



高等职业教育“十一五”精品课程规划教材

YIDONG TONGXIN
YUANLI YU SHEBEI

移动通信原理与设备

李 媛 主 编
董莉 韦泽训 马晓强 副主编



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

高等职业教育“十一五”精品课程规划教材

移动通信原理与设备

李 媛 主 编

董 莉 韦泽训 马晓强 副主编

北京邮电大学出版社

• 北 京 •

内 容 简 介

本书是根据现代移动通信系统对高职高专人才的要求,为满足高职移动通信课程教学的需要而编写的,内容深入浅出,通俗易懂,并具有较强的实践性和先进性。

本书的主要内容为:移动通信的分类、基本组成和特点;移动通信的组网、多址接入、分集和天线等技术;GSM 系统组成、无线信道、移动性与安全管理、GSM 系统设备;CDMA 基本原理、无线信道、典型技术和设备;GPRS、PHS、SCDMA 等其他移动通信系统与相关设备;第三代移动通信系统的主流技术;移动通信设备的安装等。

本书可作为高职高专通信、电子类专业“移动通信原理与设备”或“移动通信技术”课程的教材,亦可供从事移动通信技术工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信原理与设备/李媛主编. —北京:北京邮电大学出版社,2009

ISBN 978-7-5635-1725-1

I. 移… II. 李… III. ①移动通信—通信理论—高等学校:技术学校—教材②移动通信—通信设备—高等学校:技术学校—教材 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 209405 号

书 名:移动通信原理与设备

主 编:李媛

副 主 编:董莉 韦泽训 马晓强

责任编辑:孔玥

出版发行:北京邮电大学出版社

社 址:北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt. edu. cn

经 销:各地新华书店

印 刷:北京忠信诚胶印厂

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:18.75

字 数:462 千字

印 数:1—3 000 册

版 次:2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-1725-1

定 价:30.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

在日新月异的信息通信中,移动通信尤为瞩目,它迅速成为其中发展最快、应用最广、渗透力最强的技术,在促进经济增长、推动社会进步、丰富人民生活等方面发挥了重要的作用。移动通信经历了从模拟网到数字网,从频分多址到码分多址,从第一代到第三代的发展历程。目前,我国移动通信领域商用化系统正处在 GSM/GPRS、CDMA、小灵通和大灵通共存的时期,近期中国移动 TD-SCDMA 业务的隆重推出和中国电信 CDMA2000 网络的大力建设,标志着我国移动通信 3G 商用化时代的到来。

本书是根据现代移动通信系统对高职高专人才的要求和高职移动通信课程教学的需要,从高职高专学生的特点和实际出发而编写的,内容深入浅出,通俗易懂,并具有较强的实践性和先进性。移动通信专业的学生通过本书学习可以掌握现代移动通信技术的基础理论和专业技能,具备基本的移动通信系统运行维护与管理能力、移动通信设备安装、调试和维护能力以及移动通信工程施工组织与管理能力。而对非移动通信专业而言,通过本书学习可以增加学生对移动通信技术的了解程度,为技能鉴定和日后的求职作好铺垫。

本书较详细地介绍了移动通信原理和技术、目前各种商用移动通信系统、运营商广泛采用的基站设备和移动基站的安装,主要内容包括:移动通信系统的组成和特点;调制、多址接入、均衡、分集和天线等技术;GSM 系统组成、无线信道、移动性与安全性管理和 GSM 基站设备;CDMA 基本原理、扩频通信、无线信道、典型技术和设备;GPRS、PHS、SCDMA 等其他移动通信系统与相关设备;第三代移动通信系统的主流技术;移动通信设备的安装等。

本书第 1、8 章由马晓强编写;第 2、7 章由董莉编写;第 3 章由韦泽训编写;第 4、5 章由李媛编写;第 6 章由李媛和韦泽训共同编写。全书由李媛统编和审稿。本书涉及到的各基站设备资料由四川移动通信有限公司、四川联通公司、四川电信公司的相关技术人员提供,在此表示衷心感谢。

由于移动通信技术发展迅猛,编著时间紧迫,作者学识有限,书中难免存在不足和错误,敬请读者批评指正。

本教材精品课程教学资源网站地址:<http://jpkc.sptpc.com/ydtxjs/Course/Index.htm>。

编 者

目 录

第 1 章 移动通信概述

1.1 移动通信的基本概念	1
1.1.1 移动通信的定义	1
1.1.2 移动通信系统的组成	1
1.1.3 移动通信的特点	2
1.2 移动通信的发展	3
1.2.1 第一代移动通信系统	4
1.2.2 第二代移动通信系统	6
1.2.3 第三代移动通信系统	7
1.2.4 第四代移动通信系统	8
1.3 移动通信的分类	9
1.3.1 按使用要求和工作场合	9
1.3.2 按工作方式	14
1.4 移动通信的电波传播	15
1.4.1 电波的传播方式	15
1.4.2 电波的衰落特性	17
1.4.3 典型电波传播的分析	18
1.4.4 电波的传播模型	19
1.5 移动通信的噪声干扰	20
1.5.1 移动通信的噪声	20
1.5.2 移动通信的干扰	20
本章小结	21
思考题	22

第 2 章 蜂窝移动通信的关键技术

2.1 组网技术	24
2.1.1 组网方式	24
2.1.2 小区制的组网技术	26
2.2 编码技术	29
2.2.1 信源编码	29
2.2.2 信道编码	32
2.3 多址接入技术	33

2.3.1 多址方式的含义及分类	33
2.3.2 频分多址方式(FDMA)	33
2.3.3 时分多址方式(TDMA)	34
2.3.4 码分多址(CDMA)	35
2.4 调制技术	36
2.4.1 概述	36
2.4.2 相移键控	37
2.4.3 高斯滤波最小移频键控	40
2.5 均衡和分集技术	41
2.5.1 均衡技术	42
2.5.2 分集技术	44
2.6 天线技术	48
2.6.1 天线原理	48
2.6.2 天线参数	49
2.6.3 基站天线	51
本章小结	52
思考题	53

第3章 GSM 数字蜂窝移动通信系统

3.1 GSM 系统的频率配置	55
3.1.1 无线电波	55
3.1.2 GSM 系统频率配置	56
3.1.3 GSM 系统频率规划	57
3.2 GSM 系统的组成与网络结构	59
3.2.1 GSM 系统结构	59
3.2.2 GSM 网络结构	62
3.3 GSM 系统的编号	64
3.3.1 GSM 系统中的编号	65
3.3.2 GSM 系统中号码的典型应用	66
3.4 GSM 系统的接口与无线信道	67
3.4.1 GSM 系统的接口	67
3.4.2 GSM 系统的无线信道	69
3.4.3 帧结构	71
3.4.4 时隙(突发)结构	73
3.5 GSM 系统的接续与移动管理	74
3.5.1 GSM 系统中的典型接续过程	75
3.5.2 GSM 系统中的移动管理	80
3.6 GSM 系统的安全性管理	83
3.6.1 鉴权过程	83

3.6.2 加密过程	84
3.6.3 设备识别	85
3.6.4 TMSI 保护	85
3.6.5 PIN 码保护	85
3.7 GSM 系统的几种基本技术	85
3.7.1 跳频技术	85
3.7.2 不连续发射和不连续接收技术	87
3.7.3 功率控制	88
3.8 GSM 系统的业务	89
3.8.1 电信业务	89
3.8.2 承载业务	90
3.8.3 补充业务	90
3.9 GSM 系统基站设备的简介	91
3.9.1 GSM 系统基站设备简介	91
3.9.2 GSM 系统基站维护简介	95
本章小结	96
思考题	97

第 4 章 CDMA(码分多址)系统

4.1 CDMA 概述	98
4.1.1 CDMA 发展简史	98
4.1.2 CDMA 标准的演进	100
4.2 扩频通信原理	101
4.2.1 扩频通信的定义	101
4.2.2 扩频通信的理论基础	101
4.2.3 扩频通信的主要性能指标	102
4.2.4 扩频通信的工作方式	103
4.2.5 扩频码和地址码的选择	109
4.3 IS-95 CDMA 系统	116
4.3.1 主要技术参数	116
4.3.2 系统结构	117
4.3.3 CDMA 编号	118
4.3.4 前向 CDMA 信道	120
4.3.5 反向 CDMA 信道	128
4.4 CDMA 关键技术	132
4.4.1 功率控制	132
4.4.2 RAKE 接收机	134
4.4.3 软切换	135
4.5 CDMA 系统的优点	136

4.6 CDMA 系统基站设备简介	141
本章小结	147
思考题	148

第 5 章 通用分组无线业务

5.1 GPRS 概述	150
5.1.1 GPRS 产生的意义	150
5.1.2 GPRS 的主要特点	150
5.1.3 GPRS 存在的问题	151
5.1.4 GPRS 与 WAP、E-GPRS、3G 的关系	152
5.2 GPRS 网络结构	153
5.2.1 GPRS 功能实体	153
5.2.2 GPRS 的组网	157
5.2.3 GPRS 接口种类和功能	159
5.2.4 GPRS 的空中接口 Um	160
5.3 GPRS 逻辑功能	167
5.3.1 网络访问控制功能	167
5.3.2 分组选路和传输功能	167
5.3.3 移动性管理功能	168
5.3.4 逻辑链路管理功能	170
5.3.5 无线资源管理功能	170
5.3.6 网络管理功能	171
5.4 GPRS 应用	171
5.4.1 GPRS 的业务	171
5.4.2 GPRS 业务的具体应用	173
5.4.3 GPRS 业务的计费管理	175
5.4.4 GPRS 与 HSCSD 业务的比较	176
5.5 GPRS 系统设备简介	177
5.5.1 PCU 设备	177
5.5.2 SGSN 设备	181
5.5.3 GGSN 设备	185
本章小结	188
思考题	189

第 6 章 其他移动通信系统

6.1 小灵通系统原理与基站设备	190
6.1.1 小灵通发展溯源与特点	190
6.1.2 PAS 关键技术	191
6.1.3 PAS 系统结构	193

6.1.4 iPAS 系统结构	194
6.1.5 500 mW 基站的安装	195
6.2 大灵通系统原理与基站设备	200
6.2.1 SCDMA 概述	200
6.2.2 SCDMA 的关键技术	200
6.2.3 典型的 SCDMA 系统介绍	202
6.2.4 典型的 SCDMA 基站设备介绍	206
本章小结	209
思考题	210

第 7 章 第三代移动通信系统

7.1 第三代移动通信概述	211
7.1.1 概述	211
7.1.2 3G 三个国际标准的特性分析	212
7.2 WCDMA 技术	217
7.2.1 WCDMA 无线子系统	217
7.2.2 WCDMA 的扩频码	220
7.2.3 WCDMA 的信道类型	221
7.2.4 WCDMA 的关键技术	224
7.2.5 WCDMA 核心网标准及规范	227
7.3 CDMA2000 技术	235
7.3.1 CDMA2000 的特点	235
7.3.2 CDMA2000-1X 系统和网络结构	236
7.3.3 CDMA2000-1X 的无线信道	238
7.3.4 CDMA2000-1X 关键技术	242
7.4 TD-SCDMA 技术	244
7.4.1 TD-SCDMA 技术概述	244
7.4.2 TD-SCDMA 空中接口与协议	244
7.4.3 TD-SCDMA 关键技术	250
7.5 3G 业务	258
7.5.1 3G 业务分类	258
7.5.2 3G 标志性业务	260
本章小结	262
思考题	263

第 8 章 移动通信基站的安装

8.1 基站安装概述	264
8.2 基站天馈线的安装	269
8.2.1 基站天馈线系统组成	270

8.2.2 基站天馈线系统的安装流程	270
8.3 基站机房线缆布放与敷设	277
8.3.1 信号线缆布放要求	277
8.3.2 电源线布放要求	277
8.3.3 尾纤布放要求	278
8.4 基站的防雷与接地	278
8.4.1 移动通信基站接地	278
8.4.2 移动通信基站防雷	284
本章小结	285
思考题	286
参考文献	287

现代社会的发展越来越快,现代人对通信的需求越来越高,而对于通信的方便性也就提出了更高的要求。在任何时间、地点都能方便地与任何人有效、及时通信,就需要移动通信来实现这个目标。移动通信几乎集中了有线和无线通信的最新技术成就,其能交换的信息,已不仅限于语音,一些非语音服务(如传真、数据、图像等)也纳入移动通信的服务范围。同时,移动通信除了作为公用通信外,即使作为专业通信也已普遍应用于社会的各个领域,不论是交通运输、商业金融、公共安全、作战训练、新闻报道等各行各业都因为移动通信所带来的高效率而受益匪浅。它是使用户随时随地、快速而可靠地进行多种信息交换的一种理想通信形式,因此,移动通信和卫星通信、光纤通信一起被列为现代通信领域的 3 大新兴通信技术手段。

1.1 移动通信的基本概念

1.1.1 移动通信的定义

移动通信,是指通信双方至少有一方是处于移动状态,并且其中的一部分传输介质是无线的通信方式。在现实生活中,移动通信的例子比比皆是,如手机与手机之间、手机与固定电话之间、手机与小灵通之间、小灵通之间、小灵通与固定电话之间等,这些通信的例子都是属于移动通信的范畴,而固定电话与固定电话的通信则不属于移动通信。

移动通信系统包括无绳电话系统、陆地蜂窝移动通信系统、集群通信系统、卫星移动通信系统等。移动体之间通信联系的传输手段只能依靠无线电通信,因此,无线通信是移动通信的基础,无线通信技术的发展将推动移动通信的发展。当移动电话与固定电话之间进行通信联系时,除了依靠无线通信技术之外,还依赖于有线网络技术,例如,公众电话网 PSTN、公众数据网 PDN、综合业务数字网 ISDN。

1.1.2 移动通信系统的组成

移动通信包括无线传输、有线传输、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。

通常意义上,移动通信系统由移动业务交换中心(MSC)、基站(BS)、移动台(MS)及中继线等部分组成。图 1-1 为移动通信系统的示意图。

移动台(MS)是一个子系统。它实际上是由移动终端设备和用户数据两部分组成的,移

动终端设备称为移动设备,用户数据存放在一个与移动设备可分离的数据模块中,此数据模块称为用户识别卡(SIM)。移动台有便携式、手提式、车载式 3 种,所以说移动台不单指手机,手机只是一种便携式的移动台。

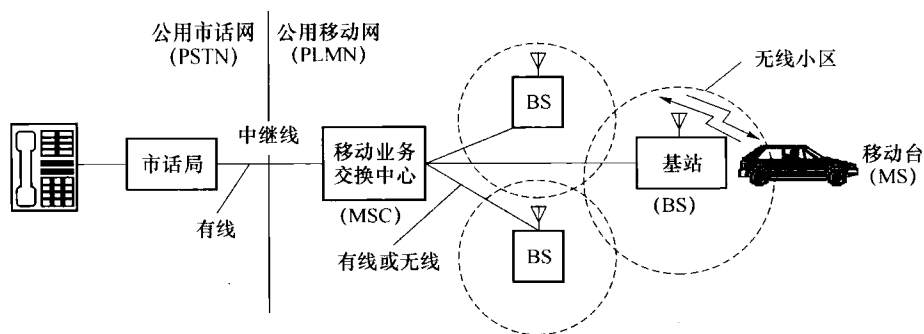


图 1-1 移动通信系统组成

基站(BS)是以多信道共用方式在移动通信中提供通信服务的关键设备,其中主要由收发信道盘等组成。

移动业务交换中心(MSC)除具有一般市话交换机的功能之外,还有移动业务所需处理的越区切换、漫游等功能。

传输线部分主要是指连接各设备之间的中继线,目前 MSC 到 BS 之间的传输主要采用小微波及光缆等方式。

1.1.3 移动通信的特点

1. 设备性能要求高

不同的移动通信系统有不同的特点,这也是对通信设备性能要求的依据。在陆地移动通信系统中,要求移动台体积小、重量轻、功耗低、操作方便。同时,在有振动和高、低温等恶劣的环境条件下,要求移动台依然能够稳定、可靠地工作。

2. 电波传播有严重的衰落现象

移动台因受到城市高大建筑物的阻挡、反射、电离层散射的影响,移动台收到的信号往往不仅是直射波,还有从各种途径来的散射波,称为多径现象。这种多径信号在接收端所合成信号的幅度与相位都是随机的,其幅度是瑞利(Rayleigh)分布而相位在 $0 \sim 2\pi$ 域内均匀分布,因此出现严重的衰落现象。

当移动台处于高速运动状态时,加快了衰落现象。据分析,移动通信的衰落可达 30 dB 左右,这就要求移动台具有良好的抗衰落能力。

3. 存在远近效应

移动通信是在运动过程中进行通信,因此大量移动台之间会出现近处移动台干扰远距离邻道移动台的通信,一般要求移动台能自动调整发射功率。同时,随通信距离的变化迅速改变,所以,移动台的收信机应有良好的自动增益控制能力。

4. 强干扰条件下工作

移动台通信环境变化很大,很可能进入强干扰区进行通信,在移动台附近的发射机也可能对正在通信的移动台进行强干扰。当汽车在公路上行驶时,该车和其他车辆的噪声干扰

也相当严重,这就要求移动通信具有很强的抗干扰能力。

5. 存在多普勒效应

多普勒效应指的是当移动台具有一定速度 v 的时候,基站接收到移动台的载波频率将随 v 的不同,产生不同的频移,反之也如此。移动产生的多普勒频偏为

$$f_d = \frac{v}{\lambda} \cos \theta$$

式中, v 为移动速度, λ 为工作波长, θ 为电波入射角,如图 1-2 所示。此式表明,移动速度越快,入射角越小,则多普勒效应就越严重。

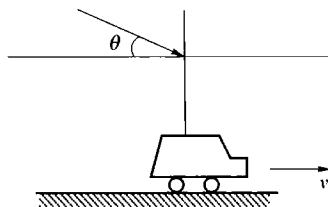


图 1-2 多普勒效应示意图

6. 技术复杂

移动通信,特别是陆地移动通信的用户数量很大,为了缓和用户数量大与可利用的频率资源有限的矛盾,除了开发新频段之外,还要采取各种措施来更加有效地利用频率资源,如压缩频带、缩小波道间隔、多波道共用等。

由于移动台的移动是在广大区域内的不规则运动,而且大部分的移动台都会有关闭不用的时候,它与通信系统中的交换中心没有固定的联系,因此,要实现通信并保证质量,移动通信必须是无线通信或无线通信与有线通信的结合,而且必须要发展自己的跟踪、交换技术,如位置登记技术、波道切换技术、漫游技术等。

1.2 移动通信的发展

移动通信最早是由马可尼于 1897 年在拖船和岸上用无线电波实现的,至今移动通信已有 110 多年历史了。发展到今天,移动通信已经成为人们生活中不可缺少的一部分。

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,首先在短波几个频段上开发出专用移动通信系统,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 2 MHz,到 40 年代提高到 30~40 MHz。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。

第二阶段从 20 世纪 40 年代中期至 60 年代初期。在此期间内,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 120 kHz,通信方式为单工,随后,前西德(1950 年)、法国(1956 年)、英国(1959 年)等国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,使用 150 MHz 和 450 MHz 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 450 MHz 频

段,实现了自动选频与自动接续。

第四阶段从 20 世纪 70 年代中期至 80 年代中期,这是移动通信蓬勃发展时期。1978 年年底,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 800 MHz 汽车电话系统(HAMTS),在东京、大阪、神户等地投入商用。前西德于 1984 年完成 C 网,频段为 450 MHz。英国在 1985 年开发出全地址通信系统(TACS),首先在伦敦投入使用,以后覆盖了全国,频段为 900 MHz。法国开发出 450 系统。加拿大推出 450 MHz 移动电话系统(MTS)。瑞典等北欧四国于 1980 年开发出 NMT-450 移动通信网,并投入使用,频段为 450 MHz。

这一阶段的特点是蜂窝状移动通信网成为实用系统,并在世界各地迅速发展。移动通信大发展的原因,除了用户要求迅猛增加这一主要推动力之外,还有几方面技术进展所提供的条件。首先,微电子技术在这一时期得到长足发展,这使得通信设备的小型化、微型化有了可能性,各种轻便电台被不断地推出。其次,提出并形成了移动通信新体制,随着用户数量增加,大区制所能提供的容量很快饱和,这就必须探索新体制。在这方面最重要的突破是贝尔实验室在 20 世纪 70 年代提出的蜂窝网的概念。蜂窝网,即所谓小区制,由于实现了频率再用,大大提高了系统容量。可以说,蜂窝概念真正解决了公用移动通信系统要求容量大与频率资源有限的矛盾。最后,随着大规模集成电路的发展而出现的微处理器技术日趋成熟以及计算机技术的迅猛发展,从而为大型通信网的管理与控制提供了技术手段。

第五阶段从 20 世纪 80 年代中期开始。这是数字移动通信系统发展和成熟时期。以 AMPS 和 TACS 为代表的第一代蜂窝移动通信网是模拟系统。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、费用较贵、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。到 80 年代中期,欧洲首先推出了泛欧数字移动通信网(GSM)的体系。随后,美国和日本也制定了各自的数字移动通信体制,典型的有美国的窄带 CDMA (IS-95)系统。

上述是对移动通信按照时间进行分段的介绍,而现在经常会听到第一代移动通信、第二代移动通信和第三代移动通信这样的词汇,下面对此进行介绍。

1.2.1 第一代移动通信系统

20 世纪 80 年代发展起来的现代蜂窝移动电话系统是第一代移动通信系统。

第一代移动通信系统主要有美国推出的 AMPS 制式、英国的 TACS 制式等。我国采用的是 TACS 制式,1987 年在上海、广东率先建成开通。表 1-1 列出了第一代蜂窝移动通信系统的主要指标。

表 1-1 第一代蜂窝移动通信系统的主要指标及使用地区

系统名称	上行/下行频率/MHz	信道带宽/kHz	信道数	地区
AMPS	824~849/869~894	30	832	美国
TACS	890~915/935~960	25	1000	欧洲
ETACS	872~905/935~960	25	1240	英国
NMT-450	453~457.5/463~467.5	25	180	欧洲
NMT-900	890~915/935~960	12.5	1999	欧洲
C-450	450~455.74/460~465.74	10	573	前西德、葡萄牙
RTMS	450~455/460~465	25	200	意大利
NTT	925~940/870~885	25/6.25	600/2400	日本
	915~918.5/860~863.5	6.25	560	
	922~925/867~870	6.25	480	
JTACS NTACS	915~925/860~870	25/12.5	400/800	日本
	898~901/843~846	25/12.5	120/240	
	918.5~922/863.5~867	12.5	280	

第一代移动通信系统的主要特点是：

(1) 全双工工作，具有越区频道转换、自动漫游通信功能。

采用模拟话音信道传输信息，将用户的语音信号直接调制到发射频段上。采用 FDMA 频分多址方式区分不同的信道。频分多址是把通信系统的总频段分成若干等间隔的频道（或称信道），并分配给不同的用户使用。这些频道互不交叠，其宽度应能传输一路数字话音信息，在相邻频道之间无明显的串扰。同时，在高低两个频段之间留有一段保护频带，其作用是防止同一部电台的发射机对接收机产生干扰。这种通信系统的基站必须同时发射和接收多个不同频率的信号，任意两个移动用户之间进行通信都必须经过基站的中转，因而必须同时占用 4 个频道才能实现双工通信。其优点是技术比较成熟和易于与现有模拟系统兼容，缺点是系统中同时存在多个频率的信号，容易形成互调干扰，频谱利用率较低。

TACS 系统工作于 890~905 MHz(移动台发、基站收)和 935~950 MHz(基站发、移动台收)。频道共有 600 个，其中频道序号 23~43 为信令信道，25 kHz 为频道宽度。

(2) 第一代移动通信系统使用的是随路信令。

随路信令是信令和话音在同一条话路中传送的信令方式。我国采用的随路信令称为中国 1 号信令系统。1 号信令利用 2M 中继线的第 16 时隙传送，每个 TS16 负责传送两个话路的线路信令，TS16 和话路有着固定的一一对应关系。由于 1 号信令的信号(主/被叫号码)通过话音通道中的多频模拟信号(MFC)来传送，因此具有以下缺陷：

① 由于采用双音频(MFC)来传递主被叫号码，每个号码大约要 0.25 s 时间，呼叫建立慢，中继占用时间长，需要更多的中继才能达到一定的话务量；

② 由于呼叫建立慢，用户等待的时间长，所以用户满意度降低；

③ 由于采用双音频来传递信息，表达的信息量有限，可开展的业务种类有限。

故第一代模拟移动通信系统的主要缺点是：

- (1) 频谱利用率低、系统容量小；
- (2) 保密性差,终端易被“克隆”；
- (3) 移动终端小型化、低功耗、低价格的难度大；
- (4) 基站设备体积大,对机房的面积、承重要求高；
- (5) 采用一号信令系统,开展的业务种类有限。

1.2.2 第二代移动通信系统

为克服模拟网的缺点,科学家们从 1982 年开始研究第二代移动通信系统。第二代移动通信系统以数字传输、时分多址(或码分多址)为主体技术,通过采用扩频、跳频、交织编码、自适应均衡以及纠错编码等数字信号处理技术,极大地提高了频谱利用率和通话能力,并在自动漫游能力、保密能力、标准的开放性等方面比第一代模拟移动通信系统有了质的飞跃。

表 1-2 列出了第二代蜂窝移动通信系统的主要指标,第二代移动通信系统主要有欧洲的 GSM 和北美的窄带 CDMA(也称 CDMA One、IS-95)两种制式。我国目前两种制式均有采用,中国移动和中国联通建有 GSM 系统,中国联通建有窄带 CDMA 系统。

表 1-2 第二代蜂窝移动通信系统的主要指标

系统名称	GSM	IS-54	PDC	IS-95
引入年份	1990	1991	1993	1993
多址方式	TDMA	TDMA	TDMA	CDMA
上行/下行频率/MHz	890~915	824~849	810~830、1429~1453	824~849
	935~960	869~894	940~960、1477~1501	869~894
调制方式	GMSK	DQPSK	DQPSK	OQPSK/QPSK
载波带宽	200 kHz	30 kHz	25 kHz	1250 kHz
信道速率/kbit·s ⁻¹	270.8	48.6	42	1228.8
编码方式/码率	RELTP-LTP/13	VSELP/S	VSELP/6.7	QCELP/8

1. GSM

GSM 是全球移动通信系统(Global System of Mobile Communication)的英文简称。1982 年,为了克服模拟网的缺点,欧洲 CEPT 成立 GSM 专题小组,制定统一技术规范,1987 年规范基本成熟,1992 年开始在欧洲商用。GSM 最初仅为泛欧标准,随着该系统在全球的广泛应用,其含义已成为全球移动通信系统。GSM 系统具有标准化程度高、接口开放的特点,强大的联网能力推动了国际漫游业务,用户识别卡的应用真正实现了个人移动性和终端移动性。现在,已有 120 多个国家、250 多个运营者采用 GSM 系统,全球 GSM 用户数占移动用户总数近 70%。我国从 1995 年开始建设 GSM 网络。

2. GPRS

为提供高速数据传输功能,1997 年 GSM 小组制定了 GPRS 标准。GPRS 是通用分组无线业务(General Packet Radio Service)的英文简称,是在现有 GSM 系统上发展出来的一种新的承载业务,目的是为 GSM 用户提供分组形式的数据业务。业界把 GPRS 称为 2.5G。

随着当今互联网技术的飞速发展,电信业务的中心正在逐渐从单纯的话音服务向数据

转移,许多传统运营商都转变成成为语音、数据综合运营商。从市场和技术两方面对无线移动数据业务的需求也越来越迫切,GSM 系统在我国和全世界已有庞大的运行网络和数以亿计的用户群,而以前的 GSM 数据应用都是通过电路交换或短信方式实现的,速率慢,需长期占用宝贵的无线资源,效率低、成本高,远远不能满足数据业务的需要。GPRS 正是在这种背景下应运而生的,GPRS 允许移动用户用分组方式发送和接收数据,而不是传统的电路交换方式,从而提供一种高效、低成本的无线分组数据业务。GPRS 特别适用于间断的、突发性的或频繁、少量的数据传输,也适用于偶尔的大数据量传输,而这正是互联网大多数应用的特点。GPRS 一端连接到移动用户终端,另一端连接到互联网和企业内部网,分组或数据包(Packet Data)在 GSM 网上传送,使 GSM 用户终端(如手机)变成互联网终端。

3. 窄带 CDMA

窄带 CDMA 在蜂窝系统中的应用几乎是和 GSM 同时被提出来的,但刚提出的时候没有得到重视,其中的主要原因在于 CDMA 的蜂窝系统必须具有高速、精确的功率控制要求,否则整个系统难以理想工作甚至出现系统崩溃。功率控制技术在当时的条件下还难以攻破,直到美国高通(QUALCOMM)公司解决了这一难题后,这一状况才有所变化。高通的解决方案主要是通过测量移动台和基站的接收功率,利用开环和闭环相结合的功率控制方式,命令移动台调整发射功率,使移动台输出的功率电平在维持适当性能的情况下达到最小,一方面减轻了对其他用户的干扰,另一方面有助于克服衰落,使得 CDMA 码分多址技术应用于蜂窝移动通信成为可能。1989 年 11 月,高通公司在美国的现场试验证明 CDMA 用于蜂窝移动通信的容量大,并经理论推导其为 AMPS(美国的第一代移动通信系统)容量的 20 倍,这次试验拉开了 CDMA 数字蜂窝移动通信系统蓬勃发展的序幕。

高通公司于 1990 年 7 月公布了最早的 CDMA 标准,经过许多移动通信运营商和制造厂家的协商讨论,在 1993 年 7 月,才形成了 IS-95A 标准,比 GSM 标准的成熟时间——1987 年晚了 6 年的时间。

IS-95 标准是窄带 CDMA 移动通信的核心标准,使用 800 MHz 或 1 900 MHz 频带。世界上许多国家以此为蓝本生产和建设码分多址数字移动通信系统,1995 年在香港开通第一个商用网之后,美国、日本、韩国、中国等国家相继开通了窄带 CDMA。

1.2.3 第三代移动通信系统

与第二代移动通信(简称 2G)替代第一代模拟移动通信不同的是,第三代移动通信(简称 3G)的发展是在一个庞大的十几亿用户的基础上,甚至有些国家和地区是在用户逐渐趋于饱和的情况下引入和发展的。另外,2G 的技术和业务能力也在不断增强和提高,所以对 3G 的认识以及它的内涵必然随着移动通信的上述发展发生着一些变化,使得 3G 和 2G 之间的技术能力更加趋向于无缝衔接,特别是在业务和应用方面。并且,由于 3G 的发展和演变有着复杂的经济、利益,甚至政治背景,所以使得 3G 的概念和技术不再单纯,而是多种因素共同作用之后的结果。

第一代和第二代移动通信标准和频段的使用都是国家或区域性行为,这是和第三代移动通信的最大不同。如 GSM 是欧洲提出的标准,后来被一百多个国家采用,窄带 CDMA 则是美国提出的标准,也有几十个国家采用。它们使用的频段也有很大的差异,GSM 一般使用 900 MHz/1 800 MHz,北美和少数南美国家使用 1 900 MHz 频段,窄带 CDMA 则一般