



职业教育课程改革规划新教材

移动通信系统 及手机维修技术

陈子聪 冯国丽 主编

第2版



赠电子教案



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

职业教育课程改革规划新教材

移动通信系统及 手机维修技术

第 2 版

主 编 陈子聪 冯国丽

机械工业出版社

本书是职业学校电子信息类专业的专业课教材,其主要内容包括移动通信系统构成、数字手机的工作原理、手机主要元器件及电路的识别与检测、常见故障现象及维修方法等。本书内容新颖,密切结合当前移动通信设备的市场和学生理论知识水平的现状。为加强对学生动手能力的培养,本书安排了大量的实训内容,旨在将学生培养成为能够在移动通信网络优化和手机的生产、维修等技术服务岗位工作的高素质劳动者。

本书既可作为各类职业院校电子技术应用、通信技术、电子与信息技术、家电维修及相关专业的教材,也可作为从事电子技术行业的工程技术人员参考用书。

本书配有免费电子教案,凡选用本书作为授课用书的学校均可来电索取,咨询电话:010-88379195

图书在版编目(CIP)数据

移动通信系统及手机维修技术/陈子聪,冯国丽主编.—2版.—北京:机械工业出版社,2012.8

职业教育课程改革规划新教材

ISBN 978-7-111-38886-9

I. ①移… II. ①陈…②冯… III. ①移动通信—通信系统—中等专业学校—教材②移动电话机—维修—中等专业学校—教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第150775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:高倩 责任编辑:高倩 关晓飞

版式设计:石冉 责任校对:张媛

责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012年8月第2版第1次印刷

184mm×260mm·13印张·320千字

0 001—2 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-38886-9

定价:29.00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 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

第2版前言

《移动通信系统及手机维修技术》于2008年10月出版,在三年多的使用过程中,受到广大师生的好评,各学校的教师与学生也提出了许多宝贵的修改意见,与此同时,手机技术在飞速发展,所以有必要在第1版的基础上进行修订。本次修订删去了过时的内容(甚至整章节删除),补充了新内容,重画了(或新拍摄)一些图示(图片),修正了错误,使知识结构更趋合理,符合教学规律。

本书是编者根据多年来从事移动通信课程的教学经验和参加实践活动获得的技能,集合了多位一线教师和一线维修人员的智慧编写而成的。本书针对当前职业教育的生源特点和培养目标,遵循“因材施教”的原则,主要考虑学生的基础和兴趣,突出职业的需求,注重理论学习与技能学习的有机结合,理论内容的取舍把握“必需”和“够用”,注重对学生职业能力和实践能力的培养,注重实训环节,旨在将学生培养成能够在移动通信网络优化和移动通信终端设备的生产、维修等技术服务岗位工作的高素质劳动者。

本书的特色在于对移动通信网络结构的阐述简洁明了,针对手机这种最常见的移动通信终端设备,一是列出大量手机主要元器件的外形实物图并讲解其特点和检测方法;二是设计大量紧贴实际的实训,如手机电路识图、典型手机整机拆装、手机主要元器件识别、手机电路元器件拆焊、手机电路的信号测试、手机指令秘笈的使用、手机软件故障检修仪的使用和手机典型故障检修等;三是在实训的设计上为指导教师预留了较大的空间,教师可根据本校实际情况,灵活安排。这些特色能极大地调动学生的学习积极性,使教与学不再枯燥。

本书中的部分资料已在教学活动中多次使用,好教易学,效果良好。由于在实际维修中接触的大多是厂商提供的电路图,本书为了使讲授与实际维修衔接,对电路图不予变动(有些与国家标准不一致),特此说明。

本书由河南信息工程学校陈子聪和黑龙江信息技术职业学院冯国丽任主编,贵州省电子工业学校杨清山、河南省南阳农业学校蔡永超、河南省项城市中等专业学校吕操和苏玉莲、横新软件工程(无锡)有限公司缪永凤、无锡天山水泥有限公司李大庆、福州工业学校柯宁、河南信息工程学校纪革、河南省新郑市中等专业学校程莹、河南省南阳市张衡中等职业学校皇甫全理、河南省南阳现代信息技术学校赵永杰、河南省工业科技学校胡国喜、郑州统一科技(手机维修)公司王绍辉参编。在编写过程中,我们也参考了其他作者的资料和部分手机生产厂家的资料(已列入参考文献中),在此一并表示感谢。

由于手机技术发展迅速,产品更新快,加之编者水平有限,不足之处,恳请读者批评指正。联系邮箱:hnczc@163.com。

编者



目 录

第2版前言

第1章 数字蜂窝移动通信系统 1

1.1 移动通信的发展概况 1

1.1.1 移动通信的发展与趋势 1

1.1.2 我国移动通信的发展 3

1.2 数字蜂窝移动通信系统服务区域的划分 3

1.2.1 大区制与小区制 3

1.2.2 面状服务区 4

1.2.3 小区激励方式和小区分裂 5

1.2.4 频率复用 6

1.2.5 直放站 7

1.3 数字蜂窝移动通信系统 8

1.3.1 数字蜂窝移动通信系统的组成 8

1.3.2 无线信道 11

1.3.3 越区切换 11

1.4 数字蜂窝移动通信终端的工作过程 12

1.4.1 手机开机初始工作流程 12

1.4.2 手机通话过程 13

习题1 13

第2章 手机电路结构分析 14

2.1 手机整机电路结构概述 14

2.2 手机射频电路分析 15

2.2.1 接收电路部分 15

2.2.2 发射电路部分 18

2.2.3 频率合成器部分 19

2.3 手机逻辑/音频电路及输入/输出接口电路分析 20

2.3.1 音频信号处理部分 20

2.3.2 系统逻辑控制部分 22

2.3.3 输入/输出接口部分 25

2.4 手机电源电路分析 26

2.4.1 手机电源的基本电路 26

2.4.2 手机开机的基本工作过程 28

2.5 手机电路结构综述 29

2.5.1 手机电路板结构 29

2.5.2 手机电路结构 34

习题2 34

第3章 手机电路原理分析 36

3.1 GSM (GPRS) 手机电路原理分析 36

3.1.1 GSM (GPRS) 移动通信系统概述 36

3.1.2 射频接收电路原理分析 36

3.1.3 频率合成器电路原理分析 42

3.1.4 射频发射电路原理分析 44

3.1.5 音频/逻辑控制电路原理分析 48

3.1.6 输入/输出接口电路原理分析 50

3.1.7 电源电路原理分析 53

3.2 CDMA 手机电路原理分析 56

3.2.1 窄带 CDMA 移动通信系统概述 56

3.2.2 窄带 CDMA 手机芯片组简介 57

3.2.3 CDMA 手机的接收与发射流程及电路原理概述 59

3.2.4 CDMA 手机接收电路原理分析 60

3.2.5 CDMA 手机发射电路原理分析 64

3.2.6 CDMA 手机开关机原理分析 69

3.3 手机电路图的识图方法 71

3.3.1 常见手机图纸类型 71

3.3.2 手机识图方法 71

3.3.3 手机电路识别 72

3.3.4 手机电路图的识图实训 74

习题3 75

第4章 手机故障基本维修方法 76

4.1 手机故障基本维修知识 76

4.1.1 手机故障分类 76

4.1.2 手机维修基本名词术语 78

4.1.3 手机故障检修的基本原则和注意事项 80

4.1.4 手机故障检修的基本方法 82

4.2 手机故障维修准备 87

4.2.1 维修专用工具、仪器和用品 87

4.2.2 建立良好的维修环境 87

4.3 手机拆装 87

4.3.1 手机拆装方法 87



目 录

4.3.2 手机拆装实例	90	5.1.3 手机不开机故障的检修实训	158
4.3.3 手机拆装实训	94	5.2 手机不入网故障的分析与检修	159
4.4 手机元器件的识别与检测	94	5.2.1 手机不入网故障的分析	159
4.4.1 手机元器件的识别与检测方法	95	5.2.2 手机不入网故障的检修实例	161
4.4.2 手机元器件的识别与检测实训	121	5.2.3 手机不入网故障的检修实训	167
4.5 手机电路元器件的焊接	125	5.3 手机发射信号故障的分析与检修	167
4.5.1 手机电路元器件的焊接工具及 方法	125	5.3.1 手机发射信号故障的分析	168
4.5.2 手机电路元器件的焊接实训	130	5.3.2 手机发射信号故障的检修实例	168
4.6 手机电路关键点的波形测试	131	5.3.3 手机发射信号故障的检修实训	172
4.6.1 手机电路关键点的波形测试工 具	131	5.4 手机显示电路故障的分析与检修	173
4.6.2 手机电路关键点的波形测试方 法	133	5.4.1 手机显示电路故障的分析	173
4.6.3 手机电路关键点的波形测试实 训	137	5.4.2 手机显示电路故障的检修实例	174
4.7 手机指令秘笈的使用	138	5.4.3 手机显示电路故障的检修实训	176
4.7.1 手机指令秘笈简介	138	5.5 手机卡电路故障的分析与检修	176
4.7.2 手机指令秘笈维修软件故障举 例	139	5.5.1 手机卡电路故障的分析	176
4.7.3 手机指令秘笈使用实训	141	5.5.2 手机卡电路故障的检修实例	178
4.8 免拆机手机软件故障维修仪的使用	142	5.5.3 手机卡电路故障的检修实训	180
4.8.1 免拆机手机软件故障维修仪简 介	142	5.6 手机音频电路故障的分析与检修	181
4.8.2 天尔软件通的应用举例	143	5.6.1 手机音频电路故障的分析	181
4.8.3 免拆机手机软件故障维修仪的 使用实训	145	5.6.2 手机音频电路故障的检修实例	183
4.9 多功能编程器的使用	146	5.6.3 手机音频电路故障的检修实训	186
4.9.1 多功能编程器简介	146	5.7 手机键盘电路故障的分析与检修	186
4.9.2 LT-48 多功能编程器的应用举 例	147	5.7.1 手机键盘电路故障的分析	187
4.9.3 多功能编程器的使用实训	149	5.7.2 手机键盘电路故障的检修实例	188
习题 4	149	5.7.3 手机键盘电路故障的检修实训	189
第 5 章 手机常见故障维修技术	151	5.8 手机电路板两种常见故障处理技巧	190
5.1 手机不开机故障的分析与检修	151	5.8.1 浸水手机的电路板的处理技巧	190
5.1.1 手机不开机故障的分析	151	5.8.2 电路板铜箔脱落的处理技巧	190
5.1.2 手机不开机故障的检修实例	153	5.8.3 手机电路板两种常见故障处理实 训	191
		习题 5	191
		附录	193
		附录 A 手机系统常见英文缩写解释	193
		附录 B 常见手机指令秘笈	197
		附录 C 使用免拆机检修仪解决手机常见 软件故障举例	200
		参考文献	202

第 1 章 数字蜂窝移动通信系统

本章要点

- * 移动通信的发展
- * 频率复用技术
- * 数字蜂窝移动通信系统的结构
- * 数字手机开机初始工作流程

数字蜂窝移动通信系统是由移动台（MS）、基站（BS）、移动交换控制中心（MSC）以及和市话网（PSTN）相连的中继线（设备）等组成。通过基站和移动交换控制中心可以控制整个服务区内任意两个移动用户之间的通信，也可以经过中继线与市话网连接，实现移动用户和市话用户之间的通信，从而构成一个有线和无线相结合的通信系统。

1.1 移动通信的发展概况

根据信息的传输媒质不同，通信可分为有线通信（信息通过电缆、光缆等通信媒质进行传输）和无线通信（信息经无线电波传输）。通常，移动体之间的通信联系是通过无线电波来实现。

现代移动通信技术是一门复杂的高科技技术，不仅集中了无线通信和有线通信的最新技术成就，而且集中了网络技术和计算机技术等许多成果。它是由发射系统、中继设备、接收设备等构成的庞大的移动通信网络。目前，移动通信已发展到了数字移动通信阶段，并且正朝着个人通信这一更高阶段发展。未来移动通信的目标是，能在任何时间、任何地点向任何个人提供快速可靠的通信服务。

1.1.1 移动通信的发展与趋势

20 世纪早期（20 年代至 40 年代），移动通信主要用于船舶、航空、警用装备等专用无线通信及军事通信，其使用频率为短波频段，例如，美国底特律市警察使用的车载无线电系统。

20 世纪 40 年代中期至 60 年代，公用移动通信业务问世，移动通信所使用的频率开始向更高的频段发展。1946 年，美国在圣路易斯城建立起世界上第一个公用汽车电话网——城市系统。而后，德国、法国、英国等一些国家也相继组建了公用汽车电话系统，开通了汽车电话业务。此阶段可用的信道数很少，因而通信网的容量也较小。

进入 20 世纪 70 年代以后，经济较发达的国家对移动通信的需求猛增，同时，由于微电子技术和计算机技术的迅速发展，以及人们对超高频收、发信机，滤波技术，微小型天线等设备的研制有了新的突破，加之新理论、新体制的不断发展和完善，都为模拟蜂窝移动通信系统的诞生奠定了坚实基础。1983 年，美国贝尔实验室研制成功的高级模拟移动电话系统（AMPS）首次在芝加哥投入使用，建成了蜂窝状移动通信网，大大提高了系统容量，之后，

服务区域在美国逐渐扩大并且发展到许多国家。英国在 1985 年推出了全址通信系统 (TACS), 北欧、德国、日本等也都相继推出了模拟移动通信系统。这些系统均采用频分多址 (FDMA) 方式, 属于第一代移动通信系统, 大多数采用 800MHz 和 900MHz 的工作频段。虽然以 AMPS 和 TACS 系统为代表的模拟蜂窝网取得了很大成功, 但是, 模拟蜂窝系统也暴露出频谱利用率低、系统容量小、不能提供数据服务、保密性差、不同制式的系统之间不兼容等弱点。

为了建立一个全欧洲统一的数字式蜂窝移动通信系统 (第二代移动通信系统), 欧洲邮电主管部门成立的移动通信特别小组 (GSM) 于 1988 年推出了欧洲移动通信系统标准, 到 1992 年, 采用时分多址 (TDMA) 方式的 GSM 标准数字蜂窝移动通信系统投入运营, 之后, 其在世界许多地区发展非常迅速。GSM 标准的工作频段最初设定在 900MHz, 目前, 已将 GSM 标准推广到 1800MHz 频段和 1900MHz 频段, 基本结构不变, 分别称为 DCS1800 和 PCS1900。

DAMPS 是美国的数字蜂窝移动通信系统 (TDMA 方式), 是在 AMPS 系统上发展而来的, 系统频谱利用率和信道数大大提高。PDC 是日本数字蜂窝移动通信系统的标准, 与美国的 DAMPS 系统体制基本相同。

同属第二代移动通信系统的窄带 CDMA (码分多址方式) 技术, 是第二次世界大战期间因在战争中需要防止敌方对己方通信的干扰而开发的。1993 年 7 月 16 日, 美国电信工业协会正式通过了美国 Qualcomm 公司提出的世界上第一个 CDMA 蜂窝移动通信标准 IS-95。1995 年 11 月 1 日, 香港和记黄埔有限公司采用摩托罗拉公司的 CDMA 系统正式开通了全球第一个 CDMA 商用网, 随后在美国、南美和亚洲等地得到了迅速推广和应用。

虽然第二代数字移动通信系统的容量和功能与第一代相比有了很大的提高, 但语音业务仍然是其主要的承载业务, 并且, 随着各种增值业务的不断发展, 远不能满足新业务种类和高传输速率的需要, 用户的高速增长与有限的系统容量和有限的业务之间的矛盾渐趋明显。

第三代移动通信系统简称 3G 系统, 它属于宽带系统, 主要有欧洲的 WCDMA、北美的 CDMA2000 和中国的 TD-SCDMA 等三种第三代移动通信的无线传输技术, 该系统工作在 2000MHz 频段, 最高业务速率可达 2000kbit/s, 支持语音、数据和多媒体业务。在此基础上, 第三代移动电话可以将高速多媒体无线通信、掌上电脑和互联网三者的优势集成到一起。

2001 年 10 月 1 日, 第三代移动通信跨过层层叠垒的技术白皮书, 揭开了神秘的面纱, 以一种可亲的姿态出现在消费者面前, 日本 NTT 下属的 DoCoMo 公司在世界同行的瞩目下, 正式推出全球第一个基于 WCDMA 标准的 3G 商用服务。移动互联服务基础较好的欧洲、韩国和美国, 也纷纷将自己的移动通信网络升级为第三代网络, 以使用户得到更好的互联网服务, 手机也能接收到更高品质的图像。

虽然 3G 移动通信系统已经基本满足了人们对快速传输数据业务的需求, 但是许多专家学者已把目光投入到了 4G (第四代) 移动通信系统的研究。严格地说, 目前人们对 4G 还没有一个权威的定义, 它还处于研发阶段。然而, 通过近些年来不断研究, 人们已对 4G 的基本需求、技术支撑、网络体系等有了一些明确的概念。各国、各大通信公司的技术人员都在积极研究新技术网络, 力争在下一代移动通信领域取得领先地位。

目前,移动通信正朝着数字化、宽带化、小型化、可视化的方向发展,未来移动通信网络会向综合化、智能化、全球化、个人化的方向发展,各种移动通信系统将以全球通用、系统综合为基本出发点逐步融合,力图建立一个全球性的移动综合业务数字网,借助于各种高、中、低轨道卫星移动通信系统,达到全球覆盖,满足三维空间的个人移动性。移动通信网作为一种理想的智能接入网,将来必然要与固定通信网综合成全球一体网,用户可以使用全球唯一的个人电信号码,在任何终端上获取所需要的电信业务,这就超越了传统的终端移动性,真正实现个人移动性(个人通信),全球为一村,这是人类通信的最高境界。

1.1.2 我国移动通信的发展

我国民用移动通信起步较晚,1984年,我国上海市推出无线寻呼业务,直到1987年年底才在广州市开通了第一个模拟蜂窝移动通信系统(TACS体制、900MHz频段),但我国移动通信的发展速度却非常快。由于模拟网的通信容量小、业务类型少、信号质量差、防盗打性能差等,在2001年12月31日,我国第一代模拟蜂窝移动通信系统被淘汰出局。

第二代移动通信泛指数字蜂窝移动通信系统,我国目前主要采用GSM制和窄带CDMA制,分别采用时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)方式。1994年,我国在广州、深圳、珠海、惠州四个城市相继引入GSM系统,呈现很好的发展势头;2002年,我国开始大规模推广CDMA制系统,发展良好。

2000年5月,我国提交的TD-SCDMA(时分同步码分多址)移动通信标准被国际电信联盟(ITU)正式采纳,成为第三代移动通信无线接口技术规范之一。这是我国电信历史上的第一次,也为民族移动通信产业扭转了被动局面,为其迅速发展提供了难得的机遇。2008年4月1日,3G系统(TD-SCDMA)在我国的北京、上海、天津、秦皇岛、广州、深圳、沈阳和厦门8个城市率先试商用。2009年1月7日,工业和信息化部正式向中国移动、中国联通和中国电信三家公司各发放一张3G通信运营牌照。

到2012年6月底,我国手机用户已超过10亿。在我国,移动通信已从当初固定通信的一种补充和延伸手段,逐渐发展成一个独立承载业务的主要网络。在未来的发展中,移动通信市场将更加精彩纷呈,用户将得到更多实惠。

1.2 数字蜂窝移动通信系统服务区域的划分

1.2.1 大区制与小区制

一般说来,按照服务区域覆盖方式的不同,可将移动通信网分为两类:一类是小容量的大区制,另一类是大容量的小区制。

1. 大区制

大区制就是一个服务区域(如一个城市)内只有一个基站,负责移动通信的联络和控制,如图1-1所示。

通常,服务区域的范围大,发射机输出功率也较大(一般在200W左右),其覆盖半径为30~50km。但是,因为移动台电池容量有限,通常移动台发射机的输出功率较小,故移动台距基站较远时,移动台可以收到基站发来的信号(即下行信号),但基站却收不到移动台发出

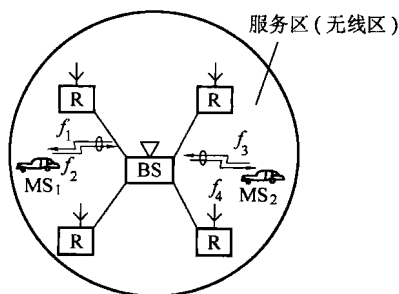


图 1-1 大区制移动通信

的信号（即上行信号）。为了解决两个方向通信不对称的问题，可以在适当地点设立若干个分集接收站，如图 1-1 所示，以保证服务区内的双向通信质量。

在大区制中，为了避免相互间的干扰，在服务区内的所有信道（一个信道包含收、发各一个频率）的频率都不能重复。例如，移动台 MS_1 使用了频率 f_1 和 f_2 ，那么另一个移动台 MS_2 就不能再使用这对频率了，否则将产生严重的相互干扰。因而，这种体制的频率利用率及通信的容量都受到了限制，满足不了用户数量急剧增长的需要。换言之，大区制只适用于业务量不大的城市，或者作为向小区制过渡的一种形式。

2. 小区制

小区制就是把整个服务区域划分为若干个小区，每个小区设置一个基站，负责本区移动通信的联络和控制；同时，又可在移动交换控制中心的统一控制下，实现小区之间移动用户通信的转接以及移动用户与市话用户的联系，如图 1-2 所示（图中为 5 个小区）。每个小区各设一个小功率基站（ $BS_1 \sim BS_5$ ），发射功率一般为 $5 \sim 10W$ ，以满足各无线小区移动通信的需要。若是这样安排，那么移动台 MS_1 在 1 区使用频率 f_1 和 f_2 时，在 3 区的移动台 MS_3 也可使用相同频率进行通信。这是由于 1 区与 3 区相距较远，且隔着 2、4、5 区，发射功率又小，所以使用相同频率也不会互相干扰。因此，对于图 1-2 所示的情况，只需 3 对频率（即 3 个信道），就可实现 5 个移动台同时通话。而如果使用大区制来实现 5 个移动台同时通话，必须使用 5 对频率。很明显，小区制提高了频率的利用率，而且，由于基站发射功率减小，也使相互间的干扰减少了。此外，无线小区的范围还可根据实际用户数的多少灵活确定。

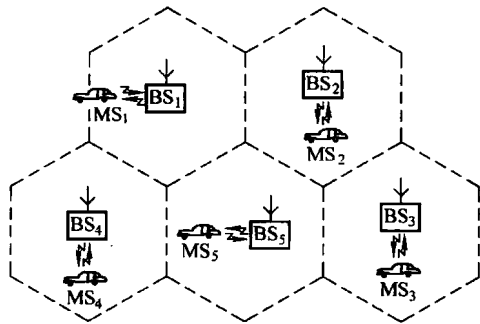


图 1-2 小区制移动通信

但是这种体制，在移动台通话过程中，从一个小区转入另一个小区的频率增加了，移动台需要经常地更换工作频道。无线小区的范围越小，通话中转换频率的次数就越多，这样就提高了对控制交换功能的要求，从而使设备复杂化，再加上基站数量的增加，这些都会使建网成本增加，所以，无线小区的范围也不宜过小。在实际工程中，应权衡利弊，综合考虑选取无线小区的半径（小区的覆盖半径一般在 $2 \sim 10km$ 之间）。

1.2.2 面状服务区

陆地移动通信的大部分服务区是宽广的面状区域，要将此面状服务区划分为多个无线小区，则需要考虑无线小区的形状。在单位无线小区覆盖半径相同的条件下，覆盖同样面积的面状服务区时，正六边形相邻小区的中心间距最大（各小区之间频率干扰最小），单位小区的有效面积最大（所需要小区个数最少），交叠区域面积和交叠距离最小（有利于通信设备的越区频率切换）。另外，在构成一个面状服务区时，为了防止同频干扰，邻接的无线小区不能使用相同的频率（或信道组），正六边形能确保邻接小区不出现相同频率所需的最少频率数目，如图 1-3 所示。图中序号表示不同的信道组，也称频率组。可以看出，图 1-3a 所示方案最少需要 6 个信道组，图 1-3b 所示方案最少需要 4 个信道组，而图 1-3c 所示方案仅需 3 个信道组就可做到整个服务区中邻接小区不使用相同频率。

因此，面状服务区以正六边形组成为最好。由于形状像蜂窝，因此把这种小区称为蜂窝



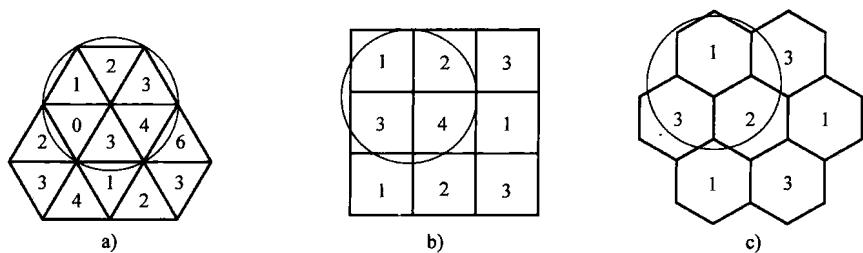


图 1-3 小区构成的几何图形

网。通常所讲的蜂窝移动通信就是指小区形状是正六边形的蜂窝网。现代蜂窝移动电话网就是在理论上以正六边形小区覆盖整个服务面积为基础进行研究的。蜂窝小区的概念实质上就是频率的地域复用。蜂窝移动通信正是由于采用了频率的地域复用技术，才较好地解决了有限的频谱和不断增长的移动用户数量之间的矛盾。

1.2.3 小区激励方式和小区分裂

1. 小区激励方式

根据基站在小区内位置的不同，可分为两种小区激励方式，即中心激励方式和顶点激励方式。

(1) 中心激励方式 基站位于无线覆盖区的中心，采用全向天线实现全区覆盖，称为中心激励方式，如图 1-4a 所示。

(2) 顶点激励方式 在正六边形的顶点上设置基站，并采用定向天线实现小区扇形覆盖，称为顶点激励方式。常见的顶点激励方式有三种：三叶草形、120°扇面形和 60°扇面形。三叶草形是定向天线，采用 120°，小区形状采用正六边形的三叶草形结构，如图 1-4b 所示；120°扇面形是定向天线，采用 120°，小区形状采用扇形的结构，如图 1-4c 所示；60°扇面形是定向天线，采用 60°，小区形状采用扇形的结构，如图 1-4d 所示。

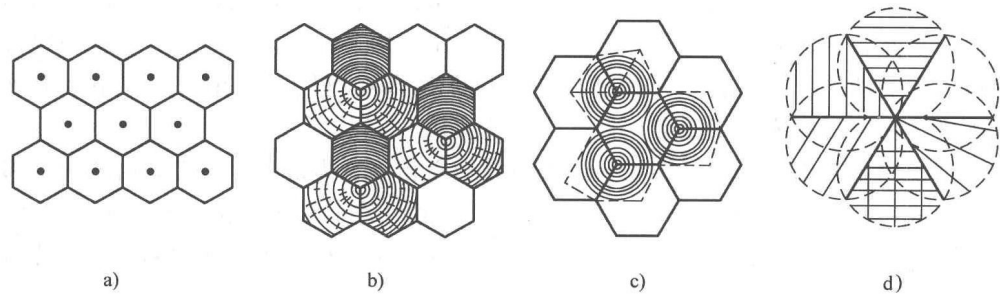


图 1-4 小区激励方式

由于顶点激励方式采用的是定向天线，所以，对来自定向天线之外的同频干扰信号有一定的抑制作用，从而降低了干扰。该方式允许以较小距离进行频率复用，提高了频率利用率，对简化设备、降低成本都有好处。

2. 小区分裂

当系统小区内的通信业务量较多时，可将小区分裂成多个更小的小区，增加小区的数目，从而大大提高频率利用率和用户数量，目的是解决频率资源少与用户数量大之间的矛盾。这种解决通信容量的方法称为小区分裂。

蜂窝小区分裂有两种方法，一是针对中心激励方式的小区，在原基站上分裂，换用方向性天线将小区扇形化，分裂后变为顶点激励方式。如图 1-5a 所示，使用 120° 定向天线，将小区分为三个扇区；如图 1-5b 所示，使用 60° 定向天线，将小区分为六个扇区；如图 1-5c 所示，使用 120° 定向天线，将小区变为一个三叶草形无线小区。二是针对顶点激励方式，将蜂窝小区半径缩小，在两个原基站连线的中心点上加设新的基站，分裂后激励方式不变，原来较大的小区分裂成 4 个较小的小区，如图 1-5d 所示。

小区分裂后，原基站天线有效高度适当降低，发射功率减小，尽量避免小区间的同频干扰。

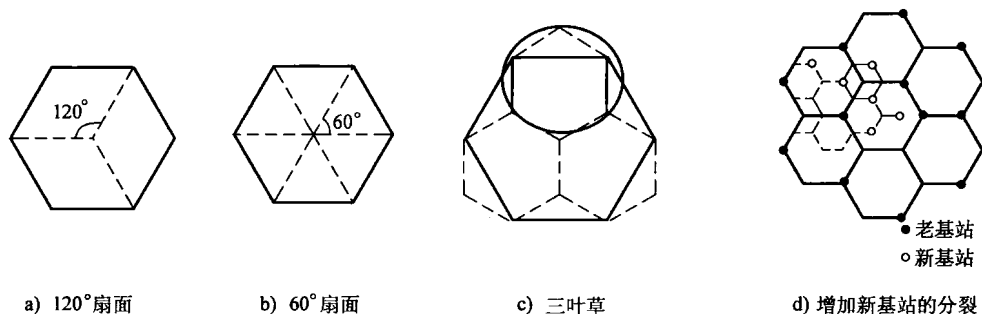


图 1-5 蜂窝小区分裂

1.2.4 频率复用

在蜂窝状移动通信网中，把整个蜂窝频谱划分为若干个频率组（或称信道组、频道组），每个频率组一般有十个到几十个频率对（发射、接收频率对），每一个基站使用一套频率组。各基站（即各蜂窝小区）使用分配给该小区的频率组来向本蜂窝区内的移动台发射信号或接收移动台信号。相邻的蜂窝小区不使用同一频率组以避免同频干扰。但相隔一定距离的蜂窝小区可以彼此重复使用相同频率组，其条件是相互间的同频干扰已减小到不影响信号的正常接收，这种方法称为不同地域的频率复用。用这种方法意味着同一频率组可以在不同地域内重复使用，从而在整个服务区内可以有許多对通信用户在同一频率对上进行通话，从而大大提高了频率使用效率，提高了系统容量。

为了便于频率复用，并能保持同频信道间的距离相等且为最大，通常先由若干个邻接的无线小区构成一个无线区群，称为单位无线区群，再由若干个无线区群构成整个面状服务区。为了防止同频干扰，要求每个单位无线区群中的小区不得使用相同频率，只有分布在不同的单位无线区群中的两个小区间距足够大时，才可使用相同的频率。

目前常用的无线区群的模型有三种，如图 1-6 所示。图 1-6a 所示为中心激励方式，每个无线小区配置一个频率组，这样 12 个无线小区形成一个区群共需 12 个频道组。图 1-6b 所示为顶点激励方式，采用 120° 定向天线扇形小区，每个基站配置三个频道组，若以 7 个无线小区形成一个区群，则共需 $7 \times 3 = 21$ 个频道组。图 1-6c 所示也为顶点激励方式，采用 60° 定向天线激励三角形小区，每个基站配置 6 个频率组，若以 4 个基站形成一个区群，则共需 $4 \times 6 = 24$ 个频道组。

由于 CDMA 系统不是依靠频率来区分用户，而是根据扩频码的不同来进行区分，所以 CDMA 系统的每一个基站内的所有用户可以使用同一个频率组（即同频），并且，相邻的蜂

窝小区也可以使用同一频率组。图 1-7 所示为 CDMA 系统频率复用示意图。

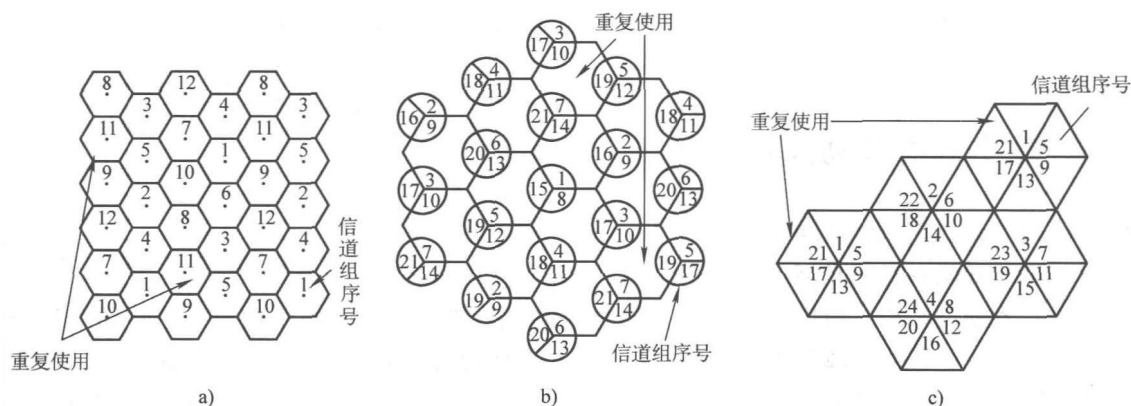


图 1-6 各种频率配置方式的小区模型

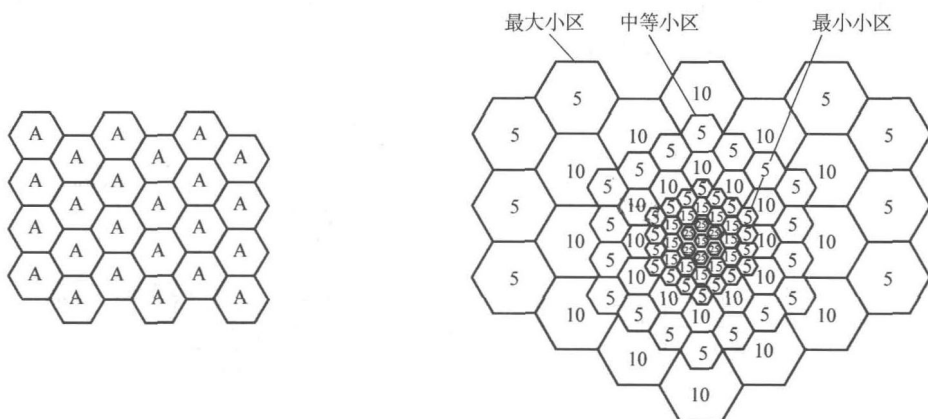


图 1-7 CDMA 系统频率复用示意图

图 1-8 用户分布不均匀时的区域划分

以上分析是假定整个服务区的地形、地貌相同，用户均匀分布的情况，所以无线小区大小相同，各基站设置的信道数也相同。而一个实际的移动通信网，其服务区内各部分用户的分布是不均匀的。例如，闹市区的用户密度高，话务量大，而郊区的用户密度低，话务量小。同时，随着城市建设的不断发展，原来的用户低密度区可能已变成高密度区。为了适应这种情况，在小区的划分和信道数的分配上应灵活设计。如在闹市区，无线小区面积划小一些或分配的信道数多一些，而在郊区，小区面积划大一些或分配的信道数少一些，如图 1-8 所示。

1.2.5 直放站

在移动通信组网时，由于经费、地形或地貌等方面的原因，会出现无线电波覆盖不到的地区（如地下室、电梯内），称为盲区或死区，如图 1-9 所示。为了实现整个服

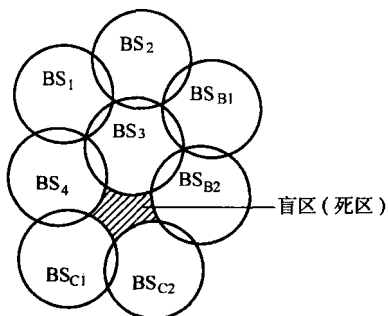


图 1-9 蜂窝移动网的盲区

务区内的通信畅通,消除盲区,通常在适当的地方建立直放站,用来沟通盲区内的移动台与基站之间的通信。直放站实际上是一个同频放大的中继站,可将基站与处于盲区内的移动台的信号进行接收和转发。由于直放站具有简单、可靠、易于安装等特点,现已得到广泛的应用。

1.3 数字蜂窝移动通信系统

1.3.1 数字蜂窝移动通信系统的组成

1. 数字蜂窝移动通信系统的结构

(1) 本地网结构 我国蜂窝通信系统的本地网一般采用三级网结构。一个移动交换控制中心控制许多基站,每个基站负责本小区内众多移动台(MS)的通信和控制。图1-10为蜂窝通信系统本地网组成示意图。移动台和基站均有收发信机、控制单元和天线等设备。每个基站都有一个可靠通信的服务范围,称为无线小区。无线小区的大小和范围,主要由基站的发射功率、天线的高度和天线的方向性决定。移动交换控制中心的主要功能是信息的交换和整个系统的集中控制管理,通过与其他通信网[如市话网(PSTN)、长途网等]互连互通,来实现不同网络用户之间的通信。

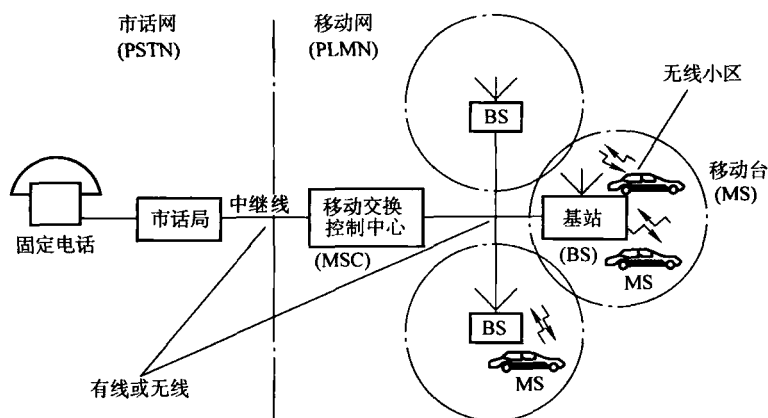


图 1-10 蜂窝移动通信系统本地网组成示意图

(2) 区域联网结构 所谓区域联网,是指在某几个关系比较密切的移动电话局之间,建立信号和通话专线,形成一个“区域”,区域内的通信仍要通过原来的本地网。图1-11为我国蜂窝移动电话区域联网的网络结构。

由图1-11可知,整个联网区域分成若干个移动交换区,每个移动交换区一般设立一个移动电话交换局。在联网区域内,根据需要,规定一个或若干个移动电话交换局作为移动汇接局,以疏通该区域内其他移动电话局的来话及转话业务。在各移动电话(汇接)局之间设置专用通话线路和信令链路,以利于自动漫游和越局切换。各移动电话交换局之间的通话线路可根据需要采用专线或通过长途网来进行。

2. 数字蜂窝移动通信交换局的组成

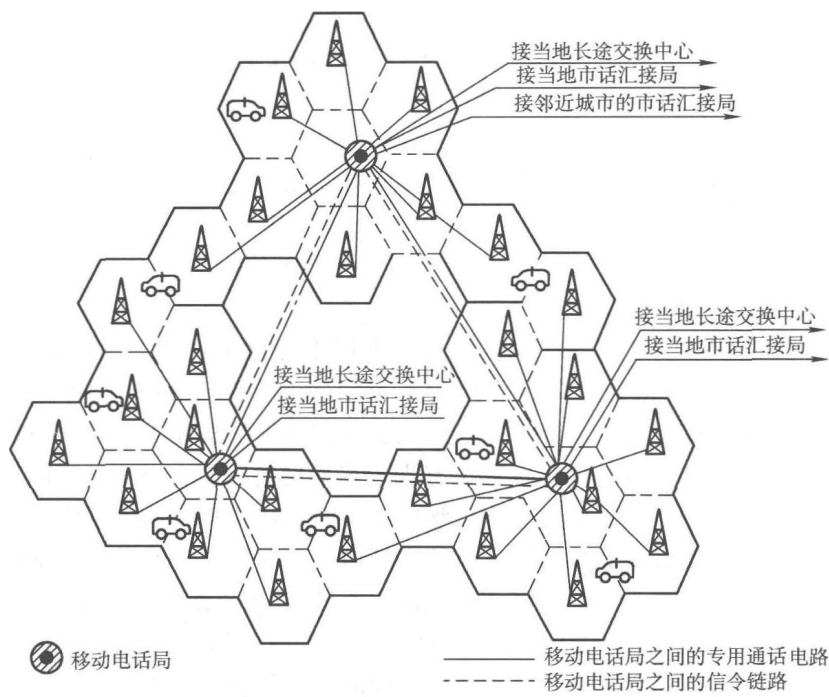


图 1-11 蜂窝移动电话区域联网的网络结构

数字蜂窝移动通信交换局由移动交换控制中心（MSC）、归属位置寄存器（HLR）数据库、访问者位置寄存器（VLR）数据库、设备号寄存器（EIR）数据库、认证中心（AUC）数据库、操作维护中心（OMC）和接口部分等组成，如图 1-12 所示。

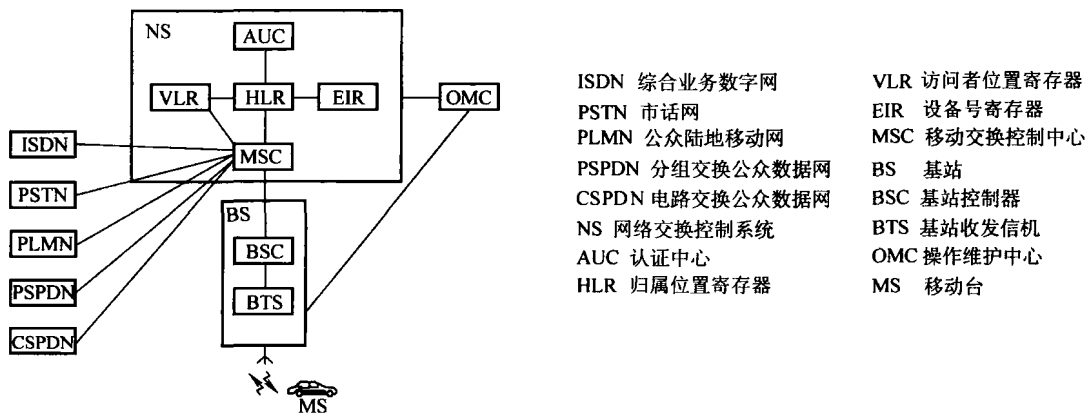


图 1-12 数字蜂窝移动通信交换局的组成示意图

1) 移动交换控制中心（MSC）是移动通信网的核心部分，主要用于处理信息交换和整个系统的集中控制管理，为移动电话用户以及市话网（PSTN）、公众数据网（PDN）和综合业务数字网（ISDN）的用户提供呼叫的交换功能。移动交换中心（MSC）处理用户呼叫所需的数据来自三个数据库：一是归属位置寄存器（HLR）数据库，二是访问者位置寄存器（VLR）数据库，三是认证中心（AUC）数据库。移动交换控制中心（MSC）根据移动电话

用户所在的当前位置及状态信息，不断地刷新数据库中的数据。

2) 归属位置寄存器 (HLR) 数据库用以存放该移动中心所辖区域内的移动电话用户有关文档，包括移动电话用户所有的静态数据和动态数据。归属位置寄存器 (HLR) 数据库向移动交换控制中心 (MSC) 提供服务区域的动态信息，即有关移动台当前确切位置的动态数据，以便使该呼叫信息能及时地传送到被呼叫移动用户。当一个移动用户首次使用手机卡加入蜂窝移动通信系统时，必须通过 MSC 在该地的 HLR 数据库中登记注册，把其有关参数存放在 HLR 数据库中。当呼叫一个不知处于哪一地区的用户时，均可由 HLR 数据库中该用户的原籍参数获知它处于哪个地区，进而建立起通信链路。

3) 访问者位置寄存器 (VLR) 数据库是一个用于存储来访用户信息的数据库。一个 VLR 通常为一个 MSC 控制区服务，也可以为几个相邻的 MSC 控制区服务。移动台 (MS) 的不断移动导致了其位置信息的不断变化，这种变化的位置信息在 VLR 数据库中进行登记。访问者位置寄存器 (VLR) 数据库中存储所有进入移动交换控制中心覆盖区的移动电话用户信息，由移动交换控制中心建立输入和输出呼叫。访问者位置寄存器数据库是一个动态的用户数据库，它与归属位置寄存器数据库不断地交换信息。存储在访问者位置寄存器数据库中的用户数据，将跟随用户进入其他移动交换控制中心的 VLR 数据库中。

4) 认证中心 (AUC) 即鉴权中心，在 AUC 数据库中存储的信息，用来保护经过空中接口的通信。它不仅认证用户，而且鉴别欺骗，同时还对传输信息进行加密。各种认证资料和密钥都存储在认证中心数据库中，以防止未经授权者窃取。

5) 设备号寄存器 (EIR) 主要完成对移动台的识别、监视、闭锁等功能。用户移动台的国际移动设备身份码 (IMEI) 存储在设备号寄存器中，用以检验及认证用户移动台的身份，防止未经授权的设备 (如偷盗的移动电话机) 入网。

6) 操作维护中心 (OMC) 负责所有移动通信网络部件的操作运行及维护，也负责无线网络的运行及维护。所有移动通信网络部件都与操作维护中心相连接。

7) 接口部分包括移动交换控制中心与基台系统之间的接口、移动交换控制中心与归属位置寄存器 (HLR) 数据库之间的接口、HLR 与访问者位置寄存器 (VLR) 数据库之间的接口，以及不同移动交换控制中心之间的接口、移动交换控制中心 (MSC) 与 PDN、PSTN 及 ISDN 之间的接口等。

3. 基站

基站 (BS) 是移动交换控制中心 (MSC) 和移动台联系的桥梁，是连接通信网络固定部分和无线部分的接口，通过空中无线接口，可同时与多个移动电话用户保持通信联系。基站系统通常可分为基站控制器 (BSC) 和基站收发信机 (BTS)，前者实现基地站系统的控制功能，后者提供信息的传输。基站主要是为移动台提供一个双向的无线信道。

(1) 基站控制器 (BSC) 基站控制器是基站的智能控制部分，负责基站的收发信机的运行、呼叫管理、信道分配、呼叫接续等。一个基站控制器最多可以控制管理 256 个基站收发器。数十个基站收发器和一个基站控制器可以组成一个基站，每个基站为一定覆盖范围内的移动台提供通信网络服务，形成一个蜂窝小区。

(2) 基站收发信机 (BTS) BTS 完全由 BSC 控制，一个基站一般由数十部小功率的收发信机组成。每一部收发信机都占用着一对双工收发信道，这些收发信道或为业务 (语音) 信道或为控制信道。基站所拥有的收发信机的数量相当于有线电话的“门”数。显然，

基站覆盖区拥有的收发信机越多, 移动用户呼叫“抢线”就越容易。

1.3.2 无线信道

1. 无线信道的结构

无线信道是移动通信网络传递信息的通道, 即基站天线与移动台天线之间的传播路径。在基站中, 每条无线信道对应一个信道单元, 主要由收信机 (RX)、发信机 (TX) 和控制单元 (CU) 构成, 如图 1-13 所示。收、发信机均工作在预先选好的频率上。

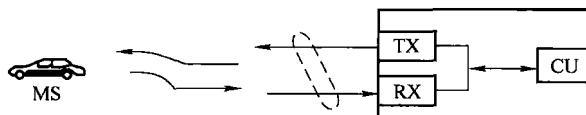


图 1-13 无线信道的结构

移动台只有一部收信机和一部发信机, 工作频率可变。通常移动台每次开机时, 先自动调谐到一条控制信道上, 当通话时, 根据移动交换控制中心发出的指定信道命令, 移动台自动变频切换到指定的空闲语音信道上。

(1) 语音信道 (VC) 语音信道主要用于传递语音信号。每个无线小区有若干条语音信道, 它的占用和空闲受移动交换控制中心 (MSC) 的控制和管理。当一条语音信道被占用时, 基站的该信道发射机打开, 而当其空闲时, 该信道的发射机关闭。这些动作全是根据移动交换控制中心的命令来完成的。语音信道除了传送语音信号外, 有时还传送监测音、信号音和数据等。

(2) 控制信道 (CC) 控制信道主要用于移动台的寻呼和接入。通常, 在一个无线小区的信道组中, 只有一条控制信道 (一般是信号音最强的信道), 其余都是语音信道, 所以一个“中心激励”的基站有一套控制信道单元, 而一个“顶点激励”的基站则应有多套控制信道。若采用 21 个无线小区模型的区群结构, 则单位区群内将有 21 条控制信道。在控制信道中, 还传递其他大量数据, 如指定语音信道命令、重试命令等。

2. 多信道共用

所谓多信道共用, 就是一个小区内的 N 条信道为该小区所有用户共用。在一个小区内, 所有移动台共用一个控制信道。对于语音信道, 当其中一些信道被占用时, 其他需要通话的移动台可根据控制中心发出的指定信道的命令, 自动调谐到指定的空闲语音信道上进行通话, 通话完毕, 移动台自动变频切换回控制信道。因为任何一个移动台选取空闲信道和占用信道的时间都是随机的, 而小区内全部语音信道同时被占用的概率较小, 因此多信道共用可以大大提高信道的利用率, 使得用户通话的阻塞率明显下降。

1.3.3 越区切换

为了保证通话的连续性, 正在通话的移动台进入相邻无线小区时, 移动台必须具备通话信道自动切换到相邻小区内新信道上的功能, 称为越区切换。当通信中的移动台到达小区边界时, 该小区的基站能检测出此移动台的信号正在逐渐变弱, 而邻近小区的基站能检测出这个移动台的信号正在逐渐变强, 系统收集到来自这些有关基站的检测信息, 移动交换控制中心就发出相应越区切换的指令, 命令正在越过边界的移动台将其工作频率调整到新进入小区的信道频率上。整个过程自动进行, 在数十毫秒内完成, 对用户的通话没有影响, 用户并不会察觉。