

西安电子科技大学出版社  
XI'AN UNIVERSITY OF ELECTRONICS AND TECHNOLOGY PRESS

面向

21世纪

高级应用型人才

中国高等职业技术教育研究会推荐  
高职高专系列教材

# 手机原理与维护

陈良 主编  
陈子聪 副主编  
丁龙刚 主审

西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

## 内 容 简 介

本书参照国家职业技能鉴定标准《移动电话机维修员》编写。主要内容包括：移动通信基本原理，如 GSM 与 CDMA 通信网、多址接入技术、语音编码技术、调制与解调技术、SIM 卡与 UIM 卡；手机基本电路，如各基本单元电路、接收/发射电路、频率合成器、逻辑—音频电路、电源电路；手机整机电路分析，如新型的 GSM 双频手机、GPRS 手机、CDMA 手机的整机电路分析；手机维修基本方法，如维修仪器工具的使用方法、元器件的识别与检测方法、故障分析与处理的方法；典型的 GSM、GPRS、CDMA 手机常见故障维修；同时，对小灵通手机的电路分析、故障分析与维修作了介绍。

本书可作为高职高专院校通信、应用电子、信息技术类专业的教材，也可供有关的工程技术人员参考。

本书配有电子教案，有需要的教师可向出版社索取，免费提供。

### 图书在版编目(CIP)数据

手机原理与维护/陈良主编.

—西安：西安电子科技大学出版社，2004.9

(高职高专系列教材)

ISBN 7-5606-1416-7

I. 手… II. 陈… III. ① 移动通信—携带电话机—理论—高等学校：技术学校—教材

② 移动通信—携带电话机—维护—高等学校：技术学校—教材 IV. TN929.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 054717 号

策 划 马武装

责任编辑 王晓杰 马武装

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)88242885 88201467 邮 编 710071

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

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 11.625

字 数 271 千字

印 数 1~4000 册

定 价 13.00 元

ISBN 7-5606-1416-7/TN·0273(课)

**XDUP 1687001-1**

\* \* \* 如有印装问题可调换 \* \* \*

本社图书封面为激光防伪覆膜，谨防盗版。

# 前 言

移动通信拥有巨大的市场，预测 2005 年前我国移动用户将达到 3.5 亿户，移动电话机的销售总额可能将超过 5000 亿元。我们必须把握这一千载难逢的机遇，掌握专业技术，为信息产业的发展做出自己应有的贡献。

作者根据多年来从事通信技术的教学、科研和参加工程实践的实际经验，推出了这本以最新 GSM、CDMA 以及 PHS 手机原理与维护技术为主线，以实际技术应用为目的的通信终端教材。

本书的特点是语言通俗，概念清楚、简洁，图文并茂，注重实践技术和可操作性。书中的部分资料已在教学中多次使用，易学易懂。

全书共分为 6 章，讲解了 GSM、CDMA 以及 PHS 手机原理与维护技术。各章节内容安排如下：第 1 章移动通信基本原理；第 2 章手机基本电路；第 3 章手机电路分析；第 4 章手机维修；第 5 章典型手机常见故障维修；第 6 章小灵通手机简介。每章后都附有习题，以供学生学习时练习和巩固所学要点。

本书可作为高职高专院校通信、应用电子、信息技术类专业相关课程的教科书，也可作为职工培训用书，同时可供从事手机检测、维修的工程技术人员参考。

本书由陈良、陈子聪、冯国莉、李健毅、杨建编写。其中，陈良任主编，陈子聪任副主编，丁龙刚任主审。在本书的编写过程中，得到了重庆电子科技职业学院师生的大力支持，非常感谢为我们提供很多有益帮助的同事、学生及朋友，尤其是提供参考文献的同行及先导。本书引用了《手机维修》杂志社及华讯电子科技公司的部分资料，在此一并致谢。

书中不足之处在所难免，恳请批评指正，联系邮箱：clhzx@263.net。

编 者

2004 年 3 月

# 目 录

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 第 1 章 移动通信基本原理 .....            | 1   |
| 1.1 手机发展概况 .....                | 1   |
| 1.2 移动通信网的组成 .....              | 4   |
| 1.3 多址接入技术 .....                | 7   |
| 1.4 语音处理技术 .....                | 12  |
| 1.5 数字调制与解调技术 .....             | 18  |
| 1.6 用户通信终端设备 .....              | 22  |
| 1.7 SIM 卡与 UIM 卡 .....          | 25  |
| 习题一 .....                       | 29  |
| 第 2 章 手机基本电路 .....              | 31  |
| 2.1 手机电路组成 .....                | 31  |
| 2.2 基本单元电路 .....                | 33  |
| 2.3 接收与发射电路 .....               | 38  |
| 2.4 频率合成器 .....                 | 42  |
| 2.5 逻辑/音频电路与 I/O 接口 .....       | 44  |
| 2.6 手机电源电路及供电电路 .....           | 48  |
| 习题二 .....                       | 50  |
| 第 3 章 手机电路分析 .....              | 52  |
| 3.1 诺基亚 8210/8850 型手机电路分析 ..... | 52  |
| 3.2 摩托罗拉 V60 型手机电路分析 .....      | 60  |
| 3.3 三星 T108 型手机电路分析 .....       | 79  |
| 3.4 CDMA 型手机芯片组合与系统简介 .....     | 85  |
| 习题三 .....                       | 89  |
| 第 4 章 手机维修 .....                | 90  |
| 4.1 手机维修基础 .....                | 90  |
| 4.2 常用维修工具 .....                | 95  |
| 4.3 常用仪器使用 .....                | 100 |
| 4.4 手机软件故障维修仪 .....             | 103 |
| 4.5 手机中主要元器件识别与检测 .....         | 108 |
| 4.6 手机故障分析与处理 .....             | 124 |
| 4.7 手机电池 .....                  | 130 |
| 习题四 .....                       | 133 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| <b>第 5 章 典型手机常见故障维修</b> .....      | 134 |
| 5.1 诺基亚 8210/8850 型手机故障分析与维修 ..... | 134 |
| 5.2 摩托罗拉 V60 型手机故障分析与维修 .....      | 137 |
| 5.3 三星 T108 型手机故障分析与维修 .....       | 147 |
| 5.4 三星 CDMA A399 型手机故障分析与维修 .....  | 155 |
| 习题五 .....                          | 164 |
| <b>第 6 章 小灵通手机简介</b> .....         | 165 |
| 6.1 “小灵通”PAS 通信系统简介 .....          | 165 |
| 6.2 小灵通手机电路原理 .....                | 169 |
| 6.3 小灵通手机维修实践指导 .....              | 173 |
| 习题六 .....                          | 177 |
| <b>参考文献</b> .....                  | 178 |

# 第 1 章 移动通信基本原理

## 1.1 手机发展概况

移动通信技术已有 100 多年的历史，最近 20 年，移动通信的发展极为迅速，移动通信拥有巨大的市场，移动电话机从发展初期的车载台，变成了现在的手机。手机以其携带方便、通话快捷、功能齐全而风靡全球。手机已成为人们生活、工作中的必需品。不论你身在何地，都可以通过小小的手机完成信息的交流。

据估计，2004 年全球移动电话用户已达到 10 亿户，2015 年手机用户将达到 24 亿户。历史上固定电话用户达到 10 亿户花了 130 年，而移动通信只花了 24 年。移动通信正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重要网络。

在手机的发展进程中，会出现各种不同制式的移动通信系统，每一代所采取的方案不尽相同，各种制式的手机之间也会产生不能兼容的现象。

我国移动通信用户总数将很快达到 3.5 亿户，跃居世界第一。下面以我国的情况为例，介绍手机的发展概况。

### 1. 模拟式手机

模拟式手机泛指第一代移动通信的终端设备。第一代移动通信俗称“本地通”，多采用 TACS 制，频分多址(FDMA)方式。TACS 制于 1985 年由英国提出并投入商用运营，1987 年我国引进该系统，在广州开通了我国第一个模拟移动通信系统，尔后在全国各大地区开通，并实现了漫游。模拟手机曾红火一时，它的问世揭开了移动通信进入家庭的序幕，是移动电话普及到千家万户的基础。由于模拟网的通信容量小、通话业务少，到 2001 年 6 月，模拟手机被淘汰出局，第一代移动通信在全国范围内停用。

### 2. 数字式手机

现在正处于移动通信的第二阶段，数字式手机泛指第二代移动通信的终端设备。第二代数字式手机，俗称“全球通”，我国现有 GSM、CDMA 两种制式。我国首先采用 GSM 制，它属时分多址(TDMA)方式。

GSM 制式的提出始于 1980 年，欧洲各国为了创造一个统一的、完整的泛欧蜂窝移动通信网，联合了 20 多个国家的电信营运商、研究所和生产商组成标准化委员会。1982 年，在欧洲邮电协会(CEPT)组织内设立了移动通信特别小组(GSM)，开发数字蜂窝移动通信系统。1987 年在多址技术、语音编码技术及数字调制方面取得一致意见，进入 20 世纪 90 年代，GSM 数字蜂窝移动通信系统在欧洲研制成功并投入商用。

我国在 TACS 模拟网运行成功的基础上，进一步确定数字系统采用 GSM 制。1993 年

浙江嘉兴开始建立 GSM 试验网。接着，广州、深圳、珠海、惠州四个城市相继引入 GSM 系统，移动用户剧增，移动通信系统开始从“本地通”向“全球通”过渡。

1998 年 2 月 14 日我国自主开发的第一部手机问世(信息产业部 7 所——广州通信研究所)。现在，国产手机已占国内手机市场份额的 50%，主要是南方高科(SC 系列)、厦新(A8)、东信(EG 系列)、TCL(3 系列)、波导(S 系列)。在我国，GSM 网络已运营了 10 年，2001 年底已有 1.3 亿用户，2002 年底达到 2 亿用户，现已近 2.5 亿用户，是全球最大的移动通信网。

2001 年，为了满足市场的需要，中国移动在 GSM 的基础上又开通了 GPRS。GPRS (General Packet Radio Service)是通用分组无线业务的简称，它能提供比现有 GSM 网 9.6 kb/s 更高的数据速率。GPRS 采用与 GSM 相同的频段、频带宽度、突发结构、无线调制标准、跳频规则以及相同的 TDMA 帧结构。

现有的 GSM 手机，不能直接在 GPRS 中使用，需要按 GPRS 标准进行改造(包括硬件和软件)才可以用于 GPRS 系统。

中国联通于 2001 年底开通了 CDMA 网络——“联通新时空”，它属码分多址(CDMA)方式，其核心技术以 IS-95 作为标准，是增强型 IS-95。CDMA 和 GPRS 实际上是很难分出高低的，各有各的优缺点。国产手机企业如波导、科健、康佳、海尔、TCL、东信、中兴、厦华、南方高科和首信均在生产各种手机。

作为第二代向第三代的过渡，有时又将中国移动的 GPRS、中国联通的 CDMA 称为 2.5G(两代半)。据预测，未来的几年 CDMA 将以超过 100%的增长速度发展，远快于 GSM 40%的发展速度。

### 3. 第三代手机

实用的第三代手机已经问世，主要采用 CDMA 2000 技术。显然，它必须与第三代移动通信相适应，第三代手机应具备以下几个特点：

(1) 不仅能传送语音信号，也为传递图像信号奠定了基础。

(2) 手机中可加装微型摄像头，可实时拍摄景物，使可视通信成为可能，可随意拨打可视电话。

(3) 由于通频带拓宽，通过无线网络技术，能轻松地地上网，能浏览网页，收发电子邮件，能下载网上文件和图片，实现多媒体通信。因此具有“掌上电脑”之称。

(4) 手机与商务通浑然一体，能以手写体录入文字。

目前，中国正在加紧研究、完善 TD-SCDMA 第三代移动通信标准，并推进其应用。作为第二代向第三代的过渡，中国移动将着重发展以 GSM-GPRS-UMTS 为路径的演进之路。中国联通由于上马了 CDMA 网络，加之 CDMA 2000 1X 在数据业务上的一定优势，因此中国联通将 CDMA 2000 1X 看作是今后在移动互联领域发展的首选。

目前第三代移动通信正在步入市场，整个行业正在消化吸收第三代移动通信技术，这是移动通信进程中的重要一步。

专家预测，到 2005 年全球的第三代数字移动电话销售额将达到 9 亿 9 千万美元。而伴随着第三代移动通信时代的到来，网络提供的业务也将变得丰富多彩，包括话音、数据、定位、音频、视频，以及一些人们现在还想象不到的业务，用户手中的“手机”不再是仅能通话的手机，而更像一台多媒体电脑终端。为了实现这些业务并同时满足人们对手机体积

小、耗电省、价钱可接受的要求，第三代移动终端的硬件体系结构和软件协议体系与 GSM 手机相比，都会发生很大的变化。

未来的第三代手机将是集通信、娱乐、记事簿、信用卡、身份证等于一身的多功能个人处理设备。第三代移动通信终端的实现需要一系列新技术、新思想，这给我国手机生产厂家带来了无限的商机。

#### 4. 第四代手机

第三代手机以能达到 3G 频段为主要特征，第四代移动电话机的 4G 技术已经问世。美国 AT&T 实验室正在研究第四代移动通信技术，其研究的目的是提高手机访问互联网的速率。目前，手机上网的连接速率大约为调制解调器的 1/4，而采用 4G 技术的连接速率一开始就能达到拨号调制解调器的十几倍，但现在还不能将这种技术转向实用化。

表 1-1 为三代移动通信的主要特点。

表 1-1 三代移动通信的比较

| 第 一 代            | 第 二 代       | 第 三 代                    |
|------------------|-------------|--------------------------|
| 模拟(蜂窝)           | 数字(双频)      | 多频                       |
| 仅限语音通信           | 语音和数据通信     | 当前通信业务和一些新业务             |
| 主要用于户外覆盖         | 户内/户外覆盖     | 无缝全球漫游                   |
| 固定电话网的补充         | 与固定电话网相互补充  | 结合数据网、因特网等，作为信息通信技术的重要方式 |
| 以企业用户为中心         | 企事业和消费者     | 通信用户                     |
| 主要接入技术：FDMA      | 主要接入技术：TDMA | 主要接入技术：CDMA              |
| 主要标准：TACS、AMPS 等 | 主要标准：GSM 等  | 主要标准：WCDMA、TD-SCDMA 等    |

#### 5. 小灵通 PHS

小灵通又叫无线市话，英文简称为 PHS(Personal Handphone System)，是一种个人无线接入系统。在不少城市，“小灵通”已成为人们日常生活中不可缺少的通信工具。“小灵通”采用的是微蜂窝技术，将用户终端以无线的方式接入固定电话网，使传统意义上的电话不再固定在某个位置，用户可在小灵通网络覆盖范围内自由移动实现通信。正是由于无线市话小巧、价廉、环保的特点，人们亲切地称之为“小灵通”。

小灵通定位在对固定电话的补充与延伸上。它的最大特点是通信费用低廉，其手机发射功率小，平均发射功率为 10 mW，手机通话时间较长。但其室内信号覆盖比较差，且它的移动速度一般不能超过 35 km/h。在最后一章将详细讨论其工作原理。

预测 2005 年前我国移动用户将超过 3.5 亿，普及率达到 23%。未来基础设施的投资总额可能超过 5000 亿元，移动终端的销售总额也可能超过 5000 亿元，二者相加可能超过 1 万亿元。由移动通信产业带动的相关产业可能超过 10 万亿元。国际上知名的运营商与制造商都紧盯着中国这个巨大的电信市场，我们必须把握这一千载难逢的机遇，努力学习，迎接挑战，奋力拼搏，为民族工业的发展贡献自己的力量。

## 1.2 移动通信网的组成

随着社会的发展，当今社会已进入信息时代，人们对通信的需求日益迫切，对通信的要求越来越高。通信是人们交换信息的主要方式。现存在着多种多样的通信方式，如电缆通信、光纤通信、微波通信、移动通信、卫星通信等。理想的目标是能在任何时候、任何地方与任何人都能及时沟通联系、交流信息。显然，没有移动通信，这种愿望是不可能实现的。移动通信比起传统的电缆通信及中短波无线通信来说，起步晚，但发展较快。

移动通信网是现代通信的重要组成部分，它不仅可传送语音信息，而且还具有数据终端功能，能够快速而可靠地进行多种信息交换，如数据、传真、图像等通信业务。作为现代通信领域的一种新兴通信手段，移动通信系统具有的可移动性优势是其他通信系统（如 PSTN 固定电话网）无法比拟的。

移动通信系统已经从模拟系统全面发展到数字系统。经历了第一代 TACS 模拟系统后，第二代 GSM 数字系统是目前最大的移动电话网，第三代 CDMA 系统正在推广。

### 1.2.1 数字移动通信系统基本组成

一个数字移动通信系统主要由交换网络子系统 NSS、基站子系统 BSS 和手机 MS 组成。基站子系统与移动电话机之间依赖无线信道来传输信息。移动通信系统与其他通信系统如 PSTN 固定电话网之间，需要通过中继线相连，实现系统之间的互连互通，其组成框图如图 1-1 所示。当然，对整个通信网络需要进行管理和监控，这是由操作维护子系统 OMS 来完成的。

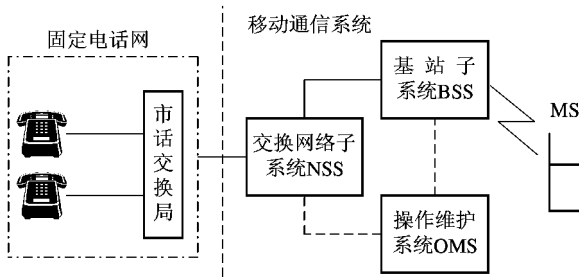


图 1-1 移动通信系统组成框图

现阶段，GSM 包括三个并行的系统：GSM 900、DCS 1800 和 PCS 1900，这三个频段功能相同。中国移动已在大中城市开通了 GSM 900 和 DCS 1800 两个频段，中国联通只开通了 GSM 900 一个频段。下面先以 GSM 为例，介绍各部分的作用。

#### 1. 手机 MS

终端设备就是移动客户设备部分，它由两部分组成：移动终端（MS）和客户识别模块（SIM）。移动终端在早期是以车载台、便携台形式出现的，现在多为大众化的移动电话机——手机所取代，车载台仍有少量生产，主要用于通信部门和军事上。手机作为数字移动通信系统的最小终端设备，同时也是通信网络与人之间的交互接口界面。

移动终端就是“手机”，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。手机主要由射频部分和逻辑控制/音频处理部分组成。不同的移动通信网络系统的手机的电路结构有所区别，但其基本原理是相同的，都是无线终端设备。

目前，我国市场上销售的 GSM 数字移动电话机品牌有很多，即使是同一厂家生产的，也有多种型号，但它们的电路结构基本相同，只是为了改变外形或增加某些功能，而在电路或软件上做一些变动。

SIM 卡就是“身份证”，它类似于我们现在所用的 IC 卡，因此也称作智能卡，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。SIM 卡还存储与网络和客户有关的管理数据，只有插入 SIM 卡后移动终端才能接入进网。

手机的一切呼叫业务依赖于通信网络的支持，它不能离开通信网络而孤立地存在。手机虽然小，但技术含量高，工艺复杂。手机的原理与维修是本书介绍的重点。

## 2. 基站子系统 BSS

基站又称基地台，它是一个能够接收和发送信号的固定电台，负责与手机进行通信。

基站(BSS)系统是在一定的无线覆盖区中由 MSC 控制，与 MS 进行通信的系统设备，它主要负责完成无线发送接收和无线资源管理等功能。功能实体可分为基站控制器(BSC)和基站收发信台(BTS)。

### 1) 基站收发信台 BTS

BTS 完全由 BSC 控制，主要负责无线传输，完成无线与有线的转换、无线分集、无线信道加密、跳频等功能。它由若干小功率的收发信机组成，如从  $BTS_1 \sim BTS_n$ 。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(话音)信道 TCH，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多，用户呼叫“抢线”就容易。一个基站一般有数十部收发信机。

### 2) 基站控制器 BSC

基站控制器是基站的智能控制部分，负责本基站的收发信机的运行、呼叫管理、信道分配、呼叫接续等。一个基站控制器可以控制管理最多可达 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电话机提供通信网络服务，形成一个蜂窝小区。

基站与移动电话机之间是以无线信道方式传输信息的，基站与交换子系统(NSS)之间多采用线缆方式(如光缆链路)传输信息。

## 3. 交换网络子系统 NSS

交换网络子系统(NSS)主要完成交换功能和客户数据与移动性管理、安全性管理所需的数据库功能。

交换网络子系统 NSS 能在任意选定的两条用户线(或信道)之间建立和(而后)释放一条通信链路，并实现整个通信系统的运行、管理。交换系统可以视为一个移动交换分局，其核心部分是移动交换中心 MSC。NSS 由移动交换中心 MSC、访问位置寄存器 VLR、归属位置寄存器 HLR、设备识别寄存器 EIR、鉴权中心 AUC 等功能实体所构成。下面分别

介绍各功能实体。

### 1) 移动交换中心 MSC

MSC 是计算机控制的全自动交换系统。MSC 与基站以光缆相连进行通信，一个 MSC 可以管理数十个基站，并组成局域网。MSC 还和其它网络连接，如与陆地移动通信专用网 PLMN、公用电话交换网 PSTN 和综合业务数字网 ISDN 联网运行。每个 MSC 都附有一个访问位置寄存器 VLR，以及归属位置寄存器 HLR、鉴权中心 AUC 和设备识别寄存器 EIR。

MSC 支持的呼叫业务是：

- (1) 本地呼叫、长途呼叫和国际呼叫。
- (2) 通过 MSC 进行移动用户与市话、长话之间的联系，控制不同蜂窝小区的运营。
- (3) 支持移动电话机的越区切换、漫游、入网登录和计费。

### 2) 访问位置寄存器 VLR

访问位置寄存器 VLR 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 中进行登记。

例如，当 MS 漫游到新的 MSC 控制区时，它必须自动向该地区的 VLR 申请登记。VLR 要从该用户的 HLR 中查询有关参数，给该用户分配一个新漫游号码，并通知 HLR 修改该用户的位置信息，准备为其他用户呼叫此用户时提供路由。可见，移动着的移动电话机经常在 VLR 中进进出出，当其它小区的 MS 进入本小区时，VLR 所存储的位置信息不是永久不变的，如果 MS 离开它的服务区，移动到另外一个 VLR 服务区时，该 MS 在 VLR 的位置信息将被原小区删除，因此 VLR 是个动态存储器。

### 3) 归属位置寄存器 HLR

HLR 是一种用来储存本地用户位置信息的数据库。当一个移动用户购机后首次使用 SIM 卡加入蜂窝系统时，必须通过 MSC 在该地的 HLR 中登记注册，将其有关参数存放在 HLR 中。可见，HLR 存放用户的归属信息，因此称为归属位置寄存器，它属于静态存储器。当呼叫一个不知处于哪一地区的用户时，均可由 HLR 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。

### 4) 鉴权中心 AUC

鉴权中心 AUC 的作用是可靠地识别用户的身份，只允许有权用户接入网络并取得服务。AUC 对每个用户都有一个认证参数，供 VLR 进行认证。同时移动电话机的密钥存放在 AUC 中，防止未授权者窃取，避免被盗机和故障机进入网中。

### 5) 设备号识别寄存器 EIR

设备号识别寄存器 EIR 存放设备类型信息，每个移动电话机都有一个国际移动设备识别码 IMEI，EIR 用来监视和鉴别移动设备，并拒绝非法移动台入网。目前，我国营业部门没有对移动电话机的 IMEI 码实行鉴别。

GSM 网在 NSS 部分还配有短信息业务中心 SC，即可开放点对点的短信息业务，类似数字寻呼业务，实现全国联网，又可开放广播式公共信息业务。另外配有语音信箱，可开放语音留言业务，当移动被叫客户暂不能接通时，可接到语音信箱留言，这样就提高了网络接通率，给运营部门增加了收入。

## 6) 操作维护子系统 OMS

操作维护子系统 OMS, 又称操作维护中心。其任务主要是对整个 GSM 网络进行管理和监控。通过 OMS 实现对 GSM 网内各种部件功能的监视、状态报告、故障诊断等功能。例如系统的报警与备用设备的激活; 系统的故障诊断与处理; 话务量的统计和数据记录与传递; 各种资料的分析与显示等。它还用于检测、诊断及显示系统故障, 能通过自检预报即将发生的故障, 并能自动作出反应, 故障一旦发生, 启动备用设备接替工作。操作维护子系统 OMS 一般存在于移动交换中心, 可看作是交换子系统的一部分。

## 1.2.2 CDMA 数字移动通信系统的基本组成

各种 CDMA 系统的主要技术、具体构成不完全相同, 我国主要是联通的 800 MHz CDMA 数字系统。一种 CDMA 数字移动通信系统的基本组成如图 1-2 所示。

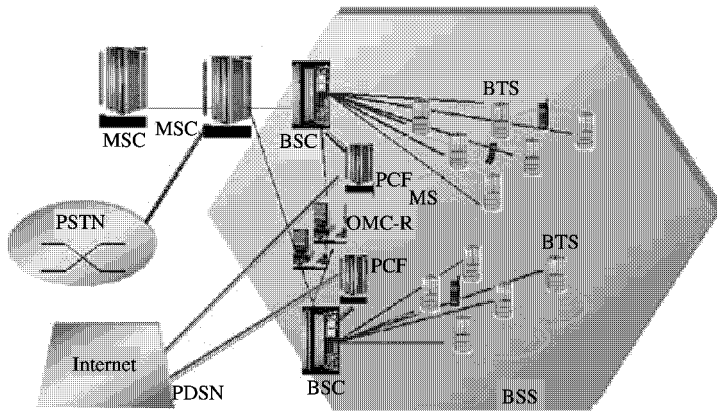


图 1-2 CDMA 数字移动通信系统基本组成

CDMA 的基本组成与 GSM 的大同小异, 交换网络子系统 NSS、基站子系统 BSS、操作维护子系统 OMS 和手机 MS 是必不可少的组成部分。

图 1-2 中, PCF 部分主要实现对分组数据业务的处理功能。它能够提供强大的分组数据处理能力, 满足用户对高速分组数据的传输要求, 能适应目前和将来不断增长的业务需要。

OMC-R 部分主要是对整个 BSS 子系统来进行管理和控制, 它是整个 BSS 子系统的操作维护中心。

## 1.3 多址接入技术

什么是多址接入技术? 简单地讲, 多址技术就是要使众多的客户共用公共通信信道所采用的一种技术。

实现多址的方法基本上有三种, 即采用频率、时间或码元分割的多址方式, 人们通常称它们为频分多址(FDMA)、时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)。实际中常用到三种基本多址方式的混合多址方式, 如 FDMA/TDMA、FDMA/CDMA、TDMA/CDMA 等。

多址方式可使众多用户共用通信链路，扩大用户容量，这正是网络运营商所希望的。

### 1.3.1 频分多址 (FDMA)

FDMA 是把通信系统的总频段划分成若干个等间隔的频道(或称信道)分配给不同的用户使用。这些频道互不交叠，其宽度应能传输一路话音或数据信息，而在相邻频道之间无明显的串扰。如图 1-3 所示。

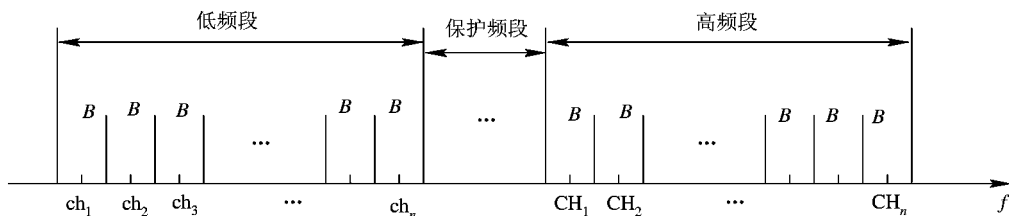


图 1-3 频分多址的频道划分

在传统的无线电广播中，均采用频分多址(FDMA)方式，每个广播信道都有一个频点，如果你要收听某一广播信道，则必须把你的收音机调谐到这一频点上。可以看出，FDMA 是把系统总的频段分成若干个子频带，再将每个子频带分配给每个用户。

移动通信中的一般情况是，如果基站的发射机在高频段的某一频道工作，其接收机必须在低频段的某一频道工作；与此对应，手机的接收电路要在高频段相应的频道中接收来自基站的信号，而其发射电路则要在低频段相应的频道中发射送往基站的信号。

不同的手机占用不同的频点，依靠不同的频点来区分信道。即一个频点设置一个信道，可容纳一个用户。这是一种最常用、最基本的通信方式。任意两个移动用户之间进行通信都必须经过基站的中转，因而必须同时占用 4 个频道才能实现双工通信。第一代模拟移动通信系统采用了 FDMA 技术。

### 1.3.2 时分多址 (TDMA)

TDMA 将每个频带信道分成若干时隙(时间片)，然后把每个时隙再分配给每个用户，根据一定的时隙分配原则，使各个移动用户在每帧内只能按指定的时隙向基站发送信号，在满足定时和同步的条件下，基站可以分别在各时隙中接收到各个移动用户的信号而不混扰。同时，基站发向多个移动用户的信号都按顺序安排在预定的时隙中传输，各个移动用户只要在指定的时隙内接收，就能把发给它的信号区分出来。

TDMA 系统的工作示意图如图 1-4(b)所示。

图 1-4 中所示((a)为 FDMA, (b)为 TDMA)是一个方向的情况，在相反方向上必定有一组对应的频率/时隙(FDMA/TDMA)。

TDMA 信道的划分如图 1-5 所示。现在正广泛使用的 GSM 数字移动通信系统采用的就是 TDMA/FDMA 相结合的方式。

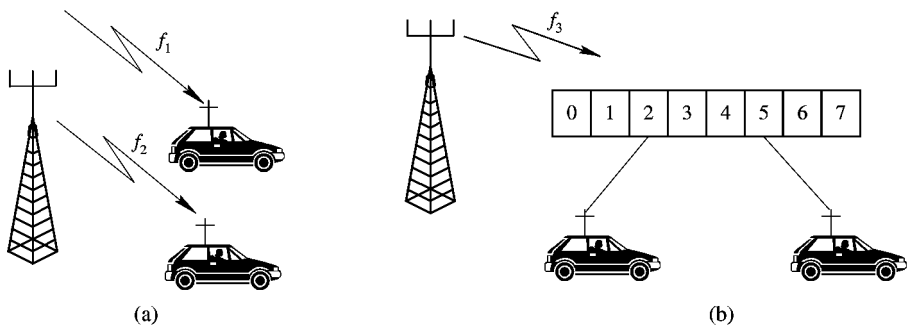


图 1-4 频分多址和时分多址工作示意图

(a) FDMA; (b) TDMA

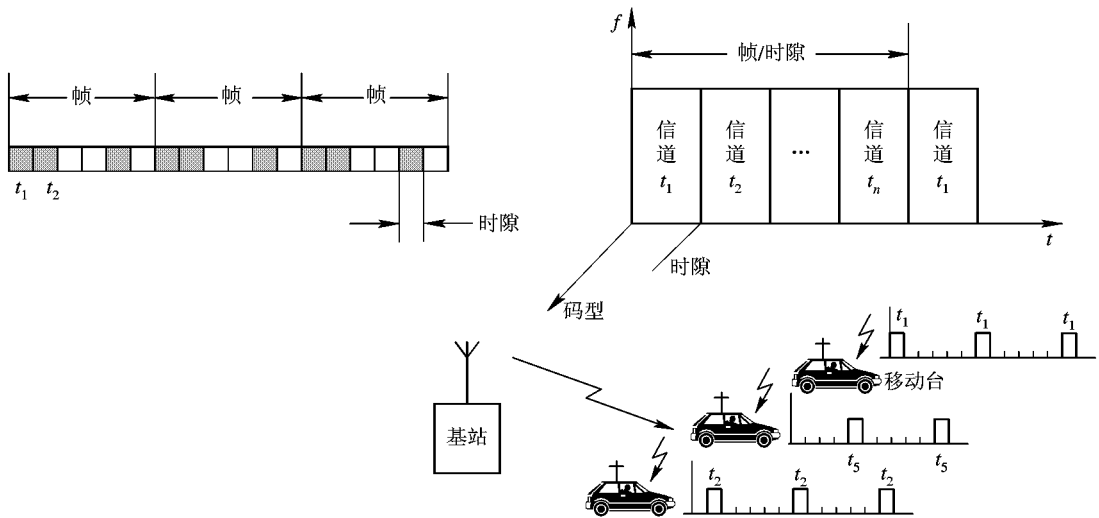


图 1-5 TDMA 信道的划分

图 1-5 中，一个时隙就是一个信道，可容纳一个用户，该信道是一个物理信道。可见，TDMA 是不同的移动台共用一个频率，但是各个移动台占用的时间不同，即各移动台占用不同的“时隙”，分时通信。因此一个信道可供多个用户同时通信使用而不会造成“混台”。在信道数(频段带宽)相同的情况下，用 TDMA 技术的系统比用 FDMA 的系统的容量高几倍。

在 GSM 中，无线路径上是采用时分多址(TDMA)方式。每一频点(频道或载频 TRX)上可分成 8 个时隙，每一时隙为一个信道，因此，一个 TRX 最多可有 8 个移动用户同时使用。

TDMA 系统具有如下特性：

(1) 每载频多路。如前所述，TDMA 系统形成频率时间矩阵，在每一频率上产生多个时隙，这个矩阵中的每一点都是一个信道，在基站控制分配下，可为任意一移动客户提供电话或非话业务。

(2) 突发脉冲序列传输。移动台信号功率的发射是不连续的，只是在规定的时隙内发射脉冲序列。

(3) 传输速率高，自适应均衡。每载频含有时隙多，则频率间隔宽，传输速率高，但数字传输带来了时间色散，使时延扩展量加大，则务必采用自适应均衡技术。

(4) 传输开销大。由于 TDMA 分成时隙传输，使得收信机在每一突发脉冲序列上都需要重新获得同步。为了把一个时隙和另一个时隙分开，保护时间也是必须的。因此，TDMA 系统通常比 FDMA 系统需要更多的开销。

(5) 对于新技术是开放的。例如，当因话音编码算法的改进而降低比特速率时，TDMA 系统的信道很容易重新配置以接纳新技术。

(6) 共享设备的成本低。由于每一载频为许多客户提供业务，因此 TDMA 系统共享设备的每客户平均成本与 FDMA 系统相比是大大降低了。

### 1.3.3 码分多址 (CDMA)

在码分多址 CDMA 通信系统中，不同用户传输信息所用的信号不是靠频率不同或时隙不同来区分的，而是用不同的编码序列来区分的，或者说，靠信号的不同波形来区分。如果从频率域或时间域来观察，多个 CDMA 信号是互相重叠的。

在 FDMA 和 TDMA 系统中，为了扩大通信用户容量，都尽力压缩信道带宽，但这种压缩是有限度的，因为信道带宽的变窄将导致通话质量的下降。而 CDMA 却相反，可大幅度地增加信道宽度，这是因为它采用了扩频通信技术。采用扩频通信技术，如何解决通信用户容量问题呢？办法是不同的移动台都分配一个独特的、随机的码序列来实现多址方式。对于不同用户的信号，用相互正交的不同扩频码序列(或称为伪随机码)来填充。这样的信号可在同一载波上发射，接收时只要采用与发端相同的码序列进行相关接收，即可恢复信号。也就是说，数量众多的用户可以共用一个频率，使系统的通信容量增加。这时，可将 CDMA 看成一个蜂窝系统，整个系统使用一个频率，即各蜂窝同频，而根据扩频码来区分用户。

CDMA 的关键是所用扩频码有多少个不同的互相正交的码序列，就有多少个不同的地址码，也就有多少个码分信道。为了扩大系统容量，人们正在致力于这种正交码序列的编码研究。

CDMA 按照其采用的扩频调制方式的不同，可以分为直接序列扩频(DS)、跳频扩频(FH)、跳时扩频(TH)和复合式扩频，如图 1-6 所示。

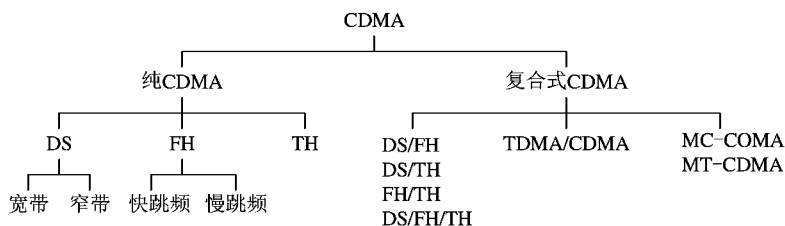


图 1-6 CDMA 扩频调制方式

直接序列扩频(DS-SS)CDMA 发射和接收电路构成如图 1-7 所示。

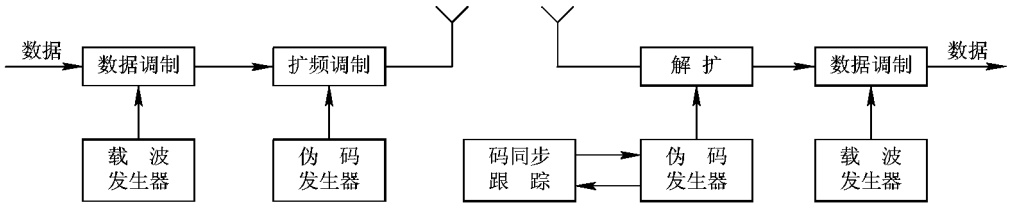


图 1-7 直接序列扩频(DS-SS)发射和接收电路构成框图

CDMA 技术近年得到了迅速的发展,正在成为一项全球性的无线通信技术,它具有如下优点:

(1) 系统具有软容量。在扩频码足够多时,可临时增添新用户,不会发生通信阻塞,这就是所谓的软容量。这与 FDMA 和 TDMA 不同,这两种方式的信道按时间或频率划分,故有多少个频分信道或时分信道就只能供多少用户同时使用,若再多一个就会发生通信阻塞,使用户抢不上“线”,发生呼叫失败的现象。

(2) 能实现多媒体通信。由于 CDMA 方式的宽带特性,使传送的信息量大为增加,除能传送语音信号外,还能传送数据及图像等多媒体信号,为开发可视移动电话机和移动电话机上网下载图像奠定了基础。

(3) 语音质量高。CDMA 的频带宽,允许采用冗余度很高的纠错编码技术,因此抗干扰能力和纠错能力很强,语音质量相当好。

(4) 无需防护间隔。FDMA 和 TDMA 对于频率、时隙的准确性要求很严格,但在通信过程中会存在频率扩散和时间扩散,从而引起频率重叠和时间重叠,造成信道间的串扰。因此必须在频率和时隙上设置防护间隔,这是一个空白段,会使码率和容量下降,而 CDMA 则无需如此。

(5) 能实现软切换。CDMA 系统中所有小区均使用同一频率,当移动用户进行越区切换时,无需进行频率切换,这种切换方式称为软切换。软切换的特点是在越区切换的过渡期内,原小区和新小区暂时并同时服务于该呼叫,即“先接后断”的切换功能,使语音不会中断,大大地减少了“掉话”的可能性。FDMA 和 TDMA 采用的是“先断后接”的切换方式。

(6) 保密性强。由于不同用户的地址码不同,且移动电话机的编码随机变化,非法用户截获和恢复有用信号十分困难,因此 CDMA 系统的保密性特别好。

(7) 实现低功耗。由于 CDMA 以编码区分用户,以 CDMA 功率控制功能,CDMA 信号可以采用低功率传送,移动电话机可采用低功率发射,其功率约为 TDMA 移动电话机平均功率的 1/10。因此,CDMA 移动电话机耗电低、体积小、重量轻、辐射小、手机电池使用寿命长。故 CDMA 移动电话机又有“绿色移动电话机”之称。

(8) 建网成本下降。由于其建网成本有所下降,时至今日,联通 CDMA 已在全国大部分省市开通。

## 1.4 语音处理技术

数字化的语音信号在无线传输时主要考虑三个问题：一是选择低速率的编码方式，以适应有限带宽的要求；二是选择有效的方法减少误码率，即信道编码问题；三是选用有效的调制方法，以减小杂波辐射，降低干扰。

语音信号的编码在数字移动电话机中非常重要。发送信息时需要编码，接收信息时需要解码，两者是相对应的。简单地说，语音编码是将模拟的语音信号变换为数字信号的过程，语音解码则相反。

在数字通信中，注意信源编码与信道编码的不同。对语音模拟信息源而言，信源编码又称为语音编码技术，是为了完成 A/D 变换并压缩所传输原始信息的数据速率；而信道编码技术则是为了增加数据传输的检错和纠错功能，以提高数字信息传输的可靠性。

下面先介绍语音编码。

### 1.4.1 语音编码

由于 GSM 系统是一种全数字系统，语音或其它信号都要进行数字化处理，因而第一步要把语音模拟信号转换成数字信号（即 1 和 0 的组合）。语音信号有多种编码方式，但最基本的是脉冲编码调制 PCM。典型的脉冲编码调制电路组成如图 1-8 所示。

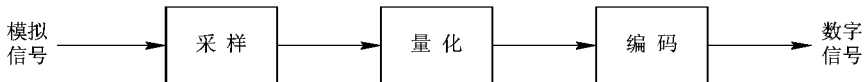


图 1-8 脉冲编码调制电路组成

PCM 编码是采用 A 律波形编码，分为三步：

- (1) 采样。在某瞬间测量模拟信号的值。采样速率 8000 次/s。
- (2) 量化。对每个样值用 8 个比特的量化值来表示对应的模拟信号瞬间值，即为样值指配  $256(2^8)$  个不同电平值中的一个。
- (3) 编码。每个量化值用 8 个比特的二进制代码表示，组成一串具有离散特性的数字信号流。

用这种编码方式，数字链路上的数字信号比特速率为 64 kb/s ( $8 \text{ kb/s} \times 8$ )。如果 GSM 系统也采用此种方式进行语音编码，那么每个语音信道是 64 kb/s，8 个语音信道就是 512 kb/s。考虑实际可使用的带宽，GSM 规范中规定载频间隔是 200 kHz。因此要把它们保持在规定的频带内，必须大大降低每个语音信道的编码比特率，这就要靠改变语音编码的方式来实现。

声码器编码可以是很低的速率（可以低于 5 kb/s），虽然不影响语音的可懂性，但语音的失真很大，很难分辨是谁在讲话。波形编码器语音质量较高，但要求的比特速率相应较高。因此 GSM 系统语音编码器是采用声码器和波形编码器的混合物——混合编码器，全称为线性预测编码-长期预测编码-规则脉冲激励编码器 (LPC-LTP-RPE 编码器)，见图 1-9。LPC+LTP 为声码器，RPE 为波形编码器，再通过复用器混合完成模拟语音信号