

“863”

通信高技术丛书



# 无线互联网

周武旻 陆晓文 朱近康 编著

人民邮电出版社  
[www.pptph.com.cn](http://www.pptph.com.cn)

“863”通信高技术丛书

# 无 线 互 联 网

周武旻 陆晓文 朱近康 编著

人 民 邮 电 出 版 社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

无线互联网/周武旸, 陆晓文, 朱近康编著. —北京: 人民邮电出版社, 2002.1

(“863”通信高技术丛书)

ISBN 7-115-09737-2

I. 无... II. ①周...②陆...③朱... III. 无线电通信—接入网 IV. TN925

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 083564 号

## 内 容 提 要

移动通信和互联网是我国发展最快和发展潜力最大的两个通信领域。

本书结合作者的科研成果与移动通信、Internet 等的最新发展, 介绍了无线互联网的关键技术及发展趋势。全书内容共七章, 第一章和第二章介绍了移动通信和互联网的发展情况, 第三章介绍了无线接入技术, 第四章介绍了移动 IP 技术, 第五章介绍了无线链路的设计技术, 第六章介绍了无线互联网中的网络层设计技术, 第七章介绍了移动互联网的应用。

本书内容新颖, 可读性强, 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

无线互联网

◆ 编 著 周武旸 陆晓文 朱近康

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@pptph.com.cn

网址 <http://www.pptph.com.cn>

读者热线 010-67180876

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京密云春雷印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 15.75

字数: 379 千字

2002 年 1 月第 1 版

印数: 1-5 000 册

2002 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-09737-2/TN·1790

定价: 27.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (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 周炯槃

郑南宁 赵梓森 赵慧玲 侯自强

姚 彦 郭云飞 唐 健 蒋林涛

曹淑敏 强小哲 谢麟振 简水生

## 前 言

Internet 和移动通信是 20 世纪 90 年代 IT 产业最为激动人心的两个领域，两者的融合使得用户在移动中可以访问丰富多彩的 Internet 资源。目前移动用户对信息服务的要求越来越高，需要的已经不再是单纯的话音服务。无线技术使得人们能够通过 PDA、手机访问 Internet 和收发电子邮件。各大信息提供商，包括微软、Yahoo、AOL 等公司为无线访问提供了新格式的内容，这样无论用户身在何处，都可以得到股票价格、天气预报等信息，并可以进行网上冲浪。无线互联网访问已经成为一种潜在的、巨大的信息增值服务，现在无线互联网服务还处在萌芽阶段，各大信息提供商面临的挑战就是如何为用户提供直观、实用并具有吸引力的信息服务。

本书根据移动通信和 Internet 的最新发展，介绍了无线互联网的关键技术以及发展动态和趋势。全书内容共七章，第一章和第二章介绍了移动通信和 Internet 的发展情况，第三章介绍了无线接入技术，第四章介绍了移动 IP 技术，第五章介绍了无线链路的设计情况，第六章介绍了无线 Internet 中的网络层设计情况，第七章介绍了移动互联网的应用。

作者承担了国家“863”高技术发展研究计划的科研项目“宽带无线 IP 技术”（项目编号：863-317-03-03-99）。本书就是在该课题研究基础上，对其中的关键技术及背景知识进行的总结。

由于时间比较仓促，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

作者

# 目 录

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 第一章 绪论                                                | 1  |
| 1.1 移动数据业务与移动数据通信                                     | 1  |
| 1.1.1 移动数据有望成为无线通信未来发展的新动力                            | 2  |
| 1.1.2 卫星数据业务                                          | 3  |
| 1.1.3 寻呼业务                                            | 3  |
| 1.1.4 无线数据通信的发展趋势                                     | 4  |
| 1.2 无线通信的发展                                           | 4  |
| 1.2.1 移动通信                                            | 5  |
| 1.2.2 卫星通信                                            | 7  |
| 1.2.3 无线寻呼                                            | 8  |
| 1.2.4 无线接入、集群通信                                       | 9  |
| 1.3 高速无线互联网                                           | 9  |
| 第二章 因特网技术的发展                                          | 14 |
| 2.1 网络的分类                                             | 14 |
| 2.2 网络协议栈                                             | 15 |
| 2.3 Internet 协议                                       | 16 |
| 2.3.1 Internet 管理                                     | 17 |
| 2.3.2 Internet 连接                                     | 17 |
| 2.3.3 Internet 在中国                                    | 17 |
| 2.3.4 目前存在的问题及改进方法                                    | 18 |
| 2.4 未来因特网发展的趋势及新技术                                    | 19 |
| 2.4.1 主动网络技术                                          | 19 |
| 2.4.2 第三代移动通信的网络体系结构对因特网的考虑                           | 24 |
| 参考文献                                                  | 26 |
| 第三章 无线接入技术                                            | 27 |
| 3.1 无线多址通信方式                                          | 28 |
| 3.1.1 频分多址 (FDMA, Frequency Division Multiple Access) | 28 |
| 3.1.2 时分多址 (TDMA, Time Division Multiple Access)      | 29 |
| 3.1.3 码分多址 (CDMA, Code Division Multiple Access)      | 30 |
| 3.1.4 空分多址 (SDMA, Space Division Multiple Access)     | 31 |

|            |                                                   |           |
|------------|---------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.5      | 目前数字蜂窝通信系统中用的多址方式 .....                           | 32        |
| 3.1.6      | 蜂窝系统的容量 .....                                     | 32        |
| 3.2        | 高速调制解调技术 .....                                    | 35        |
| 3.2.1      | 多载波调制技术 .....                                     | 35        |
| 3.2.2      | 多载波调制技术的分类 .....                                  | 38        |
| 3.2.3      | 多载波调制技术的应用 .....                                  | 50        |
| 3.3        | 无线本地环与无线局域网 .....                                 | 51        |
| 3.3.1      | 无线本地环 .....                                       | 51        |
| 3.3.2      | 无线局域网 .....                                       | 57        |
| 3.4        | 无线接入 Internet .....                               | 65        |
| 3.4.1      | 无线应用协议 (WAP, Wireless Application Protocol) ..... | 66        |
| 3.4.2      | WebExpress 系统 .....                               | 70        |
| 3.4.3      | Mowgli 体系 .....                                   | 72        |
|            | 参考文献 .....                                        | 73        |
| <b>第四章</b> | <b>移动 IP 技术 .....</b>                             | <b>77</b> |
| 4.1        | 引言 .....                                          | 77        |
| 4.1.1      | 移动 IP 解决的问题 .....                                 | 78        |
| 4.1.2      | 移动 IP 的应用范围 .....                                 | 78        |
| 4.1.3      | 移动 IP 与传统 IP 之间的主要区别 .....                        | 78        |
| 4.1.4      | 移动 IP 中使用的传输技术 .....                              | 79        |
| 4.1.5      | 移动 IP 的设计要求和设计目标 .....                            | 79        |
| 4.1.6      | 移动 IP 的功能实体 .....                                 | 80        |
| 4.1.7      | 移动 IP 的工作机制 .....                                 | 82        |
| 4.2        | 代理发现 .....                                        | 84        |
| 4.2.1      | 代理发现 .....                                        | 85        |
| 4.2.2      | 代理发现的程序流程图 .....                                  | 88        |
| 4.3        | 注册 .....                                          | 92        |
| 4.3.1      | 注册消息 .....                                        | 92        |
| 4.3.2      | 注册过程 .....                                        | 96        |
| 4.3.3      | 移动节点如何得到本地代理的地址 .....                             | 99        |
| 4.3.4      | 注册的程序流程 .....                                     | 100       |
| 4.4        | 数据分组的选路 .....                                     | 107       |
| 4.4.1      | 移动节点在本地链路上时分组的选路 .....                            | 108       |
| 4.4.2      | 移动节点在外地链路上时分组的选路 .....                            | 108       |
| 4.4.3      | 移动节点如何发送数据分组 .....                                | 111       |
| 4.5        | 隧道技术 .....                                        | 113       |
| 4.5.1      | IP 分片 .....                                       | 114       |
| 4.5.2      | IP 封装 .....                                       | 116       |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 4.5.3 最小封装.....              | 117        |
| 4.5.4 通用路由封装.....            | 119        |
| 4.6 移动 IP 存在的问题及改进方法.....    | 120        |
| 4.6.1 三角路由问题.....            | 120        |
| 4.6.2 漫游和切换问题.....           | 121        |
| 4.6.3 安全问题.....              | 125        |
| 参考文献.....                    | 126        |
| <b>第五章 数据链路层协议与软件设计.....</b> | <b>128</b> |
| 5.1 引言.....                  | 128        |
| 5.2 无线链路的特性.....             | 129        |
| 5.2.1 无线局域网 (WLAN) 系统.....   | 129        |
| 5.2.2 数字蜂窝系统.....            | 130        |
| 5.2.3 其他系统.....              | 131        |
| 5.3 Internet 协议特性.....       | 131        |
| 5.4 多业务链路层设计方法.....          | 133        |
| 5.4.1 目前方法.....              | 133        |
| 5.4.2 所需链路层应具备的特征.....       | 134        |
| 5.4.3 多业务链路层.....            | 135        |
| 5.5 数据链路层软件设计举例.....         | 143        |
| 5.5.1 链路接入控制 (LAC) 子层.....   | 143        |
| 5.5.2 无线传输管理子层(WTM).....     | 148        |
| 参考文献.....                    | 149        |
| <b>第六章 网络层.....</b>          | <b>151</b> |
| 6.1 网络层的功能.....              | 151        |
| 6.1.1 网络层提供的服务.....          | 151        |
| 6.1.2 网络层的内部结构.....          | 155        |
| 6.2 移动 IP 的实现算法.....         | 156        |
| 6.2.1 位置移动管理算法.....          | 158        |
| 6.2.2 无线 IP 报文的路由与转发.....    | 161        |
| 6.2.3 不同操作系统下的实现策略.....      | 163        |
| 6.3 路由选择算法.....              | 169        |
| 6.3.1 选路的原理.....             | 170        |
| 6.3.2 静态路由算法.....            | 171        |
| 6.3.3 动态路由算法.....            | 171        |
| 6.3.4 自适应路由选择.....           | 172        |
| 6.3.5 无线网络中的路由算法.....        | 176        |
| 6.4 拥塞控制算法.....              | 181        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 6.4.1 拥塞控制的基本原理                | 181        |
| 6.4.2 基于开环的拥塞控制算法              | 181        |
| 6.4.3 基于闭环的拥塞控制算法              | 183        |
| 6.4.4 多点传送的拥塞控制——RSVP 资源重复利用协议 | 184        |
| 6.4.5 Internet 中的拥塞控制策略        | 184        |
| 6.4.6 宽带网络中的拥塞控制机制             | 188        |
| 6.4.7 TCP over ATM 的拥塞控制       | 192        |
| 6.4.8 无线网络中的拥塞控制               | 193        |
| 参考文献                           | 199        |
| <b>第七章 移动互联网的应用</b>            | <b>202</b> |
| 7.1 引言                         | 202        |
| 7.1.1 中国移动互联网现状                | 202        |
| 7.1.2 中国移动互联网的发展趋势             | 203        |
| 7.1.3 中国移动互联网的价值链              | 204        |
| 7.1.4 目前移动互联网要解决的问题            | 205        |
| 7.1.5 移动互联网的竞争                 | 206        |
| 7.2 移动互联网的演进过程                 | 208        |
| 7.2.1 固定电话网的演化                 | 208        |
| 7.2.2 移动电话网的演化                 | 208        |
| 7.2.3 目前 3G 系统存在的问题            | 209        |
| 7.2.4 固定 IP 网向移动无线 IP 网的演化     | 209        |
| 7.2.5 MWIF 的体系结构               | 210        |
| 7.2.6 i-mode 成功的启示             | 212        |
| 7.3 支持技术                       | 213        |
| 7.3.1 网络接口层技术                  | 214        |
| 7.3.2 应用层技术                    | 217        |
| 7.3.3 技术展望                     | 218        |
| 7.4 与传统互联网的比较                  | 219        |
| 7.5 移动互联网的应用                   | 221        |
| 7.5.1 数据业务与语音业务的竞争             | 222        |
| 7.5.2 服务内容                     | 222        |
| 7.6 移动上网产品一览                   | 232        |
| 7.6.1 WAP 手机                   | 232        |
| 7.6.2 GPRS 手机                  | 235        |
| 7.6.3 3G 手机                    | 235        |
| <b>附录 缩略语</b>                  | <b>237</b> |

# 第一章 绪 论

过去几年中, Internet 和移动电话这两项技术的发展已经给亿万人的生活带来了直接的影响。逻辑上, 下一步骤是将这两种技术结合在一起, 使信息的接入不仅不受信息源的限制, 而且不受接入者的位置限制。因特网与移动通信联姻所诞生的无线因特网, 已成为当今全球信息产业的热点。它使人们能在移动中从因特网上获取丰富的多媒体信息资源, 享受到各式各样的个性化服务, 从而引发工作和生活模式的巨大变革。

从理论上讲, 完全的个人化是通信的终极目标之一, 它不仅会改造我们传统的工作和生活模式, 为我们节省大量时间, 而且还能激发出许多新的应用需求, 带给我们更多的人生体验。因此, 我们可以毫不夸张地说, 无线因特网不仅延伸了人们的生命, 还提高了人的生活质量, 使生活变得更加多姿多彩。所有这一切都表明, 在未来这个通信个性化的世纪里, 无线因特网将扮演一个十分重要的角色。无论是摩托罗拉演绎的“无线网络, 无限人生”、诺基亚提出的“把互联网装进口袋”, 还是爱立信的“移动互联网天下”, 都在向我们描绘新一代无线通信的美好前景, 传达了各大通信厂商迎战数字化、个性化新世纪的决心。

## 1.1 移动数据业务与移动数据通信

目前, 在移动通信领域谈论最多的话题恐怕就是移动数据业务了。就像在固定网中各种数据业务不断兴起一样, Internet 遍布全球并深入人心, 日益成为除话音业务以外一项人们日益依赖的业务, 移动通信领域的公司和分析家们认为, 固定网上数据业务的发展经历将在移动网上重演, 甚至有人认为移动数据业务的发展潜力更大于固定网, 因为移动数据业务真正可以使人们随时、随地与周围乃至全球的信息联系起来, 并真正体现信息社会的特点。

随着移动 Internet 业务概念的推出, 使人们把更多的目光投向了无线领域。Internet 的巨大成就以及在全球范围无孔不入的覆盖和移动通信方便、快捷的特点, 使移动运营商有足够的信心相信二者的结合将创造一个崭新而又潜力巨大的市场。由于目前设备、网络改造、用户的了解程度等问题仍处于比较初级的阶段, 因此很多运营商都还只是表示关注、进行试验, 真正提供业务的运营商还很少。但随着以上问题的解决, 移动 Internet 业务肯定会成为一项非常重要的新业务, 它将成为运营商吸引用户, 增加收入的重要支柱。尤其是一些新技术的出现, 为提高移动网性能、推出新业务提供了可能和保障。比如, 3G 和 GPRS 等技术可以大大提高现有移动网络的传输速率, 超过了固定网上 PC 机通过传统调制解调器的接入速率, 对于通过手机或其他无线终端上网的用户来说已经完全可以接受, 由此来看, 移动数据业务的发展潜力完全不会逊色于固定数据业务。另外, 像 WAP、Bluetooth 等技术的发展, 也将为移动数据业务的发展铺平道路。

移动 Internet 业务是指移动电话用户利用手机、笔记本电脑、PDA、掌上型电脑等移动

终端通过蜂窝网络的无线信道接入 Internet 的业务，它可使人们在移动中查询、搜索自己感兴趣的信息或者自己定制的消息，比如时事新闻、股票消息、银行帐户、科技文章、天气预报、旅游信息、彩票信息、电子邮件（E-mail）等等。

基于 Internet 的应用，电子邮件和 Web 浏览等将是未来移动通信发展的主要动力。尽管目前移动通信很少用于数据（约为 5%），但是未来将会有很大的发展。从 2001 年开始的 5 年时间内，通过移动电话上网的需求量有望出现爆炸式增长。诺基亚公司认为，在今后两年时间内，移动电话销售量的 10%~15% 将具备上网的功能。到 2001 年，移动数据用户有可能达到 1000 万户，市场规模将达到 17 亿美元。移动电话市场正逐步转向移动数据市场，各种移动数据业务正悄然兴起，它将成为移动通信的下一个发展重点。

据 CCID-MIC 预测，我国大约在 2005 年就可使移动数据业务占到无线业务总量的 40% 以上，届时应可以创造出一个规模约为 1000 亿元的市场。虽然移动 Internet 业务的发展潜力和必然趋势已经在业界得到了公认，但是从目前情况来看，移动 Internet 业务更多的还处于一种“概念”的阶段，除了极少数的运营商已经开始提供业务外，绝大多数运营商都处于试验和观望的状态。我们现在必须清楚地认识到，数据通信是移动业务发展的必由之路，最终数据业务必将成为移动业务的重要支柱。大力发展短消息业务，其意义不仅在于使运营商增加收入，更重要的是通过短消息业务使用户习惯并依赖移动消息业务，从而向将来更高级的数据业务过渡。

从中国移动通信的现状来看，移动数据通信（如短消息服务、WAP 服务、移动无线接入服务、GPRS 服务、互联网服务等）从接入技术的角度来讲，在短期内的融合是不可能的。当然，随着未来宽带移动通信的发展，接入融合的问题也将会逐步解决。从信息服务的角度来看，无论从内容上，还是从表现形式上看，都会很快融合；也就是说，从发展模式上来看，数据通信的承载接入方式，会给人们带来不同的选择，而在信息服务内容上，应该都是一样的。移动数据通信在发展过程中，主要是根据信息服务内容而有所侧重，特别是要重视移动数据通信与信息服务的融合。只有融合，才是移动数据通信真正的发展模式。

当前，无线通信业务除了话音等基本业务继续大规模发展外，无线数据业务正在成为新的热点和发展趋势。移动电话、卫星通信和无线寻呼都在积极与因特网接轨，不同厂家纷纷推出与无线数据业务相关的技术，各显神通。

### 1.1.1 移动数据有望成为无线通信未来发展的新动力

移动电话是当今通信业界发展最快的领域，移动话音业务正在大众中迅速普及，在话音业务大发展的背景下，新的移动数据业务也方兴未艾。

因特网的快速发展给数据通信带来了空前的繁荣。最近，因特网电话的应用使在因特网上承载话音业务成为可能，为人们展示了未来数据和话音网络融合的前景。这一趋势也影响到移动通信领域，利用因特网为用户提供移动话音业务正在走向现实。据了解，中国联通北京分公司、中国移动通信集团北京公司等已推出了无线因特网语音服务。无线因特网话音业务的出现，将推动无线话音通信向数据通信领域融合的进程，为未来无线数据业务的全面发展打下基础。

除了利用因特网来承载话音业务外，移动通信网络自身的数据化技术也成为当今亮点。当前人们广泛使用的移动通信网络是第二代网络，它主要是利用数字语音压缩及数字电路交

换技术来为用户提供话音业务。而国际电联今年将全面完成第三代移动通信标准的制订,未来几年内,面向多媒体应用的第三代移动通信业务将逐步出现。在第二代和第三代之间出现了一系列所谓 2.5 代的过渡技术,如针对 GSM 网络的 GPRS 技术、EDGE 技术,以及针对 cdmaOne 网络的 cdma2000-1x/3x 技术等等。这些技术主要是为用户提供几百 kbit/s 速率的分组交换窄带数据应用,如 GPRS 可最高为用户提供 115kbit/s 的接入速率,EDGE 可为用户提供 384kbit/s 的无线数据速率等等。

因特网已成为当今世界的潮流,它正深入到人们生活的各个领域,移动通信也不例外,利用移动终端上网已成为人们关注的焦点,而专门针对这一应用提出的 WAP(无线应用协议)技术,则引起了全球的注目。利用这一技术,用户可以使用便携移动终端接入因特网,享受航班查询等专门的信息服务。目前,许多知名设备制造商和应用开发商已推出多种基于 WAP 的系统和应用,许多大运营公司关于 WAP 无线数据业务的商用化试验正在积极进行之中。中国移动通信集团即将在全国范围推出基于全球通网络的数据服务。信息点播业务目前已在 15 个城市推出,全球通用户可以实现手机看新闻,手机看股市,手机查询航班信息、天气预报等功能,该产品将在全国范围推出。WAP 不仅可适用于当今的第二代移动通信网 GSM 和 cdmaOne,而且还将适应未来的第三代移动通信系统,具有广阔的发展前景。

### 1.1.2 卫星数据业务

在传统的卫星话音通信应用之外,最近,数据通信也快速深入到卫星通信领域,这主要表现为卫星通信与因特网应用呈现非常活跃的相互结合趋势。利用卫星实现因特网通信,可以提高网络的下载速度,实现更大的覆盖范围。

现在有两种加速因特网传输的卫星解决方案,一种是利用宽带卫星的双向传输,可给用户 提供 16kbit/s~2.048 Mbit/s 的传输速率;一种是利用卫星的高速下载和地面反馈的外交互方式,它基于当前因特网信息流量非对称性而提出。

太空因特网的概念引起了人们的广泛兴趣,它是利用天上的卫星构成一个天上的因特网络,如目前 Teledesic、SkyBridge 等卫星因特网系统都在加紧建设,预计在不久的将来可望投入使用。

### 1.1.3 寻呼业务

无线寻呼虽然是一项传统的业务,但新的技术使它焕发了新的生机,以适应网络时代对数据通信的新需求。

目前正在发展和应用的网上寻呼可以让上网用户通过互联网结合寻呼台实现网上呼人,同时,因特网上的电子邮件结合可以使寻呼机成为一个电子邮件接收或发送机。

双向寻呼系统是在单向寻呼系统的基础上增加反向信道实现的,除可向用户提供正常寻呼、个人信息、信息摄取等各种个人移动信息服务外,寻呼机还具有应答确认和发送简单数据的短信息功能。双向寻呼用户可以价廉物美方式从寻呼台索取自己所需要的多种信息。目前,双向寻呼信息传输速率一般为 9.6kbit/s,最高可达 16kbit/s,为语音和简单的图像数据的传输提供了可能。其网络协议一般为 TCP/IP 协议,易于实现与其他信息网的互联。

### 1.1.4 无线数据通信的发展趋势

无线接入技术、系统和应用，传统的看法认为它是有线网建设困难地区和需要临时用的地区的辅助通信手段，如无线局域网、无线数据通信等。图 1-1 给出了无线数据通信的技术发展过程。无线接入与移动通信的最大区别是无线接入没有自己的独立网络去构成完整的通信系统、用户终端没有移动能力去构成蜂窝系统。近几年的发展，特别是个人电话系统（PHS，Personal Handy-phone System）技术的应用发展表明，无线接入系统完全可以提供轻小手机，具有漫游和越区切换能力，实现蜂窝结构大区域覆盖，成为移动通信系统的强大竞争对手。1999 年上半年出现了“城市流通电话”、“小灵通”系统的建网热。无线接入没有自己的独立网络，而是依附于某些现成固定网的支持。互联网的迅速发展和普及，它有两点给无线接入应用和发展提供十分重要的支持。一是 IP 虚拟网的建立和运行十分方便，这就为无线接入建立自己的虚拟网独立运行，提供了可靠保证；二是移动 IP 的实现和应用，为无线接入用户的漫游、越区切换和全球移动奠定了技术基础。

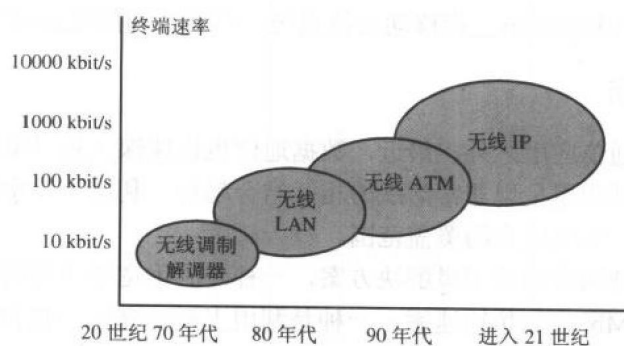


图 1-1 无线数据通信的发展趋势

基于 IP 网络支持的无线接入，特别是宽带无线 IP 接入系统，将基于 IP 网络支持用户的移动功能；既可集中式管理，也可非集中式管理；可大区、小区、微小区、微微小区覆盖，能接入极其大量的用户；能方便支持非对称业务、多媒体业务；系统可逐步扩大，边建设边运营；有初期投入少、运行成本低等突出特点。因此，它的应用和发展将会与现在的情况大相径庭，形成对第三代移动通信系统的强有力竞争。可以预计在移动数据通信（非话音通信）方面，第三代蜂窝移动通信可能不是宽带无线 IP 的对手。

## 1.2 无线通信的发展

近 20 年来，随着无线通信技术的不断发展和社会需求的日益增长，包括移动电话、无线寻呼、卫星通信等在内的无线通信得到了越来越广泛的普及和应用，并展示出广阔的市场前景。从全球范围来看，无线通信用户的年增量和增速都在持续逐年大幅度增长，无线通信已经进入规模化发展的阶段。如今，快速发展的无线通信已成为信息产业中最为耀眼的“亮点”，并成为推动社会经济发展的强劲动力。

### 1.2.1 移动通信

近 10 年来,我国移动通信的发展步伐不断加快,增长幅度令人刮目相看。如今,中国已成为全球最具发展潜力的移动通信市场。到 2001 年 7 月,我国的移动电话用户总数已达 1.206 亿户,用户总数居世界第一位。由中国移动通信公司经营的 GSM 网早已成为世界上规模最大的 GSM 网。20 世纪 80 年代末,我国正式开办了移动电话业务。随着社会经济的不断发展,进入 90 年代中期以来,我国移动电话发展出现了“雪崩效应”,用户年增长幅度大大高于世界平均水平。1997 年 7 月,中国电信移动电话用户突破了 1000 万户。而从 1997 年 7 月到 1998 年 8 月,仅一年零一个月的时间,中国电信移动电话用户总数增加了 1000 万户;去年仅仅 1 至 9 月,中国移动公司又新增用户 1000 万户,如此高的发展速度在世界电信发展史上是绝无仅有的。虽然全国移动电话用户增势强劲,但目前的普及率仅为 3% 左右,未来市场潜力十分巨大。吴基传部长 2000 年 10 月在日内瓦电信论坛上预测,未来 10 年,中国的移动电话用户将达到两亿户,接近固定电话用户的数量。

移动通信起源於无线通信,最早可追溯到 1901 年马克尼从英格兰收到短波无线电信号,但直到 1948 年才出现第一台(无线)移动电话,而真正发展是从 20 世纪 70 年代开始的,迄今已经历了第一代移动通信系统、第二代移动通信系统并即将进入第三代移动通信系统,如图 1-2 所示。

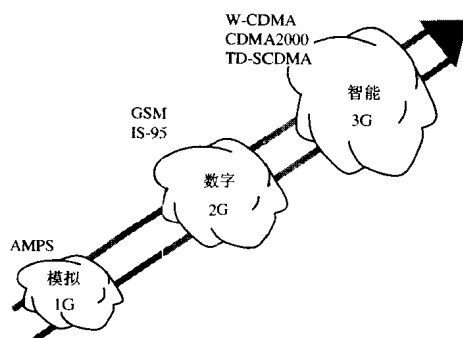


图 1-2 移动通信的发展历程

第一代移动通信系统是模拟移动通信系统,以模拟电路单元为基本模块实现话音通信。它对移动通信的最大贡献是用蜂窝结构,频带可重复利用,实现大区域覆盖;支持移动终端的漫游和越区切换,实现移动环境下不间断通信。第一代移动通信系统的出现和发展,最重要的特点是体现在移动性上,这是其他任何通信方式和系统不可替代的,从而结束了过去无线通信发展过程中时常被其他通信手段替代而处于辅助地位的历史。

第二代移动通信系统是目前广泛使用的数字移动通信系统,数字信号处理技术是其最基本的技术特征,这是连最早开始起草 GSM 系统标准化建议的专家也没预料到的,它以数字电路单元为基本模块,实现话音通信和短消息数据业务通信。它对移动通信发展的重大贡献是使用 SIM(用户标识模块, Subscriber Identity Module)卡、轻小手机和大量用户的网络支撑能力。使用 SIM 卡作为移动通信用户个人身份和通信记录的载体,为移动通信管理、运营和服务带来极大便利。轻小手机的发展是没有预料到的。在早期研讨 IMT2000 时,认为 250~

300g 手机是新一代移动通信的标称指标之一，可不到几年，几十克手机已开始面市。有第二代移动通信的这些贡献，才使移动通信以惊人速度发展，成为当今通信发展的主流，特别是通信市场发展的主流。

第三代移动通信系统是正在全力投入开发的系统，其最基本的特征应当是智能信号处理技术，智能信号处理单元将成为它的基本功能模块，实现基于话音业务为主的多媒体数据通信。我们把移动通信系统应用的智能信号处理技术称为智能移动通信技术，目前最典型的是智能天线，是实现极大通信容量的关键技术之一。第三代移动通信系统对移动通信发展会带来什么样的突出贡献，人们还得拭目以待，但多媒体业务服务能力和极大通信容量将会是不可否认的。多媒体业务服务使人们从获得信息到获取知识成为可能。

第四代移动通信系统会是什么系统，在第三代移动通信系统还在开发阶段并没有投入应用和运营的今天来预测，是困难的。由于第三代移动通信系统的标准化工作已逐渐告一段落，它的频段、制式、业务和能力等已大体定型，第四代移动通信系统的研讨就走上舞台，1999 年 9 月 IEEE VTC 国际会议上开始了对它的公开讨论，成了移动通信发展研究的又一热门话题。

移动通信的惊人发展，是技术发展和市场发展密切结合的成功范例。这里，我们从业务需求和新技术支持两个角度来作为研讨第四代移动通信的重要依据。社会的发展会逐渐地走向全球化，其中社会信息化（信息化社会）是最重要的。全球化的现实发展是世界性全球化经济的发展，经济全球化，电子商务、电子货币等都离不开数据通信和移动通信，它将促使通信业务以话音为主转变成以数据为主。新技术的发展可以肯定的有：互联网会继续高速发展；计算机的更加小型化、简便化，最终就像是一个 PDA；卫星通信和空间技术会成为常规技术。此外，移动通信应用的相关技术也在高速发展，如更高频段的应用、智能信号处理技术、业务功能综合能力、网络技术和移动卫星技术等。与此同时，人们的生活空间、活动空间和参与领域也在迅速扩大，对移动手机的功能要求也不仅仅是对话和通信。

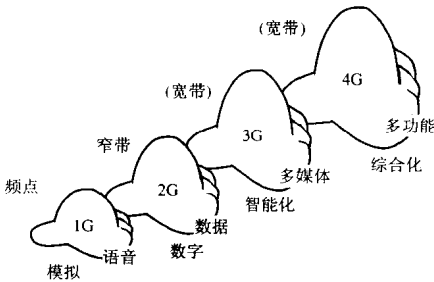


图 1-3 第四代移动通信的可能发展

因此，我们可以预计，第四代移动通信系统是在业务上不同于第三代、在功能上不同于第三代、在频带上不同于第三代的系统，它能在任何地方宽带接入互联网，能提供信息通信之外的定位定时、数据采集、远程控制等综合功能。

第四代移动通信系统是多功能集成的宽带移动通信系统，是宽带接入 IP 系统。其宽带不是第三代的 Wide band，而是第四代的 Broad band。图 1-3 给出了移动通信从第一代到第四代的发展趋势。为更好表明对第四代系统的看法，表 1-1 给出了第一代到第四代的基本技术参数，第四代系统参数为预计值。

表 1-1 第一代到第四代的基本技术参数

| 技术参数/移动系统 | 第一代                       | 第二代                          | 第三代                   | 第四代                     |
|-----------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 使用频率      | 400~800MHz                | 800~900MHz                   | 2000MHz               | 3000~5000MHz            |
| 频宽        | 30kbit/s(Point frequency) | 0.3~1.25Mbit/s (Narrow band) | 5Mbit/s(Wide band)    | 10~20Mbit/s(Broad band) |
| 调制方式      | FM                        | GMSK M-ary                   | QPSK                  | QAM MPSK                |
| 多址技术      | FDMA                      | TDMA、CDMA                    | CDMA                  | CDMA+TDMA               |
| 蜂窝覆盖能力    | 大区                        | 中区                           | 小区                    | 微小区                     |
| 业务        | 话音                        | 话音短消息(个别)                    | 话音多媒体(个别)             | 多媒体                     |
| 核心网络      | 电信交换网(自身独立网)              | 电信交换网(自身独立网)                 | 电信交换网(自身独立网)、IP 网(个别) | IP 网                    |
| 功能        | 地面通信                      | 地面                           | 地面通信定位                | 通信(包括卫星通信)定位控制、管理       |
| 终端数据速率    | $\leq 9.6\text{kbit/s}$   | $\leq 5.6\text{kbit/s}$      | $\leq 2\text{Mbit/s}$ | $\leq 10\text{Mbit/s}$  |
| 基本技术特征    | 模拟信号<br>处理技术              | 数字信号<br>处理技术                 | 智能信号<br>处理技术          | 多功能<br>综合技术             |

### 1.2.2 卫星通信

在卫星通信领域,从最初的专用系统到卫星移动个人通信,卫星通信由于其一系列独特作用,已成为未来个人化通信不可缺少的独特的重要组成部分。

据统计,自 20 世纪 60 年代以来,全球已发射了约 300 颗 GEO 对地静止轨道卫星。80 年代后期,各种具有全球覆盖功能、以实现全球个人通信为目的的卫星移动通信系统设计方案纷纷出台。最具代表性的是以中圆轨道(ICO)系统为代表的中轨道(MEO)卫星系统和以铱系统、全球星系统为代表的低轨道卫星(LEO)系统。近两年来,铱系统和全球星系统相继投入商业运营。目前,在卫星通信领域,已呈现出高、中、低轨道(GEO/MEO/LEO)卫星系统竞相争辉的景象,卫星通信发展日趋活跃,未来市场前景看好。预计到 2004 年,L、S、C、Ku、Ka、V(Q/W)频段的 GEO/MEO/LEO 卫星总数将达 2000 颗左右。而随着第三代移动通信的不断发展,在宽带通信领域卫星通信将发挥更大的作用。

另一方面,在 GEO 业务方面已显得比较成熟。经过 20 多年的不断发展,到去年,我国已拥有国际卫星通信站 15 座,利用国际通信卫星开通国际双向电路 1.2 万多条。全国已建成连接省会城市及部分开放城市的卫星地球站 37 座,已批准设置的卫星通信网络 124 个,国内卫星通信网已具备了 3 万条双向电路的业务传输能力(由“中星 6 号”和“中卫 1 号”两颗静止轨道通信卫星 36 个转发器承担信道传输任务),各类双向地球站 5321 个。在轨应用的静止卫星 12 颗,向国际电联申报卫星网络 117 个,轨道位置 43 个。目前,全国通过卫星播出的电视节目 35 套,通过遍布全国的卫星电视接收站使约 88%的人口能够看上电视节目。近年来,邮电、金融、交通、气象、新闻等几十个部门不断加快 VSAT 通信的发展速度,已建

立卫星专用网 80 多个, 建成各类 VSAT 地球站 1 万多个, 为国民经济各部门提供了有效的数据传输服务保障。面向未来, 卫星通信将成为促进我国国民经济发展的重要通信手段。

众所周知, 卫星移动通信的主要特点是能实现全球无所不在的覆盖, 特别是对蜂窝移动通信很难覆盖的地区的覆盖。近年来有希望的系统是 3 个, 即“铱”系统、中圆轨道(ICO)系统和全球星(Globalstar)系统。“铱”系统 1991 年开始筹建, 耗资 57 亿美元, 于 1998 年开始商业运营。在一年多的运行中用户数不到 7 万个, 终因负债无力偿还, 于 2000 年 3 月 15 日正式宣告破产, 从此“铱”星陨落。ICO 系统也遭遇到同样的困难, 由于未能筹集到全部资金, 也于 1999 年 8 月 27 日申请破产保护。全球星系统由于集资策略稳健、投资人风险较小, 现已将 48 颗卫星及 4 颗备用卫星部署完毕, 全球十几个关口站也已开通。这些情况说明卫星移动通信的发展大大偏离了人们预期的结果, 受到了挫折。但对其发展历程的冷静分析, 从总结经验教训来看, 可以认为:

(1) 卫星移动通信对实现个人通信的目标是必不可少的, 人们研制卫星移动通信的初衷是正确的。换句话说, 今后仍然是有应用前景的。

(2) 人们在研制中开发出的高新技术是难能可贵的, 是技术上的一大进步, 是人类的共同财富, 应予充分肯定。

(3) 究其挫折和失败的原因是多方面的, 其中包括: 投资大、风险高; 市场受到蜂窝移动通信出乎意料的高速发展的冲击; 集资策略不妥; 手机价格高、资费昂贵以及经营不善等等。这是我们应吸取的教训。

(4) 新技术的发展终究要取代落后的技术, 这是一条不可抗拒的客观规律。当然, 新技术的发展也不能不受到社会政治、经济等因素的影响。但归根结底, 新技术的生命力是主要地和长远地起作用的, 而各种社会政治经济因素的影响是次要的和暂时起作用的, 从历史上和今后的发展上都会得到证明。我们应以此来确定技术政策。可以预期, 在社会政治经济具备一定条件后, 卫星移动通信仍然会东山再起。

(5) 综上所述, 我国卫星移动通信的发展不能就此停止, 而应在吸取经验教训的基础上, 采取正确的发展方针和策略, 继续前进。这是因为我国地大物博、人口众多、技术经济条件相对落后的客观需求所决定的。它有利于加强国防建设和促进国民经济增长。

### 1.2.3 无线寻呼

虽然移动电话在日益普及, 但通信需求的多样性使得无线寻呼业仍保持稳步增长的势头。据统计, 近几年来, 世界寻呼用户的总数仍在每年以 2500 万至 3000 万的速度递增, 目前全球无线寻呼用户总数已达 1.8 亿户。随着寻呼服务领域的不断拓展, 未来几年无线寻呼业仍将获得持续发展。预计到 2003 年, 全球寻呼用户总数将接近 3 亿户。

20 世纪 90 年代初, 寻呼业务向社会放开经营之后, 市场机制的引入使寻呼市场充满了前所未有的生机与活力, 寻呼业务成为电信业务中发展最快的业务之一。自 1995 年起, 我国的寻呼用户平均每年以 800 万到 900 万户的幅度递增, 目前全国无线寻呼用户已达 7500 多万户, 网络容量已超过了 1.2 亿户, 寻呼用户数量和网络规模均早已居世界首位。近两年来, 寻呼业在高速增长之后, 呈现出平稳增长的趋势。尽管目前全国的寻呼用户超过了 7000 万户, 但普及率仅为 6%, 市场潜力依然巨大。从不同的区域来看, 目前我国城市寻呼普及率在 15% 左右, 东南沿海地区的寻呼普及率为 10%, 而中西部地区的寻呼普及率仅在 3% 左右, 未来中