

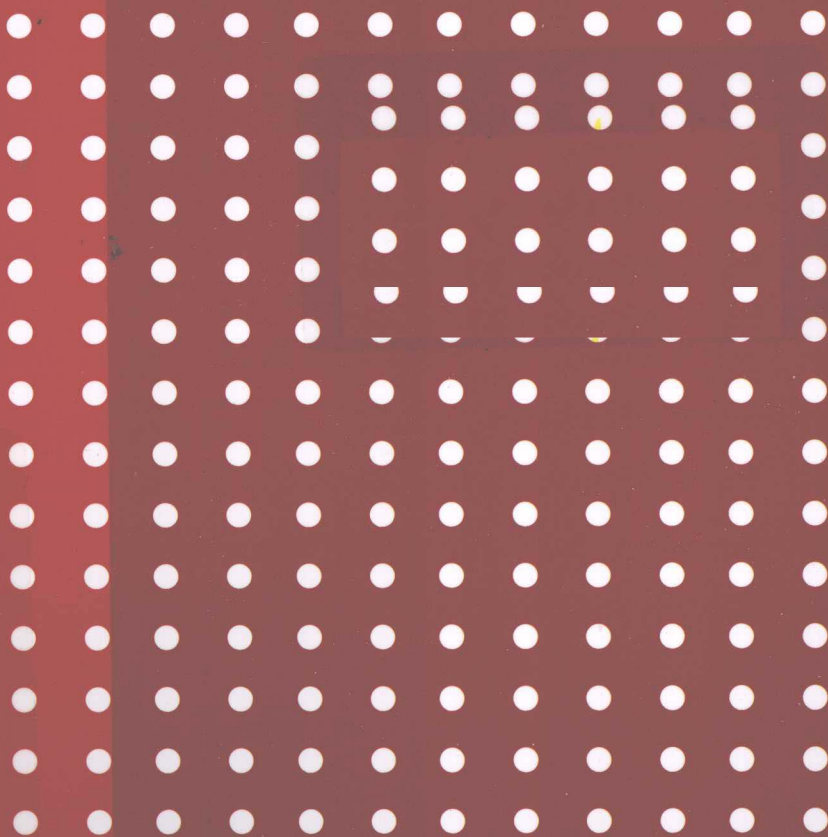
21世纪高等学校电子信息工程规划教材

可下载教学资料

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

移动通信系统

陈威兵 何松华 彭曙光 编著

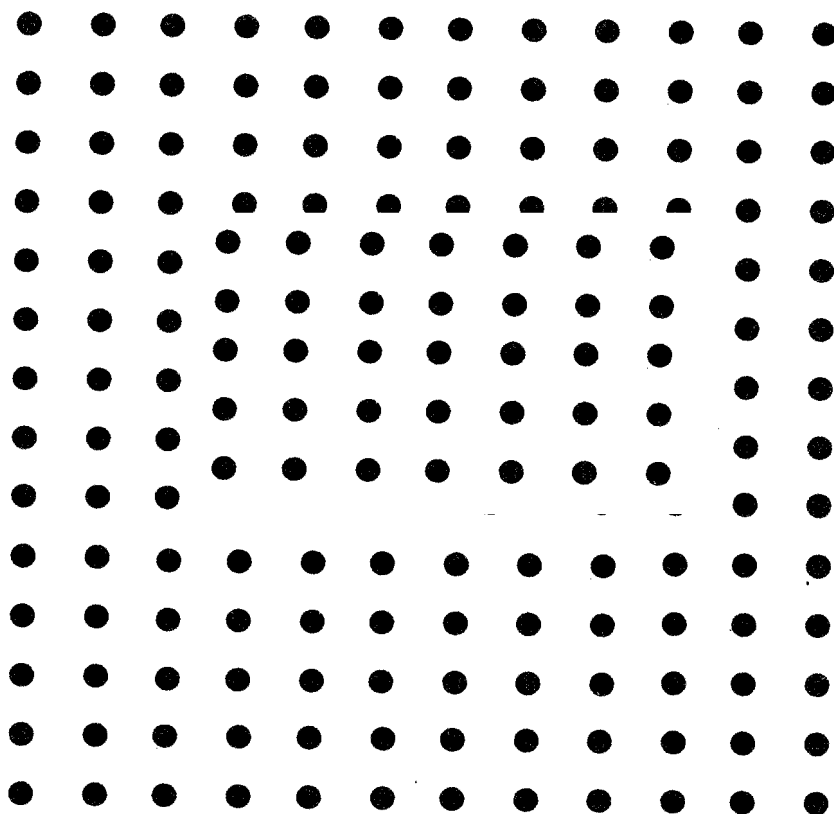


清华大学出版社

21 世纪高等学校电子信息工程规划教材

移动通信系统

陈威兵 何松华 彭曙光 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书对 1G 至 B3G 的各类移动通信系统的网络结构、关键技术、系统特点、应用方式和业务形式进行了全面详细的阐述;介绍了移动通信系统的规划、设计与优化的方法;也对移动通信和计算机网络通信的融合方式进行了全面探讨。本书在编写过程中注重实用性,力争做到内容全面、语言通俗易懂,同时注意吸纳移动通信领域最新研究成果,尽量涉及最新出现的技术、协议和规范。

本书可作为高等院校的通信工程、电子信息工程和计算机应用等专业的高年级本科生和研究生的相关课程的教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

本书扉页为防伪页,封面贴有清华大学出版社防伪标签,无上述标识者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

移动通信系统/陈威兵,何松华,彭曙光编著. —北京:清华大学出版社,2010.4

(21 世纪高等学校电子信息工程规划教材)

ISBN 978-7-302-19168-1

I. ①移… II. ①陈… ②何… ③彭… III. ①移动通信—通信系统—高等学校—教材

IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 025641 号

责任编辑:付弘宇

责任校对:梁 毅

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:18.5 字 数:459 千字

版 次:2010 年 4 月第 1 版 印 次:2010 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:28.00 元

产品编号:028781-01

出版说明

随着我国高等教育规模的扩大和产业结构调整的进一步完善,社会对高层次应用型人才的需求将更加迫切。各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,合理调整和配置教育资源,在改革和改造传统学科专业的基础上,加强工程型和应用型学科专业建设,积极设置主要面向地方支柱产业、高新技术产业、服务业的工程型和应用型学科专业,积极为地方经济建设输送各类应用型人才。各高校加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的力度,从而实现传统学科专业向工程型和应用型学科专业的发展与转变。在发挥传统学科专业师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势的同时,不断更新其教学内容、改革课程体系,使工程型和应用型学科专业教育与经济建设相适应。

为了配合高校工程型和应用型学科专业的建设和发展,急需出版一批内容新、体系新、方法新、手段新的高水平电子信息类专业课程教材。目前,工程型和应用型学科专业电子信息类专业课程教材的建设工作仍滞后于教学改革的实践,如现有的电子信息类专业教材中有不少内容陈旧(依然用传统专业电子信息教材代替工程型和应用型学科专业教材),重理论、轻实践,不能满足新的教学计划、课程设置的需要;一些课程的教材可供选择的品种太少;一些基础课的教材虽然品种较多,但低水平重复严重;有些教材内容庞杂,书越编越厚;专业课教材、教学辅助教材及教学参考书短缺,等等,都不利于学生能力的提高和素质的培养。为此,在教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议下,清华大学出版社组织出版本系列教材,以满足工程型和应用型电子信息类专业课程教学的需要。本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点:

(1) 系列教材主要是电子信息学科基础课程教材,面向工程技术应用培养。本系列教材在内容上坚持基本理论适度,反映基本理论和原理的综合应用,强调工程实践和应用环节。电子信息学科历经了一个多世纪的发展,已经形成了一个完整、科学的理论体系,这些理论是这一领域技术发展的强大源泉,基于理论的技术创新、开发与应用显得更为重要。

(2) 系列教材体现了电子信息学科使用新的分析方法和手段解决工程实际问题。利用计算机强大功能和仿真设计软件,使得电子信息领域中大量复杂的理论计算、变换分析等变得快速简单。教材充分体现了利用计算机解决理论分析与解算实际工程电路的途径与方法。

(3) 系列教材体现了新技术、新器件的开发应用实践。电子信息产业中仪器、设备、产品都已使用高集成化的模块,且不仅仅由硬件来实现,而是大量使用软件和硬件相结合的方法,提高产品性价比,如何使学生掌握这些先进的技术、创造性地开发应用新技术是本系列教材的一个重要特点。

(4) 以学生知识、能力、素质协调发展为宗旨,系列教材编写内容充分注意了学生创新

能力和实践能力的培养,加强了实验实践环节,各门课程均配有独立的实验课程和课程设计。

(5) 21 世纪是信息时代,学生获取知识可以是多种媒体形式和多种渠道的,而不再局限于课堂上,因而传授知识不再以教师为中心,以教材为唯一依托,而应该多为学生提供各类学习资料(如网络教材,CAI 课件,学习指导书等)。应创造一种新的学习环境(如讨论,自学,设计制作竞赛等),让学生成为学习主体。该系列教材以计算机、网络和实验室为载体,配有多种辅助学习资料,提高学生学习兴趣。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校电子信息工程规划教材编委会

联系人: 魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

移动通信技术是近 30 年来发展最快的技术之一。自 20 世纪 70 年代末以来,已经经历了以模拟蜂窝通信为标志的第一代移动通信系统(1G),以数字蜂窝通信为标志的第二代移动通信系统(2G),以数据通信业务为主要标志的第三代移动通信系统(3G)等重要阶段。现在全球正处在全面迈向 3G 的过程中,B3G/4G 技术的研究也在进行,相关标准化组织已着手制定其标准。我国现时的移动通信发展基本与世界同步,2007 年下半年还在上海建成了世界上最大的 B3G/4G 实验系统。

编写本书的目的是为了给通信工程的学生和从业人员提供一本合适的书籍,方便其全面了解各类移动通信系统,特别是最新出现的移动通信技术和规范;同时,也给相近专业的人员提供一个了解移动通信的窗口。本书在编写过程中,力求做到内容充实、语言通俗易懂、结构条理清晰、形式图文并茂。

全书共 7 章。第 1 章是对移动通信系统进行总体概述;第 2~5 章详细阐述 2G 至 B3G/4G 的各类移动通信系统的总体组成、网络结构、关键技术和业务形式;第 6 章讨论移动通信和计算机网络通信的融合方式;第 7 章介绍移动通信系统的规划、设计和优化方法。

本书由陈威兵副教授负责第 1 章、第 4~7 章和所有附录的编写工作;何松华教授负责第 2 章的编写;彭曙光副教授负责第 3 章的编写。研究生程凡永、黄大华、廖云、粟兆伟、符丽枚参与了资料收集和书稿整理工作。此外,清华大学出版社、长沙学院、湖南大学计算机与通信学院对本书的出版提供了大力支持,在此一并表示感谢。

需要说明的是,为了方便读者连贯阅读,书中有缩略书写方式的专业术语在正文中只给出了缩略语和中文解释,其英文全称可查阅附录中的缩略语英汉对照表。

由于作者水平有限,书中难免有不足和错误之处,恳请大家批评指正。

本书的配套课件可以从清华大学出版社网站 <http://www.tup.tsinghua.edu.cn> 下载,读者在本书及课件的下载使用中遇到任何问题,请发邮件至: fuhy@tup.tsinghua.edu.cn。

编 者

2009 年 10 月

目 录

第 1 章 移动通信概论	1
1.1 移动通信的历史、现状与发展趋势	1
1.1.1 移动通信的历史、现状	1
1.1.2 移动通信在中国的发展概况	3
1.1.3 移动通信的发展趋势	4
1.2 蜂窝移动通信系统	5
1.2.1 蜂窝小区的概念	5
1.2.2 频率复用的几何模型	6
1.2.3 蜂窝系统的组成	7
1.2.4 蜂窝系统中的信道	8
1.2.5 信道分配策略	8
1.2.6 越区切换与位置管理	9
1.3 专用移动通信系统	9
1.3.1 无绳电话系统	10
1.3.2 集群移动通信系统	13
1.3.3 移动卫星通信系统	16
1.3.4 分组无线网	19
1.4 移动通信的基本技术	21
1.4.1 多址技术	21
1.4.2 组网技术	21
1.4.3 移动通信中电波传播特性研究与信道建模技术	23
1.4.4 抗衰落、抗干扰技术	23
1.4.5 调制技术	23
1.4.6 语音编码技术	24
1.5 移动通信标准化组织	25
1.5.1 国际标准化组织	25
1.5.2 不同地区中的标准化组织	26
本章小结	28
思考题与习题	29

第 2 章 数字移动通信系统(2G)	30
2.1 数字移动通信基本技术	30
2.1.1 数字调制技术	30
2.1.2 数字编码技术	38
2.1.3 ARQ 技术	46
2.2 GSM 系统概述	48
2.2.1 GSM 系统的结构	48
2.2.2 GSM 的区域和识别号码	50
2.2.3 GSM 业务	54
2.3 GSM 的空中接口	54
2.3.1 技术参数	54
2.3.2 空中接口的物理结构	55
2.4 GSM 系统控制与管理	62
2.4.1 位置的登记和更新	62
2.4.2 越区切换	62
2.4.3 鉴权与加密	64
2.5 CDMA 系统基础知识	65
2.5.1 多址方式概念	65
2.5.2 扩频通信	67
2.5.3 CDMA 系统的关键技术	70
2.5.4 CDMA 系统的主要优点	72
2.6 IS-95 CDMA 系统概述	74
2.7 IS-95 CDMA 的空中接口	75
2.7.1 IS-95 CDMA 的正向信道	75
2.7.2 IS-95 CDMA 的反向信道	79
2.8 IS-95 CDMA 的控制功能	81
2.8.1 软切换	81
2.8.2 功率控制	82
本章小结	83
思考题与习题	84
第 3 章 B2G 移动通信系统	86
3.1 GPRS 系统	86
3.1.1 GPRS 总体	86
3.1.2 GPRS 协议模型	88
3.1.3 GPRS 空中接口	89
3.1.4 GPRS 的移动性管理和会话管理	92
3.2 EDGE 系统	96

3.2.1	概述	96
3.2.2	EDGE 系统的关键技术	96
3.2.3	GSM/GPRS 系统中 EDGE 技术的引入	97
3.3	CDMA2000 1x 系统	98
3.3.1	CDMA2000 1x 系统的技术特点	99
3.3.2	CDMA2000 1x 系统的空中接口	99
	本章小结	107
	思考题与习题	107
第 4 章	第三代移动通信系统(3G)	109
4.1	第三代移动通信系统标准介绍	109
4.1.1	3G 的历史及特征	109
4.1.2	3G 的主要标准及对比分析	110
4.1.3	3G 频谱的划分	114
4.2	第三代移动通信系统的关键技术	115
4.2.1	初始同步与 RAKE 多径分集接收技术	115
4.2.2	高效信道编译码技术	116
4.2.3	智能天线技术	117
4.2.4	多用户检测技术	117
4.2.5	功率控制技术	118
4.2.6	软件无线电技术	118
4.3	WCDMA 系统	119
4.3.1	概述	119
4.3.2	WCDMA 的空中接口	122
4.3.3	WCDMA 核心网的演进	134
4.3.4	WCDMA 的移动性管理	137
4.3.5	HSDPA 技术	141
4.4	CDMA2000 系统	144
4.4.1	概述	144
4.4.2	CDMA2000 1xEV-DO 系统	148
4.4.3	CDMA2000 1xEV-DV 系统	152
4.4.4	CDMA2000 核心网的演进	155
4.5	TD-SCDMA 系统	161
4.5.1	概述	161
4.5.2	TD-SCDMA 的空中接口	164
4.5.3	TD-SCDMA 的关键技术	168
4.6	第三代移动通信系统的业务及管理	174
4.6.1	3G 业务的发展、特点及分类	174
4.6.2	3G 业务价值链分析	177

4.6.3 移动业务网络层架构和 3G 业务的生成与管理	178
4.6.4 典型 3G 业务介绍	181
本章小结	183
思考题与习题	184
第 5 章 B3G/4G 移动通信系统	186
5.1 B3G/4G 的现状与发展趋势	186
5.1.1 B3G/4G 的起源与概念	186
5.1.2 B3G/4G 的研究与标准化进展	187
5.2 B3G/4G 的备选方案及其关键技术	195
5.2.1 LTE	195
5.2.2 UMB	199
5.2.3 移动 WiMAX	203
5.3 B3G/4G 试验系统介绍	206
5.3.1 全球 B3G 试验系统状况	206
5.3.2 FuTURE 试验系统	210
本章小结	215
思考题与习题	216
第 6 章 移动通信与计算机网络通信的融合	217
6.1 计算机网络通信介绍	217
6.1.1 概述	217
6.1.2 Internet 的形成与发展	217
6.1.3 TCP/IP 参考模型	218
6.1.4 Internet 的应用	222
6.2 移动通信与计算机网络通信的融合方式	223
6.2.1 概述	223
6.2.2 技术融合	224
6.2.3 业务融合	225
6.2.4 网络融合	226
6.3 WAP 技术	227
6.3.1 WAP 的网络结构	227
6.3.2 WAP 协议栈	228
6.3.3 WAP 的应用	229
6.4 IMS 技术	230
6.4.1 概述	230
6.4.2 IMS 的网络架构	231
6.4.3 IMS 的关键技术	232
6.4.4 IMS 的业务应用	234

本章小结	235
思考题与习题	236
第 7 章 移动通信网络的规划、设计与优化	237
7.1 移动通信网络规划与设计的基础知识	237
7.1.1 概述	237
7.1.2 网络规划设计的原则	238
7.1.3 网络规划设计的流程	238
7.1.4 网络规划设计的主要环节	241
7.2 业务预测及业务模型	247
7.2.1 概述	247
7.2.2 业务预测	248
7.3 无线传播模式及校正	253
7.3.1 无线传播模型	253
7.3.2 传播模型校正	256
7.4 移动通信网络规划设计仿真	257
7.4.1 通信仿真概述	257
7.4.2 网络规划设计软件及其仿真	259
7.5 3G 网络规划设计	261
7.5.1 3G 与 2G 网络规划设计比较	261
7.5.2 3G 网络规划基本思路	262
7.5.3 多层次重叠式立体网络规划	262
7.6 移动 WiMAX 的无线网络规划设计	264
7.6.1 移动 WiMAX 的网络架构	264
7.6.2 移动 WiMAX 的无线网络规划设计	265
7.7 移动通信网络优化	268
7.7.1 概述	268
7.7.2 网络优化的内容及流程	268
本章小结	269
思考题与习题	271
附录 缩略语英汉对照表	272
参考文献	282

第 1 章 移动通信概论

世界电信在近 30 年的发展中,发生了巨大的变化,移动通信特别是蜂窝小区的迅速发展,使用户彻底摆脱终端设备的束缚,实现了完整的个人移动性,也提供了可靠的传输手段和接续方式。进入 21 世纪,移动通信已逐渐演变成社会发展和进步的必不可少的工具。

移动通信是指通信双方至少有一方的通信终端可以处于移动状态的通信方式。移动通信终端的载体可以是车辆、船舶、飞机、行人等。

1.1 移动通信的历史、现状与发展趋势

1.1.1 移动通信的历史、现状

现在,人们普遍认为 1897 年是人类移动通信的元年。这一年,意大利人 M. G. 马可尼在一个固定站和一艘拖船之间完成了一项无线电通信实验,也就是说,移动通信几乎伴随着无线通信的出现而诞生了,也由此揭开了移动通信辉煌发展的序幕。

现代意义上的移动通信系统起源于 20 世纪 20 年代,距今已有 80 余年的历史。大致算来,现代移动通信系统经历了如下 4 个发展阶段。

第一阶段从 20 世纪 20 年代至 40 年代,为早期发展阶段。在这期间,初步进行了一些传播特性的测试,并且在短波几个频段上开发出了专用移动通信系统,其代表是美国底特律市警察使用的车载无线电系统。该系统工作频率为 2MHz,到 40 年代提高到 30~40MHz。可以认为这个阶段是现代移动通信的起步阶段,特点是专用系统开发,工作频率较低,工作方式单工或半双工方式。

第二阶段从 20 世纪 40 年代中期至 60 年代初期。在此期间,公用移动通信业务开始问世。1946 年,根据美国联邦通信委员会(FCC)的计划,贝尔系统在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网,称为“城市系统”。当时使用 3 个频道,间隔为 120kHz,通信方式为单工,随后,前联邦德国(1950 年)、法国(1956 年)、英国(1959 年)等相继研制了公用移动电话系统。美国贝尔实验室完成了人工交换系统的接续问题。这一阶段的特点是从专用移动网向公用移动网过渡,接续方式为人工,网络的容量较小。

第三阶段从 20 世纪 60 年代中期至 70 年代中期。在此期间,美国推出了改进型移动电话系统(IMTS),使用 150MHz 和 450MHz 频段,采用大区制、中小容量,实现了无线频道自动选择并能够自动接续到公用电话网。德国也推出了具有相同技术水平的 B 网。可以说,这一阶段是移动通信系统改进与完善的阶段,其特点是采用大区制、中小容量,使用 450MHz 频段,实现了自动选频与自动接续。

第四阶段从 20 世纪 70 年代中后期至今。在此期间,由于蜂窝理论的应用,频率复用的

概念得以实用化。蜂窝移动通信系统是基于带宽或干扰受限,它通过分割小区,有效地控制干扰,在相隔一定距离的基站,重复使用相同的频率,从而实现频率复用,大大提高了频谱的利用率,有效地提高了系统的容量。同时,由于微电子技术、计算机技术、通信网络技术以及通信调制编码技术的发展,移动通信在交换、信令网络体制和无线调制编码技术等方面有了长足的进展。这是移动通信蓬勃发展的时期,其特点是通信容量迅速增加,新业务不断出现,系统性能不断完善,技术的发展呈加快趋势。

第四阶段的蜂窝移动通信系统又可以划分为几个发展阶段。如按多址方式来分,则模拟频分多址(FDMA)系统是第一代移动通信系统(1G);使用电路交换的数字时分多址(TDMA)或码分多址(CDMA)系统是第二代移动通信系统(2G);使用分组/电路交换的CDMA系统是第三代移动通信系统(3G);将使用了不同的高级接入技术并采用全IP(互联网协议)网络结构的系统称为第四代移动通信系统(4G)。如按系统的典型技术来划分,则模拟系统是1G;数字语音系统是2G;数字语音/数据系统是超二代移动通信系统(B2G);宽带数字系统是3G;而极高速数据速率系统是超三代或第四代移动通信系统(B3G/4G)。

20世纪70年代中期至80年代中期是第一代蜂窝移动通信系统的发展阶段。1978年底,美国贝尔实验室研制成功先进移动电话系统(AMPS),建成了蜂窝状移动通信网,大大提高了系统容量。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。之后,服务区域在美国逐渐扩大。到1985年3月已扩展到47个地区,约10万移动用户。其他工业化国家也相继开发出蜂窝式公用移动通信网。日本于1979年推出了自己的AMPS版本——800MHz汽车电话系统(HAMTS),并在东京、大阪、神户等地投入商用,成为全球首个商用蜂窝移动通信系统。前联邦德国于1984年完成C网,频段为450MHz。英国在1985年开发出全球接入通信系统(TACS),首先在伦敦投入使用,以后覆盖了全国,频段为900MHz。法国开发出450系统。加拿大推出450MHz移动电话系统MTS。瑞典等北欧4国于1980年开发出NMT-450移动通信网,并投入使用,频段为450MHz。

20世纪80年代中期至20世纪末,是2G这样的数字移动通信系统发展和成熟的时期。以AMPS和TACS为代表的1G是模拟系统。模拟蜂窝网虽然取得了很大成功,但也暴露了一些问题。例如,频谱利用率低,移动设备复杂,资费较贵,业务种类受限制以及通话易被窃听等。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。数字无线传输的频谱利用率高,可大大提高系统容量。另外,数字网能提供语音、数据等多种业务服务,并与ISDN等兼容。实际上,早在70年代末期,当模拟蜂窝系统还处于开发阶段时,一些发达国家就着手数字蜂窝移动通信系统的研究。1983年,欧洲开始开发GSM(最初定名为移动通信特别小组,后改称为全球移动通信系统)。GSM是数字TDMA系统,1991年在德国首次部署,它是世界上第一个数字蜂窝移动通信系统。1988年,NA-TDMA(北美TDMA)——有时也叫DAMPS(数字AMPS)在美国作为数字标准得到了表决通过。1989年,美国Qualcomm公司开始开发窄带CDMA(N-CDMA)。1995年美国电信产业协会(TIA)正式颁布了N-CDMA的标准,即IS-95A。随着IS-95A的进一步发展,于1998年TIA制定了新的标准IS-95B。

自2000年左右开始,伴随着对第三代移动通信的大量论述,以及2.5G(B2G)产品GPRS(通用无线分组业务)系统的过渡,3G走上了通信舞台的前沿。其实早在1985年,国际电信联盟(ITU)就提出了第三代移动通信系统的概念,当时称为未来公众陆地移动通信

系统(FPLMTS)。1996年ITU将其更名为国际移动通信-2000(IMT-2000),其含义为该系统预期在2000年左右投入使用,工作于2000MHz频段,最高传输数据速率为2000Kbps。在此期间,世界上许多著名电信制造商或国家和地区的标准组织向ITU提交了十几种无线接口协议。通过协商和融合,1999年,在芬兰赫尔辛基召开的ITU TG8/1第18次会议最终通过了IMT-2000无线接口技术规范建议(IMT-RSPC),基本确立了IMT-2000的3种主流标准,即欧洲和日本提出的WCDMA,美国提出的CDMA2000和中国提出的TD-SCDMA。在业务和性能方面,3G系统比2G系统有了很大提高,不仅可以实现全球普及和全球无缝漫游,而且具有支持多媒体业务的能力,数据传输速率大大提高。在技术上,3G系统采用CDMA技术和分组交换技术,而不是2G系统通常采用的TDMA技术和电路交换技术。

现阶段,移动通信已在全球迅猛发展。据全球移动供应商联盟(GSA)公布的统计数据表明,截至2007年年底,全球移动用户数量接近30亿,占全球人口总数的50%。自2001年10月日本的DoCoMo公司成为全球第一家推出3G业务的公司以来,至2007年6月底,全球共有78个国家部署了3G,其余国家或地区在2.5G的基础上积极推进增强型业务,并开展3G牌照的发放和试运营业务。与此同时,人们正积极开展对B3G/4G移动通信技术的探讨;相关标准化组织正试图进行B3G/4G标准的制定;世界各主要通信厂商着手B3G/4G系统产品的开发;国际上通信技术发达的国家和地区也正纷纷建立自己的B3G/4G实验网络。

1.1.2 移动通信在中国的发展概况

回顾过去20年的发展历程,我国移动通信市场的发展速度和规模令世人瞩目,可以说,中国的移动通信发展史是超常规、成倍数、跳跃式的发展史。早在2001年8月,中国的移动通信用户数达到1.2亿,超过美国跃居为世界第一位。截至2007年年底,中国移动通信用户总数已接近6亿(包括“小灵通”用户),移动通信网络规模为全球最大。总体来说,我国移动通信发展经历了引进、吸收、改造、创新4个阶段。现阶段,我国的移动通信技术水平成功地实现了由跟随到创新的历史性转变。

1987年11月,从国外引进的第一个模拟蜂窝移动电话系统(TACS体制)在广东省建成并投入商用。虽然最初只有700个用户,但从此开启了中国移动通信产业发展的序幕。20世纪90年代初,当以数字技术为标志的2G在全球兴起时,我国虽然也对2G给予了足够的关注,但因为自身研究实力的问题,面对2G的发展,我国的技术发展还是以引进为主。在北美的DAMPS、日本的PDC和欧洲的GSM之间,我国选择了GSM。1992年,原邮电部批准在嘉兴地区建立了GSM实验网,并在1993年进入了商业运营阶段。随后,市场的迅猛发展证实了GSM的许多技术优势,因此1994年成立的中国联通也选择了GSM技术建网。这样一来,GSM系统成为目前我国最成熟和市场占有率最大的一种数字蜂窝系统。2000年2月,中国联通以运营商的身份与美国Qualcomm公司签署了CDMA知识产权框架协议,为中国联通CDMA的建设扫清了道路,并于同年宣布启动窄带CDMA的建设,到2002年10月,全国CDMA用户数达到了400万。

随着2G网络和产品的成熟,我国移动通信采取边吸收边改造的发展思路。有大唐、中

兴、华为等通信设备供应商的群体突破；在网络上，逐步建立了移动智能网，以 GPRS 和 CDMA2000 1x 为代表的 2.5G 分别在 2002 年和 2003 年正式投入商用。为寻求创新，真正拥有自主知识产权，改变移动通信技术的落后面貌，在 1998 年 6 月，中国信息产业部电信科技研究院成功地向 ITU 提交了第三代移动通信国际标准 TD-SCDMA 建议，并在其后得到了采纳。现在，经过多年努力，具有我国核心技术自主知识产权的 TD-SCDMA 已经基本具备大规模商用能力，并逐步完善了产业链，相信有自主核心技术的支撑、专利的保护以及国际标准的支持，在我国移动通信产业新一轮的发展阶段，TD-SCDMA 形成的产业定有闪光的表现。

3G 技术在我国部分地区处在试运营阶段，相信在不久的将来，会得到全面的部署和发展。与此同时，我国也在积极开展对 B3G/4G 技术的研究，并开始建设其实验网，已取得了可喜的成绩。

1.1.3 移动通信的发展趋势

过去几年，现存的 GSM 等 2G 技术不仅在用户规模上继续得到发展，而且在覆盖性能、带宽条件、支持速率等方面不断得到升级优化，为将来的平滑演进奠定了坚实基础。而 3G 技术也在宽带化这一大旗的指引下，阔步前行，HSPA(高速分组接入)、EV-DO(优化数据)、LTE(长期演进)等增强型技术和未来演进版本在标准及商用解决方案等方面的发展也非常迅猛，并且将继续成为未来几年的发展主题。

虽然 3G 技术的商用化进程正在加快，但是其成员间却存在相互兼容的问题，因此 3G 还不是真正意义上的个人通信和全球通信；再者，3G 的频谱利用率还比较低，不能充分地利用宝贵的频谱资源；第三，3G 支持的速率还不够高，如单载波只支持最大 2Mbps 的业务。这些不足点远远不能适应未来移动通信发展的需要，因此寻求一种既能解决现有问题，又能适应未来移动通信的需求的新技术是必要的。这种新一代的移动通信技术被称为 B3G 技术，或者叫 4G 技术。

B3G/4G 技术采用宽带接入和分布网络，具有超过 2Mbps 的非对称数据传输能力。它包括宽带无线固定接入、宽带无线局域网(WLAN)、移动宽带系统和互操作的广播网络。B3G/4G 可以在不同的固定、无线平台和跨越不同的频带网络中提供无线服务，可以在任何地方宽带接入互联网包括卫星通信和平流层通信，能够提供定位定时、数据采集、远程控制等综合功能。此外，B3G/4G 将是多功能集成的宽带移动通信系统，也是宽带接入 IP 系统，即 B3G/4G 将是多种无线技术的综合系统。它融合了现有 3G 的增强技术，集 3G 网络技术和无线 LAN 系统为一体。

相对于 3G 系统，B3G/4G 系统主要具有以下特点。

① 高速率。对于大范围高速移动用户(250km/h)，数据速率为 2Mbps；对于中速移动用户(60km/h)，数据速率为 20Mbps；对于低速移动用户(室内或步行者)，数据速率为 100Mbps。

② 以数字宽带技术为主。在 B3G/4G 移动通信系统中，信号以毫米波为主要传输波段，蜂窝小区也会相应小很多，很大程度上提高用户容量，但同时也会引起系列技术上的难题。

③ 良好的兼容性。B3G/4G 移动通信系统实现全球统一标准，让所有移动通信运营商

用户享受共同的 B3G/4G 服务,真正实现一部手机在全球任何地点都能通信。

④ 较强灵活性。B3G/4G 移动通信系统采用智能技术使其能自适应地进行资源分配,能对通信过程中不断变化业务流大小进行相应处理而满足通信要求,采用智能信号处理技术对信道条件不同各种复杂环境进行信号正常发送与接收,有很强智能性、适应性和灵活性。

⑤ 多类型用户共存。B3G/4G 移动通信系统能根据动态网络 and 变化信道条件进行自适应处理,使低速与高速用户以及各种各样用户设备能够共存与互通,从而满足系统多类型用户需求。

⑥ 多种业务融合。B3G/4G 移动通信系统支持更丰富的移动业务,包括高清晰度图像业务、会议电视、虚拟现实业务等,使用户在任何地方都可以获得任何所需信息服务。将个人通信、信息系统、广播和娱乐等行业结合成一个整体,更加安全、方便地向用户提供更广泛服务与应用。

⑦ 先进技术应用。B3G/4G 移动通信系统以几项突破性技术为基础,如 OFDM 多址接入方式、智能天线和空时编码技术、无线链路增强技术、软件无线电技术、高效调制解调技术、高性能收发信机和多用户检测技术等。

⑧ 高度自组织、自适应网络。B3G/4G 移动通信系统是一个完全自治、自适应网络,拥有对结构自我管理的能力,以满足用户在业务和容量方面不断变化的需求。

总体来说,未来移动通信系统会向全球化、宽带化、综合化、智能化、个人化及技术先进化方向发展。

1.2 蜂窝移动通信系统

通常,移动通信有多种分类方式:按业务类型可分为电话网、数据网和综合业务网;按使用对象可分为民用设备和军用设备;按使用环境可分为陆地通信、海上通信和空中通信;按多址方式可分为频分多址、时分多址、码分多址和空分多址;按覆盖范围可分为广域网和局域网;按工作方式可分为同频单工、异频单工、异频双工和半双工;按服务范围可分为专用网和公用网;按信号形式可分为模拟网和数字网。

而作为移动通信的应用系统,虽然全球范围内标准很多,但典型的系统可分为以下几类:蜂窝移动通信系统、无线寻呼系统、无绳电话系统、集群移动通信系统、移动卫星通信系统以及分组无线网。

按系统传统的服务范围来分,习惯上将蜂窝移动通信系统称为公用移动通信系统,而将其他几类移动通信系统称为专用移动通信系统。本节主要介绍蜂窝移动通信系统,下一节主要介绍专用移动通信系统。

1.2.1 蜂窝小区的概念

蜂窝理论由美国贝尔实验室在 20 世纪 60~70 年代提出,它是蜂窝系统成为公用移动通信系统得以实现的基础,也可以说是解决频率受限和用户容量问题在方法上取得的一个重大突破。它能在有限的频谱资源上提供非常大的容量,而不需要在技术上进行重大改进。蜂

窝的概念是一个系统级的概念,其思想是用许多小功率的发射机来代替单个的大功率发射机,每一个小的覆盖区只提供服务范围内的一小部分覆盖。每个基站分配整个系统可用信道中的一小部分,相邻基站则分配另外一些不同的信道,这样所有的可用信道就分配给了相对较小数目的相邻的基站。给相邻的基站分配不同的信道组,基站之间及在它们控制之下的用户之间的干扰最小。通过分隔整个系统的基站及它们的信道组,可用信道可以在整个系统的地理区域内分配,而且尽可能地复用,复用的主要条件之一是基站之间的同频干扰低于可接受水平。

随着服务需求的增长,基站的数目可能会增加,从而提供额外的容量,但没有增加额外的频率,这样就可以实现用固定数目的信道为任意多的用户服务。此外,蜂窝概念允许在一个国家或一块大陆内,每一个用户设备都做成使用同样一组信道,这样任何的移动终端都可以在该区域内的任何地方使用。

1.2.2 频率复用的几何模型

蜂窝系统能够有足够的系统容量有赖于整个覆盖区域内信道的智能分配和复用。通常,为整个蜂窝系统的所有基站选择和分配信道组的设计过程称为频率复用或频率规划。

为了更好地说明问题,在蜂窝理论中,通常在整个蜂窝系统的覆盖区域上建立一个几何模型,如图 1-1 所示。在几何模型中,每一个小区用一个六边形来表示,整个几何模型看起来由一个个蜂窝组成,这也是蜂窝系统取名的原因。至于小区的几何形状必须符合以下两个条件:①能在整个覆盖区域内完成无缝连接而没有重叠;②每一个小区能进行分裂,以扩展系统容量,也就是能用更小的相同几何形状的小区完成区域覆盖,而不影响系统的结构。符合这两个条件的小区几何形状有几种可能:正方形、等边三角形和六边形,而六边形最接近小区基站通常的辐射模式——圆形,并且其小区覆盖面积最大。当然,这只是理论分析,实际的小区形状要根据地理情况和电波传播情况来定,最终的小区形状可能是不规则的。

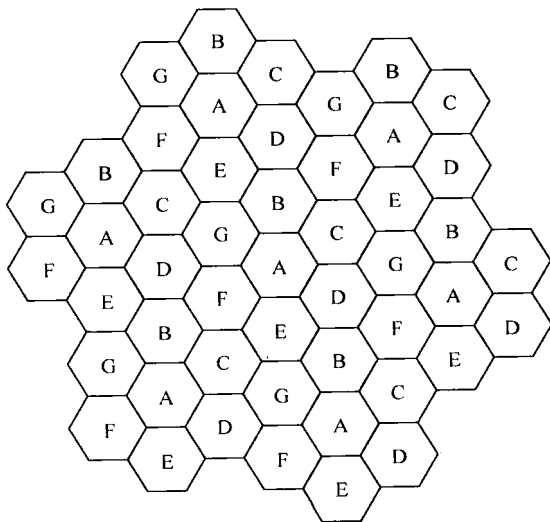


图 1-1 频率复用的几何模型, $N=7$