

职业教育课程改革创新规划教材



移动通信 技术及应用

彭利标 主 编



- ★ 本书系统完整地介绍了当前移动通信的新技术、新发展
- ★ 立足于基础，注重联系工程实际，理论分析深入浅出
- ★ 突出应用和工程实践，帮助学生提高分析、解决问题的能力，适合不同层次读者的需要



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

职业教育课程改革创新规划教材

移动通信技术及应用

彭利标 主编

王奉良 李冰玉 田野 参编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了移动通信、GPS 和蓝牙技术的基本知识,包括移动通信概论,移动通信的主要业务,组网技术和多址技术,移动信道的基本特性,数字信号的基本调制方法,移动通信的信令技术,典型的移动通信系统,如 GSM 系统、CDMA 系统、3G 系统、4G 系统、GPS 系统和蓝牙系统,还介绍了移动系统的安全管理和移动管理,功率控制和小区切换及通用分组无线业务等。对第三代移动通信系统的三大主流技术,即 WCDMA 技术、CDMA2000 技术、TD-SCDMA 技术标准作了重点分析。对双网双待的概念和 4G 移动通信系统也进行了简单介绍。从应用角度对 GPS 定位测量原理、GPS 定位坐标系统和时间系统进行了详细阐述,列举了 GPS 测量技术设计与外业施测实例,说明了 GPS 定位测量技术应用和测量方法。最后介绍了蓝牙技术原理与协议,蓝牙的物理信道与链路、蓝牙分组与数据通信及蓝牙信息安全等。

本书可作为应用型本科、职业学校通信及信息类专业的教材,也可供从事移动通信系统和 GPS 定位测量技术人员的网络研究、规划、设计、使用、管理和维护的工程技术人员参考。

为方便教师教学,本书还配有电子教学参考资料包,详见前言。

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

移动通信技术及应用/彭利标主编. —北京:电子工业出版社,2012.3

职业教育课程改革创新规划教材

ISBN 978-7-121-15818-6

I. ①移… II. ①彭… III. ①移动通信—通信技术—教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 016564 号

策划编辑:张 帆

责任编辑:刘真平

印 刷: 北京中新伟业印刷有限公司

装 订:

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: 13.5 字数: 363 千字

印 次: 2012 年 3 月第 1 次印刷

定 价: 25.40 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 zltts@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

近年来,移动通信技术凭借其自身优越性及相关学科的支持,得到了飞速发展,在人类向信息社会迈进的过程中扮演着越来越重要的角色,移动通信与卫星通信、光纤通信一起构成了长途通信的三大支柱。随着新型器件的产生、新兴技术的应用,新型的移动系统也层出不穷,获得了迅速而全面的发展。

本书系统地阐述了现代蜂窝移动通信的基本原理、基本技术,以及典型的第二代(2G)、第三代(3G)蜂窝移动通信系统,并对第三代蜂窝移动通信系统的演进和双网双待做了介绍,将蓝牙和GPS技术合并到本书中,并把移动通信、蓝牙和GPS有共性的原理和技术放在一起讲解,减少了内容重复,节约了篇幅。

本书较充分地反映了当前移动通信的新技术。在编写过程中力求理论体系的系统性和完整性,采取概念论述和简单数学推导相结合的方法,循序渐进、由浅入深地对移动通信、GPS和蓝牙技术的基本知识进行了较深入的讲述。全书共分8章,第1章移动通信概论,主要介绍移动通信概况,典型移动通信系统,移动通信的发展和应用状况,移动通信的主要业务。第2章移动信道及数字调制技术,介绍了无线电波的传播方式,移动无线信道特征,抗信道衰落技术和移动通信的数字调制技术。第3章组网技术,主要介绍蜂窝移动通信基本概念,移动通信的多址技术,区域覆盖和频率分配,蜂窝移动通信中的信令技术,移动通信网络结构和越区切换与位置管理。第4章GSM移动通信系统,主要介绍GSM系统的编码方式及应用,无线接口与协议,移动性管理和安全管理,通用分组无线业务等。第5章CDMA移动通信系统,介绍了CDMA的基本原理、CDMA功率控制及软切换技术、CDMA系统信道结构和CDMA系统的主要业务。第6章第三代移动通信系统,介绍了3G通信中的WCDMA技术、CDMA2000技术、TD-SCDMA技术三大主流标准,3G与4G移动通信系统和双网双待基础。第7章GPS定位测量原理与实施,主要介绍了GPS定位坐标系统和时间系统,GPS定位原理,GPS测量技术设计与外业施测,GPS定位测量技术应用。第8章蓝牙技术原理与协议,主要介绍蓝牙的物理信道与链路,蓝牙分组与数据通信,蓝牙信息安全,蓝牙技术应用与产品开发等。

本书尽可能反映当前移动通信技术的新技术、新发展,以满足当前和稍长一段时间教学和工作的需要。立足于基础,注重联系工程实际,理论分析深入浅出,文字叙述通俗易懂,图文并茂,注重实用,帮助学生提高分析、解决问题的能力,考虑适合不同层次读者的需要。在讲述中配有例题,突出应用和工程实践,每章后面附有习题,供读者练习和自我检查用,通过练习,帮助读者加深理解。

本书可作为应用型本科、职业学校通信及信息类专业的教材,也可供从事移动通信系统和GPS定位测量技术人员的网络研究、规划、设计、使用、管理和维护的工程技术人员参考。

本书的第 1、第 3 和第 8 章由天津理工大学中环信息学院的彭利标编写，第 2 章由王奉良编写，第 4、第 5 章由田野编写，第 6、第 7 章由李冰玉编写。本书由彭利标主编，并负责全书的统稿工作。虽然作者多年来从事移动通信和光纤通信的教学和技术研究，但由于通信技术发展十分迅速，加之作者水平有限，书中难免存在遗漏和错误，敬请读者批评指正。

为了方便教师教学，本书还配有电子教学参考资料包，内容包括电子教案、教学指南及习题答案，请有此需要的教师登录华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）下载，或与电子工业出版社联系，我们将免费提供。E-mail:hxedu@phei.com.cn

编 者

2011 年 10 月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 移动通信概论	1
1.1 移动通信概述	1
1.1.1 移动通信的基本概念	1
1.1.2 移动通信的特点	2
1.1.3 移动通信技术中常用到的关键词及含义	3
1.1.4 移动通信的工作频段与工作方式	4
1.2 典型移动通信系统	6
1.2.1 蜂窝移动通信系统	6
1.2.2 无绳电话系统	7
1.2.3 集群移动通信系统	8
1.2.4 移动卫星通信系统	10
1.2.5 其他移动通信系统	12
1.3 移动通信的发展与应用	13
1.3.1 移动通信发展历程及未来发展方向	14
1.3.2 3G 移动通信标准特点	14
1.4 移动通信的业务	17
1.4.1 移动通信的主要业务	17
1.4.2 3G 移动通信的主要业务	17
1.5 习题	19
第 2 章 移动信道及数字调制技术	22
2.1 无线电波的传播方式	22
2.1.1 电波传播方式	22
2.1.2 自由空间的电波传播	23
2.1.3 大气中的电波传播	23
2.2 移动无线信道特征	26
2.2.1 无线信道的概念	26
2.2.2 移动通信信道的多径传播特性	26
2.2.3 移动通信的信道特征	29
2.3 抗信道衰落技术	32
2.3.1 分集接收技术	32
2.3.2 差错控制技术	33
2.3.3 RAKE 接收技术	37

2.3.4 均衡技术	38
2.4 移动通信的数字调制技术	39
2.4.1 数字调制技术的概念	39
2.4.2 数字频率调制	40
2.4.3 数字相位调制	43
2.4.4 MQAM 调制	48
2.5 习题	49
第3章 组网技术	52
3.1 蜂窝移动通信基本概念	52
3.1.1 提高频率资源利用率	53
3.1.2 蜂窝移动电话的工作过程	54
3.2 移动通信的多址技术	56
3.2.1 多址接入方式	56
3.2.2 频分多址 (FDMA) 方式	56
3.2.3 时分多址 (TDMA) 方式	61
3.2.4 码分多址 (CDMA) 方式	63
3.2.5 空分多址 (SDMA) 方式	64
3.3 区域覆盖和频率分配	65
3.3.1 区域覆盖	65
3.3.2 频率分配	66
3.4 蜂窝移动通信中的信令技术	68
3.5 移动通信网络结构	73
3.6 越区切换与位置管理	77
3.6.1 越区切换	77
3.6.2 位置管理	78
3.7 习题	81
第4章 GSM 移动通信系统	84
4.1 GSM 概述	84
4.1.1 GSM 系统的发展历史	84
4.1.2 GSM 系统的特点	85
4.1.3 GSM 系统的网络结构	85
4.1.4 GSM 系统的主要业务	87
4.2 GSM 系统的编码方式及应用	89
4.3 GSM 系统的无线接口与协议	91
4.3.1 GSM 系统信道结构	91
4.3.2 GSM 网络接口	92
4.3.3 GSM 协议结构	93
4.4 GSM 系统的移动性管理	95

4.4.1	位置更新	95
4.4.2	呼叫建立	97
4.4.3	越区切换与漫游	100
4.5	GSM 系统的安全管理	101
4.5.1	鉴权	102
4.5.2	加密	102
4.6	通用分组无线业务	104
4.6.1	高速电路交换数据的概念	104
4.6.2	通用分组无线业务简介	104
4.7	习题	106
第 5 章	CDMA 移动通信系统	109
5.1	CDMA 概述	109
5.1.1	CDMA 的发展	109
5.1.2	CDMA 的特点	110
5.1.3	CDMA 移动通信系统的基本特性	111
5.2	CDMA 的基本原理	111
5.2.1	扩频通信的基本原理	111
5.2.2	常用的扩频方法	112
5.2.3	扩频通信的优点	115
5.2.4	伪随机序列与正交编码	116
5.3	CDMA 功率控制及软切换技术	118
5.3.1	CDMA 系统的功率控制	118
5.3.2	CDMA 系统的软切换	122
5.4	CDMA 系统信道结构	123
5.5	CDMA 系统的主要业务	124
5.5.1	CDMA2000-1X 网络的业务定位	124
5.5.2	CDMA 系统的主要业务	125
5.6	习题	127
第 6 章	第三代移动通信系统	130
6.1	3G 通信概述	130
6.1.1	3G 通信的标准化进程	130
6.1.2	3G 的频谱分配	131
6.1.3	3G 通信的关键技术	133
6.1.4	3G 的主要业务	134
6.2	WCDMA 技术	135
6.2.1	WCDMA 概述	135
6.2.2	WCDMA 系统组成与接口协议	135
6.2.3	WCDMA 信道结构	137

6.3	CDMA2000 技术	138
6.3.1	CDMA2000 概述	138
6.3.2	CDMA2000 无线接口协议	141
6.4	TD-SCDMA 技术	144
6.4.1	TD-SCDMA 概述	144
6.4.2	TD-SCDMA 关键技术	145
6.4.3	TD-SCDMA 系统结构与空中接口技术	146
6.4.4	3 种主流 3G 技术标准比较	147
6.5	B3G 与 4G 移动通信系统	148
6.5.1	B3G 移动通信系统	148
6.5.2	4G 移动通信系统	149
6.6	双网双待基础	151
6.6.1	双网双待的概念	151
6.6.2	双网双待与双卡双待	151
6.7	习题	152
第 7 章	GPS 定位测量原理与实施	157
7.1	GPS 概述	157
7.1.1	卫星定位技术发展概况	157
7.1.2	GPS 的特点	158
7.1.3	GPS 系统组成	159
7.2	GPS 定位坐标系统和时间系统	160
7.2.1	坐标系统	160
7.2.2	时间系统	164
7.3	GPS 定位原理	166
7.3.1	基本原理	166
7.3.2	GPS 定位方法	166
7.4	GPS 测量技术设计与外业施测	167
7.4.1	GPS 测量技术设计依据	167
7.4.2	GPS 控制网的设计及优化	168
7.4.3	GPS 测前准备及技术设计书的编写	170
7.4.4	GPS 测量外业实施	171
7.4.5	技术总结与上交材料	172
7.5	GPS 定位测量技术应用	172
7.5.1	大地测量	172
7.5.2	航空遥感技术	173
7.5.3	灾害预测预报	173
7.5.4	气象、交通、海洋和农业中的应用	173
7.6	习题	174

第 8 章 蓝牙技术原理与协议	177
8.1 蓝牙技术概述	177
8.1.1 蓝牙技术的特点	178
8.1.2 蓝牙协议体系结构	178
8.1.3 蓝牙相关技术	182
8.2 蓝牙的物理信道与链路	185
8.2.1 物理信道	185
8.2.2 物理层链路	187
8.3 蓝牙分组与数据通信	188
8.3.1 蓝牙分组	188
8.3.2 蓝牙的收发规程	190
8.3.3 蓝牙逻辑信道	192
8.3.4 蓝牙的信道控制	193
8.4 蓝牙信息安全	197
8.5 蓝牙技术应用与产品开发	199
8.6 习题	199
参考文献	203

>>> 第 1 章

移动通信概论

-  1.1 移动通信概述
-  1.2 典型移动通信系统
-  1.3 移动通信的发展与应用
-  1.4 移动通信的主要业务
-  1.5 习题

自 19 世纪末无线电发明以来, 无线通信作为一种新兴的通信技术得到了迅速发展。特别是 20 世纪 70 年代末移动通信网建立以后, 移动通信技术经过短短 30 多年的发展, 已经成为人类生活中不可缺少的重要组成部分。当前世界移动通信技术已经进入了 3G 的全面运营阶段。在未来, 移动个人通信将会得到更加快速的发展。为了让读者对移动通信有初步了解, 本章首先给出与移动通信有关的一些概念, 对典型的移动通信系统、移动通信的发展、应用及主要涉及的业务范围作简要介绍。

1.1

移动通信概述

当前, 移动通信已经成为通信领域中最具有活力、最具有发展前途的一种通信方式, 是当今信息社会中最具个性化特征的通信手段, 它的发展与普及改变了社会, 改变了人类的生活方式。

1.1.1 移动通信的基本概念

移动通信, 其本质特色在于“移动”二字, 是指通信者双方至少有一方在移动中(或临时停留在某一非预定的位置上)进行信息的传输和交换, 包括移动体(如车辆、船舶、飞机、行人、车载机、舰载机等)和移动体之间的通信, 移动体和固定点(如固定电话、固定无线电台等)之间的通信。需要指出的是, 这里所说的“信息传输与交换”, 不仅指双方的语音通信, 还包括数据、传真、图像、视频和各种多媒体业务。移动通信不受时间和空间的限制, 交流信息机动、灵活、可靠, 是信息产业重要的物理基础保证。

1.1.2 移动通信的特点

移动通信技术与其他通信方式相比，主要体现以下特点。

1. 移动通信必须利用无线电磁波进行信息传输

移动通信中的移动终端到基站之间必须靠电磁波，通过无线信道来传送信息，电磁波这种传播媒介允许通信中的用户在一定范围内自由活动，其位置不固定。但是，电磁波的传播特性受到诸多因素的影响。

首先，移动通信的运行环境复杂多变，电磁波传播条件恶劣。随着传播距离的增加，电磁波会发生弥散损耗，并且电磁波传播会受到地形、地物、地貌的遮蔽而发生“阴影效应”。同

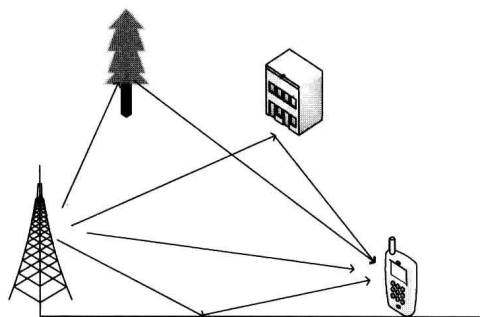


图 1-1 电波的多径传播

时，电磁波是以地面和电离层反射、直射、散射等方式进行传播的，受地形、地物影响很大，而且移动通信系统多建设于城市之内，市内的建筑群或障碍物都使得移动通信传播路径进一步复杂化，这样就造成了信号从多条路径到达接收地点。这些多径信号经过的路径不同，到达接收点的幅度、相位各有差异，它们相互叠加会产生电平衰落和时延扩展。图 1-1 所示为电波的多径传播示意图。

其次，移动通信常常在快速移动中进行，这不仅会引起多普勒（Doppler）频移效应，产生随机调频，而且会使得电波传播特性发生快速的随机起伏，严重影响通信质量。

2. 运行环境复杂多变，干扰大

除了一些常见的外部干扰，如天电干扰、工业干扰和信道噪声之外，系统本身和不同系统之间，还会产生这样或那样的干扰，包括同信道干扰、邻信道干扰、互调干扰、共信道干扰、多址干扰，同时也存在近地无用强信号掩盖远地有用弱信号（称为远近效应）等。因此，在移动通信系统中，如何消除和减少这些有害干扰的影响是至关重要的。

3. 可用频谱资源非常有限，通信业务需求量与日俱增

移动通信可以利用的频谱资源非常有限，不断提高移动通信系统的通信容量，始终是移动通信技术发展中的热点所在。要解决这一难题，一方面要开辟和启动新的频段，另一方面要研究、发展各种新技术和新措施，提高频带利用率。因此，对有限频谱的合理分配和严格管理是有效利用频谱资源的前提，这是国际组织和各国频谱管理机构的重要职责。

4. 系统网络结构多种多样，网络管理和控制必须有效

移动通信网络可以根据不同通信地区的需要配置成带状（如铁路、公路、水路等）、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的综合系统）等。移动通信网络既可单网运行，又可多网并行实现互连互通。为此，移动通信网络必须具有很强的管理和控制功能，如用户的登记和定位，通信链路的建立和拆除，信道的分配和管理，通信的计费、鉴权、安全和保密管理，越区切换、漫游控制等。

5. 移动通信设备必须适于移动环境

移动通信设备要求体积小、重量轻、省电、携带方便、操作简单、可靠耐用、维护方便，还要求能保证设备在振动、冲击、高低温环境等恶劣条件下正常工作。

1.1.3 移动通信技术中常用到的关键词及含义

移动通信技术经常提到的关键词及含义如下。

1. 信号

信号 (Signal) 是消息 (Message) 的载体, 一般表现为随时间变化的某种物理量, 而消息是信号的具体内容。在消息中包含一定数量的信息 (Information), 但信息的传送一般都不是直接的, 它必须借助于一定形式的信号 (电信号、光信号、电磁波信号等) 才能传输和进行处理。在移动通信技术中, 我们主要关心的是用做传输信息手段的电磁波信号。

电磁波信号的特性可以从时间特性 (时域) 和频率特性 (频域) 两个方面描述。在时域中, 信号可表示为时间函数的数学表达式, 即电磁波信号是时间 t 的函数, 它具有一定的波形, 有一定的时间特性, 如出现时间的先后、持续时间的长短、重复周期的大小、随时间变化的快慢等。同时, 信号在一定的条件下可以分解为许多不同频率的正弦分量, 即信号具有一定的频率成分, 表现为一定的频率特性。因此, 用于无线通信的电磁波信号既可表示为一个时间的函数, 又可表示为一个频率的函数。

在无线通信中传输的语音、数据和图像的电磁波信号, 其形式可以多种多样, 也存在多种分类方式, 例如, 确定性信号与随机信号、连续信号与离散信号、模拟信号与数字信号、周期信号与非周期信号、能量信号与功率信号等。

模拟信号与数字信号是依据信号的幅度的属性认定的。如果一个信号的幅度在某一时间范围内能取任意值, 这个信号就是模拟信号; 如果一个信号的幅度仅能取得有限个值, 则这个信号就是数字信号。

2. 信噪比

在无线通信系统中, 信号不可避免地要受到噪声的干扰, 噪声对信号的干扰程度用信号与噪声的功率比表示, 即信噪比 (Signal to Noise Ratio, SNR), 用 S/N 或 SNR 来表示, 单位为分贝 (dB)。系统要求接收到的 S/N 值必须大于一定数值, 这样接收端才能滤掉噪声, 分辨出信号。一般来说, S/N 越高, 信号质量越好。信噪比的计算公式如下所示。

$$\text{SNR} = 10 \lg S/N \quad (\text{dB}) \quad (1-1)$$

式中, S 为信号的功率, N 表示噪声的平均功率。按照上述公式, 当 $S=2N$ 时, $\text{SNR} = 3\text{dB}$ 。

无线通信系统发射端的功率要受到各种因素的制约, 不能任意提高发射功率, 否则不仅造成不必要的能源浪费, 而且会对其他信号造成干扰。

3. 信号强度

移动通信是无线通信, 它是利用电磁波的辐射与传播, 经过空间来传送信息的通信方式。在讨论信号的电波传播时, 必须定量表示信号的强弱, 因此有必要了解信号强度 (Signal Intensity, SI) 的概念。当信号沿着传输媒介传播时, 其强度会有损耗或衰减, 为了补偿这些损耗, 可以在不同的地点加入一些放大器, 以获得一定的增益。

信号强度最简单的表示方法是用功率, 工程上常用分贝 (dB) 来表示信号的强度, 即

$$\text{SI} = 10 \lg P_2/P_1 \quad (\text{dB}) \quad (1-2)$$

式中, P_2 为信号的功率; P_1 为固定参考信号的功率, 通常 P_1 取 1mW 。信号的功率越大, 其信号强度就越高。

【例 1-1】 某发射机发射的信号功率为 10W , 其信号强度为多少? 当发射功率增大为原来的 2 倍时, 信号强度增加了多少?

解：当信号功率为 10W 时，信号强度

$$SI=10\lg P_2/P_1=10\lg (10W/1mW)=40\text{ (dB)}$$

当发射功率增大为原来的 2 倍 ($2P_2$) 时，则信号强度

$$\begin{aligned} SI_2 &= 10\lg (2P_2/P_1) = 10[\lg 2 + \lg P_2 - \lg P_1] = 10[\lg 2 + \lg P_2/P_1] \\ &= 10\lg 2 + 10\lg P_2/P_1 = 10\lg P_2/P_1 + 3\text{ (dB)} \end{aligned}$$

即信号强度相应地增加了 3dB。

4. 频谱

实际上，一个电磁波信号是由多种频率分量叠加形成的，由傅里叶变换分析可知，电磁波信号可分解为不同频率，而每一个频率分量都是正弦波。

一个信号的频谱 (Frequency Spectrum) 是指它所包含的频率范围。一个信号的绝对带宽是指它的频谱宽度。对于许多信号而言，其绝对带宽是无限的，但是一个信号的绝大部分能量都集中在相当窄的频带内，这个频带称为有效带宽。

1.1.4 移动通信的工作频段与工作方式

频率是无线通信最宝贵的资源之一。为了有效地使用有限的频谱资源，对频率的分配与使用必须严格服从国际和国内有关组织的统一管理，否则将造成互相干扰或频率资源的浪费。

1. 移动通信的工作频段

为了使移动通信所使用的频段不与广播、电视等无线业务相互干扰，工业和信息化部根据国家无线电管理委员会的建议，统一规定了移动通信所使用的频段。

1) 早期我国移动通信使用频段

早期，我国的移动通信主要采用 160MHz、450MHz、800MHz、900MHz 四个频段，如表 1-1 所示。

表 1-1 我国早期移动通信使用的频段

频段分布	频率/MHz	主要应用
160MHz	138~149.9 (移动台发, 基站收) 150.05~167 (基站发, 移动台收)	早期的专用移动通信, 无线寻呼网
450MHz	400~420 (移动台发, 基站收) 450~470 (基站发, 移动台收)	专用移动通信网 (应急指挥调度系统)
800MHz	825~835 (移动台发, 基站收) 870~880 (基站发, 移动台收)	集群移动通信系统、CDMA 公用移动通信网
900MHz	890~915 (移动台发, 基站收) 935~960 (基站发, 移动台收)	GSM 公用移动通信网

在公用陆地移动通信网 (Public Land Mobile Network, PLMN) 中，主要使用 VHF (30~300MHz) 和 UHF (300~3 000MHz) 频段。另外，900MHz 频段中的 806~821MHz 和 851~866MHz 分配给集群移动通信；825~845MHz 和 870~890MHz 分配给部队使用。

2) 部分频段重新规划

1996 年 12 月，国家无线电管理委员会为了满足发展蜂窝移动通信和无线接入的需要，对 2 000MHz 的部分地面无线电业务频率重新进行了规划，分配方案如下。

将 1 800~1 900MHz 分配给 FDD (频分双工)，将 1 900~1 920MHz 分配给 TDD (时分双工)，将 1 960~1 980MHz 用于公众通信网。

将 1 710~1 755MHz 和 1 805~1 850MHz 分配给公众蜂窝移动通信网 1 (1 800MHz) 频段；将 1 865~1 880MHz 和 1 945~1 960MHz 分配给公众蜂窝移动通信网 2 (1 900MHz) 频段。

在已有的频段划分中,已分配给 GSM1800 的频率为 1 710~1 755MHz 和 1 805~1 850MHz,带宽为 90MHz。其中,将下端的 20MHz 分配给中国电信使用,即 1 710~1 720MHz 和 1 805~1 815MHz。另外,还分配了 FDD 无线接入。为满足第三代移动通信系统的频谱要求,FDD 无线接入的频率将逐步回收。

2000 年 6 月,当时的信息产业部对 3 400~3 600MHz 频段又重新进行了规划,规定 FDD 方式固定无线接入系统工作的频段为:终端站发射频段为 3 400~3 430MHz,中心站发射频段为 3 500~3 530MHz,收发频率间隔为 100MHz。

2. 工作方式

无线通信的传输方式分为单向广播式传输和双向应答式传输。无线电寻呼系统属于单向传输,而双向传输有单工、双工和半双工 3 种工作方式。

1) 单工通信传输

单工通信是指通信双方电台交替地进行收信和发信。根据收、发频率的异同,可以分为同频单工和异频单工。

同频单工是指通信双方使用相同的频率进行工作。通信双方发送信息时不接收,接收信息时不发送,平时通信双方的接收机均处于守候状态,天线接到接收机等待被呼。如果某一方需要发话,可按下发话开关,使发射机工作。由于对方接收机处于守候状态,即可实现收信,进行消息传输。这种单工通信工作方式的收发信机是轮流工作的,收发天线可以共用,收发信机中的某些电路也可共用,因而电台设备简单、省电。但这种工作方式只允许一方发送时另一方进行接收,不能同时进行收发工作。例如,在电台甲发送期间,电台乙只能接收而不能发送,这时即使乙方启动发射机也无法通知甲方。另外,通信双方的任何一方当发话完毕,必须立刻松开发话开关,否则接收不到对方发来的信号。

异频单工通信方式是指收发信机使用两个不同的频率分别进行发送和接收。例如,电台甲的发射频率和电台乙的接收频率为 f_1 ,电台乙的发射频率和电台甲的接收频率为 f_2 。但同一部电台的发射机与接收机还是轮换工作的,异频单工与同频单工的差异仅仅在于收发频率的异同。单工通信常用于点到点通信,如安保人员使用的对讲机就是典型的单工通信设备。

2) 双工通信传输

双工通信是指通信双方可以同时进行信息的发射与接收,有时也称为全双工通信。双工通信一般使用一对频道,以实施频分双工(FDD)工作方式。这种工作方式使用方便,发射和接收可同时进行。但是在电台的运行过程中,发射机总是处于工作状态,电源消耗较大,这对于用电池作为电源的移动台很不利。

为缓解这个问题和降低对系统频带的要求,可在通信设备中采用同步的时分双工(TDD)通信方式。此时,时间轴被周期地分割成时间帧,每一帧分为两部分,前半部分用于移动台发送,后半部分用于基站发送,这样就可以实现移动台与基站的双向通信。

3) 半双工通信传输

如果移动台采用单工方式工作,即按下发话开关,发射机才工作,松开发话开关,发射机终止工作,而接收机总是工作的,则基站工作情况与全双工完全相同,称为半双工通信方式。其优点是:设备简单,功耗小,克服了单工通话断断续续的现象,但操作仍不太方便,所以半双工制主要用于专业移动通信系统中,如汽车调度等。

移动通信应用范围不断扩大,系统的类型也越来越多,下面介绍几种典型的移动通信系统。

1.2.1 蜂窝移动通信系统

初期的移动通信系统采用大区制,在其覆盖区中心设置大功率发射机,采用高架天线把信号发送到半径可达几十公里的整个覆盖区域。这种系统能够提供给用户使用的信道数极为有限,远远满足不了移动通信业务迅速增长的需要。

1. 小区制

20 世纪 70 年代,美国贝尔实验室提出了蜂窝网的概念。蜂窝通信网络把整个服务区划分为若干个小区,每个小区用小功率发射机进行覆盖,许多小区就像蜂窝一样覆盖任意形状的服务区,如图 1-2 所示。

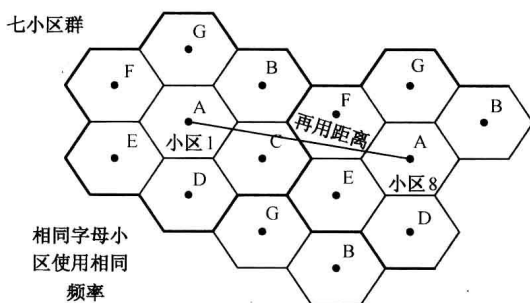


图 1-2 小区覆盖示意图

2. 频率再用技术

一般来说,相邻的两个小区不能使用相同的频道,否则会发生同道干扰。但由于各个小区通信时所使用的功率较小,任意两个小区之间的空间距离只要超过某一数值,即便使用相同的频道,也不会产生显著的同道干扰。因此,可以把若干相邻的小区按一定数目划分成区群,同一区群的不同用户在同一时间不能占有相同的频道,但任意两个区群内可以存在同频小区,同频小区的用户可以同时使用相同的频道进行通信而不会产生显著的同道干扰,这种技术称为频率再用。图 1-2 中采用七小区群制,图中相同字母小区可采用相同的频率。另外,还可采用九小区群制、十二小区群制等。频率再用技术是蜂窝移动通信的基本技术之一,它是蜂窝移动通信系统解决用户增多而受到有限频谱制约的重大突破。

3. 小区分裂技术

通常小区越小,单位面积所容纳的用户数越多,则频谱利用率越高。因此,当用户数增多到小区所能服务的最大限度时,可以把这些小区分割成更小的蜂窝状区域,并相应减小新小区基站的发射功率,再继续采用相同的频率再用模式,分裂后的新小区能支持和原小区同样数量的用户,也就进一步提高了系统单位面积可服务的用户数。当分裂后的新小区所能支持的用户数又达到饱和时,还可以将这些新小区再进行分裂,以适应持续增长的业务需求,这种将小区