



教育部高等职业教育示范专业规划教材  
(通信类专业)

# 移动通信技术

YIDONG TONGXIN JISHU



罗文兴 主编



赠电子课件等

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



教育部高等职业教育示范专业规划教材  
(通信类专业)

# 移动通信技术

主 编 罗文兴  
副主编 朱里奇 丁洪伟  
参 编 余 东 陈 燕 刘正波 李汶周  
主 审 赵东风



机械工业出版社

本书主要是为了适应现代移动通信的发展需要,满足当前移动通信技术人才紧缺的市场需求而编写的,主要介绍了移动通信领域中的各种技术,其中包括目前相对成熟的移动通信技术,同时也包括现在新开发应用的技术,还介绍了在探讨中的未来移动通信技术。

本书分8章,主要包括移动通信概述、移动通信的电波传播与干扰、移动通信的组网技术、无线市话通信系统——小灵通、GSM移动通信系统、CDMA移动通信系统、第三代移动通信系统、第四代移动通信系统等。

本书内容丰富、新颖,系统性强,实用性强,同时尽量避免抽象及复杂的公式推导,特别适合作为高职高专通信类专业的教材,也可供从事移动通信工作的工程技术人员及管理人员参考。

为方便教学,本书配有免费电子课件、习题答案等,凡选用本书作为授课教材的学校,均可来电或邮件索取,010-88379564 或 [cmpqu@163.com](mailto:cmpqu@163.com)。

### 图书在版编目(CIP)数据

移动通信技术/罗文兴主编. —北京:机械工业出版社, 2010.2

教育部高等职业教育示范专业规划教材. 通信类专业  
ISBN 978-7-111-29021-6

I. ①移… II. ①罗… III. ①移动通信—通信技术—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第030428号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:曲世海 责任编辑:曲世海

版式设计:霍永明 责任校对:陈立辉

封面设计:马精明 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2010年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.25印张·376千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-29021-6

定价:27.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

人类社会一直进行着信息的传递、交换与利用。在过去的几十年，通信技术得到了迅速的发展和广泛的应用，极大地推动了社会经济的发展和人们生活方式的改变，其中与人们生活联系最密切的是个人通信方式的改变，即采用移动通信来实现“任何时间，任何地点，以任何方式进行信息交流”。我国移动通信的发展是相当迅速的，给人们带来了极大的方便，其发展经历了由模拟语音通信到数字通信，之后到多媒体通信的过程。

移动通信技术的发展日新月异，它是当前世界上发展最快的领域之一，这么快的变化给教学方式和教材更新工作带来了相当大的难度，如何让教材能够适应新技术的发展，同时让学生和通信技术人员能够在最早的时间得到最新的知识，是目前教育部门面临的最大问题。故本书编写是以移动通信的概念、通信系统的组成、系统原理以及通信的发展演进为主线，重点介绍第三代移动通信系统，这是许多教材所没有的，也是本书的一个亮点。同时，本书还讲了移动通信发展的前沿，即第四代移动通信系统的一些内容，以激发学生对移动通信技术学习的兴趣。

本书分8章，第1章移动通信概述，描述了移动通信的概念、特点、分类、工作方式以及多址技术等；第2章介绍了移动通信的电波传播与干扰；第3章讲述了移动通信的组网技术；第4章简单介绍了小灵通的相关知识；第5章详细地讲解了GSM移动通信系统，内容丰富；第6章也以相当多的篇幅讲解了CDMA移动通信系统的相关技术；第7章讲解的是第三代移动通信系统，介绍了WCDMA技术、CDMA2000技术、TD-SCDMA技术等；第8章介绍了第四代移动通信系统的网络框架和关键技术等。

本书由罗文兴老师任主编，朱里奇老师和丁洪伟老师任副主编，罗文兴老师负责大纲的编写和统稿等工作。其中，余东老师编写第1章，朱里奇老师编写第2、5章，罗文兴老师编写第3、7章，刘正波老师也参加了第3章的编写，陈燕老师编写第4章，李汶周老师编写第6章，罗文兴老师与丁洪伟老师共同编写第8章。

赵东风博士生导师任主审，他对本书内容进行了详细的审阅。本书在编写过程中得到许多工程技术人员和专家的帮助与支持，在此一并表示感谢。

**为方便教学，本书配有免费电子课件、习题答案等，凡选用本书作为授课教材的学校，均可来电或邮件索取，010-88379564 或 [cmpqu@163.com](mailto:cmpqu@163.com)。**

鉴于编者水平有限、新技术发展日新月异等原因，书中难免有不妥之处，欢迎广大读者提出宝贵的意见和建议。

编 者

# 目 录

## 前言

## 第1章 移动通信概述 ..... 1

- 1.1 移动通信的概念 ..... 1
  - 1.2 移动通信的发展概况 ..... 1
    - 1.2.1 移动通信的发展历程 ..... 1
    - 1.2.2 中国移动通信发展的现状 ..... 4
    - 1.2.3 移动通信发展的趋势 ..... 4
  - 1.3 移动通信的主要特点及系统构成 ..... 5
    - 1.3.1 移动通信的主要特点 ..... 5
    - 1.3.2 移动通信系统的构成 ..... 6
  - 1.4 移动通信的分类 ..... 6
    - 1.4.1 按设备的使用环境分类 ..... 7
    - 1.4.2 按服务对象分类 ..... 7
    - 1.4.3 按移动通信系统分类 ..... 7
  - 1.5 移动通信的工作方式 ..... 10
    - 1.5.1 单工制 ..... 10
    - 1.5.2 半双工制 ..... 11
    - 1.5.3 双工制 ..... 11
  - 1.6 移动通信中的多址技术 ..... 12
    - 1.6.1 频分多址 ..... 13
    - 1.6.2 时分多址 ..... 13
    - 1.6.3 码分多址 ..... 15
  - 1.7 移动通信中的编码与调制技术 ..... 15
    - 1.7.1 移动通信中的编码技术 ..... 16
    - 1.7.2 移动通信中的调制技术 ..... 19
- 思考题与练习题 ..... 20

## 第2章 移动通信的电波传播与干扰 ..... 21

- 2.1 无线电波传播特征 ..... 21
  - 2.1.1 直射波 ..... 22
  - 2.1.2 反射波 ..... 22
  - 2.1.3 障碍物的影响与绕射 ..... 22
  - 2.1.4 大气中的电波传播 ..... 23
- 2.2 移动通信的信道特征 ..... 24

- 2.2.1 多径衰落 ..... 24
  - 2.2.2 阴影效应 ..... 26
  - 2.3 电波传播特性的估算 ..... 26
    - 2.3.1 地形、地物分类 ..... 26
    - 2.3.2 市区传播损耗中值 ..... 27
    - 2.3.3 郊区和开阔区的传播损耗中值 ..... 29
    - 2.3.4 不规则地形的传播损耗中值 ..... 29
    - 2.3.5 任意地形的信号中值预测 ..... 31
    - 2.3.6 其它因素的影响 ..... 33
  - 2.4 噪声 ..... 36
    - 2.4.1 噪声的分类及特性 ..... 36
    - 2.4.2 人为噪声 ..... 36
  - 2.5 干扰 ..... 38
    - 2.5.1 同频道干扰 ..... 38
    - 2.5.2 邻频道干扰 ..... 40
    - 2.5.3 互调干扰 ..... 40
    - 2.5.4 远近效应 ..... 43
- 思考题与练习题 ..... 44

## 第3章 移动通信的组网技术 ..... 45

- 3.1 频率管理与有效利用 ..... 45
  - 3.1.1 频率的管理 ..... 45
  - 3.1.2 频率的有效利用技术 ..... 47
- 3.2 区域覆盖与信道配置 ..... 48
  - 3.2.1 区域覆盖 ..... 48
  - 3.2.2 信道配置 ..... 55
- 3.3 移动通信系统的网络结构 ..... 58
  - 3.3.1 基本网络结构 ..... 58
  - 3.3.2 其它网络结构 ..... 59
- 3.4 多信道共用技术 ..... 62
  - 3.4.1 多信道共用的概念 ..... 62
  - 3.4.2 话务量、呼损率与信道利用率 ..... 62
  - 3.4.3 空闲信道的自动选取 ..... 64
- 3.5 信令 ..... 66
  - 3.5.1 数字信令 ..... 66

3.5.2 音频信令 .....	67	<b>第6章 CDMA 移动通信系统</b> .....	126
3.5.3 No. 7 .....	68	6.1 CDMA 的发展介绍 .....	126
思考题与练习题 .....	72	6.2 CDMA 系统的基本原理 .....	127
<b>第4章 无线市话通信系统——</b>		6.2.1 码分多址的基本原理 .....	127
<b>小灵通</b> .....	74	6.2.2 CDMA 系统的编码理论基础 .....	129
4.1 概述 .....	74	6.2.3 码分多址在 CDMA 网络中的	
4.1.1 无线市话通信系统的概念 .....	74	实现 .....	130
4.1.2 PAS 的特点及其在中国的发展 .....	75	6.2.4 IS-95 CDMA 系统信道 .....	134
4.1.3 PAS 的网络结构 .....	76	6.3 CDMA 移动通信系统的特点与	
4.2 PAS 的关键技术 .....	77	网络结构 .....	136
4.3 PAS 的空中接口 .....	82	6.3.1 CDMA 移动通信系统的特点 .....	136
4.4 PAS 的业务 .....	85	6.3.2 CDMA 移动通信系统的	
思考题与练习题 .....	87	网络结构 .....	137
<b>第5章 GSM 移动通信系统</b> .....	89	6.4 CDMA 系统的移动性管理 .....	137
5.1 GSM 系统概述 .....	89	6.4.1 CDMA 网络使用的主要	
5.1.1 GSM 系统的发展 .....	89	识别号码 .....	137
5.1.2 GSM 系统的技术特点 .....	90	6.4.2 位置更新 .....	139
5.1.3 GSM 系统的结构 .....	91	6.4.3 越区切换 .....	141
5.1.4 GSM 系统的接口协议 .....	92	6.4.4 鉴权与加密 .....	143
5.1.5 GSM 系统的网络结构 .....	95	6.5 CDMA 系统的呼叫处理 .....	144
5.1.6 GSM 系统的区域、号码与识别 .....	97	6.5.1 移动台的呼叫处理 .....	144
5.2 GSM 系统的信号处理与无线接口 .....	98	6.5.2 基站的呼叫处理 .....	148
5.2.1 GSM 系统无线传输特征 .....	98	6.5.3 呼叫流程图 .....	148
5.2.2 信号的处理 .....	100	6.6 CDMA 系统的功率控制 .....	150
5.2.3 信道类型及其组合 .....	103	6.6.1 反向开环功率控制 .....	150
5.3 GSM 系统的控制与管理 .....	109	6.6.2 反向闭环功率控制 .....	151
5.3.1 移动台开机后的工作 .....	109	6.7 CDMA 系统提供的业务 .....	151
5.3.2 位置登记 .....	109	6.7.1 CDMA 系统提供的电信业务 .....	151
5.3.3 安全性管理 .....	111	6.7.2 CDMA 系统提供的补充业务 .....	152
5.3.4 呼叫接续 .....	114	6.7.3 CDMA 系统提供的其它业务 .....	155
5.3.5 切换管理 .....	116	思考题与练习题 .....	156
5.4 GSM 系统的业务 .....	117	<b>第7章 第三代移动通信系统</b> .....	157
5.4.1 概述 .....	117	7.1 第三代移动通信系统概述 .....	157
5.4.2 短消息业务 .....	119	7.1.1 第三代移动通信系统的特点 .....	157
5.5 GPRS 系统 .....	121	7.1.2 第三代移动通信系统的结构 .....	158
5.5.1 GPRS 的网络结构 .....	121	7.1.3 3G 网络的演进策略 .....	159
5.5.2 GPRS 的协议 .....	123	7.1.4 实现 3G 系统的关键技术 .....	161
5.5.3 增强型 GPRS .....	124	7.2 WCDMA 技术 .....	164
思考题与练习题 .....	125	7.2.1 WCDMA 概述 .....	164

7.2.2	WCDMA 关键技术	164	7.4.3	TD-SCDMA 的关键技术及 主要特点	209
7.2.3	WCDMA 空中接口	167	7.4.4	干扰分析	211
7.2.4	无线接入网体系结构	171	7.4.5	TD-SCDMA 网络规划	212
7.2.5	全 IP 网络	173	7.4.6	TD-SCDMA 网络优化	220
7.2.6	HSDPA 技术	173	思考题与练习题	223	
7.2.7	WCDMA 无线资源管理	176	<b>第 8 章 第四代移动通信系统</b>	224	
7.2.8	WCDMA 无线网络规划	182	8.1	4G 简介	224
7.2.9	WCDMA 系统与其它系统共存的 干扰分析	184	8.1.1	4G 的定义	224
7.2.10	WCDMA 无线网络优化	186	8.1.2	4G 的优点	224
7.3	CDMA2000 技术	189	8.2	4G 的网络架构	225
7.3.1	CDMA2000 移动通信系统的 关键技术	189	8.2.1	4G 的网络体系结构	225
7.3.2	CDMA2000 无线网络结构及 模块	190	8.2.2	4G 的接入系统	226
7.3.3	CDMA2000 物理信道	193	8.2.3	4G 的软件系统	226
7.3.4	CDMA2000 系统物理层技术	196	8.3	4G 的关键技术	227
7.3.5	CDMA2000 无线网络模块接口	198	8.3.1	OFDM 技术	227
7.3.6	CDMA2000 功率控制	200	8.3.2	软件无线电技术	228
7.3.7	CDMA2000 切换过程	201	8.3.3	定位技术	228
7.3.8	CDMA2000 无线资源管理	205	8.3.4	切换技术	228
7.4	TD-SCDMA 技术	207	8.3.5	MIMO 技术	228
7.4.1	TD-SCDMA 发展历程	207	思考题与练习题	230	
7.4.2	TD-SCDMA 系统的帧结构	208	<b>附录 缩略语英汉对照表</b>	231	
			<b>参考文献</b>	237	



# 第 1 章 移动通信概述

**内容提要：**移动通信是实现理想通信目的的重要手段，是信息产业的重要技术基础。在经过近百年的发展后，移动通信技术已逐渐成熟。

为使大家对移动通信有初步的了解和认识，本章首先介绍了什么是移动通信，全球移动通信的发展历程及其在中国的发展现状，接着对移动通信的主要特点、系统构成、分类及工作方式进行了介绍，最后重点叙述了移动通信的多址技术、编码和调制技术。

## 1.1 移动通信的概念

随着社会的发展，人们对通信的需求日益迫切，对通信的要求也越来越高。现代通信系统是信息时代的生命线，以信息为主导地位的信息化社会又促进了通信技术的迅速发展，传统的通信网已不能满足现代通信的要求，移动通信已成为现代通信中发展最为迅速的一种通信手段。随着人类社会对信息需求的增加，通信技术正在逐步走向智能化和网络化。人们对通信的理想要求是：任何人(Whoever)在任何时候(Whenever)、任何地方(Wherever)、与任何人(Whomever)都能及时进行任何形式(Whatever)的沟通联系、信息交流。显然，没有移动通信，这种愿望是无法实现的。

所谓移动通信是指通信的双方，或至少一方，能够在可移动状态下进行信息传输和交换的一种通信方式。通信双方可以不受时间及空间的限制，随时随地进行有效、可靠和安全的通信。例如，运动中的人与汽车建立的陆地通信、运动中的轮船与轮船建立的海上通信、运动中的汽车与卫星建立的空间通信等都属于移动通信。

## 1.2 移动通信的发展概况

移动通信已成为当代通信领域内发展潜力最大、市场前景最广的热门技术，其发展不但集中了有线通信和无线通信的最新技术成果，而且也集中了网络技术和计算机控制技术的许多成果。移动通信已从模拟通信发展到数字通信，并朝着个人通信及综合通信等更高阶段发展。

### 1.2.1 移动通信的发展历程

移动通信的发展可追溯到 20 世纪 20 年代，当时主要是完成一些通信实验及电波传播工作。直到 20 世纪 70 年代中期，移动通信才迎来新的发展时期。时至今日，移动通信的发展大致经历了以下四个阶段。

#### 1. 公用汽车电话

20 世纪 80 年代以前的移动通信是指公用汽车电话系统。

20 世纪 20 年代至 40 年代，首先在短波几个频段上实现了小容量的专用移动通信系统，



其代表是美国底特律警察使用的车载无线电系统。该系统工作于 2MHz 频段，到 40 年代提高到 30 ~ 40MHz，特点是应用范围小，频率较低，语音质量差，自动化程度低。

20 世纪 40 年代中期至 60 年代初期，公用移动通信业务开始问世。1946 年，美国圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话系统，称为“城市系统”。该系统使用三个频道，频带间隔为 120kHz，特点是系统从专用移动网向公用移动网过渡，采用人工接续方式，但网络容量小。

20 世纪 60 年代中期至 70 年代中期，出现了自动交换式的三级结构网络系统，如美国的改进型移动电话系统 (IMTS)、德国的 B 系统等。三级结构网络系统使用 450MHz 频段，信道间隔缩小至 20 ~ 30kHz，特点是采用大区制，中小容量，实现了自动选频与自动接续，但受大区制影响，系统仍无法容纳更多的用户。

## 2. 第一代移动通信 (1G)

20 世纪 80 年代初，随着蜂窝组网理论的提出，移动通信技术由此进入了模拟蜂窝移动通信阶段，人们将其称为第一代蜂窝移动通信系统。该系统主要采用模拟技术及频分多址 (FDMA) 技术，其典型系统有：

1) 美国 AMPS 系统，称为先进移动电话系统，是美国贝尔实验室于 1978 年研制出的第一个蜂窝移动通信系统，1983 年投入商用。其工作频段为 800MHz，信道间隔为 30kHz，采用 7 小区复用模式。

2) 英国 TACS 系统，称为全接入通信系统，是英国仿照 AMPS 系统于 1985 年研制的通信系统。其工作频段为 900MHz，信道间隔为 25kHz，采用 7 小区复用模式。

3) 北欧 NMT 系统，称为北欧移动电话，是由丹麦、芬兰、挪威、瑞典于 1981 年研制出的第一个具有跨国漫游功能的蜂窝移动通信系统。其工作频段为 450MHz，信道间隔为 25kHz，以后工作频段扩至 900MHz，信道间隔缩至 12.5kHz，采用 9/12 小区复用模式。

第一代模拟蜂窝移动通信系统主要存在的问题有：频谱利用率低，系统容量小；抗干扰能力差，保密性差；制式不统一，互不兼容；难以与 ISDN 兼容，业务种类单一；移动终端复杂，费用较贵。

## 3. 第二代移动通信 (2G)

从 20 世纪 80 年代中期开始，数字移动通信系统进入发展和成熟时期，称为第二代数字蜂窝移动通信系统。该系统主要采用数字调制技术和时分多址 (TDMA)、码分多址 (CDMA) 等技术，其典型系统有：

1) 欧洲 GSM 系统，1992 年，第一个数字蜂窝移动通信系统 GSM 在欧洲商用。GSM 系统采用微蜂窝小区结构，与第一代移动通信系统相比，大大提高了频谱利用率及系统容量，同时与 ISDN 网络兼容，扩大了网络业务范围。其优越的综合性能，使其发展成为全球最大的蜂窝移动通信系统。

2) 北美 D-AMPS 系统，于 1993 年在北美地区商用。它是 AMPS 系统的改进型，为满足日益增长的用户数量，在 AMPS 系统上实现数模兼容的双模式运行方式。

3) 日本 PDC 系统，于 1994 年研制成功。它是在欧洲和北美数字移动通信技术迅速发展的形势下提出来的，吸取了前两种系统的优点，但数模不能兼容。

4) 北美 IS-95 CDMA 系统，是美国高通公司于 1994 年提出的，是一种采用码分多址 (CDMA) 的数字蜂窝移动通信系统，并与 AMPS 系统兼容。

四种数字移动通信系统的主要技术参数见表 1-1。

表 1-1 四种数字移动通信系统的主要技术参数

系统类型		GSM	D-AMPS	IS-95 CDMA	PDC
工作频段 /MHz	上行	890 ~ 915 (1710 ~ 1785)	824 ~ 849	824 ~ 849	810 ~ 826 1429 ~ 1453
	下行	935 ~ 960 (1805 ~ 1880)	869 ~ 894	869 ~ 894	940 ~ 956 1477 ~ 1501
频道带宽/kHz		200	30	1250	50
信道数据 速率/kbit · s <sup>-1</sup>		270.8	48.6	1228.8	42
多址方式		TDMA/FDMA	TDMA/FDMA	CDMA/FDMA	TDMA/FDMA
双工方式		FDD	FDD	FDD	FDD
调制方式		GMSK	$\pi/4$ DQPSK	OQPSK(上行) QPSK(下行)	$\pi/4$ DQPSK

第二代数字蜂窝移动通信系统存在的主要问题有：多种制式并存，通信标准不统一，无法实现全球漫游；系统带宽有限，数据业务较单一，无法实现高速率业务。

从 1996 年开始，为解决中速数据传输问题，又出现了 2.5G 的移动通信系统，如通用分组无线业务(GPRS)、无线应用通信协议(WAP)、蓝牙(Bluetooth)等技术，这些通信技术是实现 2G 向 3G 过渡的衔接性技术。

#### 4. 第三代移动通信(3G)

为满足高速率业务、高频谱利用率、大容量宽范围等通信技术的要求，实现全球通信无缝连接，国际电信联盟(ITU)于 2000 年建立了一个统一的国际标准：国际移动通信-2000(IMT-2000)，该标准支持的网络被称为第三代移动通信系统。IMT-2000 包括五个传输技术标准：WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA、UWC136、DECT，其中较成熟的三种无线传输技术为：

1) WCDMA，即宽带码分多址接入，由日本和欧洲的两种建设方案融合而成，由 3GPP(第三代合作项目)组织制订。代表厂商为爱立信、诺基亚和 NTT 等。其核心网络是基于 GSM/GPRS 网络的演进，并与 GSM/GPRS 网络保持兼容。

2) CDMA2000，即多载波码分多址接入，由美国在 IS-95 标准基础上提出，由 3GPP2(第三代合作项目 2)组织制订。代表厂商为高通、摩托罗拉、北方电讯、朗讯和三星电子等。其核心网络是基于 ANSI-41 网络的演进，并与 ANSI-41 网络保持兼容。

3) TD-SCDMA，即时分同步码分多址接入，由我国原邮电部电信科学技术研究院(大唐电信)提出，由 3GPP 组织制订。其代表厂商为大唐电信和西门子。其核心网络是基于 GSM/GPRS 网络的演进，并与 GSM/GPRS 网络保持兼容。

三种主流 3G 技术方案比较见表 1-2。

表 1-2 三种主流 3G 技术方案比较

3G 类型 技术参数	WCDMA	CDMA2000	TD-SCDMA
频道带宽/MHz	5	1.25/3.75	1.6
多址方式	DS-SSMA	DS-SSMA/MC-SSMA	TDMA/SSMA
双工方式	FDD/TDD	FDD	TDD
扩频码速率/Mchip · s <sup>-1</sup>	3.84	1.2288/3.6864	1.28
信道编码	卷积码/Turbo 码	卷积码/Turbo 码	卷积码/Turbo 码
基站间同步/异步	异步	GPS 同步	GPS 同步或网络同步
调制方式	HPSK(上行) QPSK(下行)	BPSK(上行) QPSK(下行)	QPSK、8PSK(可选)

与第一代和第二代移动通信技术相比, 3G 的优点主要体现在能提供多种多媒体业务, 能适应多种环境, 能实现全球漫游, 有足够的系统容量等。目前, 第三代移动通信系统已在全球开始商用, 与此同时, 第四代移动通信标准也在讨论和制定中。未来第四代移动通信(4G)将是一个比 3G 更完美的新无线世界, 它将创造出许多难以想象的应用。

### 1.2.2 中国移动通信发展的现状

我国自 1987 年开展移动通信业务以来, 已基本建成了覆盖范围广、通信质量高的综合通信网络, 并且该产业一直保持快速发展, 用户数量不断增长, 业务种类不断丰富。移动通信业务从初期单纯的语音业务开始逐步发展成为包括消息业务、数据业务、预付费和 VPN 等智能业务在内的多元化业务, 且已形成快速增长的势头。2009 年, 移动用户已增至 7 亿多户, 发展前景不可估量。

2008 年, 伴随着中国 2G 网络的升级与扩容, 中国的 WCDMA、CDMA2000 与 TD-SCDMA 三种 3G 网络在建设上也有不同程度的进展。中国移动启动了第二阶段的 TD-SCDMA 网络建设, 中国电信启动了涉及面向 81 个重点城市的 CDMA2000 全网招标, 而中国联通也开始在 7 个城市建立 WCDMA 试验网络的建设工作。目前, 各运营商已逐步启动了 3G 业务, 3G 网络已经商用。

### 1.2.3 移动通信发展的趋势

20 世纪 80 年代以来, 全球范围内的移动通信得到了前所未有的发展, 这种发展势头还在延续, 甚至会更快。随着无线通信、计算机及 Internet 等技术的不断融合, 未来移动通信将呈现多网络日趋融合、多种接入技术综合应用、新业务不断推出的发展趋势。未来移动通信的基本特征体现为:

1) 功能一体化的通信服务: 个人通信、信息系统、广播及娱乐等各项业务将会结合成一个整体, 提供给用户比以往更广泛的服务与应用。系统的使用将会更加安全、方便以及更加照顾用户的个性。

2) 方便快捷的移动接入: 移动接入将是提供语音、高速信息业务、广播及娱乐等业务

的主要接入方式，人们可以方便快捷地接入到系统中。

3) 形式多样的终端设备：用户将使用形式多样的终端设备接入到系统中。设备与人之间的交流不再仅仅是简单的听、说、看，还可以通过其它途径进行交流。

4) 自治管理的网络结构：系统的网络将是一个完全自治的、自适应的网络，它可以自动管理、动态改变自己的结构以满足系统变化和发展的要求。

## 1.3 移动通信的主要特点及系统构成

### 1.3.1 移动通信的主要特点

与固定通信系统相比，移动通信主要存在以下几方面的特点：

#### 1. 必须利用无线电波进行信息传输

移动通信是借助无线电波进行信息传输的，通信中的用户可以在一定范围内自由活动，其位置不受束缚，但无线电波的传播特性在一些情况下很差。一方面，电波传播的环境十分复杂，会遭受到各种衰落的影响，电波不仅会随着传播距离的增加而发生传播损耗(也叫大尺度衰落)，并且会受到地形、地物的遮蔽而发生阴影衰落(也叫中等尺度衰落)，而且电波在传播时会存在反射、绕射、衍射等，将从多条路径到达接收端，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多径衰落(也叫小尺度衰落)；另一方面，移动用户的快速移动会使其接收信号中含有附加频率的变化，产生随机调频，即发生了所谓的多普勒效应，从而影响通信质量。

#### 2. 通信环境存在十分复杂的干扰

移动通信系统工作于一个多频道、多电台同时工作的开放式环境中，会受到各种各样的干扰。这些干扰中有常见的外部干扰，如天电干扰、工业干扰、信道噪声等，也有来自系统本身的内部干扰，如邻频道干扰、同频干扰、互调干扰等。因此，抗干扰措施在移动通信系统的设计过程中显得尤为重要。

#### 3. 可利用的频谱资源有限

在移动通信中，随着移动用户数的不断增加，可利用的频谱资源将十分有限。为解决这一矛盾，一方面要开发新的频段，另一方面要采用各种新技术和新措施，缩小频道间隔、提高频率复用等，以提高频谱利用率。

#### 4. 网络管理控制复杂

根据通信地区的不同需要，移动通信网络可以组成带状(如铁路、公路沿线)、面状(如覆盖某一城市或地区)或立体状(如地面通信设施与中、低轨道卫星通信网络组成的综合系统)等，可以单网运行，也可以多网并行并实现互联互通。为此，移动通信网络必须具有很强的管理和控制功能，诸如用户的登记和定位，通信(呼叫)链路的建立和拆除，信道的分配和管理，通信的计费、鉴权、安全和保密管理以及用户过境切换和漫游的控制等。

#### 5. 移动设备必须适用于可变的移动环境

对手机的主要要求是体积小、重量轻、省电、操作简单和携带方便等。车载台和机载台除要求操作简单和维修方便外，还应保证在震动、冲击、高低温变化等恶劣环境中正常工作。

### 1.3.2 移动通信系统的构成

移动通信系统是移动用户之间、移动用户与固定用户之间，以及固定用户与移动用户之间，能够建立许多信息传输通道的传输系统。系统中主要包括无线收发信机、交换控制设备和移动终端设备，这些设备通过无线传输、有线传输的方式进行信息的收集、处理和存储等。下面以蜂窝移动通信系统为例，具体介绍移动通信系统的构成。

蜂窝移动通信系统主要由基站子系统(BSS)、移动台(MS)、网络子系统(NSS)、操作子系统(OSS)构成，如图 1-1 所示。

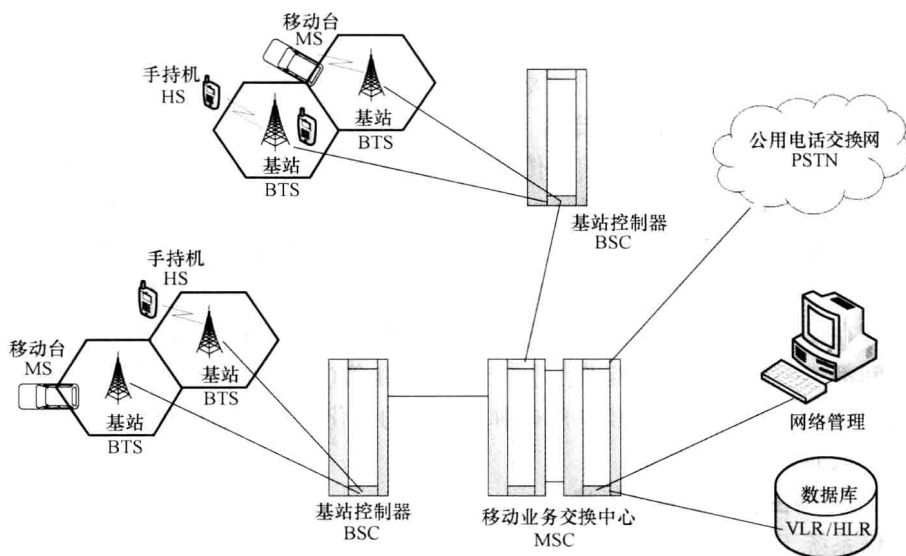


图 1-1 蜂窝移动通信系统构成

基站子系统(BSS)包括一个基站控制器(BSC)和由其控制的若干基站收发台(BTS)，负责管理无线资源，实现固定网与移动用户之间的通信连接，传送系统信号和用户信息。

移动台(MS)包括手持台和车载台等，是移动通信系统中不可缺少的部分。

网络子系统(NSS)包括移动业务交换中心(MSC)、归属位置寄存器(HLR)、访问位置寄存器(VLR)、鉴权中心(AUC)等，是移动通信系统的控制交换中心，又是与公用电话交换网的接口。

操作子系统(OSS)包括操作维护中心(OMC)、网络管理中心(NMC)等，负责移动通信系统的控制和检测。

## 1.4 移动通信的分类

根据移动通信的特点及应用领域等，移动通信有多种不同的分类形式，下面主要介绍以下几种分类。

### 1.4.1 按设备的使用环境分类

移动通信分为陆地移动通信、空中移动通信、海上移动通信。

#### 1. 陆地移动通信

陆地移动通信是指地面基站与陆地(包括河、湖)上的移动物体(人、车、船)等所携带(装载)的移动台间的通信。特点是:移动台的高度低,其电波的传播经常受到附近建筑物等的反射或遮挡。

#### 2. 空中移动通信

空中移动通信是指近地空间中的航空器(飞机、飞艇等)上的移动台与地面基站间的通信。特点是:两通信地点间一般没有反射和遮挡,而是接近自由空间。

#### 3. 海上移动通信

海上移动通信是指陆地上的基站与海洋移动船体上的电台间的通信。特点是:移动台与基站间大部分为水面覆盖,存在海面反射。

### 1.4.2 按服务对象分类

移动通信分为民用移动通信、军用移动通信。

#### 1. 民用移动通信

民用移动通信是一种用户终端移动、基站相对固定,应用于人们日常生活中的通信系统。特点是:自由移动性强、终端间可实现无线通信、覆盖面宽及性价比较高。如蜂窝移动通信、无线寻呼、无绳电话等均属于民用移动通信。

#### 2. 军用移动通信

军用移动通信是一种用户终端移动,基站相对隐蔽或机动,应用于部队的通信系统。特点是:机动性能高、抗毁能力强、保密性好、技术复杂、价格昂贵等。

### 1.4.3 按移动通信系统分类

就目前移动通信系统的应用领域来看,移动通信系统可分为公用移动通信系统和专用移动通信系统两个大类。公用移动通信系统是专为广大人民提供移动通信服务的,而专用移动通信系统则是为特定人群提供移动通信服务的。

#### 1. 公用移动通信系统

公用移动通信系统包括蜂窝移动通信系统、无线寻呼系统、无绳电话系统等。

(1) 蜂窝移动通信系统 蜂窝移动通信系统结构如图1-2所示。由于该移动通信无线服务区由许多正六边形小区覆盖而成,呈蜂窝状,故称蜂窝移动通信系统。适用于全自动拨号、全双工工作、大容量公用移动陆地网组网,可与公用电话交换网中任何一级交换中心相连接,实现移动用户与本地电话网用户、长途电话网用户及国际电话网用户的通话接续;可与公用数据网相连接,实现数据业务的接续。该系统具有越区切换、自动和人工漫游、计费及业务统计等功能。

(2) 无线寻呼系统 无线寻呼系统结构如图1-3所示。它是一种单向通信系统,既可作公用也可作专用,仅仅是规模大小不同而已。无线寻呼系统由与公用电话交换网相连接的无线寻呼控制中心、寻呼发射台及寻呼接收机等组成。无线寻呼系统有人工和自动两种接续方

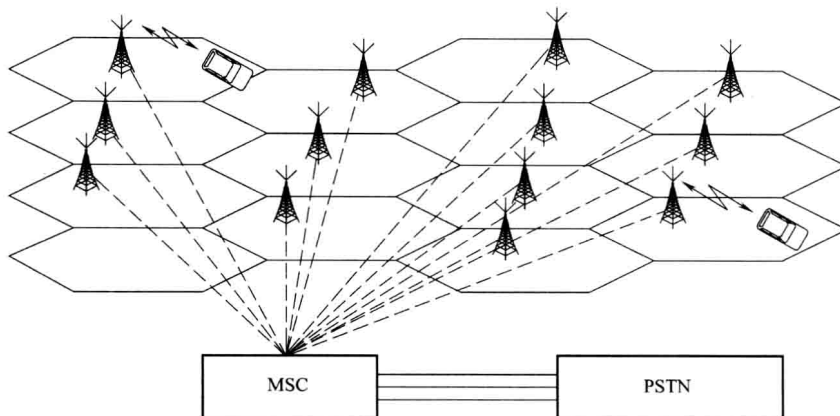


图 1-2 蜂窝移动通信系统结构

式。随着通信新技术的不断涌现，针对 BB 机的无线寻呼系统现已退出市场。

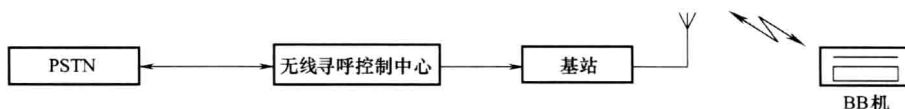


图 1-3 无线寻呼系统结构

(3) 无绳电话系统 无绳电话系统结构如图 1-4 所示。初期应用于家庭。这种系统相当简单，只需要一个与有线电话用户线相连接的基站和随身携带的手持机(无绳电话)，基站与手持机之间就可以建立起通信。不过该系统发展相当迅速并很快应用于商业，而且其通信可由室内走向室外。

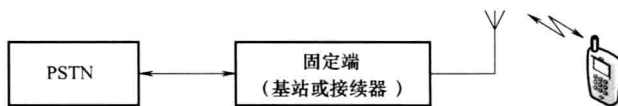


图 1-4 无绳电话系统结构

## 2. 专用移动通信系统

专用移动通信系统包括集群移动通信(也称大区制移动通信)系统和卫星移动通信系统。

(1) 集群移动通信系统 集群移动通信系统是一种用于集团调度指挥通信的移动通信系统，主要应用于专业移动通信领域，其结构如图 1-5 所示。该系统具有的可用信道可为系统的全体用户共用，具有自动选择信道功能，它是共享资源、分担费用、共用信道设备及服务的多用途、高效能的无线调度通信系统。

集群移动通信系统的组成与公用移动通信系统类似，但是又有自己的特点。它由移动台、基站、调度台以及控制中心组成。移动台是用于运行中或停留在某未定地点进行通信的用户台，由无线收发信机、控制单元、天馈线(或双工台)和电源组成，它包括车载台、便携台的手持台；基站由若干无线收发信机、天线共用器、天馈线系统和电源等设备组成，天线共用器包括发信合路器和接收分路器，天馈线系统包括接收天线、发射天线和馈线；调度台是能对移动台进行指挥、调度和管理的设备，分有线和无线调度台两种，无线调度台由无线收发信机、控制单元、天馈线(或双工台)、电源和操作台组成，有线调度台只有操作台；



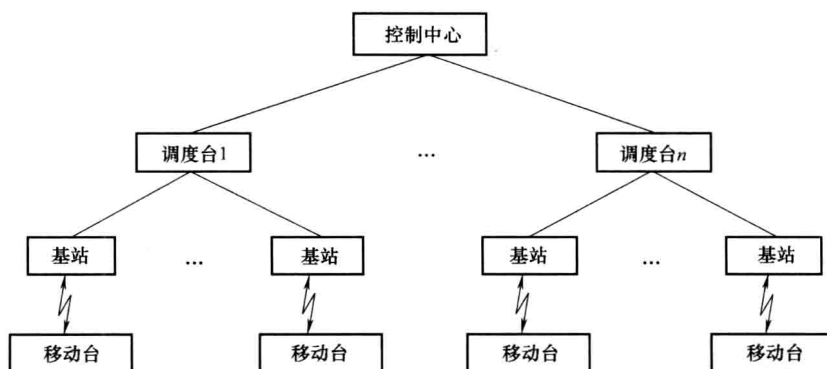


图 1-5 集群移动通信系统结构

控制中心包括系统控制器、系统管理终端和电源等设备，它主要控制和管理整个集群移动通信系统的运行、交换和接续，它由接口电源、交换矩阵、集群控制逻辑电路、有线接口电路、监控系统、电源和微机组组成。

集群移动通信系统的最大特点是语音通信采用 PTT(Push to Talk)，以一按即通的方式接续，被叫无需摘机即可接听，且接续速度较快，并能支持群组呼叫等功能。它的运作方式以单工、半双工为主，主要采用信道动态分配方式，并且用户具有不同的优先等级和特殊功能，通信时可以一呼百应。

随着数字技术的发展，集群移动通信系统已经逐渐发展成为数字集群移动通信系统。数字集群移动通信系统具有很多优点，它的频谱利用率有很大提高，可进一步提高集群移动通信系统的用户容量；它提高了信号抗信道衰落的能力，使无线传输质量变好，即提高了语音质量；由于使用了发展成熟的数字加密理论和实用技术，对数字系统来说，保密性也有很大改善。另外，数字集群移动通信系统可提供多业务服务，也就是说除数字语音信号外，还可以传输用户数字、图像信息等。由于网内传输的是统一的数字信号，容易实现与综合数字业务网 ISDN、PSTN、PDN 等接口的互联，因此极大地提高了集群网的服务功能。最后，数字集群移动通信网能实现更加有效、灵活的网络管理与控制。数字集群网中，在用户语音比特源内插入控制比特比较容易实现，即将信令和用户信息统一成数字信号，这种一致性克服了模拟网的不足，给数字集群移动通信系统带来了极大的好处。

(2) 卫星移动通信系统 卫星移动通信系统是地球站之间利用人造地球卫星转发信号的无线电通信系统，主要工作在微波波段，可传送电话、电报、图像、数据等信息，是现代通信的重要方式之一。

卫星通信的特点是：覆盖面积广，能实现固定的和移动的多址通信，组网灵活，通信容量大、质量高、距离远，受地理条件影响小，但传播损耗大，时延长，回波影响明显，信号易被别人截获及实施干扰。

卫星移动通信系统分为两个大类，一类是移动终端在移动，卫星相对静止的同步卫星移动通信系统，另一类是移动终端相对静止(对移动中的卫星而言)的非同步卫星移动通信系统。

## 1.5 移动通信的工作方式

移动通信的工作方式分为单工制、半双工制和双工制三种。

### 1.5.1 单工制

单工制是一种通信双方只能分时进行收信和发信的按键通信方式。任意一方不能同时进行发信和收信，为此，不论是甲方还是乙方，在发信时，其接收机都不工作，因此称为“单工”。根据收发频率的不同，单工制又可分为同频单工和异频单工。

(1) 同频单工 通信双方使用相同的频率 $f_1$ 工作，发送时不接收，接收时不发送，只占用一个频点，如图 1-6 所示。

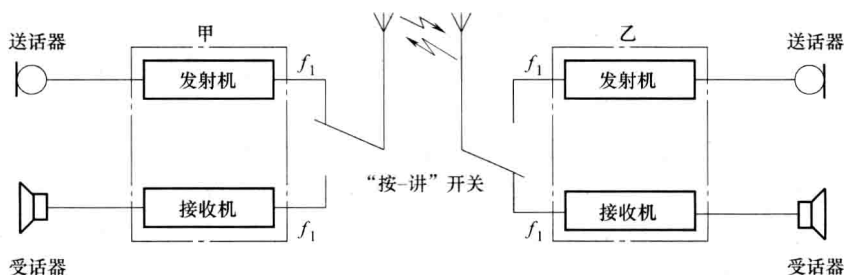


图 1-6 同频单工制式

(2) 异频单工 发射机和接收机分别使用两个不同的频率进行发送和接收。若甲的发射频率和乙的接收频率为 $f_1$ ，乙的发射频率和甲的接收频率为 $f_2$ ，则同一部电台的发射机和接收机是轮流工作的，如图 1-7 所示。

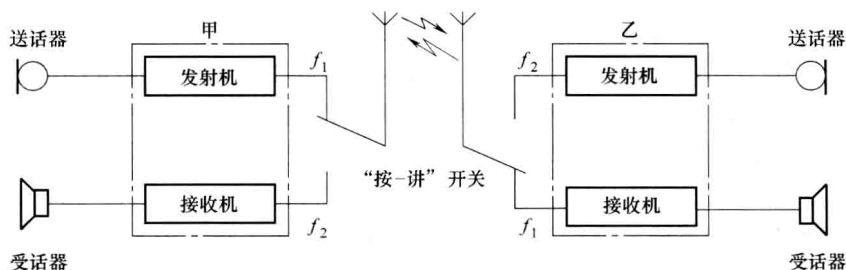


图 1-7 异频单工制式

单工通信常用于点到点的通信，常用的对讲机就是采用的这种通信方式。

单工制的优点主要是：①系统组网方便。②由于收发信机是交替工作的，所以不会造成收发之间的“反馈”。③发信机工作时间相对可缩短，耗电少，设备简单，造价便宜。

单工制的缺点是：①当收发使用同一频率时，邻近电台的工作会造成强干扰。②操作不方便，双方需轮流通信，会造成通话人为的断断续续。③同频基站间干扰较大。