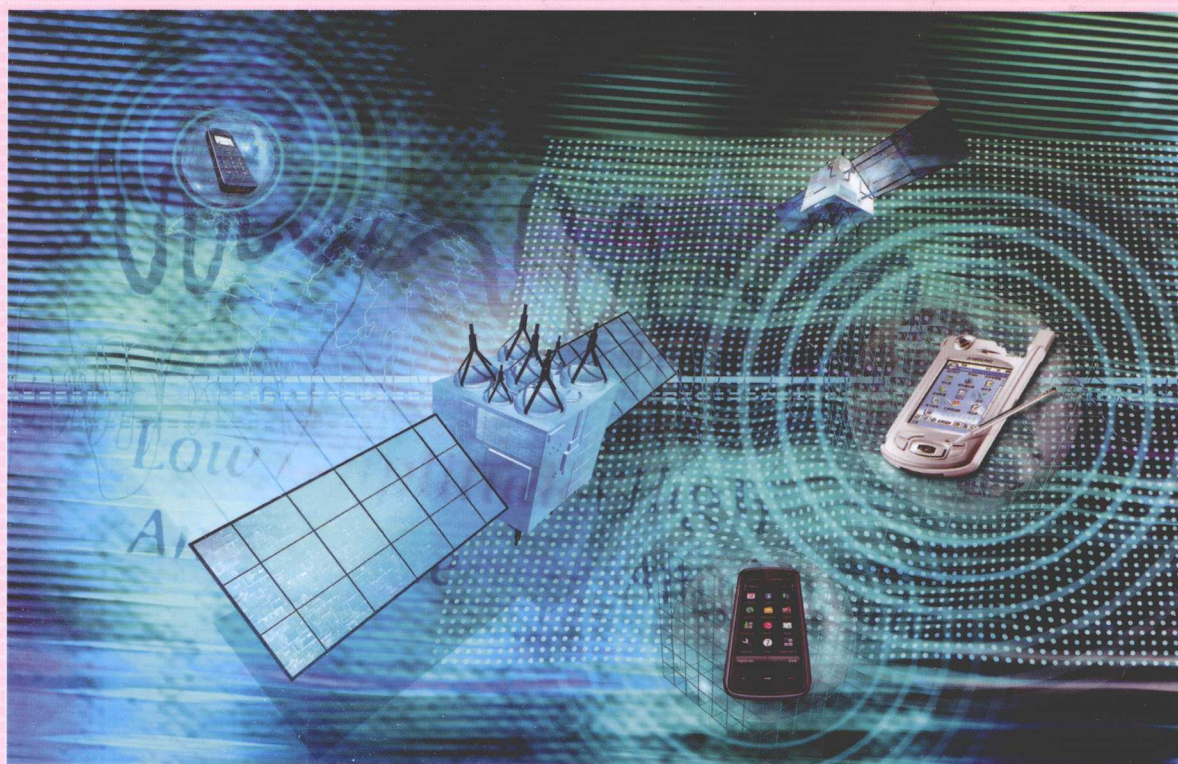


教育部高等职业教育示范专业规划教材

(通信类专业)

数字手机 原理与维修

SHUZI SHOUJI YUANLI YU WEIXIU



宋悦孝 主编



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

赠电子课件等

教育部高等职业教育示范专业规划教材
(通信类专业)

数字手机原理与维修

主 编 宋悦孝
副主编 李耀明 方 冬
参 编 李述香 陈兆梅 王俊杰 魏 东
李志菁 苏红富 骆 峰
主 审 徐 洁



机械工业出版社

本书在介绍移动通信和手机基础知识、电路结构与单元电路原理的基础上,以典型手机为例对数字手机电路原理与维修进行重点分析,着重介绍数字手机常用元器件与电路图识读、手机维修器具与有关信号的测试、手机维修基本知识 with 典型故障的分析排除,以及手机软件、手机病毒、新增功能与 3G 手机等方面的知识,书后附有实验(实训)指导书和英文缩略语。

本书注重培养学生的技术应用能力与实践技能,突出职教特色,重视理论与实践的结合,强调知识的实用性和够用性。内容条理清晰、难易适度、通俗易懂,符合教学规律,针对性强。

本书可作为高职高专院校通信技术、电子信息工程等专业及相近专业的手机原理与维修教材,以及其他院校的相关专业教材,还可供从事手机生产、维修等工作的技术人员参考。

为方便教学,本书备有免费电子课件、习题解答等,凡选用本书作为授课教材的学校,均可来电或邮件索取,010-88379564 或 cmpqu@163.com。

图书在版编目(CIP)数据

数字手机原理与维修/宋悦孝主编. —北京:机械工业出版社, 2009. 8

教育部高等职业教育示范专业规划教材(通信类专业)
ISBN 978-7-111-27888-7

I. 数… II. 宋… III. ①数字通信:移动通信-携带电话机-原理-高等学校:技术学校-教材②数字通信:移动通信-携带电话机-维修-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(2009)第 129264 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:曲世海 版式设计:霍永明 责任校对:吴美英
封面设计:马精明 责任印制:乔 宇
北京京丰印刷厂印刷
2009 年 9 月第 1 版 第 1 次印刷
184mm×260mm · 13.75 印张 · 3 插页 · 339 千字
0 001—4 000 册
标准书号:ISBN 978-7-111-27888-7
定价:27.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
销售服务热线电话:(010) 68326294
购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话:(010) 68354423
封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据教育部制定的高职高专培养目标和对本课程的教学基本要求,结合全国高等职业教育现状,在校内教材的基础上,经编者多年的教学调研和实践编写而成的,可作为通信技术、电子信息工程等专业及相近专业的教材。

本书共8章,以GSM数字手机基本组成为线索编排各章内容,参考学时为70~80学时。各章内容安排如下:第1章介绍移动通信和手机基础知识;第2章介绍数字手机的电路组成;第3章介绍GSM数字手机功能电路;第4章介绍摩托罗拉V998型手机的电路原理;第5章介绍手机常用元器件与电路图识读;第6章介绍手机维修器具与有关信号的测试;第7章介绍手机维修基本知识与典型故障的分析排除;第8章介绍手机软件、手机病毒、新增功能与3G手机;附录中配有相关的实验(实训)指导书和英文缩略语。

基于本课程实践性强的特点与高职教育的培养目标,教材侧重于数字手机原理与维修的有机融合,强调知识的实用性和时效性,既注意知识的系统性,又强调合理的思维逻辑性,尽量按照学生的学习规律编排内容。内容叙述力求条理清晰、简明扼要、通俗易懂、重点突出。本书第1章从手机基本知识、基本技术开始讨论,有利于提高学生数字手机的宏观认识。其他章节则按照数字手机的整机组成或维修实际,结合实例逐一分析说明,有利于提高学生对知识的理解掌握。另外,每章前有本章要点和学习参考,每章后有小结与习题,书后有实验(实训)指导书和英文缩略语,便于教师组织教学和学生自学。

本书以数字手机生产与维修的基本要求为主线,教材内容多来源于教学与生产维修实践,具有普遍适应性。编者结合多年的教学经验,在对多个院校、生产厂家、售后服务中心调研的基础上组织编写本书,符合高职院校教学和手机生产、维修的需要,并尽量体现新技术、新知识在手机方面的应用,顺应手机发展潮流。

书中部分元器件符号采用的是手机生产厂家的符号,有些与国家标准不符,具体对应关系请参考有关资料,特提请读者注意。

本书由宋悦孝担任主编,负责统稿,并编写第1章。李耀明、万冬担任副主编,分别编写第7、8章。参加编写的还有李述香(编写第2章)、陈兆梅(编写第3章)、王俊杰(编写第4章)、魏东(编写第5章)、李志菁(编写第6章)、苏红富和骆峰(编写附录)。徐洁教授担任主审。在编写过程中,得到了青岛金宏景通讯技术有限公司潍坊分公司、诺基亚潍坊客户服务中心、青岛乐金浪潮数字通信有限公司等手机生产厂家,以及部分学校领导与教师的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,且时间仓促,书中难免有错误或不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 移动通信和手机基础知识 1

1.1 蜂窝移动通信系统 1

1.1.1 蜂窝移动通信系统的分类 1

1.1.2 数字蜂窝移动通信系统的组成 2

1.1.3 数字蜂窝移动通信系统的 主要技术指标 3

1.2 数字手机的分类、功能与用户 识别卡 6

1.2.1 数字手机的分类与功能 6

1.2.2 用户识别卡 7

1.3 GSM 系统信道的分类与功能 10

1.4 手机的基本工作过程 11

1.4.1 GSM 手机的基本工作过程 11

1.4.2 CDMA 手机的基本工作过程 11

小结 13

习题1 13

第2章 数字手机的电路组成 15

2.1 数字手机整机组成概述 15

2.1.1 射频电路 15

2.1.2 电源电路 18

2.1.3 人机界面电路 18

2.1.4 基带电路 18

2.2 射频电路的结构 22

2.2.1 接收射频电路的结构 22

2.2.2 发射射频电路的结构 24

2.2.3 频率合成器 28

2.3 电源电路的原理及组成 30

2.3.1 电池供电电路 30

2.3.2 开机信号电路 31

2.3.3 升压电路 31

2.3.4 非受控电压输出电路 31

2.3.5 受控电压输出电路 32

2.3.6 机内充电电路 32

2.4 逻辑时钟信号及其功能 32

2.5 手机射频电路与基带电路组成实例 34

2.5.1 射频电路组成实例 34

2.5.2 基带电路组成实例 39

小结 43

习题2 43

第3章 GSM 数字手机功能电路 45

3.1 GSM 数字手机的接收射频电路 45

3.1.1 天线电路 45

3.1.2 射频滤波器 46

3.1.3 低噪声放大器 46

3.1.4 混频器 48

3.1.5 射频本振 48

3.1.6 中频滤波器 50

3.1.7 中频放大器 50

3.1.8 中频解调电路 51

3.1.9 中频本振 51

3.2 GSM 数字手机的发射射频电路 51

3.2.1 语音拾取电路 52

3.2.2 发射射频电路 52

3.3 GSM 数字手机的频率合成器 57

3.3.1 基准时钟电路 57

3.3.2 实时时钟电路 57

3.3.3 低通滤波器 58

3.3.4 压控振荡器 58

3.4 GSM 数字手机的电源电路 59

3.4.1 供电电路 59

3.4.2 开机、关机与带机充电控制 60

3.4.3 电压调节器与电源电路的联系 63

3.5 GSM 数字手机的基带电路 64

3.5.1 微处理单元 64

3.5.2 数字信号处理单元 66

3.5.3 复合数字音频处理单元 66

3.5.4 专用集成电路 66

3.5.5 音频编译码单元 66

3.6 GSM 数字手机的射频控制信号 66

3.6.1 接收电路控制信号 66

3.6.2 发射电路控制信号 67

3.6.3 频段切换控制信号 67

3.6.4 频率合成控制信号 67

3.7 GSM 数字手机的人机界面电路	67	5.2.1 手机电路图的分类	118
3.7.1 铃声电路	67	5.2.2 手机电路组成特征	118
3.7.2 背景灯电路	68	5.2.3 电路识别	119
3.7.3 振动器电路	68	5.2.4 部分功能电路的查找	120
3.7.4 按键电路	68	小结	123
3.7.5 显示电路	69	习题 5	123
3.7.6 SIM 卡电路	70	第 6 章 手机维修器具与有关信号的	
小结	70	测试	124
习题 3	71	6.1 手机维修工具及其使用	124
第 4 章 摩托罗拉 V998 型手机的电路		6.1.1 手机维修常用工具	124
原理分析	72	6.1.2 热风枪及其使用	126
4.1 V998 型手机整机工作原理简介	72	6.1.3 电烙铁及其使用	126
4.1.1 V998 型手机射频电路	72	6.1.4 植锡板及其使用	127
4.1.2 V998 型手机电源电路	75	6.1.5 超声波清洗器及其使用	128
4.1.3 V998 型手机基带电路	75	6.1.6 直流稳压电源及其使用	128
4.2 V998 型手机的电源电路	77	6.2 手机维修仪表及其使用	129
4.2.1 供电电路分析	77	6.2.1 常用维修仪表简介	129
4.2.2 充电电路分析	85	6.2.2 频谱分析仪	130
4.3 V998 型手机的射频电路	86	6.2.3 射频信号源	133
4.3.1 接收电路分析	86	6.3 手机软件维修器具及其应用	134
4.3.2 发射电路分析	91	6.3.1 概述	134
4.3.3 频率合成器电路分析	96	6.3.2 UFS—4 型带电脑免拆机软件维修仪	135
4.4 V998 型手机的基带电路和人机界面电路	99	6.4 手机常见供电电压、信号与电路的测试	140
4.4.1 基带电路音频信号处理流程分析	99	6.4.1 手机常见供电电压的测试	140
4.4.2 人机界面主要电路分析	100	6.4.2 手机常见信号的测试	141
小结	106	6.4.3 手机常见电路的测试	145
习题 4	106	小结	147
第 5 章 手机常用元器件与电路图		习题 6	147
识读	107	第 7 章 手机维修基本知识 with 典型故障的分析排除	148
5.1 手机常用元器件	107	7.1 手机维修的基本常识	148
5.1.1 基本元件	107	7.1.1 手机维修的基本原则与维修流程	148
5.1.2 半导体器件	109	7.1.2 手机工作状态	149
5.1.3 集成电路	111	7.1.3 手机测试指令	150
5.1.4 稳压模块	112	7.2 手机故障的产生原因、分类、判断与定位	151
5.1.5 开关元件与连接器	112	7.2.1 手机故障的产生原因	151
5.1.6 电声和电动元件	114	7.2.2 手机故障的分类、判断与定位	152
5.1.7 液晶显示屏	116		
5.1.8 内置数码相机	117		
5.1.9 码片、字库与暂存器	117		
5.2 手机电路图的识读	118		

7.3 手机故障维修方法与维修技巧	154	8.5.1 拍照的工作原理	181
7.3.1 手机故障维修方法	154	8.5.2 故障维修实例	182
7.3.2 手机故障维修技巧	156	8.6 收音机功能	183
7.3.3 手机芯片	157	8.7 蓝牙功能	185
7.3.4 手机芯片实例——中国联发 MTK 系列芯片简介	159	8.8 触摸屏	186
7.4 V998 型手机部分故障维修实例	165	8.9 附加功能	187
7.4.1 不开机故障与维修	165	8.10 3G 移动通信系统与 3G 手机	187
7.4.2 手机充电异常、自动关机和低 电压告警故障	167	8.10.1 3G 移动通信系统的技术 标准	188
7.4.3 不入网故障的维修	168	8.10.2 3G 手机电路简介	188
7.4.4 手机无发射故障的维修	170	小结	192
7.4.5 手机显示故障的维修	170	习题 8	193
7.4.6 其他故障的维修	171	附录	194
小结	172	附录 A 实验(实训)指导书	194
习题 7	172	实验(实训)1 常用手机维修器具 设备的认识	194
第 8 章 手机软件、新增功能与 3G 手机 简介	173	实验(实训)2 手机用主要元器件的 识别检测	195
8.1 手机软件与手机部分新增功能简介	173	实验(实训)3 手机电路图识读与 手机印制电路板结 构分析	198
8.1.1 手机软件	173	实验(实训)4 手机电路元器件的 拆卸、焊接	200
8.1.2 手机部分新增功能	174	实验(实训)5 BGA 集成电路的拆卸、 焊接	201
8.2 手机上网	174	实验(实训)6 常用手机维修仪器的 操作使用	202
8.2.1 WAP 与 GPRS 简介	174	实验(实训)7 免拆机软件维修仪的 使用	204
8.2.2 手机上网设置	175	实验(实训)8 手机常见供电电压与 信号的测试	204
8.3 手机病毒及其防范	175	实验(实训)9 手机故障的分析 检修	206
8.3.1 手机病毒的工作原理	175	附录 B 英文缩略语	208
8.3.2 手机病毒的特点	175	参考文献	213
8.3.3 手机病毒的攻击方式	176		
8.3.4 手机病毒的传播方式与安全 防范	176		
8.4 手机游戏	178		
8.4.1 手机游戏的分类	178		
8.4.2 手机游戏格式、下载与安装 方法	179		
8.5 拍照功能	181		

第 1 章 移动通信和手机基础知识

本章要点：移动通信系统的分类、组成、主要技术指标，SIM 卡的功能与触点分布，手机的基本工作过程等。

学习参考：要求通过学习熟悉移动通信系统的分类及组成、手机的基本工作过程，掌握 SIM 卡与 UIM 卡的功能与触点分布，了解移动通信系统的主要技术指标、GSM 系统信道的分类与功能。

1.1 蜂窝移动通信系统

1.1.1 蜂窝移动通信系统的分类

手机（Mobile）即手提式移动电话，是蜂窝移动通信系统中的重要组成部分。

蜂窝移动通信系统分为模拟蜂窝移动通信系统和数字蜂窝移动通信系统，前者采用模拟技术，后者采用数字调制技术。二者所能使用的手机分别是模拟手机和数字手机。

数字蜂窝移动通信系统目前主要包括 GSM 系统、CDMA 系统、GPRS 系统和 3G 系统，四种系统对应的手机分别称为 GSM 手机、CDMA 手机、GPRS 手机和 3G 手机。

1. GSM 系统

GSM（Global System for Mobile）系统即全球移动通信系统，俗称全球通，它包括 GSM900、DCS1800 和目前只在北美地区和欧洲国家使用的 PCS1900 三种系统，这三种系统的功能相同，但频率范围不同，见表 1-1。

表 1-1 三种 GSM 系统的频率范围

名 称		上行频率 /MHz	下行频率 /MHz	双工间隔 /MHz	邻道间隔 /kHz
GSM900 系统	PGSM(Primary GSM) 系统——初期 GSM900 系 统	890 ~ 915	935 ~ 960	45	200
	EGSM(Extended GSM) 系统——经频率扩展的 GSM900 系统	880 ~ 890	925 ~ 935		
DCS1800 系统		1710 ~ 1785	1805 ~ 1880	95	200
PCS1900 系统		1850 ~ 1910	1930 ~ 1990	80	200

在 GSM 系统中，分别由上行频率和下行频率负责发送和接收移动台信息。上行频率是由移动台发射、基站接收的频率，下行频率是由基站发射、移动台接收的频率。双工间隔指的是下行频率和上行频率之差。邻道间隔指的是 GSM 系统相邻信道之间的频率间隔。随着移动通信容量的增大，各系统的上行频率和下行频率也在不断调整变化。

2. CDMA 系统

CDMA (Code Division Multiple Access, 码分多址) 系统即窄带 CDMA 数字蜂窝移动通信系统, 该系统又称为 CDMA One 或 IS-95 CDMA 系统, 该系统采用窄带 CDMA 技术。CDMA 技术即码分多址技术, 是在数字扩频基础上发展起来的一种无线通信技术。

3. GPRS 系统

GPRS (General Packet Radio Service) 是通用分组无线业务的简称。GPRS 系统由中国移动于 2001 年在 GSM 系统的基础上开通。GPRS 系统采用与 GSM 系统相同的频段、频带宽度、突发脉冲结构、无线调制标准、跳频规则以及相同的 TDMA (Time Division Multiple Access, 时分多址) 帧结构, 但 GPRS 系统能提供比 GSM 系统更高的数据速率。

3G 系统与 3G 手机的内容参见 8.10 节。

1.1.2 数字蜂窝移动通信系统的组成

数字蜂窝移动通信系统的组成基本相似。以 GSM 系统为例, 数字蜂窝移动通信系统主要由移动台、基站子系统、网络交换子系统和运营支持子系统组成, 如图 1-1 所示。

1. 移动台

移动台 (Mobile Station, MS) 包括车载台、便携台和手机等用户设备。车载台、便携台和手机等的组成相似, 均由收发信机和 SIM (Subscriber Identify Module, 用户识别模块) 卡等组成。本书有关移动台的内容均以手机为代表。

SIM 卡即用户识别卡, 用于储存移动用户的有关信息、识别移动用户。移动用户就是 SIM 卡的持有人。SIM 卡可以在任何一部手机上使用。

2. 基站子系统

基站子系统 (Base Station Subsystem, BSS) 为 GSM 系统的固定部分和无线部分提供信号传输的中继, 它既通过无线接口直接与手机实现通信连接, 又与网络端的移动交换机相连接。

BSS 通常由一个或多个基站收发信台 (Base Transceiver Station, BTS) 和一个基站控制器 (Base Station Controller, BSC) 组成。BTS 负责无线传输, BSC 负责控制与管理。每个 BSC 所覆盖的通信区域称为基站区 (BSC 区), 每个 BTS 所覆盖的通信区域称为小区 (Cell) 或蜂窝区。

3. 网络交换子系统

网络交换子系统 (Network and Switching Subsystem, NSS) 具有 GSM 系统的交换功能和用于用户的资料与移动性管理、安全性管理所需要的数据库功能, 它对 GSM 移动用户之间的通信和 GSM 移动用户与其他通信网用户之间的通信起着管理作用。

网络交换子系统 (NSS) 包括以下几个部分:

(1) 移动业务交换中心 移动业务交换中心 (Mobile Switching Center, MSC) 是网络的

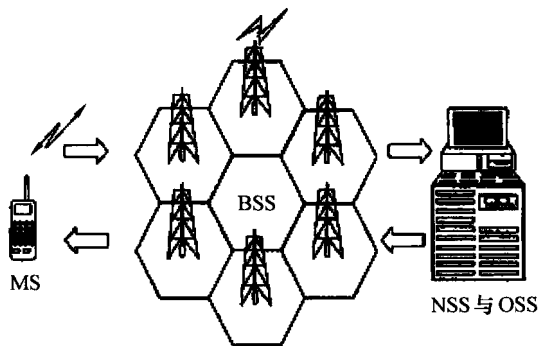


图 1-1 GSM 系统的组成简图

核心，用于提供网络交换功能，完成移动用户寻呼接入、信道分配、呼叫接续、计费、基站管理等功能，并提供面向系统其他功能实体和面向固定网的接口功能。

MSC 所覆盖的通信区域称为移动交换控制区（MSC 区）。每一个 MSC 区分成一个或多个位置区（Location Area, LA），位置区由一个或多个基站区组成。手机在位置区内移动时，无需作位置更新。当寻呼移动用户时，位置区内全部基站可同时发出寻呼信号。

多个 MSC 区构成公用陆地移动网（Public Land Mobile Network, PLMN）服务区，一个 PLMN 服务区可以扩展至全国，联网的 PLMN 服务区构成 GSM 服务区。

GSM 系统覆盖区域的结构图如图 1-2 所示。每个小区、基站区、位置区等均以国际规定的识别码进行识别。

(2) 归属位置寄存器 归属位置寄存器（Home Location Register, HLR）是 GSM 系统的中央数据库，用于储存它所控制的所有移动用户的相关资料，如移动用户识别码、访问能力、用户类别和补充业务等所有重要的静态资料，并储存手机实际漫游所在的 MSC 区的信息（动态资料），使呼叫能按选择的路径送往被叫用户。

(3) 拜访位置寄存器 拜访位置寄存器（Visiting Location Register, VLR）是动态用户数据库，用于储存进入其覆盖区的移动用户的全部有关信息，使得 MSC 系统能够建立呼入/呼出。VLR 从移动用户的归属位置寄存器获取并存储必要的资料，移动用户一旦离开 VLR 的控制区域，进入另一个 VLR 控制区域，就需重新在新 VLR 上登记，原 VLR 将取消临时记录的该移动用户资料。

(4) 鉴权中心 鉴权中心（Authentication Center, AUC）属于归属位置寄存器（HLR）的一个功能单元，是为了防止非法用户进入 GSM 系统而设置的。AUC 不断为用户提供一组与每个用户相关的参数。在每次呼叫过程中，AUC 检查用户提供给系统的参数是否与用户对应的参数一致，据此鉴别用户身份的合法性。

(5) 移动设备识别寄存器 移动设备识别寄存器（Equipment Identification Register, EIR）储存移动设备的国际移动设备识别（International Mobile Equipment Identity, IMEI）码，以确保 GSM 系统中使用的手机等设备不是盗用的或非法的。IMEI 码又称为手机机身码或手机串号。

4. 运营支持子系统

运营支持子系统（Operational Support Subsystem, OSS）的功能主要表现在网络运行和维护、注册管理和计费以及移动设备管理方面。

1.1.3 数字蜂窝移动通信系统的主要技术指标

1. 频率范围

目前，中国移动、中国联通部分蜂窝移动通信系统占用的频段情况见表 1-2。

2. 双工方式

数字蜂窝移动通信系统双工方式指的是移动通信设备发送和接收的方式，主要有频分双工（Frequency Division Duplex, FDD）和时分双工（Time Division Dual, TDD）两种方式。

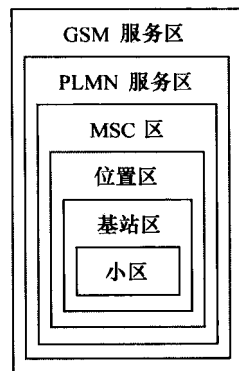


图 1-2 GSM 系统覆盖区域的结构图

表 1-2 中国移动、中国联通部分蜂窝移动通信系统占用的频段情况

单 位	系 统	上行频率/MHz	下行频率/MHz
中国移动	GSM900	885 ~ 909	930 ~ 954
	DCS1800	1710 ~ 1725	1805 ~ 1820
中国联通	GSM900	909 ~ 915	954 ~ 960
	DCS1800	1745 ~ 1755	1840 ~ 1850
	CDMA	824. 64 ~ 848. 37	869. 64 ~ 893. 37

1) FDD 方式利用两个对应的频率信道进行信号发射和信号接收, 两个信道之间存在着一定的频段保护间隔 (即双工间隔), GSM 系统、CDMA 系统的双工间隔为 45MHz, DCS1800 系统的双工间隔为 95MHz。

2) TDD 方式的信号发射和信号接收是在同一频率信道的不同时间隙进行的, 彼此之间采用一定的保证时间予以分离。

GSM 系统采用 FDD 方式。CDMA 系统主要分为 WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA 系统, 前两者采用 FDD 方式, 后者采用 TDD 方式。

3. 多址方式

多址技术是使众多用户共用公共通信信道所采用的一种技术, 主要有频分多址、时分多址和码分多址三种方式。

(1) 频分多址 在频分多址 (Frequency Division Multiple Access, FDMA) 系统中, 把可以使用的总频段划分为若干个占用较小带宽的、在频域上互不重叠的信道, 每个信道就是一个通信信道, 每个手机的通信均在由系统控制中心临时指定的通信信道上进行。通信结束后, 先前被占用的通信信道被重新分配给其他用户使用, 如图 1-3a 所示。

(2) 时分多址 在时分多址 (TDMA) 系统中, 把时间分成周期性的帧 (Frame), 每一帧再分割成若干时间隙 (无论帧或时间隙都是互不重叠的), 每一个时间隙就是一个通信信道。根据一定的时间隙分配原则, 使每个手机只能在指定的时间隙内发射或接收信号, 在满足定时和同步的条件下, 各手机的通信互不干扰, 如图 1-3b 所示。

(3) 码分多址 在码分多址 (CDMA) 系统中, 不同用户的传输信息用各自不同的编码序列来区分, 如图 1-3c 所示。

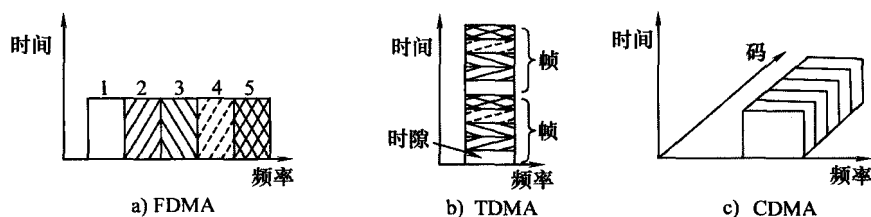


图 1-3 多址方式示意图

CDMA 技术采用扩频技术将所需传送的具有一定信号带宽的信息数据, 用一个带宽远大于信号带宽的高速伪随机码进行调制, 使原数据信号的带宽被扩展, 再经载波调制并发送出去, 接收端由使用完全相同的伪随机码与接收到的宽带信号作相关处理, 以实现信息通信。

与 FDMA 和 TDMA 技术相比, CDMA 技术具有系统容量大、话音质量好、抗干扰性和保密性强,以及频带利用率高、适用于多媒体通信等特点。

GSM 系统采用频分多址和时分多址相结合的方法来区分不同的信道和不同的用户,如图 1-4 所示,虽然用户 a、b 频率相同,但因为所占时隙不同, GSM 系统仍可以区分二者;同样,也可以区分用户 c、d。

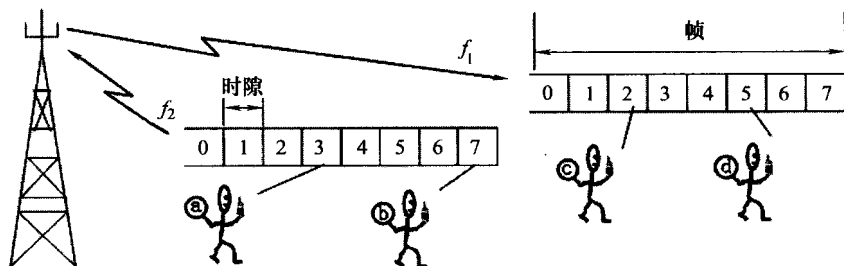


图 1-4 GSM 系统中采用的多址技术

GSM 系统中,每个频道采用时分多址接入方式,分为 8 个时隙(即 8 个信道)。在每个时隙内只允许一个下行或上行链路工作,每个用户周期性重复占据一个时隙,8 个时隙构成 1 个 TDMA 帧。每个手机占用周期性的 1 个时隙(信道)通话,直至通话完毕或发生切换为止。每个信道占用带宽 25kHz ($=200\text{kHz}/8$)。

若 GSM 系统采用半速率话音编码,则每个频道可容纳 16 个半速率信道。

4. 调制方式

GSM 手机均采用高斯滤波器参数 BT 为 0.3 的高斯滤波最小频移键控(GMSK)调制。GMSK 调制是使用高斯滤波器的连续相位频移键控,它具有比等效的未经滤波的连续相位频移键控信号更窄的频谱。

通过 GMSK 调制,使 67.707kHz 载波信号的频率随数码语音信号的变化而变化,得到包含发送信息的低频模拟发射基带信号(TX1/Q),实现信号的 D/A 转换。

CDMA 手机采用偏移四相相移键控(OQPSK)调制方式,它使 615kHz 载波信号的频率随数码语音信号的变化而变化。OQPSK 又称为交错四相相移键控,它把二进制基带信号进行串/并交换,得到两路数字信号 I 和 Q, I 和 Q 相互错动 1bit,再对载波进行四相调制。

5. 最大发射功率

目前, GSM900、DCS1800 手机的最大发射功率为 2W (33dBmW) 和 1W (30dBmW),最小发射功率为 5dBmW 和 0dBmW。CDMA 手机实际允许的最大发射功率为 0.2W (23dBmW),对 CDMA 手机的最小发射功率没有要求。绝对功率电平 L_p (dBmW) 的定义为

$$L_p = 10 \lg \frac{P}{1\text{mW}}$$

式中, P 是发射功率,单位为 mW。

6. 接收灵敏度

接收灵敏度是指接收机在满足一定的误码率性能条件下,接收机输入端需输入的最小信号电平。GSM 手机的接收灵敏度为 -102dBmW, CDMA 手机的接收灵敏度为 -104dBmW。

7. 语音编码

GSM 系统是将人的声音模型化，利用规则脉冲激励长期预测编码（RPE-LTP）技术将语音数据压缩为 13kbit/s。

CDMA 系统采用的语音编码技术是 QCELP（Qualcomm Code Excited Linear Prediction）编码算法，该算法是美国高通公司的专利，它是一种 8kbit/s 语音数据压缩的语音编码算法。码激励线性预测（Code Excited Linear Predication，CELP）编码是根据人说话时有间断、有不同的声音频率等特性而采取的一种可变速率语音编码优化技术。

1.2 数字手机的分类、功能与用户识别卡

1.2.1 数字手机的分类与功能

1. 数字手机的分类

（1）按照采用技术分类 数字手机按照采用技术的不同，分为 GSM 手机、GPRS 手机、CDMA（窄带）手机和第三代（3rd Generation，3G）手机。

1) GSM 手机按照可以工作的频段分为单频手机、双频手机和三频手机。单频手机只能在 GSM900 系统中进行通信；双频手机可以在 GSM900 和 DCS1800 系统之间进行自由通信；三频手机可以在 GSM900、DCS1800 和 PCS1900 系统之间进行自由通信，但因国内目前只开通了 GSM900 和 DCS1800 系统，所以三频手机在国内只能作为双频手机使用。双频手机和三频手机系统之间的切换是自动进行的。现有的 GSM 手机按 GPRS 标准进行硬件和软件改动后可用于 GPRS 系统，变为 GPRS 手机。

2) CDMA 手机即窄带 CDMA 手机，它与 GSM 手机的工作原理相似，主要区别在射频部分和音频处理部分，见表 1-3。

表 1-3 GSM、CDMA 手机的主要技术区别

名 称	GSM 手机	CDMA 手机
码间干扰处理器	均衡器	相关器
发射电路工作状态	断续工作	连续工作
调制技术	GMSK 调制	OQPSK 调制
语音编码技术	RPE-LTP 编码	QCELP 编码
切换方式	硬切换	软切换
手机芯片	AD、VP、DCT3、DCT4、TI、PMB 系列等	美国高通（Qualcomm）公司 MSM3100 ~ MSM6500 等

因为 CDMA 手机采用扩频技术，而使多个 CDMA 射频信号在频域或时域上相互重叠、产生码间干扰。相关器就是通过自带的原始的发射扩频码重新生成解扩信号来实现解调和码间干扰处理的。

当 GSM 手机从一个小区移动到另一个小区时，首先要中断与旧基站的联系，再与新基站取得联系，称之为硬切换。当 CDMA 手机从一个小区移动到另一个小区时，并不是马上中断与旧基站的通信，而是通过比较两个基站间的信号强度，再决定是否中断与旧基站的联系，称之为软切换。

均衡器的功能与手机芯片的内容参见 2.1.4 和 7.3.3 节。

3) 3G 手机的内容参见 8.10 节。

上述手机只能应用于一个移动通信系统,有的手机还可以用于两个或多个不同的移动通信系统。前者称为双模手机,如 GSM/CDMA、个人手持式电话系统——小灵通 (Personal Handyphone System, PHS) 双模手机 (GSM/PHS) 等,后者称为多模手机。

(2) 按照手机外形结构分类 手机的外形结构有直板式、翻盖式 (折叠式)、滑盖式、直板旋转式等,比较常见的是前三种 (尾插)。

1) 直板式手机主板正面最上方为受话器 (听筒)、最下方为送话器 (话筒、麦克风),显示屏在受话器下方、键盘上方。主板背面是芯片和元器件比较集中的地方,一般情况下,其上方是与天线有密切关系的射频部分;中下方主要有逻辑电路、SIM 卡和电源电路;最下方是用于充电和数据通信的尾部插口。

2) 翻盖式手机与直板式手机的区别主要在以下两个方面:①在机械结构上,翻盖式手机的受话器和显示屏一般设计在上翻盖内,手机体正面只有键盘和送话器。②在电路结构上,翻盖式手机在上翻盖内有磁铁或触头,主板上磁控元件 (霍尔元件或干簧管) 或触碰开关,直板式手机无上述元件。霍尔元件、干簧管的内容参见 5.1.5 节。

3) 滑盖式手机实际上是翻盖式手机或直板式手机的一种延伸和创新。滑盖式手机将显示屏、功能键设置在滑盖上,只有通过推拉滑盖才能见到手机底板 (主板),底板与滑盖之间通过滑轨连接,显示屏通过排线与手机底板 (主板) 相连接。滑盖式手机的主板电路结构与直板式手机的相似。

滑盖式手机分为上推滑盖和下拉滑盖两种形式,送话器设置在前一种底板或后一种滑盖的底部,受话器设置在前一种滑盖或后一种底板的顶部,有的也将数字按键设置在滑盖上。

(3) 按照生产厂家分类 按照生产厂家的不同,数字手机有很多系列,如诺基亚、摩托罗拉、飞利浦、三星系列等,以及国产的波导、TCL、海尔、联想系列等。在电路结构形式上,具有代表意义的数字手机是摩托罗拉手机和诺基亚手机。

2. 数字手机的功能

数字手机的功能主要有通话、收发短信、来电显示等。随着新技术的发展,手机的功能越来越多,如上网、炒股、全球定位系统 (Global Positioning System, GPS) 导航、拍照、翻译、个人数字助理 (Personal Digital Assistant, PDA)、游戏、MP3 播放、录音、摄像、收听广播 (收音) 等。

1.2.2 用户识别卡

用户识别卡是手机的重要组成部分之一,它储存移动用户的个人资料,以辨识使用手机通信的个人或集体的身份,一旦从手机上取下,移动用户将不能建立入网通信。

目前,用户识别卡分为 SIM 卡和 UIM 卡,前者用在 GSM 手机上,后者用在 CDMA 手机上。

1. SIM 卡

(1) SIM 卡存储的内容 SIM 卡存储着加密的用户数据、鉴权方法及密钥,供 GSM 系统识别用户身份,并负责完成移动用户与系统的连接和信息交换。具体内容如下:

1) 固定存放的数据。此类数据在 SIM 卡被出售之前由 SIM 卡中心写入,包括国际移动用户识别码、鉴权密钥 Ki 等。

国际移动用户识别 (International Mobile Subscriber Identity, IMSI) 码是储存在移动交换

中心内与手机号一一对应的不公开的号码,用于识别公用陆地移动通信网的移动用户。

鉴权密钥 K_i 是一种储存于 SIM 卡和移动通信网络鉴权中心的密码。

为了保护移动用户和运营商的合法权益,防止合法用户被非法盗用,禁止非法“入侵”网络,在每次登记、呼叫建立、位置更新以及在补充业务的激活、去活、登记或删除之前,均需要鉴权。鉴权开始时,网络产生一个 128bit 的随机数 RAND 传送给手机。SIM 卡依据卡中的密钥 K_i 和算法 A3,根据接收到的 RAND 计算出应答信号 SRES 并发回网络端。网络端在鉴权中心查明用户的密钥 K_i ,用同样的 RAND 和算法 A3 算出 SRES,并与收到的 SRES 进行比较。若一致,则鉴权通过,允许接入网络;否则为非法用户,网络拒绝为其提供服务。

2) 暂时存放的有关网络的数据,如位置区识别码、移动用户临时识别码、禁止接入的公共电话网代码等。

①位置区识别(Location Area Identity, LAI)码是移动用户所处位置区的识别码,用于确定手机所处的位置区。

②为了防止非法个人或团体通过监听无线路径上的信令交换而窃取移动用户的真实 IMSI 码,或跟踪移动用户的位置,所以用移动用户临时识别(Temporary Mobile Subscriber Identity, TMSI)码代替 IMSI 码的传输。

TMSI 码由 MSC/VLR 分配,并不断进行更换,更换周期由网络运营商决定。每当手机用 IMSI 码向系统请求位置更新、呼叫建立或业务激活时, MSC/VLR 对其进行鉴权。允许接入网络后, MSC/VLR 产生一个新的 TMSI 码,并传送给手机,写入用户 SIM 卡。此后, MSC/VLR 与 MS 之间的信令交换即使用 TMSI 码,而用户 IMSI 码不再在无线路径上传送。

3) 相关的业务代码,如个人识别码(Personal Identify Number, PIN)、解锁码(PIN Unlock Key, PUK)、计费费率等。

①PIN 码是 SIM 卡个人识别码。PIN 码分为 PIN1 码和 PIN2 码。

PIN1 码即人们常说的 PIN 码,用于保护 SIM 卡的安全,防止未经授权使用 SIM 卡。PIN1 码是一个由用户自己设定的 4~8 位数字的个人密码,它的初始值为 0000 或 1234。只有当用户输入正确的 PIN1 码时, SIM 卡才能被启用,手机才能对 SIM 卡进行存取,也只有 PIN1 码被认证通过后,用户才能上网通话。如果连续三次输入错误的 PIN1 密码, SIM 卡就会被锁住,需要正确输入 PUK 码才能解锁。

PIN2 码与网络计费 and SIM 卡内部资料的修改有关,一般不予公开。即使 PIN2 码被锁住,也不会影响正常通话。

②PUK 码即解锁码,用于解开被锁住的 SIM 卡,每个 SIM 卡都存有一个由数字 0~9 构成的 8 位数字的 PUK 码。如果连续输入 10 次错误的 PUK 码, SIM 卡就报废,即“烧卡”。出现“烧卡”后,需要更换新卡才能用原手机号进行通信。

4) 电话号码簿。电话号码簿是移动用户随时输入的电话号码。

(2) SIM 卡的结构 SIM 卡是一种带微处理器的 IC(Integrated Circuit)卡,由 CPU、随机存储器(RAM)、程序存储器(ROM)、数据存储器(EEROM)和串行通信单元五部分组成。

1) SIM 卡存储器的分类及其功能如下:

①只读存储器 ROM(Read Only Memory, 6~16KB)。ROM 的典型容量为 16KB。ROM 存储 SIM 卡的 A3 和 A8 算法, A3 和 A8 算法是一种加密算法。

②电擦除可编程只读存储器 EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, 2~8KB)。EEPROM 又通常写为 E²PROM, 它存储与手机使用有关的电话号码和系统参数等。EEPROM 的典型容量为 8KB。

使用 EEPROM 的 SIM 卡能保存手机关机时所存储的信息, 并在必要时提取这些信息。使用者只要保存好 SIM 卡, 即使更换手机仍可按同样身份使用。

③随机存储器 RAM (Random Access Memory, 128~256KB)。RAM 存储手机使用过程中的中间数据。

2) 常见 SIM 卡的触点分布如图 1-5 所示, 其中 VCC 为电源端, RST 为复位端, CLK 为时钟信号输入端, GND 为接地端, VPP 为 SIM 卡编程电压端, I/O 为数据传输端口。

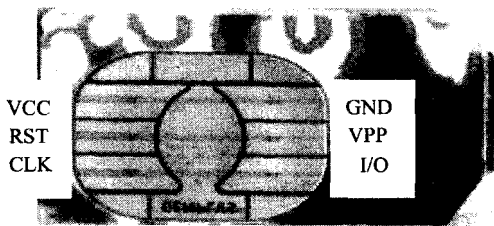


图 1-5 常见 SIM 卡的触点分布

- 电源 (VCC)。电源有 5V、3V 和 1.8V 三种, 现在一般使用 3V 或 1.8V。

- 时钟 (CLK)。SIM 卡一般采用两种时钟信号, 一种是对 13MHz 基准时钟信号四分频得到的 3.25MHz, 另一种是 1.083MHz。

- 数据 I/O (或 DATA)。数据 I/O 用于手机与 SIM 卡之间的信息传输, 该部分电路出现故障率较高。

- 复位 (RST)。复位 (RST) 提供对 SIM 卡内部处理器复位用的复位信号。

- 接地 (GND)。接地 (GND) 是 SIM 卡的电源地。

- 编程供电端 (VPP)。它在手机中一般为空脚, 不为空脚时与 SIM 卡电源相连。

(3) 电源开关时 SIM 卡的电气性能 在开启电源期间, 按以下次序激活各触点: RST 低电平复位状态, VCC 加电, I/O 处于接收状态, VPP 加电, 提供稳定的 CLK 时钟信号。

当关闭电源时, 按如下次序工作: RST 低电平复位状态, CLK 低电平状态, VPP 去电, I/O 低电平状态, VCC 掉电。

(4) SIM 卡的存储容量与常见故障两例

1) 存储容量。SIM 卡的存储容量有 3KB、8KB、16KB、32KB、64KB 等, 目前多为 16KB 和 32KB。SIM 卡能够储存多少电话号码和短信取决于卡内数据存储器 EEPROM 的容量, 例如, 一张 SIM 卡 EEPROM 的容量为 8KB, 则 SIM 卡可储存 100 组电话号码及对应姓名、15 组短信息、25 组最近拨出的号码、4 位 PIN 码。

2) 常见故障两例。

①每当手机打开时, 手机都要与 SIM 卡进行数据交换。没插 SIM 卡时, 这些信号是不会送出的。当手机插入 SIM 卡后无任何反应或插入 SIM 卡显示出错 (Bad Card/SIM Error) 时, 可能是因为 SIM 卡开关不良、接触不良或使用废卡产生的。如果换新卡后故障仍然存在, 那么故障一般发生在 SIM 卡供电部分。在开机瞬间, 可用示波器在 SIM 卡插座的 VCC 端、CLK 端、I/O 端观察到读卡信号 (3V 左右的脉冲), 若无此信号, 则故障一般出在 SIM 卡供电开关周边电阻电容元件与卡座触点的脱焊上。

②如果 SIM 卡在一部手机上可用, 在另一部手机上不能用, 那么原因可能是在手机中已经设置了“网络限制”和“用户限制”功能, 也可能是 SIM 卡供电偏低或接触不良造成的。

2. UIM 卡

UIM (User Identity Model) 卡是 CDMA 系统中的用户识别卡, 功能类似于 GSM 系统中的 SIM 卡。UIM 卡也采用一卡一号的使用方式, 它可以在任何一部 CDMA 手机上使用。

UIM 卡中存储的信息分为三类: 第一类是用户识别信息和鉴权信息, 主要是 IMSI 码和 CDMA 系统专有的鉴权信息; 第二类是业务信息, 如短消息状态等信息; 第三类是与手机工作有关的信息, 包括优选的系统和频段、归属区标示等参数。

1.3 GSM 系统信道的分类与功能

GSM 系统信道分为物理信道和逻辑信道。物理信道 (Physical Channel) 是移动通信系统用来运载各种逻辑和业务的实际的无线电信道。逻辑信道 (Logic Channel) 是一个源自物理信道的通信信道, 不同的逻辑信道用于在系统和用户之间传送不同的信息。

GSM 系统逻辑信道的分类与功能见表 1-4, 主要分为控制信道 (Control Channel, CCH) 和话务信道 (Traffic Channel, TCH), 有关内容请参看相关书籍。

表 1-4 GSM 系统逻辑信道的分类与功能

分 类			功 能
控制信道 CCH (Control Channel)	广播信道 BCH (Broadcast Channel)	频率校正信道 FCCH (Frequency Correction Channel)	向 MS 传送频率校正信息,使之与基站基准频率同步
		同步信道 SCH (Synchronization Channel)	MS 通过侦听 SCH 得到基站识别码等有关信息
		广播控制信道 BCCH (Broadcast Control Channel)	向 MS 发送包括位置区编号、允许 MS 发射最大功率等通用信息
	公共控制信道 CCCH (Common Control Channel)	寻呼信道 PCH (Paging Channel)	MS 通过侦听 PCH 得知是否有对它的呼叫或短消息
		随机接入信道 RACH (Random Access Channel)	MS 通过 RACH 申请信令信道和独立专用控制信道 SDCCH
		允许接入信道 AGCH (Access Grant Channel)	系统通过 AGCH 向 MS 分配 SDCCH
	专用控制信道 DCCH (Dedicated Control Channel)	独立专用控制信道 SDCCH (Stand Alone Dedicated Control Channel)	用于建立呼叫或在空闲模式下收发文本
		慢速随机控制信道 SACCH (Slow Associated Control Channel)	MS 通过 SACCH 向系统报告其所测量服务小区的信号强度和信号质量等信息;系统通过 SACCH 向 MS 发送定时提前量等信息
		快速随机控制信道 FACCH (Fast Associated Control Channel)	实现切换
		小区广播信道 CBCH (Cell Broadcast Channel)	向 MS 播放小区广播
话务信道 TCH (Traffic Channel)			传送用户的话音和数据业务