

000101010100101010100100101010101001

无线通信与

Network Network Network Network Network Network

网络应用技术

刘奇◎编著

- 全面讲解无线通信技术
- 实战无线网络的应用
- 详细介绍最新的 WAP、蓝牙技术
- 提供内容详实的多媒体光盘



NETWORK

浦东电子出版社
Pudong ePress

前 言

回首刚刚过去的十年，移动通讯产品给我们的生活带来的种种变革无不让人记忆犹新。也许最初，第一代移动电话（即 1G）是财富和地位的象征，“大哥大”的俗称既代表了使用者的身份，那不比砖头小的机身也确实配得上这个称谓。第二代移动电话（2G）带来的则是时尚和潮流的冲击，精巧的外形、丰富的功能使得它真正配得上“手机”这两个字。今天，能够将语音通信和多媒体通信相结合的第三代移动通信系统（3G）正快步向我们走来，把互联网装进口袋的梦想即将成为现实。通信技术作为人类信息交流的基础架构，其涵盖的范围相当宽广而且发展的速度也相当快，可以这么说，通信技术的进步程度决定着人类社会的进步程度。但是，到现在为止，通信技术仍然不能实现对任何人、任何时间、任何地点和任何内容的信息交换能力。其原因在于目前的通信技术主要以线缆作为信息传递的载体，大大限制了信息的获取和传递的接入点和接入空间。显然，要改变这种状况，必须依靠无线通信、移动通信技术和无线互联网的发展和

应用。

在过去的十几年里，通信技术获得了很大的进步，通过观察不难发现，在通信领域里有两个发展最快的分支——移动通信网和 Internet 网。移动通信的第一代以传输语音为主，第二代引入数据传输，第三代则引入多媒体技术。今天，具有视频会议相关信息传递能力的移动通信终端已经开始进入消费市场。这些变化，使得移动通信技术在传输能力和传输质量等方面获得了巨大的进步。而星罗棋布的 Internet 网是由光纤、电缆和电话线的一部分担任传输任务并把成千上万的计算机连接起来的，实现了语音（IP-电话）、数据和图像的传输。但是，通信技术不会也不能因为今天的成就而停止不前。相反，移动用户要接入 Internet，实现移动中的 Internet 服务，需要通过 Internet 网实现全球基于 IP 的连接，而 Internet 又需要通过卫星通信、区域移动通信形成无所不在的 Internet 网，只有 Internet 网和移动通信网的发展和联合，真正意义上的个人通信（即无论任何人在何时、何地与任何人实现任何种类的通信——语音、数据和图像）才成为可能。

本教材不是通过定量的数学分析和推论来解释移动通信及其网络技术的，而是为移动通信和无线互连网络企业领域的研究人员和非移动通信及无线互连网络企业领域的普通读者提供一个宏观的了解，把握其发展、现状和未来，重点在于移动通信概念和无线互连网络企业应用。

本教材分为两部分，前面介绍无线通信领域的发展概况，包括移动通信的基础和发展、移动无线电系统中的调制技术与语音编码、卫星通信系统、固定无线系统及其应用前景、红外线与紫外光通信系统、移动通信领域的最新发展、中国移动通信发展现状等。后面部分介绍无线网络企业应用，包括无线网络企业应用、无线网络基础、市场推动者、无线网络应用与服务浏览、技术概略（探讨诸如 WAP，蓝牙技术等）、讨论无线网络价值规律、评价无线网络解决方案、无线网络战略的成功因素和指导原则、中国无线互联网的发展与应用等。

该教材语言生动、流畅，既有系统性，又不失重点，既有一定深度，又广纳各家最新研究成果，概念清晰，易于理解。因此，适合各个层次的读者，如普通用户、公司经理、开发人员和在校相关专业师生。对于那些希望获得在数学方面有深刻描述的读者，请参考相关的专著。本教材可作为公司经理熟悉复杂的无线网络商业与技术的概貌的参考资料，从而使他们在企业里做出成功而正确的决策，对那些开发人员也能提供有关无线网络行业的重要概念，教材中还提供一些示例和参考意见。

需要说明的是，由于通信技术和无线互联网应用中一些新的专业词汇，国内没有统一的标准翻译，

本教材就按照实际含义翻译，并选择部分作为附录，供读者参考指正。

此外，对教材中有关的论题感兴趣的读者，可以参考附录和补充读物以及有关的网站，若才踏入该行业，你会开卷有益；若你对卫星通信有兴趣，则第一部分的第 3 章会对你有所帮助；若你从事的是网络策划，第二部分的第 10~13, 15, 16 章对你会很有帮助；若你是个从事技术和规划的专家，14, 15 章包含有许多你感兴趣的东西；若你的任务是规划和实现无线网络工程及解决方法，16, 17 章值得一读；熟悉无线网络技术的读者可跳过 1, 2 章。

光盘中含有“欢迎跟我学”教学节目，其中讲解了 Internet 的基本知识、拨号上网及 QICQ 的安装和使用等。光盘中还提供了共享软件的地址，其中包括 Internet 软件、编程软件、多媒体软件和安全软件。

本教材在编写的过程中，参考了大量的文献和书籍，综合了移动通信设备开发商、移动业务运营商和学术界专家的意见，收集了一些资料，加以汇编整理。其中有很多内容是对未来无线移动通信技术和无线互连网络发展的看法，如有不妥之处，希望读者指出和更正。另外，由于时间仓促，作者水平有限，同时涉及的范围较广，因此，错误在所难免，敬请读者批评指正。

作者

第一部分 无线通信		第3章 卫星通信系统	31
第1章 移动通信的基础和发展	2	3.1 窄带中、低轨道卫星通信系统	31
1.1 实现移动通信的基本要素	4	3.1.1 频段定义及窄带中、低轨道 卫星通信系统的频率分配	32
1.2 无线通信的历史	5	3.1.2 LEO-Iridium 系统	32
1.2.1 无线通信的自然性	8	3.1.3 LEO-Globalstar 系统	33
1.2.2 现代无线通信的起源	9	3.1.4 MEO-Odyssey 系统	34
1.2.3 民用移动通信的发展	9	3.1.5 ICO-INMARSAT-P 系统	35
1.3 蜂窝、无线和个人通信系统的发展	10	3.1.6 MHEO-Ellipso 系统	35
1.4 第一代蜂窝移动通信系统——模拟 蜂窝移动通信系统	12	3.1.7 结束语	36
1.5 第二代蜂窝移动通信系统——数字 蜂窝移动通信系统	13	3.2 宽带中、低轨道卫星通信系统	36
1.6 第三代蜂窝移动通信系统——传输 速率达 2Mbps 的宽带系统	15	3.2.1 LEO-Teledesic 系统	36
1.6.1 第二代数字移动通信系统未 实现的目标	15	3.2.2 MEO-WAVES JOCOS 系统	38
1.6.2 第三代移动通信系统需要实 现的基本目标	15	3.2.3 窄带和宽中、低轨道卫星系统 在未来信息高速公路网络中 的地位与作用	39
1.6.3 标准的制定	16	3.2.4 结束语	39
1.7 面向未来的发展	19	3.3 铱系统(Iridium)技术介绍	40
1.8 非蜂窝移动通信系统	20	3.3.1 系统概述	40
1.8.1 专用移动无线电	20	3.3.2 系统组成	40
1.8.2 卫星移动系统	20	3.3.3 频率许可	41
1.8.3 国际移动卫星、低轨道卫星、 中轨道卫星的频率划分	21	3.3.4 互联互通技术要求	41
1.8.4 数字 PCS	21	3.3.5 卫星发射	43
1.9 当代移动通信产品开发的特点	22	3.3.6 进度	43
1.9.1 产品开发的复杂程度加深	23	3.3.7 系统基本情况概览	44
1.9.2 产品开发的上市时限加快	23	第4章 固定无线系统及软件无线电	46
第2章 移动无线电系统中的 调制技术与语音编码	24	4.1 固定无线系统	46
2.1 调频与调幅	24	4.2 市场应用	48
2.2 调幅	25	4.2.1 市场前景分析	48
2.3 数字调制概述	26	4.2.2 影响系统价格的因素	49
2.4 影响选择数字调制方式的因素	27	4.2.3 软件无线电技术	49
2.5 语音编码	28	第5章 ATM 技术	56
2.5.1 语音信号的特性	29	5.1 关于 ATM	56
2.5.2 语音识别	30	5.2 发展 ATM 技术的有利条件	58
		5.3 宽带网的传送模式是 ATM 还是 IP	58
		5.3.1 ATM 交换机和路由器在功能	

上的差异	59	8.1.3 无线通信与 IP 技术融合领 风骚	95
5.3.2 ATM 交换机与路由器在容量 和成本上的比较	60	8.2 无线通信发展走势	95
5.3.3 ATM 交换机和路由器在网络 中的位置从替代补充到融合	60	8.2.1 处在商用前夕的第三代	96
5.4 ATM 与 Internet 互联技术	61	8.2.2 尚未浮出水面的第四代	96
5.4.1 ATM 和 Internet 技术特点	61	8.2.3 移动与因特网相结合	97
5.4.2 ATM 与 Internet 互联方式	61	8.2.4 移动与固定相结合	98
5.4.3 ATM 与 Internet 互联技术	62	8.2.5 逐渐走向成熟的 LMDS	99
5.5 宽带综合通信网技术综述	63	8.2.6 不容小视的无线定位	99
5.5.1 IP 和 ATM 技术的标准化	64	8.2.7 东山再起的无线 LAN	100
5.5.2 宽带接入网络技术	64	8.2.8 穿透自由空间的光网系统	100
5.5.3 互联网上的语音通信	65	8.3 移动通信技术的发展趋势	101
5.5.4 互联网上的视频通信	66	第 9 章 中国移动通信发展	107
5.6 ISDN 的业务和应用	67	9.1 移动通信发展概况	107
5.6.1 引言	67	9.2 中国 GSM 移动通信发展现状	110
5.6.2 ISDN 的业务	67	第二部分 无线网络应用	
5.6.3 ISDN 的应用	69	第 10 章 无线网络企业应用	117
第 6 章 IP 技术现状及其未来	70	第 11 章 无线网络基础	120
6.1 IP 电话	70	11.1 移动 IP 技术	120
6.2 IP 网络的发展现状	71	11.2 蓝牙技术概述	123
6.2.1 IP 网络的发展现状	71	11.3 计算机无线联网技术	129
6.2.2 宽带 IP 网络的三种实现 方式	71	11.3.1 计算机无线联网技术的概 念及特点	129
6.2.3 多协议标记交换	73	11.3.2 无线网络典型联接方式与 实例	131
6.2.4 IP 网络对电信网的影响	73	11.3.3 无线网络可行性安全措施	133
6.3 IP 接入网及其分类	74	11.4 国家和国际标准的重要性	134
6.4 IPv6 与第三层交换	77	11.5 CDMA 概述	137
6.5 下一代 IP 网的研究	78	11.5.1 CDMA 标准的制定现状	138
第 7 章 红外线与紫外光通信	84	11.5.2 CDMA 存在的问题	138
7.1 概述	84	11.5.3 CDMA2000 技术性能	139
7.2 红外线通信系统的优点和不足	84	第 12 章 市场促进者	143
7.3 红外线系统连接的分类	85	第 13 章 无线网络应用与服务概览	150
7.4 红外线技术的光电器件	86	第 14 章 技术概览	157
7.5 红外线传输信道	87	第 15 章 无线网络市场	168
7.6 系统和网络设计	87	15.1 网络市场与机遇	168
7.7 紫外光通信	88	15.1.1 网络及应用业务的“托管” 趋势及其动因	170
第 8 章 移动通信的最新发展	90	15.1.2 CC+ASP 模式下的机遇与	
8.1 无线接入技术的最新发展	90		
8.1.1 无线市话	90		
8.1.2 Internet 的无线移动接入	92		

挑战	171	17.3 中国无线互联网用户需求与应用 ...	189
15.2 网络市场提供商	174	17.4 “企业上网工程”的制约因素	196
第 16 章 评价无线网络解决方案	180	17.5 网络公司赚钱理由	198
16.1 无线网络技术及解决方案概况	180	17.6 中国发展电子商务的优势	200
16.2 无线网络战略指导原则	186	17.7 中国移动电子商务的整体发展 水平	202
第 17 章 中国企业上网与无线互联网的发展	187	17.8 B2B 电子商务领域现状的总览	203
17.1 中国无线互联网的发展	187	参考文献	205
17.2 中国无线互联网的价值链	187	通信缩略语	206
17.2.1 概述	187	网络缩略语	208
17.2.2 价值链分解	188		

第一部分

无线通信



第 1 章 移动通信的基础和发展

1、移动通信的特点

所谓移动通信就是移动体之间的通信,或移动体与固定体之间的通信。移动体可以是人,也可以是汽车、火车、轮船、飞机等在移动状态中的物体。移动通信与固定物体之间的通信比较起来,具有一系列的特点,主要是:

(1) 移动性。就是要保持物体在移动状态中的通信,因而它必须是无线通信,或无线通信与有线通信的结合。

(2) 电波传播条件复杂。因移动体可能在各种环境中运动,电磁波在传播时会产生反射、折射、绕射、多谱勒效应等现象,产生多径干扰、信号传播延迟和展宽等效应。

(3) 噪声和干扰严重。在城市环境中的汽车火花噪声、各种工业噪声,移动用户之间的互调干扰、邻道干扰、同频干扰等。

(4) 系统和网络结构复杂。它是一个多用户通信系统和网络,必须使用户之间互不干扰,能协调一致地工作。此外,移动通信系统还应与市话网、卫星通信网、数据网等互联,整个网络结构是很复杂的。

(5) 要求频带利用率高、设备性能好。

2、移动通信的分类

移动通信的种类繁多。按使用要求和工作场合不同可以分为:

(1) 集群移动通信,也称大区制移动通信。它的特点为只有一个基站,天线高度为几十米至百余米,覆盖半径为 30-50km,发射机功率可高达 200W。用户数约为几十到几百,可以是车载台,也可以是手持台,它们可以与基站通信,也可通过基站与其他移动台及市话用户通信,基站与市站有线网连接。

(2) 蜂房移动通信,也称小区制移动通信。它的特点是把整个大范围的服务区划分成许多小区,每个小区设置一个基站,负责本小区各个移动台的联络与控制,各个基站通过移动交换中心相互联系,并与市话局连接。利用超短波电波传播距离有限的特点,离开一定距离的小区可以重复使用频率,使频率资源可以充分利用。每个小区的用户在 1000 以上,全部覆盖区最终的容量可达 100 万用户。

(3) 卫星移动通信。利用卫星转发信号也可实现移动通信。对于车载移动通信可采用赤道固定卫星,而对手持终端,采用中低轨道的多颗星座卫星较为有利。

(4) 平流层通信

1997 年 1 月, Sky Station International Inc.公司在 ITU 会议上,提出“平流层电信业务”(Stratospheric Telecommunication Service 简称 STS)的建议文件,受到国际电联和一些国家电信部门的高度评价。普遍认为空中平台通信是继 60 年代卫星通信、70 年代光纤通信和 80 年代蜂窝通信发明以来通信技术的又一重大突破。

平流层通信利用一个设置在距地面约 21km 高度的物理平台,可以实现地面覆盖半径约



500km 的廉价、高密度、大容量的宽带通信。SSI 公司打算在地球上空“固定”安置 250 个充氦飞艇，构筑平流层通信平台，并由地面几千个控制和交换中心支撑，可以覆盖全球 90% 以上的人口。

平流层通信具有地面通信和卫星通信二者的优点，互为补充，构成三足鼎立的三维通信体系，它将对全球通信网的普及，对个人通信业务的兴起，对宽带视频业务的发展有着特别重要的意义，给发展中国家加速发展信息通信提供了极好的机遇。

①平流层通信的优点

- 费用很低——天空站可自行升空、移动并定点，可进行地面维修、回收、更新和再部署，因此空间平台的制造、发射、维护、回收的费用只不过是卫星的 1 / 10，用户终端的费用仅有 100~200 美元，有可能把电信业务费用普遍降低一个数量级，为世界各地的用户提供每分钟费用仅几美分的 WWW 业务及便携式可视电话业务。
- 容量很大——天空站定点高度能实现较高的频率复用，用作因特网接口可向约 15 亿个 64kbit / s 数字通信用户提供优质服务，或者向 3.75 亿个用户提供 256kbit/s 的视听业务，有可能较现有系统容量提高一个数量级。
- 适用性广——既适合于城市人口密集区，也适合于农村人口稀少区；既适合于固定业务，也适合于移动业务；既适合于窄带业务，也适合于宽带业务。
- 提供业务快——空间平台一旦定点，无需部署全球信息基础设施或平台星座，即可向其服务区提供优质服务。

②平流层通信的关键技术

- 平流层大气环境和电波传播；
- 平流层天空站空气动力学；
- 平流层信息天空站的材料和能源；
- 平流层信息天空站的位置测控；
- 平流层天空站通信的体制和应用；
- 平流层天空站通信的网络配置；
- 平流层天空站通信的多址方式；
- 平流层天空站通信的工作频段；
- 平流层天空站通信的系统集成和仿真。

(5) 无绳电话。对于室内外慢速移动的手持终端的通信，则采用小功率、通信距离近的、轻便的无绳电话机。它们可以经过通信点与市话用户进行单向或双向的通信。现在的大量移动通信都使用模拟识别信号，称为模拟移动通信。但为了解决容量增加，提高通话质量和增加服务功能，目前已应用数字识别信号，即数字移动通信。在制式上则有时分多址 (TDMA) 和码分多址 (CDMA) 等种类。前者在全世界有欧洲的 GSM 系统 (全球移动通信系统) 和北美的双模制式标准 IS-54 及日本的 JDC 标准。对于码分多址，则有美国 Qualcomm 公司研制的 IS-95 标准的系统。移动通信发展总的趋势是数字移动通信将取代模拟移动通信，CDMA 体制将更占优势。而移动通信将向个人通信发展，进入 21 世纪则成为全球信息高速公路的重要组成部分，移动通信将有更为辉煌的未来。

1.1 实现移动通信的基本要素

移动通信的特征在于“移动的系统”，而目标是移动过程中不间断的“通信连接”。所以研究移动通信的基本目标就是通过各种技术手段的发明和应用，在通信(通话)期间，保持两个或多个用户之间不间断的联系或者连接；而在停止通信(通话)期间，应能保持系统与用户之间的不间断的联系，实现控制信息的传递，为在任何时间和信号覆盖空间可能发生的通信要求，建立最新的用户信息(主要是位置信息)。因此，现代移动通信系统密切地依赖于以下三项基本技术：

1、计算技术

较之同样信息传输能力的有线通信系统，移动通信网络 and 用户终端必须具备更加强大的信息处理能力。因为移动通信的用户终端没有固定的接入点，系统必须不断地更新用户的位置信息，有时候还伴随着异地注册登记，从而产生大量的控制信息传递。另外，由于信道信息传输的多径特征和时变特性，系统必须具备相应的计算能力的余量，以处理随时随地的信道传播。

2、无线电传输技术

无线电传输系统是开放式传输系统，大量的信息在同一空间传输，造成严重的相互干扰和严重的频谱资源的不足。为保证信息的可靠传输和无线电资源的有效利用，提高频谱效率、信道效率和系统的稳定性以及确保传输质量和增强信息的安全就变得异常重要。先进的编码技术、干扰对抗技术、射频硅技术、变速率压缩技术等是移动系统先进性的基础。

3、集成技术(功能和电路)

只有极高的电路集成，才能保证系统的体积不至于太庞大；只有极高的功能集成，才能满足用户不同服务的要求。这样，一定体积下，具有丰富控制功能和强大应用能力的移动通信网络和系统才有可能实现，也才有其应用的价值。

当然，一个具备上述能力的信息系统还不能成为一个有效的移动通信系统，它们只是必要条件，而非充分条件。作为一个可靠的移动通信系统，还必须具备下面的两个基本功能：

(1) 定位和跟踪

无论是通信(通话)期间，还是待机状态，由于用户随时处于不断的运动之中，系统必须时刻更新用户的位置信息，才能保证通信不会由于用户的移动而产生中断；也即保证用户到了一新的地址后，仍然能够获得及时的通信需要。因此系统必须具备对移动终端的监控能力。

(2) 保持最佳的接入点

通常，用户处于多个基站信号的包围之中，因此无论是从系统方面考虑还是从用户方面考虑，找到最佳接入点都是一个基本的要求，只有这样，通信的质量才能得到可靠的保证。而要实移动设备和基站的最佳接入，系统必须对目前的连接作连续的信号测量和质量评估，同时不断地测量和评估相邻接入点的连接质量。一般情况下，这样一个过程由计算机系统根据已有的数据和获得的信道传播特征来分析和计算，在考虑到蜂窝分布拓扑学和移动方向的同时，便可以找到最佳的无线连接接入点。信号的相对大小决定了终端是否有必要从一个接入点切换到另一个接入点。这是比较常见的一种情况。在此过程中，每个基站都接收到用户的信号，并不断地进行测量和比较，决定下一步的控制过程。





1.2 无线通信的历史

回顾无线通信的自然存在、发展和历史,对于理解今天的移动通信和把握未来的发展方向是及其重要的,因为它暗示着人们努力的目标和方向。

1、移动通信 100 年的发展历程

1899 年 11 月美国“圣保罗”号邮船在向东行驶时,收到了从 150km 外的怀特岛发来的无线电报,莫尔斯电码的嘀嘀嗒嗒声像婴儿呱呱落地的第一声啼声,向世人宣告一个新生事物——“移动通信”诞生了。1900 年 1 月 23 日在波罗的海霍格兰岛附近的一群遇难渔民,通过无线电呼叫而得救,移动通信第一次在海上证明了它对人类的价值。紧接着 1901 年英国蒸汽机车装载了第一部陆地移动电台。1903 年底莱特驾驶自己的飞行器,开创了航空新领域,飞机更需要通信来保证飞行,于是移动通信这个 20 世纪的同龄人便相继在海、陆、空起步了。

现代社会有三大基础结构,即:

- (1)运输——转移人和物
- (2)能源——传递能量
- (3)通信——传递信息

通信作为人类社会的“神经系统”,不论是对物质文明还是对精神文明的建设,都具有深远的影响。当代社会基础结构真正重大的变革不在运输与能源,而将发生在通信,使人类文明迈入知识经济的信息社会。可以说移动通信是 20 世纪运输与通信二者高度发展相结合的产物。它与固定通信相辅相成,同为整个通信领域的重要组成部分。世界的本质是运动的,生命在于运动,凡是运动的事物无不需要信息。我们生活在一个“运动”的社会,移动体与移动体之间、移动体与固定体之间无不需要交流信息。随着交通工具特别是汽车的迅速发展,移动业务急剧增长,移动通信经过 100 年的开拓,相继在海、陆、空以至水下、地下和深空都发展起来了,使得它已成为门类繁多、用途广泛的一大新兴产业。

从使用环境来分:主要有陆地移动通信、水上移动通信和航空移动通信,作为特殊使用环境还有地下(如隧道矿井)、水下(如潜艇)和深空(如航天)移动通信。

从用户对象来分:主要有公众移动通信、专业移动通信和军事移动通信。

从交通工具来分:有汽车、坦克、火车、船舶、潜艇、飞机和航天飞行器等的移动通信,还有个人便携移动通信等等。

移动通信一百年的发展历程,大体经历了三个阶段:

- (1)初期的军政机要移动通信阶段;
- (2)进而发展至民用专业移动通信阶段;
- (3)20 世纪 70 年代末国际上出现的蜂窝汽车电话标志着发展到了公众移动通信的新阶段。

纵观移动通信的发展就像数据通信一样,都是从专业网开始,只有技术和规模都达到相当程度后,才发展公众网。初期出现的船舶电报、列车调度电话、汽车应急电话、航空电台以及战术电台等等,无一不是某一业务部门自成体系的专业移动通信网。而公众移动通信网是在第二次世界大战以后才逐步发展起来的,20 世纪 80 年代才日益成熟,从此移动通信的

制造业和运营业都以空前的速度增长。

近 20 年来移动通信在微电子技术基础上与计算机技术密切结合正在产生革命性的飞跃,各种新技术,如 FDMA、TDMA、CDMA 层出不穷。一代又一代的新系统不断涌现,短短的 20 年间,第一代模拟移动通信系统已广泛应用,第二代数字移动通信系统正日益普及,第三代全球综合移动通信系统也已在母腹躁动,即将面世。预计到 2010 年,在所有通信设备销售额中移动通信设备将居于首位。值此世纪之交,我们有必要回顾昨天,总结历史;把握今天,迎接挑战;展望明天,规划未来。

2、移动通信不同侧面的发展过程和动向

回顾移动通信已经走过的百年历程,沿着历史的轨迹我们可以观察到移动通信的 22 个不同侧面有如下的发展过程和未来动向:

- (1)频段——由 HF、VHF 到 UHF 以至毫米波;
- (2)带宽——由窄带到宽带;
- (3)调制方式——由调幅、调频、单边带到数字调制;
- (4)通信方式——由单工单信道对讲到双工多信道共用;
- (5)多址方式——由 FDMA、TDMA 到 CDMA;
- (6)传输方式——由模拟到数字;
- (7)传输速率——由低速到高速;
- (8)通信业务——由通话为主增加数据、图像到多媒体业务;
- (9)通信规模——由单机到系统,由专线到网络;
- (10)网络结构——由单一网到多区网;
- (11)网络制式——由大区制到蜂窝小区制;
- (12)移动速度——由静止、步行、典型车速到高速、航空以至卫星;
- (13)传播环境——由地面室外环境、室内环境、室外至室内环境到卫星环境;
- (14)系统覆盖——由有限服务区、国内服务区、区域服务区至全球服务区;
- (15)通信环境——由水上、陆地和空中到陆海空一体化以至地下、水下和深空;
- (16)通信容量——由小容量、中容量、大容量到超大容量以至满足全球个人通信的需求;
- (17)通信用户——由军政机要用户、业务用户到公众用户,亦即由专业网到公众网;
- (18)移动终端——体积由人背马驮至便携、手持以至袖珍;重量由几十公斤、几公斤、几百克以至几十克;
- (19)器件——由电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路至超大规模集成电路与微处理器;
- (20)设备——由硬件为主到硬件+软件以至软件为主;
- (21)制造——由单件、小批量、批量到大规模生产;
- (22)运营——由一家专营到多家竞争。

总之,移动通信技术正在以前所未有的速度迅速向前迈进。尤其是第三代移动通信,将真正实现无线通信和宽带通信的激情碰撞,为未来的市场创造出巨大的空间。

3、移动通信的特点和要求

移动通信由于要保持行人、汽车、船舶和飞机等移动体不间断的通信联络;因此,只能使用无线通信这种传输手段。而固定通信则可使用有线和无线各种传输手段。





由于移动通信用于全球的表层和空间,会遇到各种恶劣的地形、环境和气候,因此,要求通信装备必须能适应严酷的使用条件。由于它是用于非通信专业的人员,如司机、士兵和普通老百姓,因此,要求移动终端必须便于使用,易于维护。

而固定通信则可以安装在具有良好条件的固定设施内,可以有技术水平较高的专业人员来保障通信的正常运行。

由于移动通信上述特点,移动通信设备必须满足如下一些使用技术要求:

- (1) 必须作到轻、小、省、牢、便;
- (2) 必须抗拒酷暑、严寒、狂风、暴雨等恶劣气候条件;
- (3) 必须适应山岳、丛林、沙漠、河海、高空等三维空间的不同环境条件;
- (4) 既可车载船装,又能背负手持,要经得起各种移动体的安装机械条件;
- (5) 要在移动通信特有的多普勒频移、瑞利衰落、阴影和点火噪声等变参传播条件下,确保“动中通”;
- (6) 要在工业密集、交通繁忙的市区,频率拥挤、干扰严重的电波环境下,达到电磁兼容;
- (7) 要在收、发、频合、微机、电源及天馈等部件密集的小空间,满足机内的电磁兼容;
- (8) 要有强大的系统开发能力,以适应科技进步的加速,促使电子信息产品更新换代的加快;
- (9) 要有强大的设备制造能力,以满足社会各方面对移动通信器材量大面广的要求。

移动通信的这些特点,以及需要满足的使用技术要求如此苛刻,使得要保证“动中通”的移动通信较“静中通”的固定通信难得多。因此,移动通信系统所能达到的水平,往往综合体现了整个通信技术已经发展的高度。例如单边带大型电台早在20世纪20年代即已应用于点对点的固定通信,而单边带移动电台却迟至20世纪60年代才在技术上发展到可以实用。又如卫星通信,20世纪60年代即已用于远距离地球站之间的固定通信,而海事移动卫星通信则迟至1976年,至于陆地车载卫星通信直到1983年才开始实现。由此可见移动通信技术的难度。

4、全球移动通信大发展的20年

20世纪70年代末移动通信发展到了以蜂窝汽车电话为标志的公众移动通信新阶段,从此全球移动通信市场获得了大发展。20世纪80年代随着各种模拟蜂窝系统在各国的扩展,欧洲感到制式五花八门,不能兼容互通,适应不了欧洲共同体的需求,于是组织开发了泛欧GSM数字蜂窝系统。美国则感到模拟AMPS制式的容量不能适应发展的需求,从扩容并兼容的观点开发了采用TDMA技术的D-AMPS数字蜂窝系统;为进一步扩大容量,又推出了采用CDMA技术的数字蜂窝系统。

近10年来各种低、中、高轨道卫星移动通信系统方案纷纷提出,借以解决全球覆盖、三维空间的个人移动性,为达到个人通信的理想奠定基础。根据预测全球卫星移动电话用户2010年可达2300万户。

与此同时,无线寻呼从512bit/s、1200bit/s低速向6400bit/s的高速发展,并利用卫星进行广域寻呼、全球联网。全球无线寻呼用户数,1990年为2300万个,1994年猛增到7000万个,1996年已突破1亿。在过去5年间,世界无线寻呼用户增长率保持在33%,预

计到 2000 年用户将达到 3.38 亿，其中亚太地区的用户将增至 2 亿。

无绳电话也由 CT0、CT1 等模拟制式进入 DECT、PHS 及 PACS 等全数字制式，并从单机发展到公众接入网。全球无绳电话用户数现已达到 1 亿，DECT 主要在欧洲获得了发展，PHS 前两年在日本以异乎寻常的高速度在普及，至 1996 年底竟达 500 万用户，到 1997 年中达顶峰 700 万户。PACS 以其技术的先进性，正在美国兴起，台湾也在积极开发。

专业调度移动通信也制定了数字无中心通信系统与数字集群通信系统标准，APCO25、iDEN、FHMA 和 TETRA 等不同制式陆续投入运营。这一切构成了当前的第二代移动通信系统，近三年来获得了大发展。

国内企业在移动通信领域同交换机相似出现群体突破，与国外的差距也正在逐步缩小，而且其速度比交换机更快。1999 年，大唐、华为、中兴、金鹏等自主开发的 GSM 系统先后步入产业化发展阶段。现已广泛地应用于全国十多个省、市、自治区，并承担了全国移动骨干智能网和骨干信息网的建设任务。此外，普天等公司在 CDMA 领域也取得了突破性进展。民族移动通信工业的崛起，不仅打破了国外设备垄断中国市场的局面，而且为技术持续创新提供了应用基础和投资保障，并能够根据运营的实际不断推出更为全面、先进和贴近中国需求的产品和技术。这种创新和需求将使民族移动通信产业逐步进入良性循环的轨道。

90 年代 ITU 大力组织研究作为第三代的未来公众移动通信系统，它以全球通用、综合业务作为基本出发点。为实行全球联网，WARC-92 大会将 1885~2025MHz 和 2110~2200MHz 两段总共 230MHz 频带划分给了第三代。国际上正在紧张进行第三代移动通信系统开发，日本与南韩合作，预计 2001 年投入试运营，2002 年开始商用，为世界杯提供服务。同时考虑系统工作在 2000MHz 频段，数据传输速率达 2000kbit/s，因此第三代移动通信系统又定名为“IMT-2000”即“国际移动通信-2000”系统。

1.2.1 无线通信的自然性

就形式而言，无线通信是与人和人的活动密切相关的。若把通信作为信息传输和处理的完整过程，则无线通信的历史就不是一百多年，而是比人类历史还要古老得多的客观存在。比如，人们为了确认一个物体的特性，通常是通过看、听、闻，并通过这些手段确定目标的运行状态，跟踪目标的位置变化，这是所有动物所具有的基本生存能力；在野生动物界，无论是追击猎物，还是逃避追击，各种高级的定位和跟踪技术、信息处理和传递技术被大量使用。这是无线或移动通信的初级形式，也是最高形式，因为近代发明的移动通信技术在很多方面还不能与此相提并论。

显然，人们认识事物的过程是信息获取——信息传输——信息处理——认识的过程。物体本身存在和表现出各种各样、形形色色、非常丰富的信息，有一些是人类器官能够感知的，另一些是人类器官所不能够感知的。如红外线与紫外线信息就是人类的眼睛看不见的；频率在 0~20Hz 之间和 20kHz 以上的声音是人类的耳朵所听不见的。各种信息通过不同的形式和手段到达不同的器官，并传到大脑的不同部分加以处理，然后再传输到大脑中枢；大脑中枢对信息加以综合处理后给出判断结果，并指示身体各部分的下一次任务。

与此相对应，随着人们的认识能力和创造力的提高，科学和技术水平的发展，现代无线通信技术被发明，并在应用中得以发展，影响到人们生活的方方面面，使得信息的交流变得更为如意和方便，加强或提高了人们认识和了解事物的手段。由于这种技术是人类在认识自



然和改造自然的过程中发明创造的，因而把它做再造无线通信或者现代无线通信。

通常，人们对于周围环境的了解是丰富多彩和实时的(多媒体)，表明人们通常会接收到大量的信息。现代移动通信系统，包括无线通信系统的传输能力，还远远没有达到人们的感应器官的信息传递能力；而这正是多媒体移动通信发展的目标。

1.2.2 现代无线通信的起源

由于人们自身信息传递能力的限制，传递信息只能在一个较小的范围内；只有现代通信系统才能满足人们对于远距离信息传递的需要。现代无线通信起源于19世纪赫兹的电磁波辐射实验，使人们认识到电磁波和电磁波能量是可以控制发射的。而马可尼的跨大西洋无线电通信证实了电波携带信息的能力。其理论基础是后来由麦克斯韦建立的麦克斯韦方程组：

$$\nabla \times H = -j\omega D$$

$$\nabla \times D = -j\mu B$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \cdot D = \rho$$

然而，现代意义上的移动通信实验发生在20世纪20年代初期。在美国的底特律，无线接收机被安装在移动的警车中接收从控制台发来的单向消息。当时面临的主要问题是通信接收的可靠性。1928年，一名Prude大学的学生发明了工作于2MHz的超外差无线电接收机，采用这种机器，底特律警察局有了第一个可有效工作的移动通信系统。

20世纪30年代初，移动发射机开始出现。第一部双向移动通信系统投入使用，它被安装在美国新泽西(New Jersey)的Bayonne警察局。当时，庞大的无线电设备占据了车辆的大部分空间。正是在这个时期，移动环境中电波传播的变幻莫测第一次被电台操作员观察到。实验员发现这些问题与车辆的移动有关，并注意到不同的传播路径具有不同的传播特性。从这个时候开始，人们第一次发现并意识到，要想使移动通信设备永远达到满意的接收效果是不可能的。一直到20世纪30年代初期，全世界所有的移动通信系统还都采用幅度调制。30年代晚期，美国Connecticut警察局安装了第一台调频移动通信系统。实践证明在移动通信传播环境中，频率调制(FM: Frequency Modulation)比幅度调制(AM: Amplitude Modulation)要有效得多。因此，到1940年，使用中的移动通信系统几乎都改成了调频系统。

第二次世界大战极大地促进了移动通信的发展。各国武装部队采用了大量的无线电系统，其中大多数是FM系统。种种军事上的需要导致了移动通信事业的巨大变化，其中涉及到系统设计、可靠性和价格等，为以后民用移动通信的大发展奠定了良好的基础。

1.2.3 民用移动通信的发展

随着第二次世界大战的结束，移动电话服务逐步向商业领域推广。1949年，美国联邦通信委员会(FCC: Federal Communication Commission)正式确认移动通信是一种新的电信业务。之后，到1958年用户发展到70万，1963年达到140万。这种情况导致了移动通信市

场，特别是一些都市地区的移动通信市场，对移动服务的需求始终大于可提供的系统容量。几十甚至更多的用户共用一个无线信道的情况是很普遍的。拨号阻塞率达到 65% 甚至更高，使移动业务渐渐萎缩，因为用户发现要得到一个可用的移动信道越来越难。很明显，通信容量已经是阻碍移动通信进一步发展的根源。在这种情况下，人们开始研究更为高效的无线电传输技术。在当时的条件下，技术的发展倾向于两个主要的技术：其一是降低信道的带宽；其二是采用多路复用技术，大大提高了系统的频谱效率和信道效率。

在调频移动电话发展的初期，FM 系统占有 120 kHz 的射频带宽，用于发射仅有 3kHz 的语音信号。为提高频谱效率，1950 年，美国 FCC 把射频带宽降低一半，即 60kHz。然而，那时的 FM 接收机还不能处理这样的窄带信号。因此，在新标准实施的初期，无线通信系统只能每隔一个信道设计一个通信信道，以解决技术上暂时还不能解决的问题。

1956 年，FCC 在 UHF 波段的 450MHz 授权了 12 个电话信道，每个信道的带宽为 50 kHz。到 20 世纪 60 年代初期，由于 FM 技术的发展，信道带宽降低到了 30kHz 的水平上，并且，可以在同一个通信区域使用两个相邻的信道；在 60 年代中期，模拟 FM 系统的频谱效率提高到了第二次世界大战末期的 4 倍。另外，多路复用等先进技术在无线通信系统的应用是无线通信技术进步的又一个重要的里程碑，它大大提高了信道效率，使用户可以从一组信道中选择一个作为通信信道，从而进一步提高了频谱效率和系统的容量。

1.3 蜂窝、无线和个人通信系统的发展

20 世纪 40 年代末期，“蜂窝”的概念出现在贝尔系统的建议之中。这项创造性的思路(非技术)为移动通信领域引入了一个新的模型。研究人员建议用“蜂窝”结构代替在此之前基于功率发射机的“广播”模型。概念上，广播模型把发射机安置到相对很高的位置，通过大功率发射机，使信号覆盖一个很大的区域；蜂窝模型则是通过低功率发射机，每台发射机发射的较弱信号仅覆盖一个较小的区域。在蜂窝模型中，一个较大的通信覆区域由分割出的许多小区域组成，每个小区域由多台收发发射机覆盖，这个小区域通常叫做蜂窝。理论上，为了分析的方便，这个蜂窝结构由正六边形表示，以实现模型上的精确的区域覆盖。在实际情况中，这种理想的情况是不会出现的。最近几年，“蜂窝”概念广义化，出现了宏蜂窝、微蜂窝、微微蜂窝、超微蜂窝和复式蜂窝(MRP)概念。这些概念主要与发射机的覆盖范围和一些特殊应用环境有关，比如街道、办公大楼、生产车间等。推广以后的蜂窝概念，更加广泛地适用于形形色色的应用环境。比如，虽然大多数地区可以用蜂窝概念来概括，但对于北京、上海这样的大都市，对于人口密集和高楼林立商业区域，就很难用单一的蜂窝结构来完美地描述，通常需要用微蜂窝等结构；对于大楼以内，就必须用到微微蜂窝的结构。

从功能上看，蜂窝系统由无线子系统、交换子系统、数据库子系统、处理子系统和外部网络组成。从结构上看，可以分成基站收发信台(BTS: Base Transceiver Station)、基站控制器(BSC: Base Station Controller)、移动业务交换中心(MSC: Mobile Switching Center)、访问用户位置寄存器(VLR: Visitor Location Register)、归属用户位置寄存器(HLR: Home Location Register)、操作维护中心(OMC: Operation and Maintenance Center)、鉴权中心(AC:



Authentication Center)、移动终端(MT: Mobile Terminal)和空中接口(WP: Wireless Port)等。
图 1.1 描绘的就是移动通信系统的一个基本模块结构。

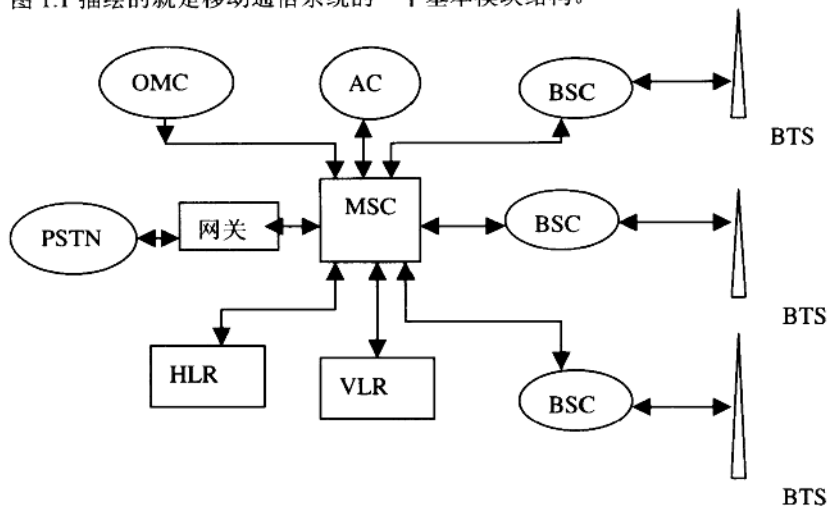


图 1.1 移动通信系统的一个基本模块结构

对于蜂窝系统,通常把全部信道划分成多个不同的组,每个蜂窝使用其中的一组。同一组信道不能在相邻的蜂窝出现,以避免同信道信号近距离干扰;但可以在距离足够远的蜂窝重复出现。就其地理分布结构而言,因为 2 蜂窝组的配置方案使得相邻蜂窝的信道是一样的,而 1 蜂窝组配置方案就是“广播”模型,因此具有干扰防护机制的最小信道组数是 3,即每 3 个蜂窝构成一个基本的组,每个蜂窝使用不同的信道,每 3 个蜂窝组使用所有的信道,3 蜂窝组不断重复形成大区域覆盖。在今天实际的网络设计中(以 GSM 为例),由 7 个蜂窝构成一个基本组是最普遍的,因为此时共信道干扰小于 18db(90%用户感觉通话质量大于 4 级标准,即略有噪声但语音很容易听懂)。但引入扇形结构后,情况有所不同,而 CDMA 及其混合技术更具有不同的信道配置特征。

在实际中,蜂窝有可能是不一样的,覆盖区域也不一定是正六边形,具体的区域形状和区域大小与发射功率、电磁传播环境条件和系统信号接收灵敏度等有密切的关系。频率重用是蜂窝模型的第一个特点,是其优于广播模型的根本所在,它极大地提高了频谱的利用率。

蜂窝模型的第二个重要特点是:干扰与蜂窝之间的绝对距离无关,而仅与使用相同信道组的蜂窝之间的距离 D 和每个蜂窝的半径 R 之比有关,即干扰只与 D/R 有关。由于 R 与发射机的功率、基站的天线高度、接收灵敏度和电波传播的环境有关,所以系统工程师能够决定每个蜂窝的信道配置数。一般地讲,如果干扰严重,就要降低每个蜂窝的信道数配置,这等效于增加了基本群的蜂窝数量,从而提高 D/R 值;反之,则增加每个蜂窝的信道数配置,降低 D/R 值,提高蜂窝系统的频谱利用率。

蜂窝模型的第三个特征是:蜂窝的再分裂和再组合。换句话说,当一个特定地区达到容量极限,接通率明显下降时,系统可以根据实际情况,将该区域的蜂窝分割成更小的蜂窝,以提高频谱利用率,增加该地区的通信容量。前面已经提到,为了实现持续的不间断的通信