

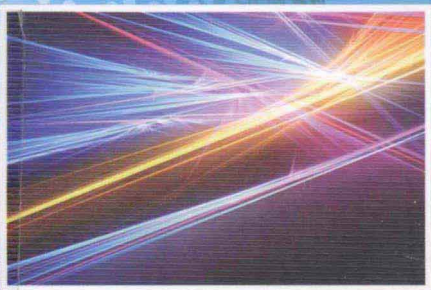


普通高等教育“十二五”规划教材

移动通信

原理、技术与系统

◎ 沙学军 吴宣利 何晨光 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

移动通信原理、技术与系统

沙学军 吴宣利 何晨光 主编

电子工业出版社



Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书重点讲述移动通信原理、技术、系统。全书共分 10 章，第 1 章至第 6 章主要讲述移动通信原理与技术，包括移动通信概论、电波传播及信道模型、语言及信道编解码技术、调制技术、链路性能增强技术、移动通信组网技术等内容。第 7 章至第 10 章主要讲述系统，包括 GSM 系统及其增强体制、IS-95 蜂窝移动通信系统、第三代移动通信系统、未来移动通信系统的发展及其关键技术等内容。

本书层次清晰、内容丰富，可作为高等院校电子信息、通信工程等专业本科高年级学生、研究生教材，也适合相关专业工程技术人员参考使用。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

移动通信原理、技术与系统 / 沙学军, 吴宣利, 何晨光主编. —北京: 电子工业出版社, 2013.4
ISBN 978-7-121-19745-1

I. ①移… II. ①沙… ②吴… ③何… 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 (2013) 第 042808 号

责任编辑: 董亚峰 特约编辑: 王 纲

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 24 字数: 620 千字

印 次: 2013 年 4 月第 1 次印刷

定 价: 48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

移动通信是近年来通信领域中发展最快的领域之一，对社会的发展进步和信息化起到了至关重要的作用。近20年来，我国移动通信产业持续高速发展，移动通信的网络规模、技术层次和服务水平都发生了飞跃。特别是近10年，是移动通信发展最快、改革力度最大、影响最为广泛的重要时期，不仅第三代蜂窝移动通信系统正式商用，TD-LTE等B3G系统也已经在我国部分地区商用。面对这一形势，为了培养满足用人单位和企业需求的人才，国内大部分高校通信以及信号处理相关专业开设了“移动通信”的相关课程，但现有教材大部分不能满足学生了解最新技术发展动向的需求。因此，本书在介绍移动通信领域的基本原理、基本技术和基本系统的基础上，对蜂窝移动通信领域的一些最新进展，包括第四代蜂窝移动通信系统的系统标准及关键技术，以及未来移动通信中的关键技术——认知无线电技术、协作技术以及异构网络等也进行了相关的分析和介绍，使读者在掌握基本知识和蜂窝移动通信系统基本体系结构的基础上，能够更加深入而透彻地了解蜂窝移动通信系统未来的发展趋势及相关的关键技术。

本书共分为原理与技术篇以及系统篇两部分，其中原理与技术篇主要包括第1~6章。第1章是移动通信概论，主要介绍移动通信的特点、分类以及发展方向等；第2~6章分别介绍了移动通信信道模型、信源和信道编解码、调制解调、链路性能增强技术以及移动通信组网技术等相关内容，重点阐述移动通信系统涉及的各种关键原理与技术，并着重指出各种关键技术在实际系统应用中受到的限制及各种技术在不同信道中的性能对比，为后续系统设计奠定理论基础。系统篇由第7~10章构成，主要对现有蜂窝移动通信中的常见系统进行介绍，具体包括GSM、IS-95、3G以及4G的相关系统，解释如何将原理与技术篇中的相关技术应用到实际系统中，以及采用这些原理与技术的具体原因，从而让读者对蜂窝移动通信系统的整体有一个明确的概念，并了解蜂窝移动通信系统设计中的各种原则和准则。

针对移动通信中容易混淆的一些概念和内容，本书给出了尽可能详细的阐述和解释。

本书可作为高等学校通信工程相关专业高年级学生及硕士研究生移动通信课程的教材，也可用做通信工程相关专业或相关领域研究人员的参考书。学习本书前，读者应系统学习随机信号分析、通信原理等相关课程。本书约需40~60学时讲授。

本书第1、5、10章由沙学军、吴宣利编写；第2、3、4章由吴宣利编写；第6、9章由沙学军、何晨光编写；第7、8章由何晨光编写。

在本书的编写过程中，姜来为、曹阳、熊李娜、曲金鑫、安然、宋晓程、罗明新、伍童辉、郎哲、刘亮、孙陆宽、武鹏、田纯阳、马聪等人对本书的初稿进行了校对和排版，在此一并致谢。

尽管编者数易其稿，力求内容准确、文字精炼、难易结合、详略得当，但由于水平有限，书中难免存在不妥乃至错误之处，敬请读者不吝指正。

编者
2012年12月

目 录

第 1 篇 原理与技术篇

第 1 章 概述	2
1.1 移动通信简史及典型系统介绍	2
1.1.1 蜂窝移动通信系统	3
1.1.2 无绳电话系统	8
1.1.3 专用业务移动通信技术的演变	10
1.1.4 卫星移动通信系统	12
1.1.5 无线数据网络	14
1.2 移动通信的工作方式	17
1.3 移动通信的频谱分配	20
1.4 移动通信未来发展趋势	22
思考题与习题	22
参考文献	23
第 2 章 电波传播及信道模型	24
2.1 电波传播的特点	24
2.2 自由空间的电波传播	25
2.2.1 自由空间传输损耗	25
2.2.2 视距传播	27
2.3 地面电磁波传输机制	28
2.3.1 反射	28
2.3.2 绕射	29
2.3.3 散射	30
2.4 地面电磁波传播的射线跟踪建模	31
2.4.1 双射线传播模型	31
2.4.2 多射线传播模型	32
2.5 路径传输损耗	33
2.5.1 室外传播模型	33
2.5.2 陆地移动通信传输损耗的图表算法	37
2.5.3 室内传播模型	43
2.6 阴影衰落	46
2.7 多径衰落	47

2.7.1	多普勒频移	47
2.7.2	多径信道基本模型	48
2.7.3	多径信道主要参数	49
2.7.4	移动通信信道分类	52
2.8	移动信道统计模型	54
2.8.1	多径信道的统计分析	54
2.8.2	衰落信道的建模和仿真简介	57
	思考题与习题	61
	参考文献	62
第3章	语音及信道编解码技术	63
3.1	语音编解码技术	63
3.1.1	语音压缩编码的特点	63
3.1.2	语音压缩编码的分类	65
3.1.3	移动通信中的语音编解码技术	65
3.2	信道编码的基本原理及性能参数	75
3.2.1	基本原理	75
3.2.2	性能参数	76
3.3	线性分组码	78
3.3.1	循环码	80
3.3.2	BCH 码	81
3.3.3	RS 码	81
3.4	卷积码	82
3.4.1	卷积码的编码	82
3.4.2	维特比译码	84
3.4.3	软判决维特比译码	87
3.5	级联编码	88
3.6	交织编码	88
3.7	Turbo 码	90
3.8	喷泉编码	93
3.8.1	LT 码	94
3.8.2	Raptor 码	95
	思考题与习题	96
	参考文献	97
第4章	调制技术	98
4.1	概述	98
4.2	信号空间分析	99
4.2.1	信号与系统模型	99
4.2.2	向量空间的概念	100
4.2.3	信号空间的概念	101
4.2.4	信号的正交展开	101

4.2.5 信号的几何表示	102
4.3 数字相位调制技术	106
4.3.1 二进制相移键控调制	106
4.3.2 QPSK	108
4.3.3 OQPSK	110
4.3.4 $\pi/4$ -QPSK	111
4.4 正交幅度调制	114
4.4.1 QAM 信号的基本原理	114
4.4.2 MQAM 信号的产生和解调	116
4.4.3 MQAM 信号的性能	117
4.5 频率调制	118
4.5.1 频移键控	118
4.5.2 最小频移键控	120
4.5.3 高斯最小频移键控	123
4.6 网格编码调制	125
4.6.1 网格编码调制的基本概念	125
4.6.2 网格编码调制信号的产生	126
4.7 正交频分复用	128
4.7.1 概述	128
4.7.2 OFDM 技术的基本原理	129
思考题与习题	132
参考文献	134
第 5 章 链路性能增强技术	135
5.1 扩频通信	135
5.1.1 扩频基本原理	135
5.1.2 直接序列扩频系统	139
5.1.3 频率跳变扩频系统	140
5.1.4 扩频系统的处理增益	142
5.1.5 扩频系统的干扰容限	143
5.1.6 扩频通信系统的主要特点	145
5.2 分集技术	146
5.2.1 独立衰落路径的实现方法	146
5.2.2 接收分集的合并方式及其性能分析	148
5.2.3 RAKE 接收	156
5.3 发射分集和 MIMO 技术	159
5.3.1 发射分集	159
5.3.2 MIMO 技术	160
5.4 均衡技术	165
5.4.1 均衡基本原理	165
5.4.2 均衡器的类型	166
5.4.3 线性均衡与非线性均衡	167

5.4.4 自适应均衡	172
5.4.5 频域均衡	174
思考题与习题	175
参考文献	176
第6章 移动通信组网技术	177
6.1 移动通信网的基本概念	177
6.1.1 移动通信网的组成	177
6.1.2 移动通信网的覆盖方式	178
6.1.3 蜂窝组网与频率复用	181
6.2 多址接入技术	189
6.2.1 频分多址接入	190
6.2.2 时分多址接入	196
6.2.3 码分多址接入	198
6.2.4 空分多址接入	200
6.2.5 蜂窝移动通信系统的容量分析	201
6.3 移动通信网的信令与接口	205
6.3.1 接入信令	205
6.3.2 网络信令	208
6.3.3 公共陆地移动通信网的接口	209
6.4 多信道共用及话务量分析	210
6.4.1 话务量、呼损率和用户量	211
6.4.2 信道自动选择方式	214
思考题与习题	215
参考文献	216

第2篇 系统篇

第7章 GSM 系统及其增强体制	218
7.1 GSM 系统概述	218
7.1.1 GSM 系统的历史及其发展	218
7.1.2 GSM 系统的业务	219
7.1.3 GSM 系统的体系结构	220
7.2 GSM 系统的信道	227
7.2.1 时隙和帧结构	228
7.2.2 逻辑信道及其分类	229
7.2.3 突发脉冲	232
7.2.4 逻辑信道和物理信道的映射	234
7.3 GSM 系统的无线传输技术	236
7.3.1 GSM 系统中的语音编解码技术	236
7.3.2 GSM 系统中的抗干扰技术	238
7.3.3 GSM 系统中的调制解调技术	239

7.3.4	GSM 系统抗衰落技术	240
7.3.5	GSM 系统的其他技术	241
7.4	GSM 系统的控制与管理	243
7.4.1	鉴权与加密	243
7.4.2	GSM 呼叫连接与管理	246
7.5	通用分组无线业务	254
7.5.1	GPRS 的网络结构及其功能	254
7.5.2	GPRS 的关键技术	256
7.5.3	GPRS 的移动性管理	258
7.6	增强数据传输速率技术	260
7.6.1	概述	260
7.6.2	EDGE 的关键技术	261
7.6.3	EDGE 的特色业务	263
	思考题与习题	263
	参考文献	264
第 8 章	IS-95 蜂窝移动通信系统	265
8.1	IS-95 系统概述	265
8.1.1	IS-95 系统的历史及其发展	265
8.1.2	IS-95 系统的业务	265
8.1.3	IS-95 系统的体系结构	266
8.2	IS-95 系统的前向链路	270
8.2.1	前向链路信道结构	270
8.2.2	导频信道	271
8.2.3	同步信道	272
8.2.4	寻呼信道	273
8.2.5	前向业务信道	274
8.3	IS-95 系统的反向链路	277
8.3.1	反向链路信道结构	278
8.3.2	接入信道	278
8.3.3	反向业务信道	279
8.4	IS-95 系统的增强技术	280
8.4.1	语音编解码技术	280
8.4.2	RAKE 接收机	280
8.4.3	语音激活与功率控制	284
8.5	IS-95 系统的控制与管理	286
8.5.1	登记注册	286
8.5.2	鉴权与加密	287
8.5.3	越区切换与漫游	290
8.5.4	呼叫接续	292
	思考题与习题	293
	参考文献	293

第 9 章 第三代移动通信系统	295
9.1 第三代移动通信系统概述	295
9.1.1 3G 的概念	295
9.1.2 第三代移动通信系统组织	296
9.1.3 第三代移动通信主要标准及演进	297
9.2 WCDMA 系统	303
9.2.1 WCDMA 系统的标准特色	303
9.2.2 WCDMA 系统的网络结构	303
9.2.3 WCDMA 系统的信道	305
9.2.4 高速链路分组数据接入技术	310
9.3 CDMA2000 系统	311
9.3.1 CDMA2000 的标准特色	311
9.3.2 CDMA2000 系统的网络结构	313
9.3.3 CDMA2000 系统的信道	315
9.3.4 CDMA2000 功率控制和切换技术	320
9.4 TD-SCDMA 系统	322
9.4.1 TD-SCDMA 系统的标准特色	322
9.4.2 TD-SCDMA 系统的网络结构	324
9.4.3 TD-SCDMA 系统的信道	324
9.4.4 TD-SCDMA 系统的关键技术	329
思考题与习题	331
参考文献	331
第 10 章 未来移动通信系统的发展及其关键技术	333
10.1 LTE 系统	333
10.1.1 LTE 系统概述	333
10.1.2 LTE 系统架构	334
10.1.3 LTE 系统关键技术	336
10.2 LTE-Advanced 系统	348
10.2.1 LTE-Advanced 系统概述	348
10.2.2 LTE-Advanced 系统需求及发展趋势	349
10.2.3 LTE-Advanced 系统关键技术	349
10.3 802.16m 系统	352
10.3.1 概述	352
10.3.2 802.16m 关键技术	353
10.4 未来移动通信中的其他主要技术	355
10.4.1 协作通信技术	355
10.4.2 认知无线电	358
10.4.3 异构网络的融合	361
思考题与习题	363
参考文献	364
缩写索引与字母索引	365

第1篇

原理与技术篇

.....

概 述

1.1 移动通信简史及典型系统介绍

在信息时代，信息在经济发展、社会进步乃至人民生活等各个方面都起着日益重要的作用。人们对于信息的充裕性、及时性和便捷性的要求也越来越高，能够随时随地、方便而及时地获取所需要的信息是人们一直在追求的梦想。电报、电话、广播、电视、人造卫星、Internet 带领着人们一步步地向这个梦想靠近，然而最终能够使人们美梦成真的却是移动通信。

移动通信是现代通信技术中不可或缺的部分。顾名思义，移动通信是指通信双方至少有一方在移动中（或者临时停留在某一非预定的位置上）进行信息传输和交换，这包括移动体和移动体之间的通信以及移动体和固定点之间的通信。采用移动通信技术和设备组成的通信系统即为移动通信系统。严格说来，移动通信属于无线通信的范畴，无线通信与移动通信虽然都是靠无线电波进行通信的，但却是两个概念。无线通信包含移动通信，但无线通信侧重于无线，移动通信侧重于移动性。例如，运动中的人与汽车、轮船、飞机等移动物体间的通信，分别构成陆地移动通信、海上移动通信和空中移动通信。

现代移动通信技术是一门复杂的高新科学技术，不仅集中了无线通信和有线通信的最新技术成就，而且集中了电子技术、计算机技术和通信技术的许多成果。它不但可以传递语音信息，而且能像公用交换电话网那样具有数据终端功能，使用户能随时随地、快速而可靠地进行多种信息交换，因此是一种理想的通信形式。目前，移动通信早已从模拟移动通信阶段发展到了数字移动通信阶段，并且正朝着个人通信这一更高阶段发展。

人类历史上最早的通信手段和现在一样是“无线”的，如利用火光传递信息的烽火台，通常认为这是最早传递消息的方式了。事实上在我国和非洲古代，击鼓传信是最早、最方便的办法。非洲人用圆木特制的大鼓可传声至三、四公里远，再通过“鼓声接力”和专门的“击鼓语言”，可在很短的时间内把消息准确地传到 50 公里以外的另一个部落。其实，不论是击鼓、烽火、旗语（通过各色旗子的舞动），还是今天的移动通信，要实现消息的远距离传送，都需要中继站的层层传递。不过，由于那时人类还没有发现电，所以要想畅通快速地实现远距离传递消息只有等待了。人类通信史上的革命性变化，是在把电作为信息载体后发生的。

1753 年 2 月 17 日，在《苏格兰人》杂志上发表了一封署名 C. M. 的书信。在这封信中，作者提出了用电流进行通信的大胆设想。虽然在当时这还不十分成熟，而且缺乏应用推广的经济环

境，却使人们看到了电信时代的一缕曙光。

1820年，丹麦物理学家奥斯特（Hans Christian Oersted，1777—1851）发现，当金属导线中有电流通过时，放在它附近的磁针便会发生偏转。接着，学徒出身的英国物理学家法拉第（Michael Faraday，1791—1867）明确指出，奥斯的实验证明了“电能生磁”。他还通过艰苦的实验，发现了导线在磁场中运动时会有电流产生的现象，此即所谓的“电磁感应”现象。

著名的科学家麦克斯韦（James Clerk Maxwell，1831—1879）进一步用数学公式表达了法拉第等人的研究成果，并把电磁感应理论推广到了空间。他认为，在变化的磁场周围会产生变化的电场，在变化的电场周围又将产生变化的磁场，如此一层层地像水波一样推开，便可把交替的电磁场传得很远。1864年，麦克斯韦发表了电磁场理论，成为人类历史上预言电磁波存在的第一人。

那么，又由谁来证实电磁波的存在呢？此人便是亨利希·鲁道夫·赫兹（Heinrich Rudolf Hertz，1857—1894）。1887年的一天，赫兹在一间暗室里做实验，他在两个相距很近的金属小球上加上高电压，随之便产生一阵阵噼噼啪啪的火花放电。这时，在他身后放着一个没有封口的圆环。当赫兹把圆环的开口处调小到一定程度时，便看到有火花越过缝隙。通过这个实验，他得出了电磁能量可以越过空间进行传播的结论。赫兹的发现公布之后，轰动了全世界的科学界，1887年成为了近代科学技术史的一座里程碑。为了纪念这位杰出的科学家，电磁波的单位便命名为“赫兹（Hz）”。

赫兹的发现具有划时代的意义，它不但证明了麦克斯韦理论的正确，更重要的是推动了无线电的诞生，开辟了电子技术的新纪元，标志着从“有线电通信”向“无线电通信”的转折点，也是整个移动通信的发源点。应该说，从这时开始，人类进入了无线通信的新领域。

通常，1897年被认为是人类移动通信元年。这一年，美国“圣保罗”号邮船在向东行驶时收到了150km外的怀特岛发来的无线电报，马可尼（Guglielmo Marchese Marconi，1874—1937）向世人宣告一个新生事物——“移动通信”诞生了，由此揭开了世界移动通信的序幕。

移动通信的出现，为人们带来了无线电通信的更大自由和便捷。移动通信已经成为现代社会中不可或缺的通信手段，在各个领域都发挥着其不可替代的作用。随着移动通信技术的发展及应用范围的扩大，移动通信的类型越来越多，目前主要有蜂窝移动通信系统、无绳电话系统、集群移动通信系统、卫星移动通信系统等。下面分别对它们加以简要介绍。

1.1.1 蜂窝移动通信系统

陆地蜂窝移动通信是当今移动通信发展的主流和热点，而蜂窝组网理论的提出和应用要追溯到20世纪70年代中期。随着民用移动通信用户数量的增加和业务范围的扩大，有限的频谱供给与可用频道数要求递增之间的矛盾日益尖锐。为了更有效地利用有限的频谱资源，美国贝尔实验室提出了在移动通信发展史上具有里程碑意义的小区制、蜂窝组网的理论，它为移动通信系统在全球的广泛应用开辟了道路，蜂窝移动通信系统结构如图1-1所示。蜂窝组网的理论中的几个重要部分是移动通信发展的基础，具体如下。①频率复用。有限的频率资源可以在一定的范围内被重复使用。②小区分裂。当容量不够时，可以缩小蜂窝的范围，划分出更多的蜂窝，进一步提高频率的利用效率。③多信道共用和越区切换。多信道共用是为了保证大量用户共同使用仍能满足服务质量的信道利用技术，越区切换则为了保证通信的连续性。

1. 第一代蜂窝移动通信系统

蜂窝移动通信的飞速发展是超乎寻常的，它是20世纪人类最伟大的科技成果之一。1946年美国电话电报公司（American Telephone & Telegraph，AT&T）作为先驱者第一个推出移动电话，为通信领域开辟了一个崭新的发展空间。然而移动通信真正走向广泛的商用，为普通大众所使用，

还应该从蜂窝移动通信的推出算起。20 世纪 70 年代,美国贝尔实验室提出了蜂窝小区和频率复用的概念,现代移动通信开始发展起来。1978 年,美国贝尔实验室开发了先进的高级移动电话系统(Advanced Mobile Phone Service, AMPS),这是第一种真正意义上的可以随时随地通信的大容量的蜂窝移动通信系统。其他工业化国家也相继开发出蜂窝式公用移动通信网。

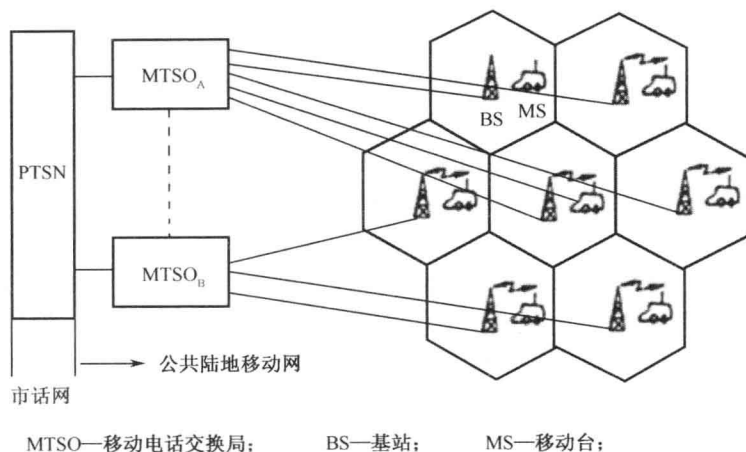


图 1-1 蜂窝移动通信系统结构示意图

- 日本于 1979 年推出 800MHz 汽车电话系统,在东京、大阪、神户等地投入商用。
- 瑞典等北欧四国于 1980 年开发出北欧移动电话(Nordic Mobile Telephone, NMT)通信网,并投入使用,频段为 450MHz。
- 前西德于 1984 年完成 C-450 网,频段为 450MHz。
- 英国在 1985 年开发出全接入通信系统(Total Access Communication System, TACS),首先在伦敦投入使用,以后覆盖了全英国,频段为 900MHz。
- 法国 1985 年开发出 Radiocom2000 系统,工作在 450MHz 和 900MHz。

这些系统都是双工的基于频分多址(Frequency Division Multiple Access, FDMA)的模拟制式系统,其传输的无线信号为模拟量,因此人们称此时的移动通信系统为模拟通信系统,也称为第一代蜂窝移动通信系统(1G)。第一代系统利用蜂窝组网技术以提高频率资源利用率,采用蜂窝网络结构,解决了容量密度低、活动范围受限的问题。但是它也存在很多缺点:频谱利用率低;通信容量有限;通话质量一般,保密性差;制式太多,标准不统一,互不兼容;不能提供非话数据业务,不能提供自动漫游等。

随着移动通信市场的快速发展,人们对移动通信技术提出了更高的要求。由于模拟系统存在着上述缺陷,导致模拟系统无法满足人们的需求。因此,基于数字通信的移动通信系统,即所谓的数字蜂窝移动通信系统在 20 世纪 90 年代初期应运而生,这就是第二代蜂窝移动通信系统(2G)。

2. 第二代蜂窝移动通信系统

第二代系统是蜂窝数字移动通信系统,它具有数字传输的种种优点,并克服了模拟系统的很多缺陷:话音质量、保密性能获得很大提高,而且可以进行省内、省际自动漫游。因此,2G 系统一经推出就备受人们关注,得到了迅猛的发展,短短十几年就成为了世界范围最大的移动通信网,几乎完全取代了模拟移动通信系统。第一个数字蜂窝标准 GSM(Global System for Mobile Communication)基于时分多址(Time Division Multiple Access, TDMA)方式,于 1992 年由欧洲提出。美国提出两个数字标准,分别为基于 TDMA 的 IS-54 和基于窄带直接序列码分多址(Direct

Sequence-code Division Multiple Access, DS-CDMA) 的 IS-95。日本第一个数字蜂窝系统是个人数字蜂窝 (Personal Digital Cellular, PDC) 系统, 于 1994 年投入运行。在这些数字移动通信系统中, 应用最广泛、影响最大、最具代表性的是 GSM 系统和 IS-95 系统。这两大系统在目前世界第二代蜂窝数字移动通信市场占据着主要份额。

GSM 系统的空中接口采用的是 TDMA 的接入方式, 到目前为止 GSM 还是全世界最大的移动网, 占移动通信市场的大部分份额。GSM 是为了改变欧洲第一代蜂窝系统四分五裂的状态而发展起来的。在 GSM 之前, 欧洲各国在整个欧洲大陆上采用了不同的蜂窝标准。对用户来讲, 就不能用一种制式的移动台在整个欧洲进行通信。另外由于模拟网本身的弱点, 它的容量也受到了限制。为此从 1985 年开始了 GSM 系统标准的开发, 欧洲邮电委员会的移动通信特别小组于 1988 年完成技术标准的制订, 1990 年开始投入商用, 如今 GSM 移动通信系统已经遍及全世界。

IS-95 系统采用的是码分多址 (Code Division Multiple Access, CDMA) 的接入方式。CDMA 技术最先是由美国的高通 (Qualcomm) 公司提出的, 1990 年 9 月高通公司发布了 CDMA “公共空中接口” 规范的第一个版本; 1992 年 1 月 6 日, 电信工业协会 (Telecommunications Industry Association, TIA) 开始准备 CDMA 的标准化; 1995 年正式的 CDMA 标准, 即 IS-95 登上了移动通信的舞台。CDMA 技术向人们展示的是它独特的无线接入技术: 系统区分地址时在频率、时间和空间上是重叠的, 它使用相互准正交的地址码来完成对用户的识别。从当前人们对无线接入方式的认识角度来讲, 码分多址技术有其独特的优越性, 因而得到迅速的发展。

但是随着人们对数据通信业务的需求日益提高, 人们已不再满足以话音业务为主的移动通信网所提供的业务了。特别是 Internet 的发展大大推动了人们对数据业务的需求。从近年来的统计可以看出, 固定数据通信网的用户需求和业务使用量一直呈增长趋势。因此必须开发研究适用于数据通信的移动通信系统。人们首先着手开发的是基于 2G 的数据系统, 在不大量改变 2G 系统的条件下, 适当增加一些模块和一些适合数据业务的协议, 可使系统以较高的效率来完成数据业务的传送, 这就是通常所说的 2.5G 系统。目前的 GPRS/EDGE (General Packet Radio Service/Enhanced Data Rate for GSM Evolution) 就是这样的系统, 现在已在我国组网投入商用。另外 CDMA2000 1x 也属于这一范畴。

尽管 2.5G 系统可以方便地传输数据业务, 但是其系统带宽有限, 限制了数据业务的发展, 也无法实现移动的多媒体业务, 同时无法从根本上解决无线信道传输速率低的问题。而且由于各国标准不统一, 第二代系统也无法实现全球漫游。因此 2.5G 系统只是个过渡产品。在市场和技术的双重驱动下, 推行第三代蜂窝移动通信系统势在必行。

3. 第三代蜂窝移动通信系统

第三代系统是第二代的演进和发展, 而不是重新建设一个移动网。在 2G 的基础上, 3G 增加了强大的多媒体功能, 不仅能接收和发送语音、数据信息, 而且能接收和发送静、动态图像及其他数据业务; 同时 3G 克服了多径、时延扩展、多址干扰、远近效应、体制问题等技术难题, 具有较高的频谱利用率, 解决了全世界存在的系统容量问题; 系统设备价低, 业务服务高质、低价, 满足个人通信化要求。

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, 用户不再局限于一个地区和一个网络, 而能在整个系统和全球漫游, 但不要求各系统在无线传输设备及网络内部技术完全一致, 而是要求在网络接口、互通及业务能力方面的统一或协调; 在设计上具有高度的通用性, 拥

有足够的系统容量和强大的多种用户管理能力，能提供全球漫游；是一个覆盖全球的、具有高度智能和个人服务特色的移动通信系统。

② 能提供高质量的多媒体业务，包括高质量的话音、可变速率的数据、高分辨率的图像等多种业务，实现多种信息一体化。

③ 适应多种环境，采用多层小区结构，即微微蜂窝、微蜂窝、宏蜂窝，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，网络终端具有多样性，并与第二代系统共存和互通，开放结构，易于引入新技术。

④ 具有足够的系统容量、强大的多种用户管理能力、高保密性能和服务质量。用户可用唯一的个人电信号码在任何终端上获取所需要的电信业务，这就超越了传统的终端移动性，真正实现了个人移动性。

为实现上述目标，对无线传输技术提出了以下要求。

① 高速传输以支持多媒体业务。

- 室内环境至少 2Mbps。
- 室外步行环境至少 384kbps。
- 室外车辆环境至少 144kbps。

② 传输速率按需分配。

③ 上下行链路能适应不对称业务的需求。

④ 简单的小区结构和易于管理的信道结构。

⑤ 灵活的频率和无线资源的管理、系统配置和服务设施。

第三代移动通信标准通常指无线接口的无线传输技术标准。截至 1998 年 6 月 30 日，提交到国际电信联盟（International Telecommunications Union, ITU）的陆地第三代移动通信无线传输技术标准共有 10 种。ITU 在 2000 年 5 月召开的全球无线电大会（World Radiocommunication Conference, WRC）上正式批准了第三代移动通信系统（International Mobile Telecommunication-2000, IMT-2000）的无线接口技术规范建议，此规范建议了 5 种技术标准，如表 1-1 所示。

最终只有 3 种 CDMA 技术实际成为第三代移动通信系统的标准。这三种 CDMA 技术分别受到两个国际标准化组织——3GPP（3rd Generation Partnership Project）和 3GPP2（3rd Generation Partnership Project 2）的支持：3GPP 负责 DS-SS-SSMA 和 CDMA-TDD 的标准化工作，分别称为 3GPP FDD（Frequency Division Duplex，频分双工）和 3GPP TDD（Time Division Duplex，时分双工）；3GPP2 负责 MC-SSMA（Multi Carrier-code Division Multiple Access），即 CDMA2000 的标准化工作。由此，形成了世界公认的第三代移动通信的 3 个国际标准及其商用的系统，即 WCDMA、CDMA2000 和 TD-SSDMA。在中国，这 3 个标准的系统分别由中国联通（WCDMA）、中国电信（CDMA2000）和中国移动（TD-SSDMA）建设和运行。

表 1-1 IMT-2000 无线接口的 5 种技术标准

多址接入技术	正式名称	习惯称呼
CDMA	IMT-2000 CDMA-DS	WCDMA
	IMT-2000 CDMA-MC	CDMA2000
	IMT-2000 CDMA-TDD	TD-SSDMA/UTRA-TDD
TDMA	IMT-2000 TDMA-SS	UWC-136
	IMT-2000 TDMA-MC	EP-DECT