

21世纪

高等学校通信类系列教材

蜂窝移动通信技术

□ 韦惠民 李白萍 编著



西安电子科技大学出版社

[http:// www.xduph. com](http://www.xduph.com)

☆ 21 世纪高等学校通信类系列教材

蜂窝移动通信技术

韦惠民 李白萍 编著

西安电子科技大学出版社

2002

内 容 简 介

本书全面、系统地阐述了现代蜂窝移动通信的基本原理、基本技术和当今广泛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新技术。

全书共10章,内容包括蜂窝移动通信概论,移动信道电波传播与无线链路计算,移动信道的噪声和干扰,蜂窝移动通信的组网技术,语音编码及信道编码,蜂窝移动通信用调制、解调技术,FDMA蜂窝移动通信系统,TDMA蜂窝移动通信系统,CDMA蜂窝移动通信系统及第三代蜂窝移动通信技术综述。

本书可以作为高等工科院校通信工程、电子信息工程、电子信息科学与技术等专业高年级学生的本科教材,也可作为通信工程技术人员和科研人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

蜂窝移动通信技术/韦惠民等编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2002.8

21世纪高等学校通信类系列教材

ISBN 7-5606-1145-1

I.蜂… II.韦… III.移动通信—通信技术—高等学校—教材 IV.TN929.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 041398 号

责任编辑 云立实 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)8227828 邮 编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2002年8月第1版 2002年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 22.625

字 数 535千字

印 数 1~4 000册

定 价 23.00元

ISBN 7-5606-1145-1/TN·0206(课)

XDUP 1416001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本书封面贴有西安电子科技大学出版社的激光防伪标志,无标志者不得销售。

前 言

移动通信的发展日新月异, 社会对通信专业人才的需求与日俱增。通信类多个专业都在开设移动通信课程, 课时有多有少, 为了适应不同专业教学需要, 特编写了此教材。在本书编写过程中, 作者力求做到阐明蜂窝移动通信系统的基本原理、基本技术, 避免繁琐的数学推导, 避免多种移动通信系统的重复和性能的罗列。根据移动通信技术的发展, 本教材主要讲述公用陆上蜂窝移动通信系统, 其它专用移动通信系统, 如集群移动通信系统、无线寻呼系统、无绳电话系统、卫星移动通信系统 and 无中心移动通信系统等仅在概论中作以简介。

全书共分 10 章。第 1、10 章分别为概论和新技术展望, 第 2、3 章为基本原理, 第 4、5、6 章阐述基本技术, 第 7、8、9 章主要介绍当今广泛使用的三种蜂窝移动通信系统。

本教材对电子信息工程专业参考学时为 48 学时, 对通信工程专业参考学时为 64 学时。其中, 对通信工程专业的学时分配为: 第 1 章 4 学时; 第 2 章 10 学时; 第 3 章 4 学时; 第 4 章 8 学时; 第 5 章 6 学时; 第 6 章 8 学时; 第 7 章 4 学时; 第 8 章 6 学时; 第 9 章 10 学时; 第 10 章 4 学时。目录中标有“*”的章节为选讲内容。

本书第 1、2、3、7、8、9 章由韦惠民老师编写, 第 4、5、6 章由李白萍老师编写, 第 10 章由暴宇老师编写。全书由李白萍统稿, 暴宇录入。

由于编者水平有限, 书中难免有错误和不妥之处, 欢迎读者指正。

编 者
2002 年 4 月
于西安科技学院

目 录

第 1 章 蜂窝移动通信概论	1
1.1 蜂窝移动通信概述.....	1
1.1.1 移动通信的概念	1
1.1.2 蜂窝移动通信概念	1
1.1.3 蜂窝移动通信特点	2
1.1.4 移动通信的工作方式	3
1.2 蜂窝移动通信	5
1.2.1 大区制移动通信系统及其局限性	5
1.2.2 小区制蜂窝移动通信系统	6
*1.3 其它移动通信系统	9
1.3.1 集群移动通信系统	9
1.3.2 无中心移动通信系统	11
1.3.3 无线寻呼系统	12
1.3.4 第二代无绳电话	13
1.4 移动通信的基本技术与发展方向	14
1.4.1 基本技术	14
1.4.2 数字通信技术	15
1.4.3 移动信道的数字信号传输	16
1.4.4 数字移动通信系统	16
1.4.5 移动通信的发展趋势	18
第 2 章 移动信道电波传播及无线链路计算	19
2.1 VHF、UHF 频段电波传播特性	19
2.1.1 电波传播方式	19
2.1.2 自由空间的传播损耗	20
2.1.3 大气中的电波传播	20
2.1.4 障碍物的影响与绕射损耗	22
2.1.5 反射波	23
2.2 移动通信环境中的电波传播特性	24
2.2.1 场强测试曲线显示的电波传播特性	24
2.2.2 电波传播的衰落特性	27
2.3 多径传播与数字信号传输	32
2.3.1 多径时延扩展	33
2.3.2 相关带宽和相关时间	33
2.3.3 多径衰落信道对数字信号传输的影响	34
2.4 电波传播特性的估算	35

2.4.1	市区传播损耗中值	35
2.4.2	郊区和开阔区的传播损耗中值	38
2.4.3	不规则地形上的传播损耗中值	39
2.4.4	任意地形、地物的传播损耗	42
2.4.5	其它因素的影响	44
* 2.5	无线链路计算(一)	44
2.5.1	信噪比和语音质量标准	47
2.5.2	接收机允许的最小输入载噪比	48
2.5.3	噪声和衰落的影响	49
2.5.4	接收机输入端要求的最低保护功率电平	52
* 2.6	无线链路计算(二)	54
2.6.1	设计方程	54
2.6.2	通信概率	56
2.6.3	基站站(与手持机)上、下行线路的功率均衡	60
2.7	分集接收技术	61
2.7.1	概述	61
2.7.2	分集接收技术	62
* 2.7.3	分集重数与数字传输特性	66
习题		68
第 3 章	移动信道的噪声和干扰	70
3.1	人为噪声和移动通信中的主要干扰	70
3.1.1	人为噪声	70
3.1.2	移动通信中的主要干扰	71
3.2	邻道干扰	72
3.2.1	邻道干扰	72
3.2.2	同道干扰	77
* 3.2.3	互调干扰	79
第 4 章	蜂窝移动通信的组网技术	91
4.1	频率资源的管理与有效利用技术	91
4.1.1	频率资源的管理	91
4.1.2	频率的有效利用技术	92
4.1.3	多信道共用技术	93
4.2	区域覆盖与网络结构	101
4.2.1	区域覆盖	101
4.2.2	移动通信网的组成	107
4.3	蜂窝移动通信的多址接入技术	110
4.3.1	概述	110
4.3.2	FDMA 系统原理	112
4.3.3	TDMA 系统原理	114
4.3.4	CDMA 系统原理	118
4.4	多址方式与系统容量	121
4.4.1	载干比 C/I 与系统容量	121

4.4.2	FDMA 和 TDMA 蜂窝系统的容量	122
4.4.3	CDMA 蜂窝系统的容量	122
*4.4.4	三种系统容量的比较	127
4.5	蜂窝移动通信的交换技术	128
4.5.1	蜂窝移动通信的交换技术与公共电话交换技术的差别	128
4.5.2	蜂窝移动通信呼叫建立过程	129
4.5.3	越区切换	130
4.6	蜂窝移动通信的信令技术	131
4.6.1	概述	131
4.6.2	接入信令(移动台至基站之间的信令)	132
*4.7	蜂窝移动通信网的连接	137
4.7.1	公用陆地移动通信网间的互通	137
4.7.2	地面固定网与公用陆地移动通信网间的互通	138
4.7.3	移动通信网的智能化	138
4.7.4	移动网与 ISDN 的结合	139
	习题	139
第 5 章	语音编码及信道编码	141
5.1	概述	141
5.1.1	语音编码	141
5.1.2	信道编码	142
*5.2	参量编码和声码器	142
5.2.1	参量编码的基本原理	142
5.2.2	线性预测编码(LPC)	145
5.2.3	规则脉冲激励长期预测 LPC 编码(RPE-LTP)	147
*5.3	矢量和激励线性预测编码(VSELP)	151
5.3.1	矢量量化(VQ)编码	151
5.3.2	码激励线性预测编码(CELP)	151
5.3.3	矢量和激励线性预测编码(VSELP)	152
*5.4	线性分组码	154
5.4.1	线性分组码的特点	154
5.4.2	线性分组码的生成	154
5.4.3	检错和纠错	157
5.4.4	线性分组码的几个重要结论	157
*5.5	循环码	158
5.5.1	循环码的特点	158
5.5.2	(n, k) 循环码的编码	158
5.5.3	BCH 码	160
5.6	交织编码和卷积码	162
5.6.1	交织编码的概念	162
5.6.2	交织码的生成	163
5.6.3	卷积码	163
*5.7	格形码	167

习题	168
第 6 章 蜂窝移动通信用调制、解调技术	170
6.1 概述	170
6.1.1 蜂窝移动通信系统对数字调制技术的要求	170
6.1.2 数字调制技术分类	171
6.1.3 数字调制信号所需的传输带宽	172
6.1.4 有关 QPSK 调制技术的说明	173
6.2 模拟调频(FM)和数字频率调制(FSK)	173
6.2.1 模拟调频(FM)	173
6.2.2 二进制移频键控调制(FSK)	176
6.3 数字相位调制	178
6.3.1 二进制移相键控调制(2PSK)	178
6.3.2 四相相移键控调制(QPSK)和交错四相相移键控调制(OQPSK)	179
6.3.3 $\pi/4$ -DQPSK 调制	180
6.4 最小移频键控(MSK)调制	182
6.4.1 连续相位移频键控(CPSK)	182
6.4.2 最小移频键控(MSK)	185
6.4.3 MSK 信号调制和解调	187
6.4.4 MSK 信号的功率谱密度	190
6.5 高斯滤波最小移频键控(GMSK)调制	191
6.5.1 GMSK 基本原理和性能	191
6.5.2 GMSK 调制和解调	194
* 6.6 数字信号调制系统的误码率性能	195
* 6.7 正交振幅调制(QAM)	197
6.7.1 QAM 信号的产生	197
6.7.2 QAM 的调制和相干解调	198
6.7.3 星座图	199
习题	200
第 7 章 FDMA 蜂窝移动通信系统	202
7.1 概述	202
7.1.1 模拟蜂窝移动电话系统	202
7.1.2 系统结构	204
7.2 模拟移动电话系统的组成	205
7.2.1 移动电话交换局(MTSO)	205
7.2.2 基站(BS)	206
7.2.3 移动台(MS)	209
7.3 系统信道、控制、信令	212
7.3.1 无线信道	212
7.3.2 频率的配置	215
7.3.3 数字信令	216
7.4 FDMA 系统的交换技术	222
7.4.1 无线信道上通话监视	222

7.4.2 位置登记及一齐呼叫	224
7.4.3 呼叫过程	226
7.4.4 定位和交接	227
习题	230
第 8 章 TDMA 蜂窝移动通信系统	231
8.1 GSM 蜂窝系统的网络结构及其功能	231
8.1.1 TDMA 与蜂窝结构的关系	231
8.1.2 系统的基本特点	232
8.1.3 网络结构及功能	232
8.1.4 接口和接口协议	236
8.2 GSM 蜂窝系统的无线传输方式	239
8.2.1 TDMA/FDMA 接入方式	239
8.2.2 信道及其组合	241
8.2.3 时隙的格式	244
8.2.4 信道的组合方式	247
8.3 GSM 系统主要技术	250
8.3.1 语音和信道编码技术	250
8.3.2 跳频和间断传输技术	251
8.3.3 调制与解调技术	253
8.3.4 鉴权与加密技术	253
8.3.5 位置登记	256
8.3.6 GSM 的区域与号码	259
8.3.7 主要业务	261
8.4 主要接续流程	263
8.4.1 位置更新基本流程	263
8.4.2 移动用户至固定用户出局呼叫流程	263
8.4.3 固定用户至移动用户入局呼叫的基本流程	264
8.4.4 切换基本流程	265
*8.5 三种 TDMA 蜂窝移动通信系统的比较	266
8.5.1 三种 TDMA 蜂窝移动通信系统的主要性能	266
8.5.2 美国数字蜂窝移动通信系统(D-AMPS)的特征	267
8.5.3 日本数字蜂窝移动通信系统(JDC)的特征	268
习题	270
第 9 章 CDMA 蜂窝移动通信系统	271
9.1 扩展频谱通信的基本概念	271
9.1.1 扩频通信的含义	271
9.1.2 扩频通信的理论基础	272
9.1.3 处理增益和抗干扰容限	273
9.1.4 直接序列扩频(DS)	274
9.2 系统综述	276
9.2.1 总体要求与标准	276
9.2.2 CDMA 与蜂窝结构的关系	278

9.2.3 数字蜂窝移动系统采用扩频 CDMA 技术带来的好处和存在的问题	279
* 9.3 CDMA 数字蜂窝移动通信系统	280
9.3.1 CDMA 网络结构与组成	280
9.3.2 系统参数与使用频段	286
9.3.3 CDMA 系统的逻辑信道	289
9.4 CDMA 正向信道	293
9.4.1 正向信道组成	293
9.4.2 正向 CDMA 的控制信道	297
9.4.3 正向 CDMA 的业务信道	302
9.5 CDMA 反向信道	309
9.5.1 反向信道组成及特点	309
9.5.2 接入信道	313
9.5.3 反向业务信道	319
9.6 CDMA 系统的功率控制	322
9.6.1 输出功率的限制	322
9.6.2 开环功率控制	322
9.6.3 闭环功率控制	324
* 9.7 CDMA 系统信道切换、位置登记和呼叫处理	325
9.7.1 CDMA 系统信道切换	325
9.7.2 登记注册	327
9.7.3 呼叫处理	329
9.7.4 呼叫流程图	332
习题	334
第 10 章 第三代蜂窝移动通信技术综述	335
10.1 第三代移动通信系统综述	335
10.1.1 第三代移动通信系统的主要特点	335
10.1.2 第三代移动通信的发展	336
10.1.3 第三代移动通信标准之争	336
10.1.4 第二代移动通信系统向第三代的过渡	337
10.1.5 未来移动通信业务	338
10.2 第三代移动通信的新技术	339
10.2.1 三大系统无线接入技术简介	339
10.2.2 新型调制技术	340
10.2.3 智能天线	342
10.2.4 多用户信号检测	344
10.2.5 无线 ATM	345
10.2.6 多层网络结构	347
10.2.7 位置区和寻呼区的管理	348
10.2.8 软件无线电	349
习题	350
编后语	351
参考文献	352

第 1 章 蜂窝移动通信概论

自从电话进入人类社会以来；人们对它的依赖与日俱增，这主要是由于电话使用方便，传递信息迅速，可以节省大量时间。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。蜂窝移动通信的出现，是移动通信的一次革命，频率复用技术大大提高了频谱利用率，增大了移动通信系统容量；网络智能化实现了越区切换和漫游功能，极大地扩展了为用户服务的范围。将蜂窝技术应用于公用电话网，是电话发展史上的一个转折点，改变了通常电话的含义。蜂窝移动通信既给用户带来了使用上的灵活方便，又给人们带来了巨大的财富。近十多年来，全球蜂窝移动用户的年平均增长率超过 40%，我国蜂窝移动用户年增长率最高时超过 200%，发展速度之快超过了专家们的预测。

1.1 蜂窝移动通信概述

1.1.1 移动通信的概念

移动通信是指通信的双方或至少有一方是在移动中进行信息交换的。例如运动中的入、汽车、轮船、飞机等移动体间的通信，分别构成陆地移动通信、海上移动通信和空中移动通信。移动通信系统是指包括双方通信设备在内的整体。移动通信系统包括公用陆地蜂窝移动通信系统、无线寻呼系统、无绳电话系统、集群移动通信系统、卫星移动通信系统 and 无中心移动通信系统等。

由于移动通信用户是在运动中进行通信联系的，信号的传输只能依靠无线电波，因此，无线电通信是移动通信的基础。此外，移动通信还依赖于有线通信网络技术，例如公共交换电话网(PSTN)、公用数据网(PDN)和综合业务数字网(ISDN)。

现代通信技术的进步和发展基于微电子学的发展。微型电子计算机(微处理器)、大规模和超大规模集成电路、数字信号处理器和专用集成芯片等技术的发展为通信设备的数字化和小型化、通信服务的综合化奠定了基础。

目前，应用最广泛的是公用蜂窝移动通信系统，它具有涉及的技术领域最广、技术新、难度高、网络能力强等特点，它的发展趋势代表着整个移动通信未来的方向。

1.1.2 蜂窝移动通信概念

20 世纪 60 年代末，美国贝尔实验室提出了蜂窝系统的概念和理论，所依据的就是电波传播损耗与传播距离的四次方成比例这一客观事实。无线电频谱资源十分有限，能用作移动通信的频段也就更有限。在工作频段受限的情况下，在相距一定距离的地方实现频率

复用,并以此构成一个个无线覆盖小区,彼此相互无缝隙邻接,恰似蜂窝一样的移动通信覆盖区域,即使频谱资源受限,理论上,这种移动通信网也可以覆盖全世界。

蜂窝移动通信概念的提出,开辟了频谱资源在地域上重复利用的新途径,从而使公用陆地移动通信系统(PLMTS)的发展成为可能。20世纪70年代以来,大规模集成电路和微处理器技术的广泛应用,为蜂窝移动通信的实现提供了技术基础。表面贴装工艺(SMT)的出现,加速了无线电设备小型化的进程。到了20世纪80年代初,才出现了美国、日本和斯堪的纳维亚地区的三个蜂窝移动通信系统。随后几年,又出现了多种不同的蜂窝移动通信系统,被列入国际无线电咨询委员会(CCIR)742号报告的就有8种,它们是美国的AMPS、北欧的NMT、英国的TACS、德国的C-450和日本的HCMTS等系统。这些都是模拟移动通信系统,他们在20世纪80年代都取得了飞速发展。这也就是当今人们所说的第一代(1G)蜂窝移动通信系统。我国的移动通信起步于20世纪80年代末,在20世纪90年代得到了迅猛发展。引进的模拟通信系统有TACS和AMPS,其中,以爱立信ETACS系统居多。

蜂窝移动通信系统主要为社会公众开放业务。国际无线电咨询委员会(CCIR)给它的名称为“公用陆地移动通信系统”,英文缩写为PLMTS。

自从模拟蜂窝移动通信系统问世以来,频谱资源的不足和模拟电子技术的局限性制约着蜂窝移动通信的发展。在数字通信技术的发展和信息高速公路新概念的推动下,美国、欧洲和日本从20世纪80年代中期就开始了数字蜂窝移动通信系统的研制和标准的制定,欧共体的泛欧数字蜂窝移动通信系统(即GSM系统)、英国的DCS-1800系统、美国的D-AMPS系统、日本的PDC系统和美国的IS-95 CDMA系统相继在20世纪90年代初商业化,更进一步推动了蜂窝移动通信在全世界的发展,这也就是人们称之为第二代(2G)的蜂窝移动通信系统。

正当第二代蜂窝移动通信系统在全球以前所未有的速度飞速发展时,人类社会已迈入了21世纪的新纪元。21世纪是信息时代,因特网在全球产生了爆炸性的大发展,数据的传输将很快超过语音数字通信,然而第二代蜂窝移动通信却是以传送数字语音为主,以传输短消息数据通信为辅而设计的,不具有高速率数据通信的能力,因此,美国、欧洲、日本、韩国和我国都提出了被人们称之为第三代(3G)的蜂窝移动通信系统的技术标准。3G采用更新颖、更复杂的技术,以实现更大的通信容量、更高的数据传输速率和多媒体综合业务服务。

1.1.3 蜂窝移动通信特点

1. 移动通信的主要特点

(1) 移动通信是用无线电波传输信息的。无线电波传输信息允许用户在一定的范围内自由活动,其位置不受束缚,但是移动通信环境十分复杂,电波传播特性很差。电波不仅会因距离的增加而产生传输损耗,并且会受到地形、地物的遮蔽而发生“阴影效应”,而且信号经过多点反射,会从多条路径到达接收点。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电平衰落和时延扩展。移动通信常常在快速运动中进行,这不仅会产生多普勒频移,产生随机调频,而且会使得电波的传播特性发生快速的随机起伏,严重影响通信质量。因此,移动通信系统必须根据移动通信的特征,进行合理的设计。

(2) 移动通信是在复杂的干扰环境中运行的。移动通信系统采用多信道共用技术,在一个无线小区中,同时通信者会有成百上千,基站会有多部收发信机同时在一地点工作,会产生许多干扰信号,还有各种工业干扰和人为干扰。归纳起来有同道干扰、互调干扰、邻道干扰、多址干扰等。此外,近基站的强信号会压制远离基站的弱信号,这种现象称为“远近效应”。在移动通信中,将采用多种抗衰落、抗干扰技术措施以减少这些干扰信号的影响。

(3) 移动通信的市场需求巨大,但可被利用的频谱资源又非常有限。不断地扩大移动通信系统的通信容量,始终是移动通信发展中的焦点。解决这一难题,一方面要开辟和启用新的频段,另一方面要研究新技术和新措施,例如,压缩信号频带宽度和提高频谱利用率。此外,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,国际上和各个国家都有专门的机构对频谱实行严格的管理。我国的管理机构就是各级无线电管理委员会。

(4) 对移动通信设备要求苛刻。移动通信设备要求体积小、重量轻、省电、携带方便、操作简单、可靠耐用和维护方便,还应保证在振动、冲击、高低温环境变化等恶劣情况下能够正常工作。

2. 蜂窝移动通信系统的特点

蜂窝移动通信系统除前面所述特点之外,还有覆盖区可无限扩展,服务区域不受限制等特点。可采用多种蜂窝组网技术,提高系统的通信容量。

以区群为蜂窝结构进行频率复用,可实现频率资源的有效利用。

蜂窝结构和频率复用带来了如下的新问题。

① 蜂窝结构、蜂窝小区的分裂、微小区及微微小区的问题。

② 频率复用使相邻同频小区之间引起同道干扰的问题。

③ 为避免区群内各小区间的干扰,通常的做法是各小区采用不同的频道,这样,将带来越区切换(Hand-off)的问题。

④ 当移动台从一个交换服务区进入相邻的交换服务区时,所发生的信道切换叫做漫游(Roaming)切换。发生漫游切换时,交换服务区之间要完成移动用户文档的存取和有关信息的交换。

建立通信链路所需的各种信令与信息交换问题,增大了系统的复杂性。

根据通信地区的不同需要,蜂窝移动通信网络可以组成各种网络。这些网络可以单网运行,也可多网、并网运行来实现互联互通。为此,蜂窝移动通信网具有很强的网络管理和控制功能,诸如移动用户位置登记,位置更新、删除、定位,一齐呼叫,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的越区切换和漫游的控制等。

1.1.4 移动通信的工作方式

按照通话状态和频率使用的方法,移动通信可分为单工制、半双工制和双工制三种工作方式和频分双工(FDD)和时分双工(TDD)制式两种双工制式。

1. 单工制

(1) 单频(同频)单工。单频是指通信的双方使用相同工作频率(f_1);单工是指通信双方的操作采用“按一讲”方式,如图 1-1 所示。平时,双方的接收机均处于收听状态。如果

A 方需要发话,可按压“按一讲”开关,关掉 A 方接收机,使其发射机工作。这时,由于 B 方接收机处于收听状态,即可实现 A 至 B 的通话。在该方式中,同一部电台(如 A 方)的收发信机是交替工作的,收发信机可使用同一副天线,而不需要使用天线共用器。

这种工作方式的特点是设备简单,功耗小,但操作不便,如使用不当,会出现通话断断续续的现象。另外,若在同一地区,多部电台使用相邻的频率,则相距较近的电台之间将产生严重的干扰。

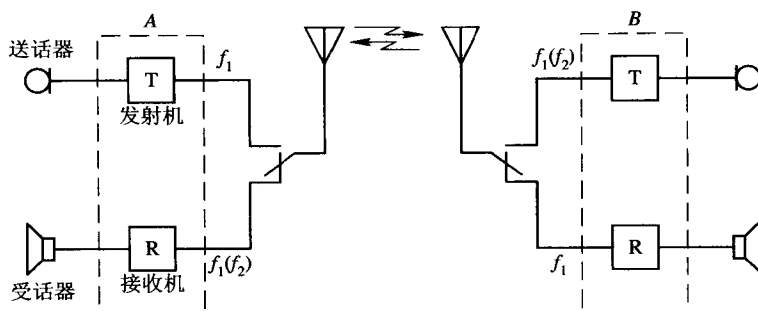


图 1-1 单工通信方式

(2) 双频单工。双频单工是指通信的双方使用两个频率(f_1 和 f_2),而操作仍采用“按一讲”方式。同一部电台(如 A 方)的收发信机也是交替工作的,只是收发各用一个频率,其优缺点大致与单频单工相同。

单工制适用于用户少、专业性强的移动通信系统中。

2. 半双工制

半双工制是指通信的双方中,有一方(如 A 方)使用双工方式,即收发信机同时工作,且使用两个不同的频率,即 f_1 和 f_2 ;而另一方(如 B 方)则采用双频单工方式,即收发信机交替工作,如图 1-2 所示。平时, B 方总是处于收听状态,仅在发话时才按压“按一讲”开关,切断收信机使发信机工作。这种方式的优点是:设备简单,功耗小,克服了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。

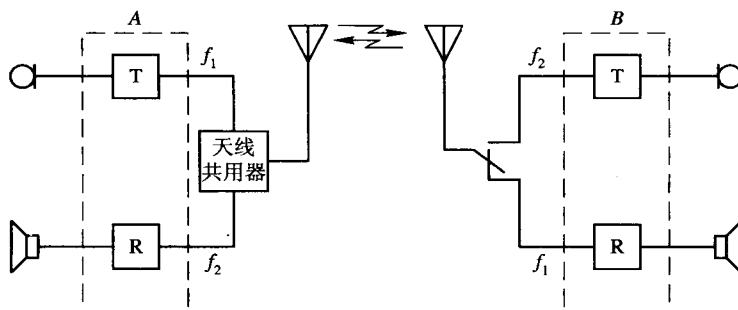


图 1-2 半双工通信方式

3. 双工制

双工制指通信双方的收发信机均同时工作,任一方在发话的同时,也能听到对方的语音,如图 1-3 所示。这种方式操作方便,但是采用这种方式后,电能消耗大,这对以电池为能源的移动台是很不利的,为了解决这一问题,就出现了准双工系统,即移动台发射机可以和双工系统相兼容。目前,这种工作方式应用比较广泛。

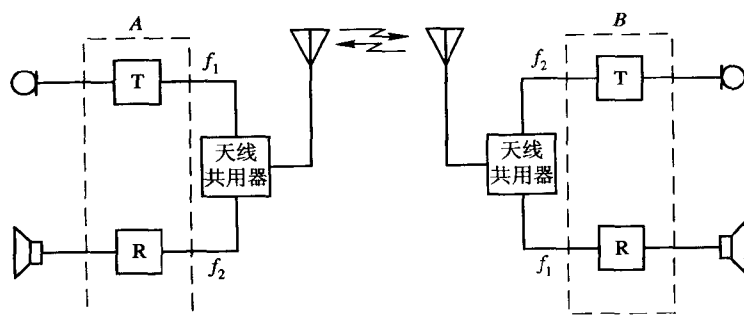


图 1-3 双工通信方式

所谓频分双工制式(FDD),是指下行信道(由基站到移动台)和上行信道(由移动台到基站)所用频率的双工频差为 10 MHz 到几十 MHz。这种制式可以避免收发信机自身的干扰,缺点是双工频分信道需要占用频差为几十 MHz 的两个频段才能工作。当今的蜂窝移动通信系统仍采用频分双工制式。

所谓时分双工制式(TDD),是指上、下行信道使用相同的频率,但工作在不同的时隙内。其优点是通信系统无需占用两段频带,且使用灵活方便,但是通信系统必须是时分多址接入系统。

1.2 蜂窝移动通信

1.2.1 大区制移动通信系统及其局限性

大区制移动通信系统是早期采用的,它由一个基站覆盖一个较大的服务区,半径 R 约在 30~50 km 范围,如图 1-4 所示。为了满足场强覆盖区的要求,需要很大的发射功率(一般为 50~200 W)和很高的天线塔(一般需高达 30 m 以上)。大区制的特点是:移动通信系统的网络结构简单,信道数目少,无需无线交换,直接与市话交换局相连,移动用户可经市话交换局与市话用户通信。

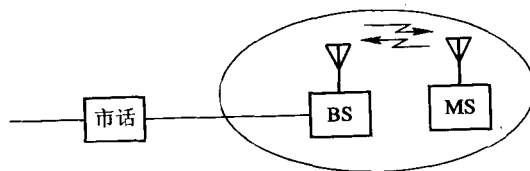


图 1-4 大区制移动通信系统

大区制系统有一定的局限性，主要表现在以下三个方面：

(1) 覆盖范围有限。根据视距传播的条件，在天线高度给定的情况下，受地球曲率的影响，最大覆盖半径一般为 50 km。如果要求覆盖区大于 50 km，则不能满足要求。

(2) 系统的容量受限。频分多址方式工作时，在频率资源给定的情况下，一个基站 (BS) 一般只能提供 1 个或几个频道，可容纳的移动用户数有几十到几百个，当用户密度和通信业务量很大时，系统容量的限制会更加突出。

(3) 系统设备受限。大区制条件下，若要满足移动台的双向通信距离，则要求移动台 (MS) 有更大的发射功率，但是，移动台体积、发射机功率和天线高度都是受限的。

1.2.2 小区制蜂窝移动通信系统

1. 小区制蜂窝移动通信系统

为了提高覆盖区域内的系统容量以及有效利用频率资源，提出了小区制覆盖蜂窝结构的

概念。将一个大区制覆盖的区域划分成若干小区，每个小区 (Cell) 中设立基站 (BS)，与用户移动台 (MS) 间建立通信。由于小区的覆盖半径短 (1~20 km)，故可用较小的发射功率实现双向通信；若每个基站能提供 1 个或几个频道，可容纳的移动用户数有几十到几百个，那么，由若干小区构成的通信系统的总容量将大为提高。由若干小区构成的覆盖区叫区群。由于区群的结构酷似蜂窝，因此将小区制移动通信系统叫做蜂窝移动通信系统。

图 1-5 是蜂窝电话系统的示意图。每个小区设有一个 (或多个) 基站，它与若干个移动台建立无线通信链路。若干个小区组成一个区群 (蜂窝)，区群内的各个小区的基站通过电缆、光缆或微波链路与移动交换中心 (MSC) 相连。移动交换中心通过 PCM 电路与市话交换局相连接，从而形成一个完整的蜂窝移动通信的网络结构。

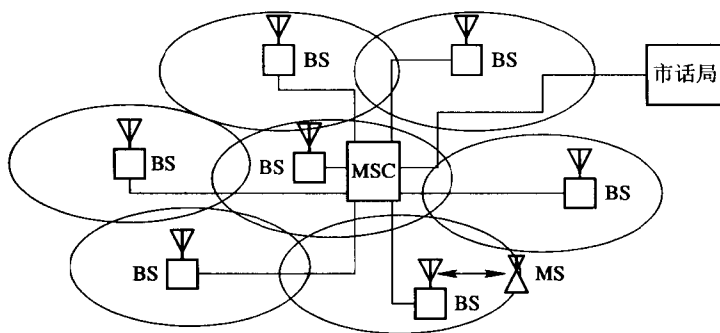


图 1-5 蜂窝电话系统的示意图

图 1-6 为小区的链状覆盖和面状覆盖以及频率复用的示意图。图 1-6(a) 为链状覆盖小区及其频率复用的示意图。为避免相邻小区间的干扰，图中采用 3 组频率 (f_1 、 f_2 、 f_3) 进行频率复用。图 1-6(b) 为面状覆盖小区及其频率复用的示意图，图中分别示出 $N=4$ ，7，12 和 19 的频率复用。

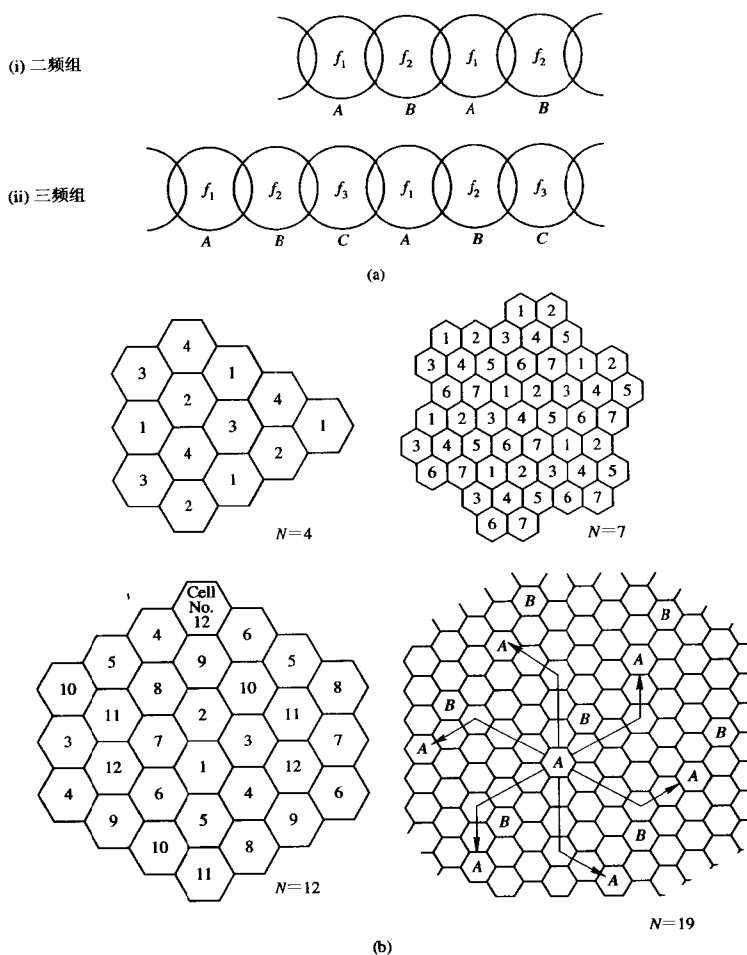


图 1-6 小区覆盖以及频率复用的示意图

(a) 链状覆盖；(b) 面状覆盖

由以上可以看出，在频率资源有限的条件下。利用小区覆盖和频率复用的方法，可以对无限长和无限宽广的地域进行覆盖，从而提高频谱的利用率。

2. 频率复用

在频分制的蜂窝系统中，每个小区占有一定的频道，而且各个小区占用的频道是不同的。假设每个小区分配一组载波频率，为避免相邻小区之间产生干扰，各个小区的载波频率应不相同。因为频率资源是有限的，所以当小区覆盖不断扩大，小区数目不断增加时，将出现频率资源不足的问题。因此，在小区制蜂窝覆盖结构中，采用了空间划分的方法，在不同的空间进行频率复用，以提高频率资源的利用率。即将若干个小区组成一个区群，区群内的每个小区占有不同的频率，占用给定的频带。另一区群可重复使用相同的频带。不同区群中的相同频率的小区之间将产生同频干扰，但是，当同频小区之间的距离足够大时，可以消除通信干扰。因此，对区群的划分提出如下条件：

(1) 区群是由一组载波频率不同的小区组成的覆盖区域；