很多因素使它实现起来更富有挑战性。在话音通信情况下，问题仅仅在于用电磁波将模拟信号传输出去，只要通信建立在一个合理的时延内且话音是可识别的，用户就不会对移动话音业务有什么抱怨，人类的耳朵也能容忍较短的信号中断，因此，只要接收信号的信噪比（SNR）高于某个门限，接收机就能重建该信号。但对数据通信如 Internet 情况就不同了，在数据传输中，即使很短的中断也将会破坏整个数据文件，很难恢复，因此，有必要进行深入的研究开发，使得可靠的移动 Internet 网络成为可能。

1.3 通向无线 Internet 之路

1.3.1 接入技术：固定和移动

为了理解在不久的将来移动无线 Internet 是必须的，有必要了解一下在过去几年中通信的发展趋势。第一大趋势是从固定接入通信到移动通信，如图 1.7 所示。世界范围内的固定

电话用户的增长线自 1996 年以来基本上是平缓的, 到 2005 年大约有 10 亿, 基本趋于饱和; 另一方面, 移动电话用户数量呈指数增长, 增长速率没有停止或减慢的迹象。这也不难理解: 在家里有一台或两台固定电话就够了, 而家庭中每一个成员都希望有自己的一个或两个手机 (一个是办公用, 一个是个人使用)。手机价格和使用费的降低也刺激了这种增长, 也许在将来唯一减缓这种趋势的因素是数十亿用户共享的、有限的无线频谱。

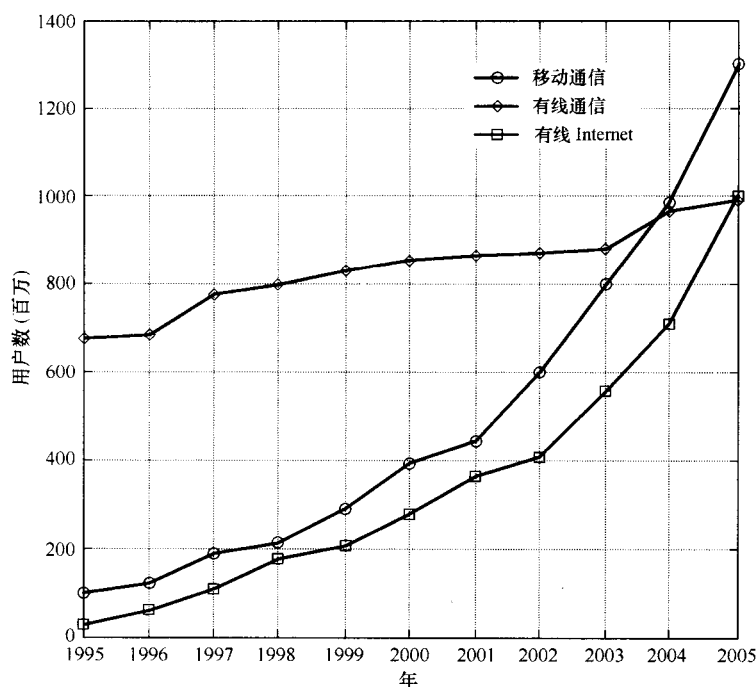


图 1.7 固定和移动通信系统用户增长情况

固定 Internet 接入的用户数增长也在图 1.7 中给出, 以进行比较。从图中可以看出, Internet 增长趋势同蜂窝移动系统类似。移动 Internet 业务在 2G 蜂窝系统中已经开始了, 如 GPRS。如果将这类移动 Internet 用户的数量加到固定 Internet 的用户中, 图中的增长曲线还会更陡。

1.3.2 Internet 应用范围和用户的增长

虽然 Internet 自 20 世纪 80 年代就已经存在, 但其应用主要局限于文件传输、远程接入到计算机及简单的邮件传送, 直到 HTML 和 HTTP 的出现, Internet 才受到更普遍的关注。图 1.8 表明了过去 20 年里 Internet 用户增长的情况。Web 浏览给了 Internet 一次革命性的变化, 被认为是 Internet 流行起来的主要因素。在 Netscape、IE 等浏览器出现后, 新的邮件管理程序可以让对电脑了解不深的普通人都能够连接到 Internet, 使得 Internet 用户数剧增。无线 Internet 将会是 Internet 应用范围和用户增长的又一个革命性因素, 因为每一个移动电话、冰箱、空调及其他家居电器都将有一个 IP 地址, 并连接到 Internet。Internet 新的用途, 称为嵌入式 Internet, 将会对固定和移动领域的 Internet 带来更多的用途, 产生数十亿新的虚拟用户。虽然 Internet 开始是作为人们的通信手段, 不久它会将设备与设备、设备与人连接起来。所有这些将需要 Internet 结构上的提高, 在提供接入新用户或新设备时, 无线 Internet 将起着