



# 移动通信

YIDONG TONGXIN

虞贵财 主编



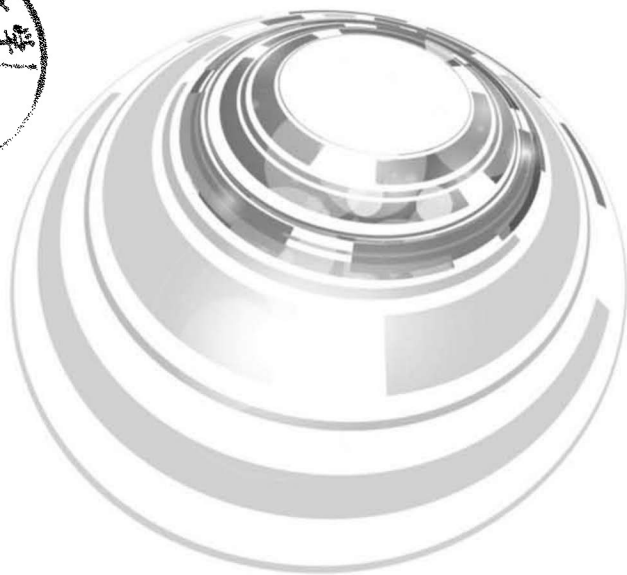
电子科技大学出版社



# 移动通信

YIDONG TONGXIN

虞贵财 主编



电子科技大学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

移动通信 / 虞贵财主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2017.7

ISBN 978-7-5647-4857-9

I. ①移… II. ①虞… III. ①移动通信—高等学校—教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 182099 号

## 移动通信

虞贵财 主编

策划编辑 罗 雅

责任编辑 罗 雅

出版发行 电子科技大学出版社

成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦九楼 邮编: 610051

主 页 [www.uestp.com.cn](http://www.uestp.com.cn)

服务电话 028-83203399

邮购电话 028-83201495

印 刷 成都市火炬印务有限公司

成品尺寸 185mm×260mm

印 张 12.25

字 数 308 千字

版 次 2017 年 7 月第一版

印 次 2017 年 7 月第一次印刷

书 号 ISBN 978-7-5647-4857-9

定 价 42.00 元

版权所有 侵权必究

# 前 言

移动通信技术的发展日新月异,特别是随着第四代(4G)移动通信技术在全国的全面推广,移动通信已成为通信行业发展最活跃、最快的领域之一,它给社会带来了深刻的变化,成为备受青睐的通信手段。然而,这种快速的变化给我们的教学带来了很大的困难,因为原有教材中的有些内容已比较陈旧、落后,难以适应教学的要求,需要修订或重新编写,如何编写一本理论与实践相结合并能适应当前变化的教材就显得尤为重要。为此,我们在参考大量教材、专著及文献资料的基础上,结合多年的教学和实践经验,力求以图文并茂的形式,较详细地介绍移动通信的原理、相关技术及应用,期望能编写出一本既能反映当前移动通信技术发展现状,又能符合学生实际需求,理论与实践相结合的教材。因此,本书在编写过程中兼顾了以下几个方面。

(1)考虑到三本学生的实际情况,在介绍移动通信相关理论知识时,去掉了烦琐的公式推导,浅显易懂地阐明移动通信的基本概念、基本原理和基本技术等。

(2)考虑到当前移动通信的发展现状,对当前已进入正式商用的第四代(4G)移动通信技术的发展现状及相关技术做了详细介绍,并对未来第五代(5G)移动通信技术的发展进行了展望,突出反映了移动通信的最新研究成果。

(3)充分考虑到教材容量和课程学时的限度,对本书内容的编排主次分明,尽力精选素材、精心编写,使本书做到篇幅虽小,但覆盖面大。

本书在编写过程中参考了有关著作和资料,在此对其著作者表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请各位老师、学生(读者)批评指正。

编 者

# 目 录

第 1 章 移动通信概述 .....	1
1.1 引言 .....	1
1.2 移动通信的发展 .....	4
1.3 移动通信的分类及工作方式 .....	10
1.4 移动通信的工作频段 .....	12
1.5 常用的移动通信系统 .....	13
1.6 移动通信基本技术 .....	19
第 2 章 移动通信信道 .....	24
2.1 陆地无线电波传播特性 .....	24
2.2 多径传播的衰落特性 .....	31
2.3 描述多径衰落信道的主要参数 .....	37
2.4 多径信道电波传播损耗模型 .....	46
第 3 章 编码及调制技术 .....	51
3.1 信源编码概述 .....	51
3.2 语音编码 .....	55
3.3 信道编码 .....	74
第 4 章 抗衰落技术 .....	83
4.1 分集技术 .....	83
4.2 均衡技术及应用 .....	96
4.3 交织技术 .....	104
4.4 智能天线技术 .....	106
第 5 章 GSM 移动通信系统 .....	111
5.1 GSM 系统概述 .....	111
5.2 GSM 无线接口 .....	120
5.3 GSM 系统的管理和接续流程 .....	129
5.4 GPRS 网络 .....	140

第 6 章 3G 移动通信系统及其演进 .....	143
6.1 3G 系统 .....	143
6.2 WCDMA 移动通信系统 .....	147
6.3 CDMA 2000 移动通信系统 .....	151
6.4 TD - SCDMA 移动通信系统 .....	157
6.5 3G 的演进 .....	162
第 7 章 第四代(4G)移动通信技术 .....	165
7.1 4G 概况 .....	165
7.2 LTE - TDD 和 LTE - FDD 的关键过程差异 .....	168
7.3 正交频分复用(OFDM)技术 .....	172
7.4 4G 的无线网络规划 .....	174
第 8 章 移动通信发展展望 .....	178
8.1 5G 概况 .....	178
8.2 5G 关键技术 .....	180
8.3 我国 5G 移动通信推进及研发进程 .....	187
参考文献 .....	189

# 第1章 移动通信概述

随着社会的进步和技术的飞速发展,人们对通信方面的消费水平和需求日益提高。传统的电话方式已无法满足信息化的要求。为此,人们发展了形形色色的移动通信方式,以实现及时沟通和信息交流。随着技术的发展和需求牵引,以手机为代表的移动通信终端的价格急剧下降至可被普通百姓阶层接受的水平,有力地促进了移动通信的普及。现在,手机已成为人们身边的必备品和个人信息终端,并极大地改变了人们的生活、学习和工作方式,导致了人们对移动通信依赖性的不断增强;移动通信有力地促进了人们跨区域、跨地区乃至跨全球的信息传输,产生了日益深刻的社会文化影响,使“地球村”的构想成为现实。可见,移动通信已成为现代通信领域中至关重要的一部分,学习和研究与此相关的移动通信技术与系统已成为通信领域中的重要内容。

## 1.1 引言

移动通信是指通信双方中至少有一方是处于运动中进行的通信。例如,固定体(固定无线电台、有线用户等)与移动体(汽车、船舶、飞机或行人等)之间、移动体之间的信息交换,都属于移动通信。这里的信息交换,不仅指双方的通话,还包括数据、电子邮件、传真、图像等方式。

移动通信为人们随时随地、迅速可靠地与通信的另一方进行信息交换提供了可能,适应了现代社会信息交流的迫切需要。因此,随着技术的进步,特别是集成电路技术和计算机技术的发展,移动通信得到了迅速发展,并成为现代通信中一种不可缺少且发展最快的通信手段之一。移动通信系统包括蜂窝移动通信系统、无绳电话系统、无线寻呼系统、集群移动通信系统、卫星移动通信系统等,其中陆地蜂窝移动通信是当今移动通信发展的主流和热点。

移动体之间的通信联系只能靠无线通信;而移动体与固定体之间通信时,除了依靠无线通信技术之外,还依赖于有线通信,如公用电话网(PSTN)、公用数据网(PDN)和综合业务数字网(ISDN)等。

移动通信涉及的范围很广,凡是“动中通”的通信都属于移动通信范畴。限于篇幅,本书重点介绍代表移动通信发展方向、体现移动通信主流技术、应用范围最广的数字蜂窝移动通信技术和系统。

### 1.1.1 移动通信的特点

与其他通信方式相比,移动通信主要有以下特点。

### 1. 无线电波传播复杂

移动通信中基站至用户之间必须靠无线电波来传送信息。目前,典型移动通信系统的工作频率范围在甚高频(VHF,30~300MHz)和特高频(UHF,300~3000MHz)内。该频段的特点是:传播距离在视距范围内,通常为几十千米;天线短,抗干扰能力强;以直射波、反射波、散射波等方式传播,受地形地物影响很大,如在移动通信应用面很广的城市中高楼林立、高低不平、疏密不同、形状各异,这些都使移动通信传播路径进一步复杂化,并导致其传输特性变化十分剧烈,如图1-1所示。由于以上原因,移动台接收信号是由直射波、反射波和散射波叠加而成的,其强度起伏不定,严重时将影响通话质量。

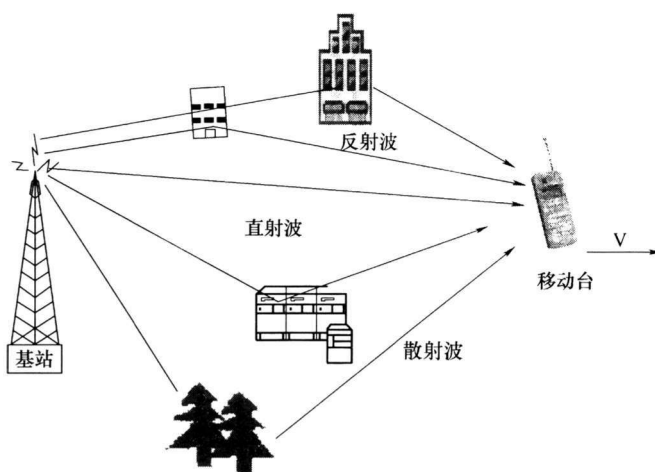


图 1-1 无线电波的多径传播示意图

### 2. 移动台受到的干扰严重

移动台所受到的噪声干扰主要来自城市噪声、车辆发动机点火噪声、微波炉干扰噪声等。对于风、雨、雪等自然噪声,由于频率较低,可忽略其影响。

移动通信网中多频段、多电台同时工作,当移动台工作时,往往受到来自其他电台的干扰,主要的干扰有同频干扰、邻道干扰、互调干扰、多址干扰,以及近地无用强信号压制远地有用弱信号的现象等。所以,抗干扰措施在移动通信系统设计中显得尤为重要。

### 3. 无线电频谱资源有限

无线电频谱是一种特殊的、有限的自然资源。尽管电磁波的频谱相当宽,但作为无线通信使用的资源,国际电信联盟定义 3000GHz 以下的电磁波频谱为无线电电磁波的频谱。由于受到频率使用政策、技术和可使用的无线电设备等方面的限制,国际电信联盟当前只划分了 9kHz~400GHz 范围。实际上,目前使用的较高频段只在几十吉赫兹。由于受到现有技术水平所限,现有的商用蜂窝移动通信系统一般工作在 10GHz 以下,所以可用频谱资源是极其有限的。

为了满足不断增加的用户需求,一方面要开辟和启用新的频段;另一方面要研究各种新技术和新措施,如窄带化、缩小频带间隔、频率复用等方法,新近又出现了多载波传输技术、多人多出技术、认知无线电技术等。此外,有限频谱的合理分配和严格管理是有效利用频谱



资源的前提,这是国际上和各国频谱管理机构和组织的重要职责。

#### 4. 对移动设备的要求高

移动设备长期处于不固定状态,外界的影响很难预料,如振动、碰撞、日晒雨淋,这就要求移动设备具有很强的适应能力,还要求其性能稳定可靠,携带方便、小型、低功耗及能耐高温、低温等。同时,移动设备还要尽量具有使用户操作方便,适应新业务、新技术的发展等特点,以满足不同人群的要求。

#### 5. 系统复杂

由于移动设备在整个移动通信服务区内自由、随机运动,需要选用无线信道进行频率和功率控制,以及位置登记、越区切换及漫游等跟踪技术,这就使其信令种类比固定网络要复杂得多。此外,在入网和计费方式上也有特殊要求,所以移动通信系统是比较复杂的。

### 1.1.2 移动通信系统的组成

移动通信系统是移动体之间,以及固定用户与移动体之间,能够建立许多信息传输通道的通信系统。移动通信包括无线传输、有线传输和信息的收集、处理和存储等,使用的主要设备有无线收发信机、移动交换控制设备和移动终端设备。

得益于需求驱动和技术进步,以集群移动通信系统、小灵通系统为代表的许多移动通信系统的构成与蜂窝移动通信系统越来越相像,所以下面以蜂窝移动通信系统(简称蜂窝系统)为例介绍。基本的蜂窝系统如图 1-2 所示,它包括移动台(MS)、基站(BS)和移动交换中心(MSC)。MSC 负责将蜂窝系统中的所有移动用户连接到公共交换电话网(PSTN)上。每个移动用户通过无线电和某一基站通信,在通话过程中,可被切换到其他基站。移动台包括收发器、天线和控制电路,有便携式和车载式两种。基站包括几个同时处理全双工通信的发送器、接收器及支撑收发天线的塔台。基站将小区中的所有用户通过线缆(如光纤)或微波线路连接到 MSC。MSC 协调所有基站的工作,并将整个蜂窝系统连接到 PSTN 上。基站与移动用户之间的通信接口称为公共空中接口(CAI)。

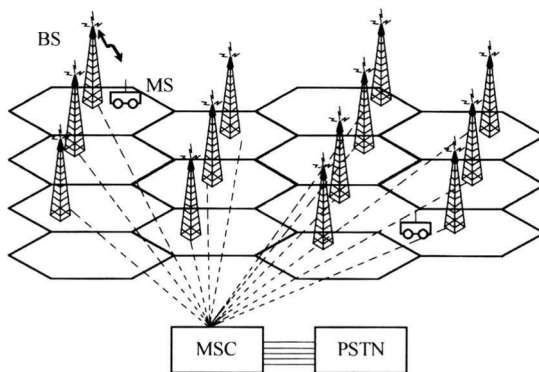


图 1-2 蜂窝移动通信系统组成示意图

移动通信中建立一个呼叫是由 BS 和 MSC 共同完成的。BS 提供并管理 MS 和 BS 之间的无线传输通道;MSC 负责呼叫控制功能,所有的呼叫都是经由 MSC 建立连接的。

## 1.2 移动通信的发展

移动通信从诞生到现在已有 100 多年的历史了。1897 年,意大利科学家马可尼(Marconi)实现了从英国怀特岛(Isle of Wight)到 30km 之外的一条拖船之间的无线传输,这成为移动通信的开端。然而在此后相当长的一段时间内,移动通信的发展比较缓慢,而且一般只应用于军队和政府部门。移动通信的快速发展开始于 20 世纪 80 年代后期,短短的几十年间,各种新技术层出不穷,广泛应用于社会各个领域之中。根据国际电信联盟的统计数据,截至 2009 年年底,全球移动用户数达到 46 亿,这意味着全球每 3 人中就有 2 个移动用户,而在发达国家,许多人拥有多部手机。在我国,移动电话用户数于 2003 年首次超过固定电话用户数。截至 2009 年年底,我国移动用户数达 74 738.4 万。移动通信已是通信领域中最活跃和发展最为迅速的分支,也将是 21 世纪对人类的生活和社会发展有重大影响的科学领域之一。对于移动通信发展的历史,本节主要从世界移动通信的发展和我国移动通信的发展两大方面进行简单的回顾。

### 1.2.1 世界移动通信的发展

现代移动通信技术的发展始于 20 世纪 20 年代,大致经历了 5 个发展阶段。

第 1 阶段从 20 世纪 20 年代至 40 年代初,为移动通信早期发展阶段。当时,移动通信使用范围很小,主要应用在专用系统和军事通信领域,借助于船舶、飞机、汽车等专用移动通信平台,使用的波段为短波波段。由于当时的技术限制,移动通信设备采用电子管,又大又笨重,而且通信效果很差。当时只能采用人工交换和人工切换频率的控制和接续方式,代表系统是 1921 年美国底特律和密执安警察厅使用的车载无线电系统,该系统工作频率为 2MHz。

第 2 阶段从 20 世纪 40 年代至 60 年代末,移动通信取得了进一步的发展,开始运用于民用系统。在频段使用上,则放弃了原来的短波波段,使用 VHF(甚高频)的 150MHz 频段,后来又发展到 400MHz 频段。由于晶体管的出现,移动台向小型化方向大大前进了一步,通信效果也比以前有了明显的好转。交换系统已由人工交换发展为用户直接拨号的专用自动交换系统。在此阶段,美国、英国、日本、西德等国开始应用汽车公用无线电话(MTS 或 IMTS),如 1946 年美国的圣路易斯城建立了世界上第一个公共汽车电话系统。

第 3 阶段从 20 世纪 70 年代至 80 年代末,移动通信开始了空前的快速发展。集成电路技术、微型计算机和微处理器的快速发展,以及由美国贝尔实验室提出的蜂窝系统的概念和其理论在实际中的应用,使得美国、英国、日本、瑞典等国纷纷研制出陆地移动电话系统。这个时期系统的主要技术是 FM(调频)、FDMA(频分多址),以模拟方式工作,加之以蜂窝小区进行组网,故称为模拟蜂窝移动通信系统。其典型系统包括 AMPS 系统、TACS 系统和 NMT 系统等。其中 AMPS(Advanced Mobile Phone System,高级移动电话系统)于 1973 年由美国 MOTOROLA 公司向 FCC(美国联邦通信委员会)提出的,该系统于 1978 年在美国贝尔实验

室研制成功,1983年首次在芝加哥投入商用,同年12月在华盛顿也开始启用。其服务区域在美国逐渐扩大,到1985年3月已经扩展到47个地区,约10万移动用户。TACS(Total Access Communications System,全接入通信系统)于1985年由英国开发,TACS系统实际上是AMPS系统的改进,这种改进主要体现在两个方面:一方面是工作频段不同(AMPS工作频段800MHz,TACS工作频段900MHz),另一方面是信道带宽不同(AMPS信道带宽是30kHz,TACS信道带宽是25kHz)。通过这种改进使TACS系统比AMPS系统具有更大的容量。该系统首先在伦敦投入商用,以后覆盖全国。NMT(Nordic Mobile Telephone,北欧移动电话)系统是由丹麦、挪威、瑞典和芬兰北欧四国研制成功的,NMT系统实际包含两个系统,即NMT-450和NMT-900。NMT-450于1981年首先在瑞典开通,其工作频段为450MHz,频道间隔为25kHz,基站发射功率为25~50W,提供180个双向信道,但容量很快饱和。接着1986年末引入NMT-900,工作在900MHz频段,频道间隔为12.5kHz,有1999个双向信道。

第4阶段从20世纪90年代至20世纪末,这是数字移动通信系统发展和成熟时期。进入20世纪90年代,随着超大规模集成电路和低速率语音编码技术的出现,数字通信技术表现出了比模拟技术更突出的优越性,在移动通信领域也出现了数字技术取代模拟技术的趋势。实际上,模拟蜂窝网在应用中也暴露出一些问题。例如,不同制式系统之间不兼容,不能提供数据业务,频谱效率低,费用昂贵,保密性差等。最主要的问题是其容量已不能满足日益增长的移动用户需求。解决这些问题的方法是开发新一代数字蜂窝移动通信系统。从演进的角度看,习惯上将模拟蜂窝移动通信系统称为1G(1st Generation,第一代移动通信),将数字蜂窝移动通信系统称为2G(2nd Generation,第二代移动通信)。典型的2G系统包括GSM系统IS-95CDMA系统、DAMPS系统和JDC系统。GSM(Global System for Mobile Communications,全球移动通信系统)源自欧洲,基于TDMA方式,并且采用了代表当时先进水平的RPE-LTP(规则脉冲激励-长期预测)语音编码方式和GMSK(高斯滤波最小频移键控)调制技术。因其采用全数字传输,所以在实现技术和管理控制等方面,均与模拟蜂窝移动通信网有较大的差异,也体现出了更多的优势。1991年7月欧洲第一个GSM系统首先在芬兰开通。1992年大多数欧洲运营商也陆续开始提供GSM商用业务。到1994年5月已有50个GSM网在世界上运营,同年10月总客户数已超过400万,国际漫游客户每月呼叫次数超过500万,客户平均增长超过50%。1993年欧洲第一个工作于1800MHz频段的DCS1800系统投入运营,到1994年已有6个运营商采用了该系统。目前,全球GSM家族(GSM/EDGE/WCDMA/HSPA)用户数超过30多亿,分布在212个国家及地区,占到全球移动电话市场份额的80%。

IS-95 CDMA系统是由美国Qualcomm(高通)公司1993年提出的,并被TIA(电信工业协会)采纳为北美数字蜂窝网标准。该系统基于直接序列扩频通信,因此具有天然的抗干扰能力,可以在较低信噪比下工作。由于采用了CDMA多址方式,通过不同的扩频码来区分用户,这样不同的用户可以使用相同的频率,从而大大提高了频谱利用率和系统容量。此外,该系统采用了具有语音检测的可变速率语音编码器,从而显著地减少了所需的传输数据速

率,并减少了移动发射机的电池功耗。1995年下半年,第一个CDMA商用网络在中国香港地区开通;随后CDMA在韩国、美国、澳大利亚等国也得到了大规模商用。

DAMPS(Digital AMPS)系统是由AMPS系统发展而来的,DAMPS系统用数字调制( $\pi/4$ -DQPSK)取代了AMPS系统的模拟调制(FM),并引入了TDMA和低速率语音编码技术(VSELP,矢量和激励线性预测),使得其容量是AMPS系统的3倍。同时因为是数字蜂窝通信系统,所以有时也称为ADC(American Digital Cellular,美国数字蜂窝)或USDC(U. S. Digital Cellular)。此外,DAMPS系统最早是在美国EIA/TIA(电子工业协会/电信工业协会)制定的IS-54标准中被定义的,IS-54经过修订后的标准称为IS-136,所以DAMPS系统有时也被称为IS-54或IS-136。该系统1993年首先在美国应用,随后也主要应用在北美一些国家。

JDC(Japanese Digital Cellular,日本数字蜂窝),现在也称PDC(Pacific Digital Cellular,太平洋数字蜂窝)是由日本自行研发的,1990年日本开始制定相关技术标准(RCR-STD-27B),1993年开始在日本商用。该系统在无线传输方面采纳了与IS-54相似的技术;而在网络管理和控制方面,则采取了和GSM相似的方案。

第5阶段开始于2000年左右,为宽带蜂窝移动通信系统具体的设计、规划和实施阶段。前面介绍的2G典型系统,以其固有的技术优势一经推出便蓬勃发展起来,用户数量急剧增加。然而2G也有自己的不足,主要体现在以下几个方面。

(1)不能满足未来用户的业务需求。第二代移动通信系统是针对传统的语音和低速率数据业务的系统,随着计算机、互联网等的飞速发展,图像、语音、数据相结合的多媒体业务和高速率数据业务将成为必不可少的服务内容,它们的业务量将有可能远远超过传统语音业务的业务量。

(2)不能满足用户容量的发展需求。

(3)几个主流技术相互之间并不兼容,无法实现真正的全球漫游。

因此,在2G广泛应用的同时,以提供宽带高速数据业务为特点的第三代移动通信(3G)技术已经成为移动通信领域的一个新的研究热点。3G的目标主要有以下几个方面。

(1)全球漫游,以低成本的多模手机来实现。全球具有公用频段,用户不再限制于一个地区和一个网络,而能在整个系统和全球漫游。

(2)适应多种环境,采用多层小区结构,即宏蜂窝、微蜂窝、微微蜂窝,将地面移动通信系统和卫星移动通信系统结合在一起,与不同网络互通,提供无缝漫游和业务一致性。

(3)能提供高质量的多媒体业务。

(4)足够的系统容量、强大的多种用户管理能力、高保密性能和服务质量。

3G的研究工作开始于1985年,ITU(International Telecommunication Union,国际电信联盟)当时成立了临时工作组,提出了FPLMTS(Future Public Land Mobile Telecommunication System,未来公共陆地移动通信系统)的概念。1996年,FPLMTS正式更名为IMT-2000(International Mobile Telecommunication-2000,国际移动通信.2000)。IMT-2000是ITU对

3G 的正式称谓,欧洲则称其为 UMTS(Universal Mobile Telecommunication System,通用移动通信系统)。

1997 年年初,ITU。发出通函,向各国征集 IMT-2000 无线传输技术方案,截止到 1998 年 6 月 30 日,ITU 共收到 10 种地面无线传输方案。经过一系列的评估与标准融合,1999 年 11 月举行的 ITU-R TG8/1 赫尔辛基会议上最终确定了第三代移动通信无线接口标准,并于 2000 年 5 月召开的 ITU-R 2000 年全会(RA-2000)上最终得到批准通过,被正式命名为 IMT-2000 无线接口技术规范(M.1457)。此规范包括 CDMA 和 TDMA 两大类共 5 种技术。其中美国电信工业协会(TIA)提交的 CDMA 2000、欧洲电信标准化协会(ETSI)提交的 WCDMA 以及中国电信科学技术研究院(CATT)和大唐电信提交的 TD-SCDMA 为目前所公认的三大主流技术并取得了商用。值得一提的是,ITU 于 2007 年 10 月 19 日宣布,WiMAX 成为 ITU 移动无线标准,这样 IMT-2000 家族中又添一名新成员。

全球最早开展 3G 业务的是日本运营商,NTT DoCoMo 和 KDDI 分别于 2001 年和 2002 年开通了各自的 3G 服务;韩国运营商 SKT 和 KTF 也于 2002 年开始 3G 运营。全球范围内大面积的 3G 网络部署开始于 2003 年,和记电讯于 2003 年在欧洲开通了欧洲第一个 3G 网络,同年 Verizon 也在美国开通了 3G 服务。2004 年,Vodafone、Orange 等运营商则相继在英国、法国、德国、意大利等主要国家开通了 3G 服务。

截至 2009 年 5 月初,全球共有 284 个 WCDMA/HSPA 商用网络,分布在 120 个国家地区。全球共有 106 个 CDMA 2000 1xEV-DO 商用网络,还有 40 个 EV-DO 网络正在部署之中。TD-SCDMA 目前主要在中国部署。

### 1.2.2 中国移动通信的发展

我国移动通信发展起步较晚,移动通信在我国快速发展也仅仅 20 多年,但发展速度和规模令世人瞩目,目前,中国移动已经成为世界上第一大移动运营商,中国拥有全世界最多的手机用户群,中国的通信设备制造企业也已跻身世界五强。图 1-3 为我国历年移动电话用户数的统计数据。这里,对我国移动通信的发展不妨按照移动通信演进的顺序加以介绍,可大致划分为 4 个阶段,即 1G、2G、2.5G 和 3G。

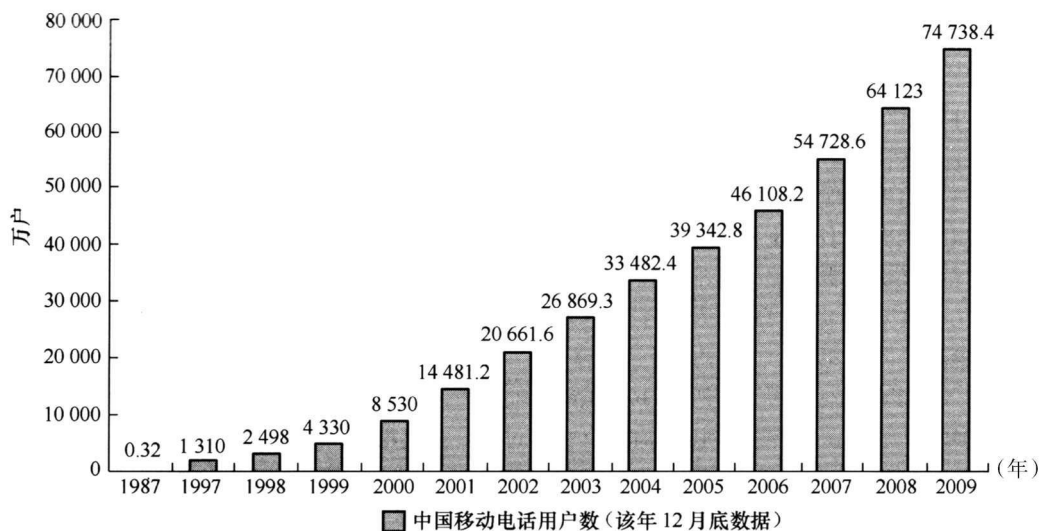


图 1-3 我国历年移动用户数统计

### 第 1 阶段:第一代移动通信(1G)

第一代移动通信是模拟蜂窝移动通信系统,有 3 种典型的系统,即 AMPS、TACS 和 NMT。在 20 世纪 80 年代初期,这 3 种典型的系统在国外相继开通,而中国的移动通信产业此时还是一片空白。在此情况下,1984 年,隶属于原邮电部传输研究所的无线室移动通信组接到了当时邮电部要求跟踪蜂窝移动电话、研究中国移动电话如何上的任务。我国移动通信产业的发展是从引进国外的技术和设备开始的。1987 年 11 月 18 日,借第六届“全运会”开幕之机,中国第一个 TACS 模拟蜂窝移动系统在广东省投入商用,引进的是爱立信的设备。随后北京、上海、福建、四川等省的模拟网也开始建设。仅仅爱立信一家的设备和服务远不能满足当时建网的需要,同时也是为了引入市场竞争机制,原邮电部决定引进摩托罗拉的设备。由于两家产品组建的网络所使用的频率不同,人们通常把用爱立信设备组建的模拟网称为 B 网,把由摩托罗拉设备组建的网络称为 A 网。在这一阶段,这两大设备制造商几乎瓜分了我国的移动通信市场。在北京、天津等城市有 A、B 两网并存的现象。在我国模拟网开通初期,A、B 两网各自之间的联网不成问题,但 A、B 网之间的联网采取的是人工漫游的方式,直到 1996 年才发展为自动漫游。

在我国刚开通模拟移动通信网时,首批用户只有 700 户,1988 年,用户突破 3200 户,1990 年达到 1.8 万户,1994 年激增到 157 万户。但随后我国启动了数字移动通信网,模拟网在竞争中明显处于劣势,最后在原邮电部的统一部署下,模拟用户开始通过自然淘汰、适当引导等方式,逐步转移到数字网,并于 2001 年在全国关闭了 A、B 两网。

### 第 2 阶段:第二代移动通信(2G)

第二代移动通信是数字蜂窝移动通信系统,其典型系统包括 GSM、IS-95CDMA、DAMPS 和 JDC,而以 GSM 和 IS-95CDMA 两大系统在全球应用最为广泛。我国于 1994 年 10 月在广东开通了第一个省级 GSM 数字蜂窝移动网。1995 年 4 月原邮电部在全国 15 个省市相继建 GSM 网,同年 7 月中国联通在京、津、沪、穗 4 个地区开通 GSM 网。

CDMA 在我国的发展开始于 1997 年年底,当时首先在北京、上海、西安、广州 4 个城市开通了 CDMA 商用实验网。该网被称作长城网,是由原邮电部与总参通信部合作成立的长城电信公司经营的。2001 年 1 月,长城网经过资产清算后,正式移交中国联通。2001 年 2 月,联通 CDMA 网络建设的具体筹划工作正式展开。2002 年 1 月中国联通 CDMA 网开通。到 2003 年年底,中国联通 CDMA 用户数突破 1900 万,成为全球第二大 CDMA 运营商。与 1G 相比较,2G 具有如下特点。

- (1) 系统容量提高。
- (2) 语音质量更好。
- (3) 便于实现通信安全保密。
- (4) 能提供多种业务服务,提高通信系统的通用性。
- (5) 能实现更有效灵活的网络管理和控制。
- (6) 可降低设备成本以及减小用户手机的体积和重量。

#### 第 3 阶段:第 2.5 代移动通信(2.5G)

2.5G 移动通信是从 2G 迈向 3G 的衔接性技术。由于 3G 是个相当浩大的工程,所涉及的层面多且复杂,从 2G 演进到 3G 需要有中间过渡,因此出现了介于 2G 和 3G 之间的 2.5G。通常所说的 2.5G 是指 GPRS(General Packet Radio Service,通用分组无线业务)和 CDMA 2000 1x 两种无线技术。相比 2G(GSM 和 IS-95 CDMA),2.5G,技术支持分组数据,实现了更高的数据传输率。

到 2000 年年底,中国移动通信在京宣布启动 GPRS 网络的测试和试验网的建设工作,以便为移动用户提供更好的 Internet 接入和 WAP 服务。2002 年 5 月 17 日中国移动 GPRS 务正式在 160 个城市投入商用。中国联通则于 2005 年 8 月决定在北京、上海、广州、深圳 4 个城市部署自己的 GPRS 网络,到 2008 年 6 月底,中国联通完成了全国 GSM 网络的 GPRS 升级;另外,中国联 2003 年 1 月,在上海率先开通 CDMA 2000 1x 网络,标志着中国联通的 CDMA 移动通信进入了 2.5G。

#### 第 4 阶段:第三代移动通信(3G)

3G 在 2G 数字化基础上,以业务多媒体化为主要目标。2009 年 1 月 7 日,工业和信息化部为中国移动、中国联通和中国电信发放了 3 张 3G 牌照,此举标志着我国正式进入 3G 时代。其中,批准中国移动增加基于 TD-SCDMA 标准的 3G 牌照,中国联通增加基于 WCDMA 标准的 3G 牌照,中国电信增加基于 CDMA 2000 标准的 3G 牌照。实际上,早在 2007 年,中国移动就启动了 TD-SCDMA 试商用网的公开招标,2008 年 4 月,覆盖北京、上海、天津、沈阳、秦皇岛、厦门、广州和深圳 8 个城市的 TD-SCDMA 网络正式启动试商用。截至 2009 年年底,中国移动 TD-SCDMA 网络三期工程正式完工,共建设基站 10.8 万个,网络覆盖了 238 个城市,用户达 510 万户。中国联通则于 2008 年 12 月在 7 个城市推出 WCDMA 试验网,2009 年 10 月 1 日在全国 285 个城市实现 3G 业务正式商用。截至 2009 年年底,中国联通已经建成 11 万个 3G 基站,网络覆盖了 335 个大中城市,用户数达到 274.2 万户,已建成全球

规模最大 WCDMA 网络。而中国电信于 2008 年 8 月在广州部署 CDMA 2000 试验网,2009 年 3 月,陆续在江苏、上海、北京等省市启动 3G 试商用。截至 2009 年年底,中国电信 3G 用户数达 716 万户。

## 1.3 移动通信的分类及工作方式

### 1.3.1 移动通信的分类

移动通信按照不同的分类准则有以下多种分类方法。

- ①按使用对象分为民用通信和军用通信;
- ②按使用环境分为陆地通信、海上通信和空中通信;
- ③按多址方式分为频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA);
- ④按覆盖范围分为广域网、城域网、局域网和个域网;
- ⑤按业务类型分为电话网、数据网和综合业务数字网;
- ⑥按工作方式分为单工、双工和半双工;
- ⑦按服务范围分为专用网和公用网;
- ⑧按信号形式分为模拟网和数字网。

### 1.3.2 移动通信的工作方式

移动通信的传输方式分为单向传输和双向传输。单向传输只用于无线电寻呼系统。双向传输有单工、双工和半双工三种工作方式。

#### 1. 单工通信

单工通信是指通信双方交替地进行收信和发信。单工通信通常用于点到点通信,如图 1-4 所示。根据收、发频率的异同,单工通信又分为同频单工通信和异频单工通信。

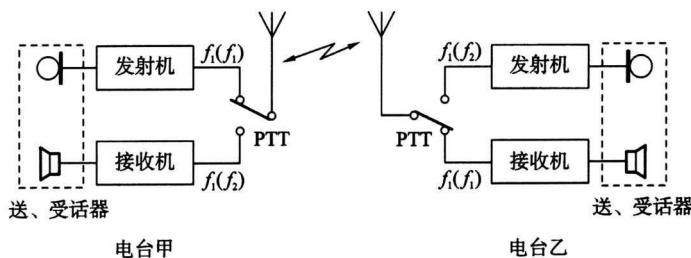


图 1-4 单工通信示意图

同频单工通信是指通信双方(如图 1-4 中的电台甲和电台乙)使用相同的工作频率( $f_1$ ),发送时不接收,接收时不发送。当电台甲要发话时,按下其送、受话器的按讲开关键(PPT),一方面关掉接收机,另一方面将天线接至发射机的输出端,发射机开始工作。当确知电台乙接收到载频为 $f_1$ 的信号时,即可进行信息传输。同样,电台乙向电台甲传输信息也使用载频 $f_1$ 。



同频单工工作的发射机与接收机是轮流工作的,收发天线和发射机、接收机中的某些电路可以共用,所以电台设备简单、省电。但这种工作方式只允许一方发送时另一方接收。例如,在甲方发送期间,乙方只能接收而无法应答,这时即使乙方启动其发射机也无法通知甲方使其停止发送。另外,任何一方发话完毕时,必须立即松开其按讲开关,否则接收不到对方发来的信号。

异频单工通信是指通信双方使用两个不同的频率分别进行发送和接收。例如,电台甲的发射频率和电台乙的接收频率为 $f_1$ ,电台乙的发射频率和电台甲的接收频率为 $f_2$ 。不过,同一部电台的发射机与接收机是轮换进行工作的。

## 2. 双工通信

双工通信是指通信双方可同时进行消息传输的工作方式,亦称全双工通信,如图1-5所示。双工通信分为频分双工(FDD)和时分双工(TDD)。图1-5中,基站的发射机和接收机各使用一副天线,而移动台通过双工器共用一副天线。双工通信一般使用一对频道,以实现频分双工(FDD)的工作方式。这种工作方式使用方便,同普通有线电话相似,接收和发射可同时进行。但是,在电台的运行过程中,不管是否发话,发射机总是工作的,所以电源消耗大,这对用电池作电源的移动台而言是不利的。为解决这个问题,在一些简易通信设备中可以采用半双工通信。

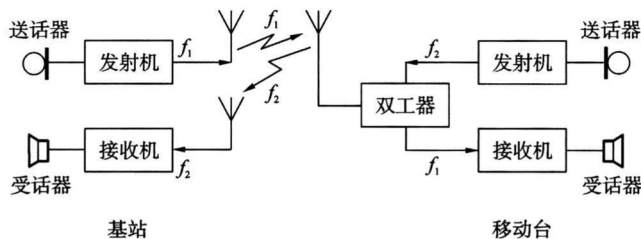


图 1-5 双工通信不意图

## 3. 半双工通信

半双工通信是指移动台采用单工方式,基站采用双工方式的通话方式,如图1-6所示。该方式主要用于解决双工方式耗电大的问题,其组成与图1-5相似,差别在于移动台不采用双工器,而是通过按讲开关使发射机工作,接收机总是工作的。基站工作情况与双工方式完全相同。

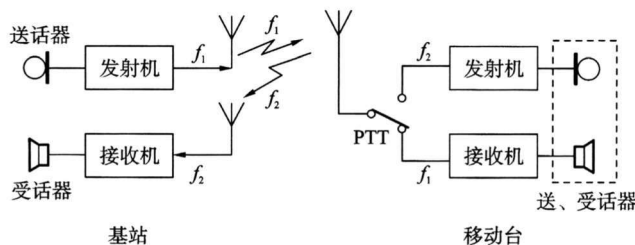


图 1-6 半双工通信示意图