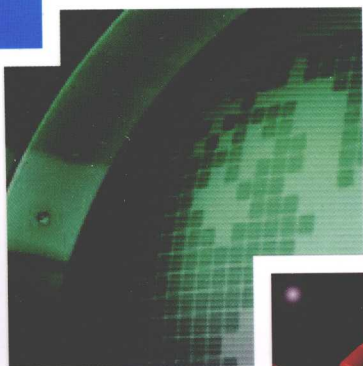


21 世纪高等院校信息与通信工程规划教材
21st Century University Planned Textbooks of Information and Communication Engineering

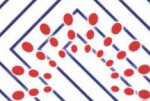
数字 移动通信

康晓非 暴宇 编著

Digital Mobile
Communications

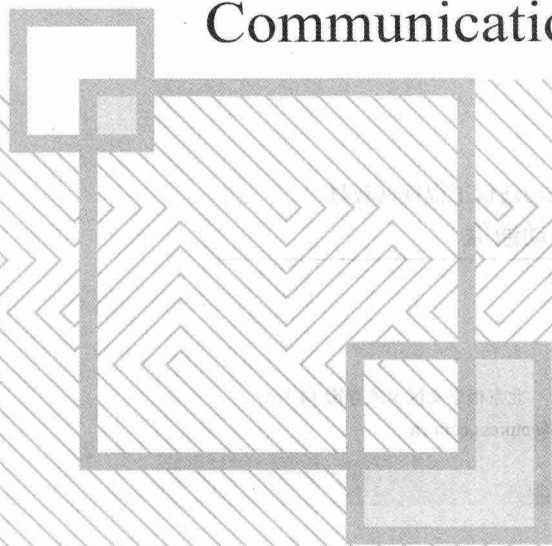


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



高校系列

Digital Mobile Communications



人民邮电出版社
北 京



图书在版编目 (CIP) 数据

数字移动通信 / 康晓非, 暴宇编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2010.8

(21世纪高等院校信息与通信工程规划教材)

ISBN 978-7-115-23270-0

I. ①数… II. ①康… ②暴… III. ①数字通信: 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(2010)第118091号

内 容 提 要

本书介绍了移动通信的基本概念、主要技术和典型系统, 以及移动通信领域最新技术的发展。

全书分为3个部分。第1部分(第1章)主要介绍移动通信的发展和基本概念, 使读者对移动通信有一个总体认识。第2部分(第2章~第3章)主要介绍移动通信的基本理论和主要技术, 包括移动信道理论、蜂窝技术、编码技术、交织技术、分集技术、数字调制技术等。在阐述过程中突出每种技术的作用、原理及在移动通信系统中的应用。第3部分(第4章~第6章)主要介绍广泛应用的典型移动通信系统, 包括GSM和GPRS系统、IS-95 CDMA和cdma2000 1x系统、第三代移动通信系统(WCDMA、cdma2000和TD-SCDMA)及其演进。在阐述时将每个系统的特点、网络结构和空中接口作为重点。

本书可作为高等工科院校通信工程和相关专业的高年级学生教材, 也可供移动通信领域的工程技术人员学习参考。

21世纪高等院校信息与通信工程规划教材

数字移动通信

◆ 编 著 康晓非 暴 宇

责任编辑 滑 玉

执行编辑 董 楠

◆ 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>

北京鑫正大印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 11.5

字数: 279千字

2010年8月第1版

2010年8月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-23270-0

定价: 24.00元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

移动通信是通信领域中最活跃和发展最为迅速的分支,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。截至 2009 年年底,全球移动用户数已达到 46 亿,我国移动用户数则超过 7.47 亿。移动通信的快速发展激发了人们学习移动通信知识的热情,也推动了移动通信教学的发展,并增加了对移动通信教材的需求。近年来,国内外出版了不少移动通信类的教材,其中不乏优秀之作。考虑到技术更新快、课时受限及专业特点等因素,编者在参考大量文献的基础上,结合多年在移动通信领域工作、教学和科研的经验编写了本书。本书从工程应用的角度关注基本原理和主要技术,论证简明扼要,尽量避免繁琐的数学推导。

全书共分为 6 章。第 1 章介绍移动通信的发展历史和移动通信中的一些基本概念。第 2 章介绍移动无线信道的相关理论。第 3 章介绍移动通信的主要技术,包括蜂窝技术、编码技术、交织技术、分集技术和数字调制技术等。第 4 章和第 5 章主要介绍广泛应用的典型移动通信系统,包括 GSM 和 GPRS 系统、IS-95 CDMA 和 cdma2000 1x 系统。第 6 章介绍第三代移动通信系统(cdma2000、WCDMA 和 TD-SCDMA)及其演进。每章都给出一定量的习题与思考题,帮助读者巩固所学的知识,启发思路。附录中列出了移动通信常用英文缩略语的中文对照表,以方便读者的学习。

本书可作为高等工科院校通信工程和相关专业的高年级学生教材,也可供移动通信领域的工程技术人员学习参考。

本书第 1 章~第 4 章由康晓非编写,第 5 章~第 6 章和附录由暴宇编写。康晓非对全书进行了统稿和审定。

在本书编写过程中,杨家玮、韦惠民提出许多宝贵的建议,李白萍、殷晓虎、崔星、李阳等也给予很多帮助,在此一并表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 4 月

目 录

第1章 移动通信概述	1	3.1.3 频率复用	33
1.1 移动通信的发展	1	3.2 多址技术	36
1.1.1 世界移动通信的发展	1	3.2.1 多址方式的概念	36
1.1.2 中国移动通信的发展	4	3.2.2 3种多址方式的特点	37
1.2 移动通信基本概念	6	3.2.3 3种多址方式的比较	39
1.2.1 移动通信的定义及特点	6	3.3 编码及交织技术	41
1.2.2 移动通信的分类	7	3.3.1 语音编码	41
1.2.3 移动通信的工作频段	8	3.3.2 信道编码	44
1.2.4 移动通信的工作方式	8	3.3.3 交织	48
1.3 常用移动通信系统	10	3.4 数字调制技术	49
1.3.1 无绳电话系统	10	3.4.1 数字调制技术概述	49
1.3.2 集群移动通信系统	12	3.4.2 恒包络调制	50
1.3.3 无线电寻呼系统	13	3.4.3 线性调制	57
1.3.4 卫星移动通信系统	14	3.5 分集技术	63
1.3.5 蜂窝移动通信系统	14	3.5.1 分集技术的概念	63
本章小结	15	3.5.2 分集技术的分类	63
习题与思考题	15	3.5.3 典型的分集技术	64
第2章 移动通信信道	17	3.5.4 常用的合并技术	66
2.1 移动通信信道基本特性	17	本章小结	68
2.1.1 移动通信信道的主要特点	17	习题与思考题	68
2.1.2 电波传播方式	17	第4章 GSM和GPRS系统	70
2.1.3 接收信号中的4种效应	18	4.1 GSM系统	70
2.2 衰落	19	4.1.1 GSM系统概述	70
2.2.1 大尺度衰落	20	4.1.2 GSM系统组成	71
2.2.2 小尺度衰落	22	4.1.3 GSM无线接口理论	75
2.3 噪声和干扰	26	4.1.4 GSM主要技术	86
2.3.1 移动通信中的噪声	26	4.1.5 GSM的区域与编号计划	91
2.3.2 移动通信中的干扰	27	4.2 GPRS网络	95
本章小结	28	4.2.1 GPRS概述	95
习题与思考题	28	4.2.2 GPRS的业务	95
第3章 移动通信主要技术	29	4.2.3 GPRS网络结构	96
3.1 蜂窝技术	29	4.2.4 GPRS空中接口	98
3.1.1 蜂窝的概念	29	4.2.5 GPRS优势及其局限性	99
3.1.2 切换	31	本章小结	101

习题与思考题	101	5.7.2 cdma2000 1x 前向链路 信道组成	135
第 5 章 IS-95 CDMA 和 cdma2000 1x 系统	102	5.7.3 cdma2000 1x 反向链路 信道组成	138
5.1 IS-95 CDMA 系统概述	102	5.7.4 cdma2000 1x 中的功率 控制和切换	141
5.1.1 IS-95 CDMA 的产生和发展	102	本章小结	142
5.1.2 IS-95 载波带宽的选择和 蜂窝结构的变化	104	习题与思考题	142
5.1.3 采用直扩 CDMA 技术带来的 好处和存在的问题	104	第 6 章 3G 移动通信系统及其演进	143
5.2 IS-95 CDMA 数字蜂窝移动 通信系统	105	6.1 3G 系统概述	143
5.2.1 CDMA 网络结构与组成	105	6.1.1 3G 移动通信标准	144
5.2.2 IS-95 CDMA 系统接口	109	6.1.2 3G 移动通信业务	145
5.3 IS-95 CDMA 系统的无线链路	111	6.1.3 3G 商用概况	146
5.3.1 IS-95 前向信道	111	6.2 WCDMA 移动通信系统	147
5.3.2 IS-95 反向信道	119	6.2.1 WCDMA 系统网络结构	147
5.4 IS-95 CDMA 系统的同步与 定时	124	6.2.2 WCDMA 系统技术特点	148
5.5 IS-95 CDMA 系统的功率控制	124	6.2.3 WCDMA 系统信道结构	150
5.5.1 功率控制的必要性和 局限性	124	6.3 TD-SCDMA 移动通信系统	153
5.5.2 输出功率的限制	125	6.3.1 TD-SCDMA 系统技术特点	153
5.5.3 功率控制的分类与方法	126	6.3.2 TD-SCDMA 系统信道结构	156
5.5.4 IS-95 系统中的功率控制	127	6.4 cdma2000 移动通信系统	158
5.6 IS-95 的软切换技术及其漫游	129	6.5 3G 的演进	160
5.6.1 IS-95 切换分类	129	6.5.1 3G 的演进路线	160
5.6.2 IS-95 的软切换过程	130	6.5.2 LTE 技术简介	161
5.6.3 IS-95 CDMA 的漫游	131	6.5.3 LTE-Advanced 技术简介	163
5.7 cdma2000 1x	132	6.5.4 WiMAX 的演进	165
5.7.1 cdma2000 1x 技术标准	132	本章小结	165
		习题与思考题	165
		附录 英文缩略语	167
		参考文献	177

移动通信是通信技术研究中最活跃、发展最为迅速的领域之一，也是 21 世纪对人类的生活和社会发展有重大影响的科学技术领域之一。本章首先回顾了移动通信的发展历程，接着介绍了移动通信中的一些基本概念，使读者对移动通信有一个概括了解。

1.1 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，这成为了移动通信的开端。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。

1.1.1 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带,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 1 999 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-95 CDMA 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)技术已经成为了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 cdma2000、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 cdma2000 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。

1.1.2 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 1-1 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。

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

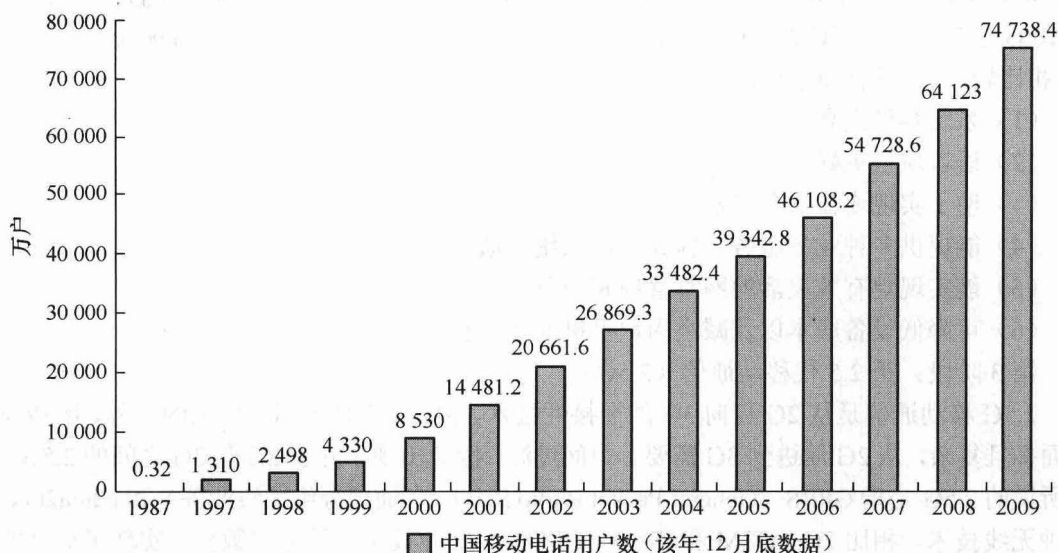


图 1-1 我国历年移动用户数统计

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两网各自之间的连网不成问题,但A、B网之间的连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 1 900 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 cdma2000 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。

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 业务正式在 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 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，中国联通于 2003 年 1 月，在上海率先开通 cdma2000 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 cdma2000 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 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 cdma2000 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。

1.2 移动通信基本概念

1.2.1 移动通信的定义及特点

移动通信，是指通信双方或至少有一方处于移动中进行信息传输和交换的通信方

式。要移动就要摆脱传输导线的束缚,所以移动通信首先是一种无线通信方式,但移动通信又不同于微波等固定点之间的无线通信。移动通信具有无线性和移动性的双重特征。由于移动通信的特殊要求,它和其他种类的通信形式相比,具有以下几个明显的主要特点。

(1) 移动通信利用无线电波进行信息传输。利用无线电波这种传播媒质能够允许通信中的用户在一定范围内自由活动,其位置不受束缚,不过无线电波的传播特性一般都较差。首先,移动通信的运行环境十分复杂,电波不仅会随着传播距离的增加而发生弥散和损耗,而且会受到地形、地面物体的遮蔽而发生“阴影效应”,此外信号经过多点反射,会从多条路径到达接收地点,这种多径信号的幅度、相位和到达时间都不一样,它们相互叠加会产生电平衰落和时延扩展;其次,移动通信常常在快速移动中进行,这不仅会引起多普勒频移,产生随机调频,而且会使得电波传播特性发生快速的随机起伏,严重影响通信质量。因此,移动通信系统必须根据移动信道的特征,进行合理的设计。

(2) 移动通信是在复杂的干扰环境中运行的。在移动通信系统中,除去一些常见的外部干扰,如天电干扰、工业干扰和信道噪声外,系统自身及不同系统之间,也会产生各种干扰,归纳起来包括邻道干扰、互调干扰、共道干扰、多址干扰,以及远近效应等。因此,在移动通信系统中,如何减小这些有害干扰的影响是至关重要的。

(3) 随着移动通信业务量的需求与日俱增,移动通信可以利用的频谱资源非常有限。如何提高通信系统的通信容量,始终是移动通信发展中的焦点。为了解决这一问题,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,以压缩信号所占的频带宽度和提高频谱利用率。可以说,移动通信无论是从模拟向数字过渡,还是向新一代发展,都离不开新技术的支持。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) 对移动台的要求高。移动台长期处于不固定位置状态,外界的影响很难预料,如尘土、振动、碰撞、日晒雨淋,这就要求移动台具有很强的适应能力;此外,还要求移动台性能稳定可靠,携带方便,小型,低功耗及能耐高、低温等;同时,要尽量使用户操作方便,适应新业务、新技术的发展,以满足不同人群的使用需求。这给移动台的设计和制造带来了很大困难。

(5) 通信容量有限。频率作为一种资源必须合理安排和分配,由于适于移动通信的频段仅限于 UHF 和 VHF,所以可用的通信容量是极其有限的。为满足用户需求量的增加,只能在有限的已有频段中采取有效利用频率措施,如采用窄带化缩小频带间隔、频率复用等方法来解决。目前常使用频道重复利用的方法来扩容,增加用户容量。但除此之外,每个城市在通信建设中要做出长期增容的规划,以利于今后发展需要。

(6) 通信系统复杂。由于移动台在通信区域内随时运动,需要随机选用无线信道,进行频率和功率控制、地址登记、越区切换及漫游存取等跟踪技术,这就使其信令种类比固定网要复杂得多。此外,在入网和计费方式上也有特殊的要求,所以移动通信系统是比较复杂的。

1.2.2 移动通信的分类

移动通信有以下多种分类方法。

- (1) 按使用对象可分为民用网和军用网。
- (2) 按使用环境可分为陆地通信、海上通信和空中通信。
- (3) 按多址方式可分为频分多址 (FDMA)、时分多址 (TDMA) 和码分多址 (CDMA) 等。
- (4) 按覆盖范围可分为广域网和局域网。
- (5) 按业务类型可分为电话网、数据网和综合业务网 (多媒体网)。
- (6) 按工作方式可分为同频单工、异频单工、异频双工和半双工。
- (7) 按服务范围可分为专用网和公用网。
- (8) 按信号形式可分为模拟网和数字网。

1.2.3 移动通信的工作频段

移动通信主要使用 VHF 和 UHF 频段, 其主要原因有以下 3 点。

(1) VHF/UHF 频段较适合移动通信。从 VHF/UHF 频段的电波传播特性来看, 主要是在视距范围内传播, 一般为几到几十千米, 比较适合移动通信 (无线电波覆盖区域可控)。

(2) 天线较短, 便于携带和移动。天线长度决定于波长, 移动台中使用最多的是 $\lambda/4$ (λ 为电波波长) 的鞭状天线。例如, 当频率为 150MHz 时, 鞭状天线的长度约为 50cm, 450MHz 时约为 17cm, 900MHz 时约为 8cm, 因而便于制作、移动, 携带方便。

(3) 抗干扰能力强。由于工业火花干扰及天电干扰等属于脉冲干扰, 因而频率越高, 干扰幅度越小, 从而使工作在 VHF/UHF 频段的设备, 可以用较小的发射功率获得较好的信噪比。

目前, 蜂窝移动通信系统使用的频段主要有: 800MHz 频段 (CDMA)、900MHz 频段 (AMPS、TACS、GSM)、1 800MHz 频段 (DCS1800)、2GHz 频段 (cdma2000、WCDMA、TD-SCDMA)。

1.2.4 移动通信的工作方式

从传输方式的角度, 无线通信分单向传输 (广播式) 和双向传输 (应答式)。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 3 种工作方式。

1. 单工通信

单工通信是指通信双方电台交替地进行收信和发信。根据收、发频率的异同, 又可分为同频单工和异频单工。单工通信常用于点到点通信, 如图 1-2 所示。

同频单工是指通信双方 (如图中的电台 A 和电台 B) 使用相同的频率 (f_1) 工作, 操作采用“按一讲” (Push To Talk, PTT) 方式, 平时双方的接收机均处于守听状态。同频单工工作方式的收发信机是轮流工作的, 故收发天线可以公用, 收发信机中的某些电路也可公用, 因而电台设备简单、省电, 且只占用一个频点。但是, 这样的工作方式只允许一方发送时另一方进行接收。此外, 任何一方当发话完毕时, 必须立即放开所占用的资源进入等待接收状态, 否则将收不到对方发来的信号。

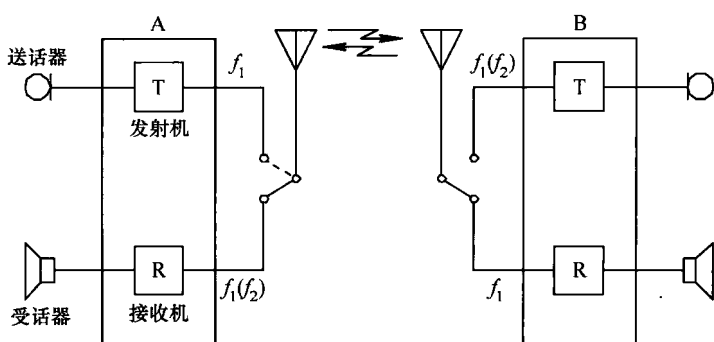


图 1-2 单工通信

异频单工通信方式，收发信机使用两个不同的频率（ f_1 和 f_2 ）分别进行发送和接收。不过，同一部电台的发射机与接收机还是轮转换进行工作的，这一点是与同频单工相同的。异频单工与同频单工的差异仅仅是收发频率的异同而已。

2. 双工通信

双工通信是指通信的双方收发信机均同时工作，即任一方在发话的同时，也能收听到对方的话音，也称为全双工通信。公用移动通信系统一般采用这种方式。全双工有频分双工（Frequency Division Duplex, FDD）和时分双工（Time Division Duplex, TDD）两种实现方式。

频分双工（FDD）是一种上行链路（移动台到基站）和下行链路（基站到移动台）采用不同频率（有一定频率间隔要求）工作的方式。FDD 模式工作在对称的频带上，如图 1-3 所示。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，故电源消耗较大，这一点对用

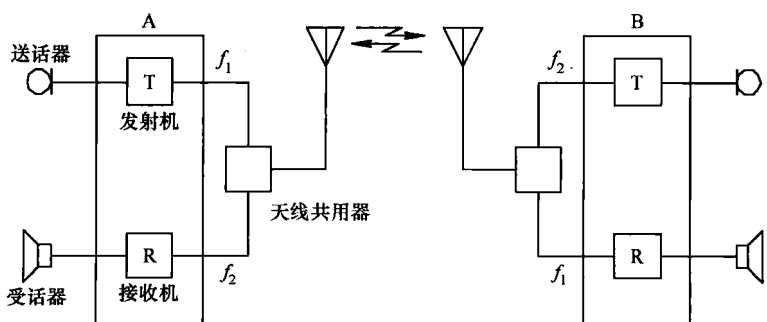


图 1-3 频分双工通信

电池作电源的移动台而言是不利的。为缓解这个问题，在一些简易通信设备中可以采用半双工通信方式。

时分双工（TDD）是一种上行链路和下行链路使用相同频率而通过不同的时隙来区分的双工方式。TDD 模式是工作在非对称频带上的，物理信道上的时隙分为发射和接收两部分，通信双方的信息是交替发送的。

3. 半双工通信

半双工通信是介于单工通信和全双工通信之间的一种通信方式，如图 1-4 所示。移动台（B）采用类似单工的“按一讲”方式，即按下按讲开关，发射机才工作，而接收机总是工作的。基站（A）工作情况与双工方式完全相同。半双工通信的特点是：设备简单，功耗小，但操作仍不太方便。所以该方式主要用于专用移动通信系统中，如汽车调度等。

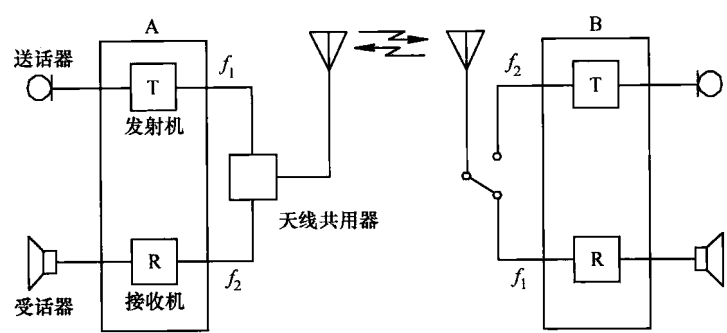


图 1-4 半双工通信

1.3 常用移动通信系统

随着移动通信应用范围的扩大，移动通信系统的类型也越来越多。典型的移动通信系统包括：无绳电话系统、集群移动通信系统、无线电寻呼系统、卫星移动通信系统、蜂窝移动通信系统，而其中以蜂窝移动通信系统应用最为广泛。下面分别加以简单介绍。

1.3.1 无绳电话系统

简单的无绳电话机是把普通的电话单机分成座机和手机两部分，座机与有线电话网连接，手机与座机之间利用无线方式进行连接，这样允许携带手机的用户可以在一定范围内自由活动进行通话。因为手机与座机之间不需要用电线连接，故称之为“无绳”电话机。

无绳电话是一种以有线电话网为依托的通信方式,也可以说它是有线电话网的无线延伸,具有发射功率小、省电、设备简单、价格低廉、使用方便等优点,自 20 世纪 70 年代后期出现以来发展迅速。

1. 第一代无绳电话系统

第一代无绳电话系统,每个座机只允许连接一个手持机,覆盖仅限于家庭或办公室的几个房间范围,如图 1-5 所示。

2. CT-2 系统

第二代数字无绳电话系统(CT-2),把覆盖范围扩展到室外。在室外,CT-2 把基站安装到人口密集区,如购物商场、繁华街道等。只要无绳电话机是某个基站提供商的用户,就可在该基站服务区内任意打电话,但不能从基站呼入到无绳电话,因为网络不具有对移动用户的路由支持。为了弥补这一点,有效 CT-2 电话内置了一个寻呼机。CT-2 不支持切换。

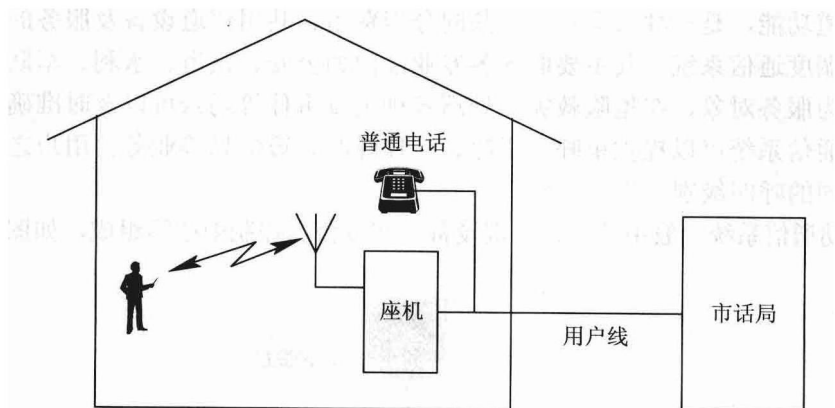


图 1-5 第一代无绳电话系统示意图

3. DECT 系统

无绳电话系统的另一个演进是欧洲的 DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) 系统,它主要是针对办公楼设计的。DECT 系统主要功能是为了一幢大楼内的用户交换机 (Private Branch Exchange, PBX) 的电话使用者提供局部的移动性。

DECT 系统在楼内安装了许多基站,这些基站通过控制器与 PBX 相连。手持机与距离最近的基站通信,当用户移动到另一个基站覆盖区域时,系统能进行呼叫切换。DECT 系统的用户也可以接听电话。

4. PHS 系统

更为先进的无绳电话系统是日本的 PHS (Personal Handy-phone System)。PHS 系统拥有广泛分布的基站,能支持基站间的切换和呼叫路由,如图 1-6 所示。它与 DECT 有着类似之处,但它更多地考虑了与 ISDN 兼容的问题。该系统在中国被称为“小灵通”系统,由于价