

21 世纪高职高专规划教材  
高等职业教育规划教材编委会专家审定

YIDONG TONGXIN YUANLI YU XITONG

# 移动通信原理与系统

姚美菱 主编



北京邮电大学出版社  
www.buptpress.com

21 世纪高职高专规划教材

高等职业教育规划教材编委会专家审定

# 移动通信原理与系统

主 编 姚美菱

副主编 李 影 何柳青 唐 亮

北京邮电大学出版社  
·北京·

## 内 容 简 介

本书全面、系统地阐述现代蜂窝移动通信的基本原理、基本技术和当今各大运营商使用的蜂窝移动通信系统,较充分地反映了当代移动通信的最新技术。

全书共5章,第1章介绍移动通信的基本原理、基本技术,第2章介绍GSM和GPRS,第3章介绍CDMA技术的基本原理,第4章介绍IS-95和CDMA2000 1x,第5章介绍第三代移动通信系统,包括WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA和WIMAX。

本书深入浅出,内容全面翔实,既可作为高等工科院校通信工程、信息工程、电子信息类等相关专业的教材,也可作为移动通信技术培训的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

移动通信原理与系统/姚美菱主编. --北京:北京邮电大学出版社,2011.1  
ISBN 978-7-5635-2500-3

I. ①移… II. ①姚… III. ①移动通信—通信系统 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第232856号

---

书 名:移动通信原理与系统

主 编:姚美菱

责任编辑:刘 炆

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:北京源海印刷有限责任公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:16

字 数:398千字

印 数:1—3 000册

版 次:2011年1月第1版 2011年1月第1次印刷

---

ISBN 978-7-5635-2500-3

定 价:29.00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

在通信发展历史上,移动通信的发展非常迅猛,特别是近20年来,移动通信进入数字时代后,其发展呈现出跨越式发展趋势,用户呈现指数型增长。我国作为一个通信大国,其发展速度更是惊人。从1987年开通移动电话业务到1997年用户数达到1000万户,用了整整10年的时间;之后,用了4年的时间从1000万户增长到2001年的1亿户;2002年11月,移动电话用户总数达到2亿户;2004年5月,达到3亿户;2006年2月,达到4亿户;今天,移动电话用户已经超过8亿户。中国是全球移动电话用户最多的国家,也是GSM和CDMA网络容量最大的国家。现在三大运营商正在建设3G网络,抢占3G市场。

本书编写的目的是为通信工程、信息工程、电子信息类等相关专业的学生学习移动通信提供一本适合的教材,因此在编写过程中力求深入浅出、语言简洁、通俗易懂、内容全面翔实。

全书共5章,各章内容如下:

第1章介绍移动通信的发展、特点、系统构成、工作频率、组网技术、抗衰落技术等;

第2章介绍GSM和GPRS,包括系统结构、编号方案、空中接口、移动性管理等;

第3章介绍CDMA技术的基本原理,包括CDMA系统中用到的各种码、扩频技术;

第4章介绍IS-95和CDMA2000 1x,包括系统结构、空中接口、关键技术、移动性管理等;

第5章介绍第三代移动通信系统,例如WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA和WIMAX,包括系统结构、空中接口、关键技术。

本书由石家庄邮电职业技术学院的姚美菱担任主编,并且编写了第1章和第5章;参加编写的还有李影、何柳青、唐亮,他们分别编写了第4章、第2章和第3章。

本书在编写过程中参阅了大量的文献、资料,在此对各位作者深表谢意;本书在编写过程中还得到了通信类高职院校同行与同事的大力支持,在此表示感谢;同时向关心和帮助本书出版的各位编辑表示深深的谢意。

由于时间限制和笔者能力的制约,而且移动通信技术发展飞速,书中难免有疏漏之处,恳请各位读者批评指正。

编 者

# 目 录

<b>第 1 章 移动通信概述</b> .....	1
1.1 引言 .....	1
1.2 移动通信的分类 .....	1
1.3 移动通信的发展 .....	2
1.3.1 第一代——模拟蜂窝通信系统 .....	3
1.3.2 第二代——数字蜂窝移动通信系统 .....	3
1.3.3 第三代——IMT-2000 .....	4
1.3.4 第四代移动通信系统 .....	5
1.4 移动通信的构成和特点 .....	5
1.4.1 蜂窝移动电话系统构成 .....	5
1.4.2 移动通信的特点 .....	7
1.5 移动通信的工作方式 .....	9
1.6 移动通信的频率分配.....	10
1.7 移动通信中的基本技术.....	11
1.7.1 移动通信网的组网技术.....	12
1.7.2 编码技术.....	34
1.7.3 数字调制.....	39
1.7.4 抗衰落技术.....	47
1.7.5 移动交换技术.....	55
习题与思考题 .....	57
<b>第 2 章 GSM 和 GPRS 通信系统</b> .....	59
2.1 概述.....	59
2.1.1 GSM 系统发展过程 .....	59
2.1.2 GSM 系统的基本特点 .....	59
2.1.3 主要技术及参数.....	60
2.2 GSM 系统组成 .....	60
2.2.1 GSM 系统的结构与功能 .....	60
2.2.2 GSM 系统的接口和协议 .....	64
2.2.3 GSM 网络结构 .....	68
2.3 GSM 系统的编号 .....	72
2.3.1 无线覆盖的区域划分.....	72

2.3.2 移动识别号码	73
2.4 GSM 系统的无线接口	76
2.4.1 GSM 的频率配置	76
2.4.2 多址方式	77
2.4.3 GSM 的无线数字传输技术	85
2.5 GSM 系统的控制和管理	90
2.5.1 GSM 系统的控制过程	90
2.5.2 GSM 系统的安全性管理	92
2.5.3 GSM 系统移动性管理	94
2.6 通用分组无线业务	98
2.6.1 概述	98
2.6.2 GPRS 的特点及主要业务	100
2.6.3 GPRS 网络结构	101
2.6.4 GPRS 的移动性管理	106
2.6.5 GPRS 的会话管理	109
2.6.6 业务流程举例	110
习题与思考题	112
<b>第 3 章 码分多址技术基础</b>	<b>113</b>
3.1 概述	113
3.1.1 CDMA 技术的产生与发展	113
3.1.2 CDMA 技术的优势	114
3.2 码分多址的基本原理	115
3.3 扩频通信系统	119
3.3.1 扩频通信的基本概念	119
3.3.2 扩频通信的性能指标	120
3.3.3 扩频通信的实现方法	121
3.4 CDMA 的地址码和扩频码	125
3.4.1 相关函数	125
3.4.2 PN 码	126
3.4.3 Walsh 码	128
3.4.4 PN 码与 Walsh 码在 N-CDMA 移动通信中的应用	130
3.5 CDMA 技术的特点	131
3.5.1 CDMA 技术的优点	131
3.5.2 CDMA 技术实施中出现的问题	131
习题与思考题	132
<b>第 4 章 IS-95 CDMA 和 CDMA2000 1x 系统</b>	<b>133</b>
4.1 概述	133

4.2 IS-95 CDMA 的网络结构 .....	135
4.2.1 IS-95 CDMA 系统的网络参考模型 .....	135
4.2.2 IS-95 CDMA 的网络结构 .....	138
4.3 蜂窝小区构成及频率配置 .....	138
4.3.1 蜂窝小区构成 .....	138
4.3.2 频率配置 .....	139
4.4 IS-95 CDMA 的信道划分 .....	142
4.4.1 前向链路信道结构 .....	142
4.4.2 反向链路信道结构 .....	144
4.5 IS-95 CDMA 的功率控制技术 .....	145
4.6 IS-95 CDMA 的软切换技术 .....	147
4.7 CDMA2000 1x 系统 .....	148
4.7.1 概述 .....	148
4.7.2 CDMA2000 1x 的体系结构 .....	149
4.7.3 CDMA2000 1x 的空中接口概述 .....	153
4.7.4 CDMA2000 1x 的空中接口的物理层 .....	156
4.7.5 CDMA2000 1x 的功率控制和系统切换 .....	161
4.7.6 CDMA2000 1x 业务体系 .....	165
习题与思考题 .....	166
<b>第 5 章 第三代移动通信系统</b> .....	<b>168</b>
5.1 概述 .....	168
5.1.1 第三代移动通信系统的目标和要求 .....	168
5.1.2 3G 标准化组织 .....	168
5.1.3 2G 系统向 3G 的演进策略 .....	169
5.1.4 3G 的三种主流技术 .....	171
5.1.5 3G 系统结构 .....	173
5.1.6 3G 频谱情况 .....	174
5.1.7 3G 系统的业务 .....	175
5.2 WCDMA .....	178
5.2.1 WCDMA 标准历程 .....	178
5.2.2 WCDMA 空中接口协议 .....	182
5.2.3 WCDMA 空中接口三层信道 .....	183
5.2.4 WCDMA 无线接口关键技术 .....	191
5.2.5 高速下行分组接入技术 .....	195
5.2.6 高速上行分组接入技术 .....	197
5.3 TD-SCDMA .....	197
5.3.1 TD-SCDMA 标准历程 .....	197
5.3.2 TD-SCDMA 网络结构 .....	198

5.3.3 TD-SCDMA 空中接口物理层 .....	198
5.3.4 TD-SCDMA 关键技术 .....	211
5.4 CDMA2000 .....	217
5.4.1 CDMA2000 标准历程 .....	217
5.4.2 CDMA2000 1x EV-DO 概述 .....	220
5.4.3 CDMA2000 1x EV-DO Rev A 物理信道的结构 .....	225
5.4.4 CDMA2000 1x EV-DO Rev A 的关键技术 .....	234
5.5 WiMAX .....	243
习题与思考题 .....	247
参考文献 .....	248



## 1.1 引 言

所谓移动通信,是指移动体之间或移动体与固定体之间的通信,即通信中至少有一方可移动。

随着社会的进步、经济和科技的发展,特别是计算机、程控交换、数字通信的发展,近些年来,移动通信系统以其显著的特点和优异性能得以迅猛发展,应用在社会的各个方面,到2009年底全球移动用户约46亿户,2010年7月初全球移动用户超过50亿户。无线通信的发展潜力大于有线通信的发展,它不仅仅提供普通的电话业务功能,并能提供丰富的多种数据业务,满足用户的需求。2009年年底全球移动宽带用户超过6亿户。在现有增长率下,未来5年内,通过笔记本电脑或手机接入互联网的用户数将超过通过台式计算机接入互联网的用户数。

移动通信的主要目的是实现任何时间、任何地点和任何通信对象之间的通信。

从通信网的角度看,移动网可以看成是有线通信网的延伸,它由无线和有线两部分组成。无线部分提供用户终端的接入,利用有限的频率资源在空中可靠地传送话音和数据;有线部分完成网络功能,包括交换、用户管理、漫游、鉴权等,构成公众陆地移动通信网(PLMN)。

## 1.2 移动通信的分类

移动通信的分类标准有很多,按照不同的标准有不同的分类方法。

按服务对象分:可分为专用移动系统和公用移动系统。公用移动通信在我国是由中国移动、中国联通、中国电信经营的移动通信业务,由于它是面向社会各阶层人士的,所以称为公用网。专用移动通信是为了保证某些特殊部门的通信所建立的通信系统,由于各个部门的性质和环境有很大区别,因而各个部门使用的移动通信网的技术要求有很大差异。例如,工业企业中的无线电调度网、公安指挥、交通管理、海关缉私、医疗救护等部门使用的无线电话网。

按无线信道上传输的信号是模拟信号还是数字信号分:可分为模拟移动通信系统和数字移动通信系统,除第一代是模拟移动通信外,目前的移动通信系统均是数字的。

按覆盖范围分:可分为城域、局域、全国、全球。例如,卫星移动网即是全球移动通信网。而小灵通(PHS)因为不能支持漫游,所以属于城域移动通信技术。

按工作方式分:可分为单工、双工、半双工系统,目前大容量移动通信均是双工系统,双工系统一般又可分为时分双工(TDD)和频分双工(FDD)两种。其中,频分双工的收发频率分开,接收和发送通过滤波器来完成,能够合理地安排频率资源。时分双工的收发共用同一个频率,接收和发送通过时隙划分来完成,收发之间存在时间间隔。

按多址方式分:可分为 FDMA(频分多址)、TDMA(时分多址)、CDMA(码分多址)、SDMA(空分多址)等几种,实际中使用的移动通信系统常采用以上几种方式的组合。

按业务类型分:可分为电话网、数据网、综合业务网等,早期的移动通信系统均是电话移动通信网,无线局域网(WLAN)属于数据移动通信网,移动通信的发展方向是支持语音、数据、多媒体等多种业务的移动通信系统。

按移动通信设备分:可分为蜂窝状移动通信系统、专用调度电话、集群调度移动电话、无中心个人无线电话系统、公用无绳电话系统、移动卫星通信系统。

本书主要讲述蜂窝状移动通信系统。

## 1.3 移动通信的发展

可以说移动通信从无线电通信发明之日就产生了。1897年,M. G. 马可尼所完成的无线通信试验就是在一个固定站与一艘拖船之间进行的,距离为18海里。这一实验证明了收发信机在移动和分离状态下通过无线信道进行移动通信是可行的,标志着移动通信的开始。现代移动通信技术的发展始于20世纪20年代,大致经历了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,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发展。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”。当时使用三个频道,间隔为120 kHz,通信方式为单工,随后,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。这一阶段的特点是从专用移动网向公用移动网过渡,接续方式为人工接续,网络容量较小。

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。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,标志着公用

移动通信系统实用化时代的开始。这一阶段移动通信系统的特点是采用双工频分多址技术,采用频率复用技术,可以自动接入有线电话网。

这一阶段,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,各种轻便的终端设备被不断地推出。其次,提出并形成了移动通信新体制。在这方面最重要的突破是贝尔试验室在 20 世纪 70 年代提出的蜂窝网概念。蜂窝网,即所谓小区制,小区中实现频率再用,大大提高了系统容量,为建立大规模商用的移动通信系统建立了理论基础。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。第三方面进展是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支持。

移动通信系统从 20 世纪 80 年代发展成为大容量的实用系统至今,根据其发展历程和发展方向,可以划分为三代。

### 1.3.1 第一代——模拟蜂窝通信系统

第一代移动电话系统是 20 世纪 80 年代广泛使用的模拟蜂窝通信系统,采用了蜂窝组网技术,基站和移动台直接传输的是模拟信号。

模拟蜂窝通信系统的标准很多,很多国家制定了自己的标准,容量较大的系统主要有:北美的 AMPS、北欧的 NMT-450/900、英国的 TACS 等。其工作频带都在 450 MHz 和 900 MHz 附近,载频间隔在 30 kHz 以下。

尽管模拟蜂窝移动通信系统在 20 世纪 80 年代得到了大规模的发展,但是它有着下列致命的弱点:

- 制式太多,互不兼容,妨碍漫游,限制了用户覆盖面;
- 无法与固定网迅速向数字化推进相适应,数字承载业务很难开展;
- 频率利用率低,无法适应大容量的要求;
- 安全利用率低,易于被窃听,易做“假机”。

这些致命的弱点将妨碍其进一步发展,因此模拟蜂窝移动通信在 20 世纪 90 年代逐步被数字蜂窝移动通信所替代。

我国的第一代系统主要采用的是 TACS,始建于 1987 年,2001 年年底全面关闭。

### 1.3.2 第二代——数字蜂窝移动通信系统

由于模拟制式存在的各种缺点,20 世纪 90 年代开发出了以数字传输、时分多址和窄带码分多址为主体的移动电话系统,称之为第二代移动电话系统。代表产品分为以下两类。

#### 1. TDMA 系统

TDMA 系列中比较成熟和最有代表性的制式有:泛欧 GSM、美国 D-AMPS 和日本 PDC。

(1) D-AMPS 在 1989 年由美国电子工业协会 EIA 完成技术标准制定工作,1993 年正式投入商用。它是在 AMPS 的基础商改造成的,数模兼容,基站和移动台比较复杂。

(2) 日本的 PDC 技术标准在 1990 年制定,1993 年使用,只限于本国使用。

(3) 欧洲邮电联合会(CEPT)的移动通信特别小组(SMG)在 1988 年制定了 GSM 第一阶段标准 phase1,工作频带为 900 MHz 左右,1990 年投入商用;同年,应英国要求,工作频带为 1 800 MHz 的 GSM 规范产生。

上述三种产品的共同点是数字化,由于数字通信系统的优点,例如,频谱效率高、容量大、业务种类多、保密性好、话音质量好、网络管理能力强等,使得数字通信网得到迅猛发展。特别是 GSM 系统,技术成熟、管理灵活、有完善的技术规范,在泛欧取得很大的成功之后,在世界许多国家更是得到广泛的应用,是第二代数字蜂窝移动通信系统最主流的标准,市场的占有率高达 70%,具有漫游范围最为广泛的特点,因而被称为“全球通”。

## 2. N-CDMA 系统

N-CDMA(码分多址)系列主要是以高通公司为首研制的基于 IS-95 的 N-CDMA(窄带 CDMA)。北美数字蜂窝系统的规范是由美国电信工业协会制定的,1987 年开始系统研究,1990 年被美国电子工业协会接受。随后频带扩展到 1 900 MHz,即基于 N-CDMA 的 PCS1900。N-CDMA 系统虽然面市较晚,但由于其技术先进,也是第二代数字蜂窝移动通信系统主流标准,市场的占有率达百分之十几。

我国的第二代系统始于 1994 年建设的 GSM 系统,常称之为 G 网。G 网工作于 900 MHz 频段,频带比较窄,随着移动电话用户迅猛增长,许多地区的 G 网已出现因容量不足而达到饱和的状态。为了满足广大用户的需求,将 GSM 的工作频段扩展至 1 800 MHz,常称之为 DCS1800 系统(Digital Cellular system at 1 800 MHz),或简称“D”网。DCS1800 系统的基本体制和 GSM900 系统完全一致,只是工作于 1 800 MHz 频段,现在大部分城市都是 DCS1800 系统和 GSM900 系统同时覆盖,即双频网。目前 GSM 网在中国有两张,分别由中国移动和中国联通经营。

我国的第二代系统还包括原来联通 1998 年建设的 N-CDMA,目前该网由中国电信经营。

### 1.3.3 第三代——IMT-2000

随着用户的不断增长和数字通信的发展,第二代移动电话系统逐渐显示出它的不足之处。首先是频带太窄,不能提供如高速数据、慢速图像与电视图像等的各种宽带信息业务;其次是 GSM 虽然号称“全球通”,实际未能实现真正的全球漫游,尤其是在移动电话用户较多的国家如美国、日本,均未得到大规模的应用。而随着科学技术和通信业务的发展,需要的将是一个综合现有移动电话系统功能和提供多种服务的综合业务系统,所以国际电联要求在 2000 年实现商用化的第三代移动通信系统,即 IMT-2000。公众移动通信系统从第一代模拟系统到第二代数字系统,主要是技术驱动的结果。而从第二代数字系统到第三代移动通信系统(3G),以至 4G 系统,则是技术与业务共同驱动的结果,而业务驱动所占的成分更加突出。

与第二代移动通信系统相比,3G 的主要特点可以概括为:全球普及和全球无缝漫游;具有支持多媒体业务的能力,特别是支持 Internet 的能力;便于从第二代移动通信系统过渡和演进;高频谱利用率;能够传送高达 2 Mbit/s 的高质量图像。

3G 的主流技术有 W-CDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA 三种。CDMA2000 由美国、韩国提出,技术成熟性高,有着明确的提高频谱利用率的演进路线,可从 2G 的 N-CDMA 平

滑演进,但由于 N-CDMA 的市场占有率不高,其全球漫游能力一般。WCDMA 由欧洲和日本提出,基于 2G 的 GSM 演进,故得到 GSM 运营商的支持,鉴于 GSM 的市场占有率,其全球漫游能力最强。TD-SCDMA 是中国提出的,也是中国在通信领域的第一个全球标准,受到中国政府的大力支持,由于空中接口采用了一系列的先进技术,其频谱利用率最高,

在中国,2009 年 1 月,工业和信息化部正式宣布 3G 牌照发放结果:批准中国移动通信集团公司增加基于 TD-SCDMA 技术制式的第三代移动通信(3G)业务经营许可,中国电信集团公司增加基于 CDMA2000 技术制式的 3G 业务经营许可,中国联合网络通信集团公司增加基于 WCDMA 技术制式的 3G 业务经营许可。

我国自 1987 年开始开通移动电话业务以来,用户增长迅速,截至 2010 年第一季度,全国手机用户达到 7.8 亿,其中,3G 用户为 483 万户。到现在我国已经出现了五种移动电话网共存的局面,分别是 G-SM、N-CDMA、WCDMA、TD-CDMA 和 CDMA2000,这五种网各有不同的通话范围和不同的业务功能。用户选择配备移动电话手机时,需要对现有的五种网有所了解。

### 1.3.4 第四代移动通信系统

目前 3G 已经在全球许多国家开始了商用,但其核心网还没有完全脱离 2G 的核心网结构,所以普遍认为 3G 是一个从窄带向未来宽带移动通信系统的过渡。很多国家和相关科研机构已经开始了第四代移动通信系统的研究,希望该系统能容纳更多的用户,提供更好的通信质量。

目前,对第四代移动通信系统主要有以下几方面的描述:

- (1) 建立在新的频段(比如 5~8 GHz 乃至更高)上的无线通信系统。
- (2) 基于分组数据的高速率传输,可实现三维图像高质量传输。在静止条件下,传输数据速率应为 1 Gbit/s。在运动条件下,传输数据速率应为 100 Mbit/s。
- (3) 真正的“全球一统”(包括卫星部分)系统。
- (4) 基于全新网络体制的系统,或者说其无线部分将是对新网络(智能的、支持多业务的、可进行移动管理)的“无线接入”。
- (5) 不再是单纯的(传统意义上)的“通信”系统,而是融合了数字通信、数字音/视频接收和因特网接入的崭新的系统。

用户将使用各种各样的移动设备接入到 4G 系统中,各种不同的接入系统结合成一个公共的平台,它们互相补充、互相协作以满足不同的业务要求,移动网络服务趋于多样化,最终将演变为社会上多行业、多部门、多系统与人们沟通的桥梁。

## 1.4 移动通信的构成和特点

### 1.4.1 蜂窝移动电话系统构成

蜂窝移动通信系统主要是由移动台(MS, Mobile Station)、无线基站子系统(BSS, Base Station Subsystem)和交换网络子系统(NSS, Network Switching Subsystem)三大部分组成,如图 1.1 所示。

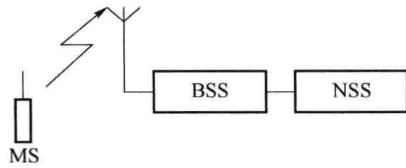


图 1.1 蜂窝移动通信系统的组成

### 1. 移动台

移动台就是移动客户设备部分,目前的数字移动系统中移动台都由两部分组成,移动终端(MS)和客户识别卡(SIM)。

移动终端就是大家在商场、超市、营业厅买的终端设备,它可完成话音编码、信道编码、信息加密、信息的调制和解调、信息发射和接收。移动终端可以分为车载台、便携台和手持台。车载台是安装在车辆上的设备,其天线与设备分离,安装在车外,车载台可以在较大功率下使用。便携台为用户手提携带的设备,其天线与设备安装在一起,便携台可支持系统要求的所有功率电平。便携台也可以安装在车辆上,并且通常都具备车辆安装时所用的接头。手持台也称手持机,为用户握在手中使用的设备,其天线安装在设备之中,现在多为内置天线。

SIM 卡就是“身份卡”,也称作智能卡,存有认证客户身份所需的所有信息,并能执行一些与安全保密有关的重要信息,以防止非法客户进入网络,用户与 SIM 卡有对应关系。

### 2. 无线基站子系统

无线基站子系统是在一定的无线覆盖区中由移动交换中心(MSC, Mobile Telephone Switching Center or Mobile Services Switching Center)控制,与 MS 进行通信的系统设备。目前的数字移动系统中,基站子系统功能实体可分为基站控制器(BSC)和基站收发信台(BTS)。

BTS 是基站子系统的无线部分,受基站控制器(BSC)控制,为某个小区的无线收发设备服务。完成 BSC 与无线信道之间有线和无线之间的转换,通过空中接口,实现 BTS 与移动台(MS)之间的无线传输及天线分集、信道加密、跳频等相关功能。

BSC 负责无线网络资源管理、小区配置、数据管理、功率控制、定位和切换等功能,是基站子系统的智能部分,具有对一个甚至数十个 BTS 进行控制的功能。

### 3. 交换网络子系统

由于用户的可移动性,交换网络子系统除了具备基本的交换和客户数据管理功能外,还必须具有如位置登记、越区切换等移动性管理功能,为了信息传输的安全,当然还需具备安全性管理功能。

交换网络子系统构成包括:移动交换中心(或称为移动交换机)、存储移动台所在区域的数据库、安全性管理所需的数据库。当移动台移动时,通知数据库改变其所在区;根据数据库存储的移动台所在区域,将线路接续到区域的路由选择等。当移动台入网时安全性管理数据库对用户进行鉴权,信息传输时安全性管理数据库对信息进行加密。

图 1.2 说明了包括移动台(MS)、基站(BS)和移动交换中心(MSC)的基本蜂窝系统。每一个移动用户通过无线电波和距离其最近的基站通信,在通话过程中,如果移动台远离原来服务基站,可能被切换到相邻的基站(目前距离此移动台最近)。移动站包括发送器、接收



器、天线和控制电路。基站包括有多个同时处理全双工通信的发送器、接收器和支撑多个发送和接收天线的塔。基站担当的就像桥的功能,完成有线与无线之间的转换,将小区中的所有用户的无线信号变换成有线信号送给 MSC。MSC 协调所有基站的操作,并将整个蜂窝系统连到固定电话网和其他标准的移动通信网上去。

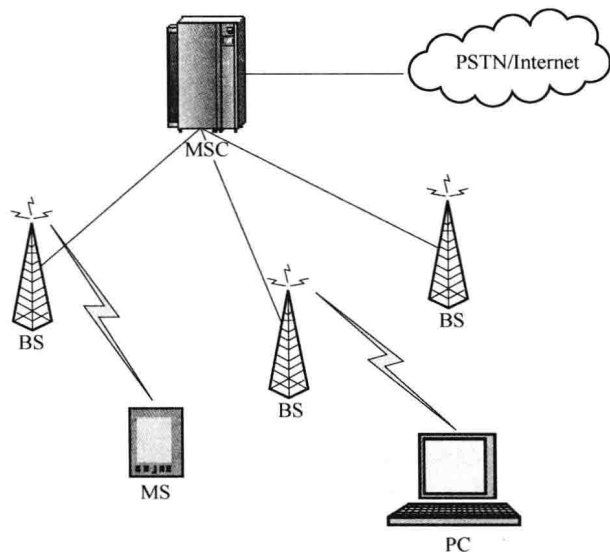


图 1.2 移动通信网络基本组成

### 1.4.2 移动通信的特点

移动通信与有线通信相比具有以下特点:

(1) 移动通信最异于固定通信之处在于用户的移动性,由于用户的移动性,网络需要随时知道用户当前位置,以完成呼叫接续等功能,这就导致网络管理复杂和移动通信位置登记、漫游等管理问题;在蜂窝网中用户在通话时的移动性,还涉及跨越小区时信道的切换问题等。

(2) 由于用户的移动性,用户必须用无线方式接入网络,而无线通信环境相对于有线的通信线路而言比较恶劣,存在阴影效应、多径效应、远近效应、多普勒效应,还存在各种噪声和干扰的影响,而且频谱资源有限。

#### ① 阴影效应引起慢衰落

电磁波在传播路径上遇到建筑物、树林等障碍物的阻挡时,会产生电磁场的阴影。移动台在运动中通过不同障碍物的阴影时,就构成接收天线处场强中值的变化,这叫做阴影效应。场强中值的变化一般称之为衰落,由阴影效应引起的其场强中值变化速率较为缓慢,又叫慢衰落。

#### ② 多径效应引起快衰落

电磁波传播过程中会遇到各种建筑物、树木、植被以及起伏的地形,会引起电波的反射、绕射、散射等,这样,到达移动台天线的信号不是单一路径来的,而是许多路径来的众多反射波的合成,这称为多径传播。由于电波通过各个路径的距离不同,因而各条波到达时间不同,相位也就不同。不同相位的多个信号在接收端叠加,有时同相叠加而增强,有时反相叠

加而减弱。这样,接收信号的幅度将急剧变化,即产生了多径效应。由多径效应引起的其场强中值变化速率较快,称之为快衰落。

为了保证信号质量的平稳性,在进行移动通信系统的设计时,必须具有一定的抗衰落的能力和储备。

### ③ 远近效应引起干扰

这是指当基站同时接收两个距离不同的移动台发来的信号时,如果两个移动台功率相同,则距离基站近的移动台将对另一移动台信号产生严重的干扰。远近效应在同时同频工作的 CDMA 系统中非常明显。

为了保证信号质量,在进行移动通信系统的设计时,一般采取功率控制技术对抗远近效应,当移动台距基站近时,低功率发送信号,随着远离基站,发送功率逐渐加大。

### ④ 多普勒效应引起频移

所谓多普勒效应指的是当移动台(MS)具有一定速度  $v$  的时候,基站(BS)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率为

$$f_a = \frac{v}{\lambda \cdot \cos \theta} \quad (1.1)$$

式中, $v$  为移动体速度, $\lambda$  为工作波长, $\theta$  为电波入射角(如图 1.3 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。

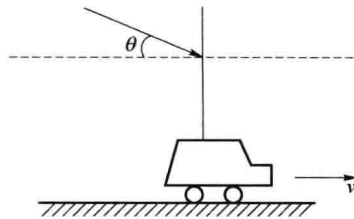


图 1.3 多普勒效应示意图

多普勒频移与移动台的运动方向有关;若移动台朝向信号源方向运动,则多普勒频移为正(即接收频率上升);若移动台背向信号源方向运动,则多普勒频移为负(即接收频率下降)。

为了对抗多普勒效应,移动设备采用锁相技术跟踪频率的变化。

### ⑤ 强干扰环境下工作

移动通信质量的优劣,不仅取决于设备本身的性能,还与外界噪声及干扰有着密切的关系,发射机的发射功率再高,当噪声和干扰很大时,移动通信也不能正常工作。对于移动通信来说,其主要噪声来源是人为噪声,如汽车的点火系统就是一种噪声源。移动通信的主要干扰是互调干扰、邻道干扰和同频干扰等。噪声、干扰均对有用信号的传输造成了负面影响,在进行移动通信系统的设计时,应根据不同的外界环境、不同的干扰形式,采取不同的抗干扰措施。

### ⑥ 频谱资源有限

无线可供使用的频谱资源有限,固定通信几乎可以铺设无限多的线路,而移动通信中适用于某种通信方式的频谱肯定是有限的,但是与之相对却是移动通信业务量的迅速增长,因此,如何有效利用有限的无线频谱资源,一直是移动通信中研究的重点。



## 1.5 移动通信的工作方式

从传输方式的角度来看,无线通信分为单向传输(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、双工和半双工三种工作方式。

### 1. 单工通信

所谓单工通信是指通信双方交替进行收信和发信的通信方式,通信的任何一方发送时不接收,接收时不发送,即收发不能同时进行。单工通信常用于点到点的通信,如图 1.4 所示。根据收发频率的异同,单工通信可分为同频单工和异频单工。

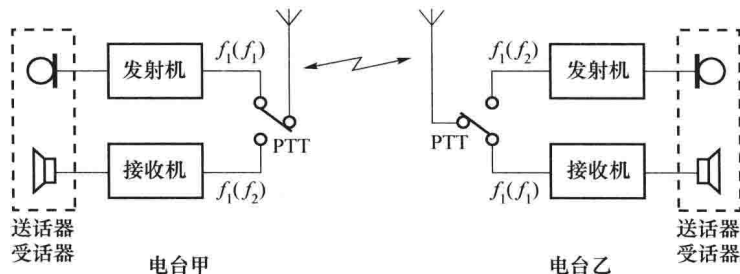


图 1.4 单工通信

同频单工是指通信双方在相同的频率  $f_1$  上由收发信机轮流工作。异频单工是指通信双方的收发信机轮流工作,且工作在两个不同的频率  $f_1$  和  $f_2$  上。例如电台甲以  $f_1$  发射,电台乙以  $f_1$  接收,而电台甲以  $f_2$  发射,基站以  $f_2$  接收。

单工通信时,平时双方的接收机均处于收听状态,当某方需要发话时,即按下发话按钮,关掉自己的接收机而使发射机工作,此时由于对方的接收机仍处于收听状态,故可实现通信。这种操作通常称为“按一讲”方式。

单工的优点是:由于收发信机间断工作,线路设计相对简单,价格也便宜。其缺点是:通信双方要轮流说话,即对方讲完后我方才能讲话,使用不方便,通话不流畅,如果配合不好,双方的通话就会出现断断续续的现象。

### 2. 双工通信

双工通信指通信的任何一方,收发信机均同时工作,即任一方在发话的同时,也能收听到对方的语音,无须“按一讲”开关,操作方便,如图 1.5 所示。但是采用这种方式,在使用过程中,不管是否发话,发射机总是工作的,故电能消耗大。这一点对以电池为能源的移动台是很不利的。双工通信的特点是使用方便,所以大容量的固定电话网、移动通信网都是双工通信的。

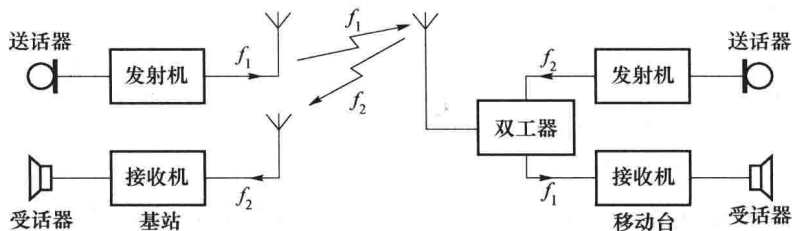


图 1.5 双工通信