

SHOUJI WEIXIU JISHU SHIYONG JIAOCHENG

手机维修技术 实用教程

主编 李波勇 张玲玲



國防工業出版社

National Defense Industry Press

手机维修技术实用教程

主编 李波勇 张玲玲
参编 支校衡 刘诗安 李景福 曾凡辉
盛晓国 赵辉军 刘志民 朱 杰
汤明冬 叶剑明

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书从掌握手机维修必备的基础理论知识出发,全面阐述了数字手机维修的基本技能。全书共分九章,分别就 GSM 数字手机工作原理、电路结构、维修技巧、仪器工具的使用、相关信号的测试、常见各类故障检修分析、软件维修处理和手机常见故障维修进行了介绍。

本书内容新颖,讲解循序渐进,理论结合实际,有一定的可读与实用性。不但可作为手机维修技术人员的维修指导和自学参考书,也可作为高等、中等职业院校相关专业师生的教材,同时对从事家电和无绳电话维修的技术人员也不无裨益。由于编者水平有限,加之编写时间仓促,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

图书在版编目(CIP)数据

手机维修技术实用教程/李波勇,张玲玲主编. —北京:国防工业出版社,2006.10
ISBN 7-118-04757-0

I. 手... II. ①李... ②张... III. 移动通信—携带电话机—维修—教材 IV. TN929.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 109336 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16³/₄ 字数 440 千字

2006 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 29.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422 发行邮购: (010)68414474
发行传真: (010)68411535 发行业务: (010)68472764

前 言

随着国际信息业的高速发展和国内人们生活水平的日益提高,手机已经成为深入广大人民群众生活当中的日常家电用品了。手机使用率的大幅度增长带动了手机维修行业的迅猛发展。手机机板小,元件密集,只能采用特殊的贴片式焊接,因此客观上造成了手机主板以及元件焊接的脆弱性。加之使用当中手机的移动性较强,受外界的影响不可避免,所以手机故障的发生率大大高于任何一类家用电器。因此,手机行业日新月异,手机维修人员逐渐增多。目前,巨大的手机维修市场导致懂得手机维修的技术人员供不应求;全国各大中小城市乃至乡镇,都有较为集中的手机维修店面和队伍,规模之大也是其余行业难以相比的。欣欣向荣的手机维修行业使得全国很多职业院校以及中专技校的通信技术专业、电子信息专业、电子电器专业、家电维修专业都不失时机地开办了手机维修技术这门课程,社会上的各类培训班也雨后春笋般地涌现,更有一大批电子爱好者四处购买资料进行自学。

由于手机维修是一门高科技含量以及高技能技巧的技术,因此需要系统的学习和实践,然而目前国内出版的相关教材资料,基本上起点都比较高,尤其是理论知识方面缺乏基础知识的分析;实操维修方面又缺少指导性叙述,或着重于庞大的通信网络系统,或直接就进入某种品牌手机电路的分析,或者就是用一些枯乏的维修实例来介绍维修知识。很多学生通过此类教材学习后,都冥冥中不知其所以然,更多购买此类教材自学的朋友,几乎无从入手。尤其手机维修已从过去的硬件维修占主体到现在的硬件、软件维修平分秋色,以至于今后软件维修占主体的发展趋势,所以能拥有一本由浅及深,从基础到技能,有效结合理论与实践,软件硬件维修兼容的实用性教材,是每位从事手机维修以及将要从事手机维修人员的迫切期望。

本书作者从事过多年的一线维修指导工作,具有丰富的实践操作知识,同时也是高职院校讲授电子通信专业的副教授,有着扎实的理论功底。本教程是与其呕心沥血整理的一线教学教案为基础,融合各大手机厂家的内部培训资料和图纸,结合作者多年来在全国各级刊物上发表的专业论文,从手机的元件、手机的基本电路到手机的功能电路,由表及里地介绍手机维修必备的理论知识,然后从常用的手机维修工具和仪器入手,进行手机故障判断、维修技巧、维修规律、操作方法等方面的分析,最后根据常见的手机故障结合具体维修实例,全面讲述不开机、不入网、不显示……故障的维修思路和维修方法。书中对手机软件维修以及软件资料编程器的应用方面也做了较为详尽实用的说明,给各位学习者打下良好的软件操作功底。

此书由浅入深、理论联系实际,及时对相关知识进行总结,夯实基础,举一反三,没有复杂的理论讲述和数学推导,内容充实,简单易懂,可读性和操作性都较强。对于从事手机维修的人员来说,具有很好的启迪指导作用,真正达到了授之以渔的效果。

编著者

目 录

第 1 章 GSM 原理和 GSM 数字手机原理.....	1
1.1 GSM 系统的发展史.....	1
1.2 GSM 系统的组成.....	1
1.3 GSM 信道.....	4
1.4 GSM 关键技术.....	6
1.5 GSM 数字手机原理概述.....	12
第 2 章 手机常用元器件与电路结构介绍.....	18
2.1 手机电路中的基本元器件.....	18
2.2 手机电路中的特殊元器件.....	22
2.3 手机基本电路介绍.....	30
第 3 章 手机特殊电路和识图方法介绍.....	40
3.1 手机功能电路介绍.....	40
3.2 手机逻辑音频电路和电源电路分析.....	55
3.3 手机电路图的识图.....	59
第 4 章 手机维修技巧与焊接操作介绍.....	71
4.1 引起手机故障的原因.....	71
4.2 GSM 手机故障的检修步骤和流程.....	72
4.3 GSM 手机常用维修方法与技巧.....	76
4.4 手机维修中的规律.....	82
4.5 手机维修工具的选购.....	87
4.6 热风枪和电烙铁的使用.....	88
4.7 手机贴片集成电路的拆卸和焊接.....	90
第 5 章 手机维修仪表的使用及相关信号的测试.....	96
5.1 常见测试仪表的使用.....	96
5.2 示波器的使用方法.....	100
5.3 频谱分析仪的使用.....	104
5.4 手机常见供电电压的测试.....	109
5.5 手机常见信号波形的测试.....	112
5.6 手机常见信号频率的测试.....	117
5.7 维修仪表在手机修理中的具体运用.....	120
第 6 章 手机常见各类故障维修分析.....	123
6.1 手机开关机故障维修技巧.....	123

6.2	手机充电等电路故障的维修	131
6.3	手机不入网故障维修	137
6.4	手机显示故障的维修	143
6.5	手机卡故障维修	146
6.6	手机其它电路故障维修	151
6.7	手机软件故障维修	156
第 7 章	手机维修编程器及软件仪的使用	166
7.1	手机维修编程器的操作介绍	166
7.2	手机维修编程器适配器和文件操作介绍	176
7.3	手机维修编程器实用工具软件介绍	181
7.4	智能型手机软件维修仪	190
第 8 章	国外品牌手机经典故障维修分析	205
8.1	新款三星手机软件运行不正常提示的维修指导	205
8.2	新款三星彩屏和弦手机不开机故障的维修指导	208
8.3	采用 TOOLBOX5.0 检测三星手机逻辑电路故障	211
8.4	诺基亚 8850 手机不开机故障的检修技巧	216
8.5	诺基亚 3310 手机典型故障维修分析	218
8.6	针对 T720 不开机故障的几种处理方案	223
8.7	松下 GD88 手机典型故障维修指导	226
8.8	CU8080 手机工作原理及典型故障维修	228
第 9 章	常见手机典型故障维修分析（国产篇）	237
9.1	从国产手机典型故障实例来剖析其维修思路	237
9.2	TCL3X88 系列手机的典型故障维修分析	239
9.3	波导 S1200 手机原理及故障检修	242
9.4	波导 S2000 手机典型故障维修分析	245
9.5	海尔彩智星 Z3000 常见故障处理方案	249
9.6	康佳 3118 手机常见故障维修实例分析	254
附录	手机电路中的常用英文缩写	257

第 1 章 GSM 原理和 GSM 数字手机原理

1.1 GSM 系统的发展史

GSM (Group Special Mobile) 系统自 1991 年投入商业运营以来,其成功超乎人们的想象。在短短几年之内,其规模迅速扩大,走出欧洲,走向世界,成为第二代移动通信系统的典范。1981 年,欧洲使用的是模拟蜂窝系统,但受规模、容量和通信质量等因素的限制,急需开发一种更大容量、更可靠、更易维护的数字移动通信系统。在这个时候,成立了一个德国和法国的联合研究小组,研究数字蜂窝技术。此后欧洲电信管理部门 (CEPT) 专门成立了一个称为 GSM 的特别工作组来承担此次研究,并于 1986 年取得重大进展,制定了未来数字蜂窝系统的标准。1987 年 5 月选定窄带 TDMA 方案,与此同时,18 个国家签署了谅解备忘录,相互达成履行规范的协议。1989 年 GSM 被欧洲技术标准协会 (ETSI) 所接纳并更名为 GLobal System for Mobile Communications, 工作小组也更名为 Special Mobil Group, 继续进行研究工作。到 1990 年, GSM 标准扩展出一个旁支——DCS1800。现阶段, GSM 包括 3 个并行的系统: GSM900、DCS1800 和 PCS1900, 这 3 个系统功能相同, 主要区别是工作频率不同。直到最近, GSM 等效技术标准出台, 在 2GHz 频段上提供个人通信业务 (PCS), 进一步拓展了其业务范围。

GSM 系统是世界上第一个对数字调制、网络层结构和业务作了规定的蜂窝系统。它采用多种数字信号处理技术, 与其它通信网兼容, 在 SIM 卡上实现漫游, 还采用空中加密等各种技术手段, 与原来的模拟蜂窝系统有天壤之别。不仅仅欧洲, 而且南美洲、亚洲、澳洲等许多国家都加入了 GSM 的大家庭。

我国移动通信系统发展较晚, 1987 年才采用 TACS 体制的 900MHz 频段作为我国蜂窝移动通信系统的标准, 并在广州开通第一个模拟蜂窝移动通信系统。但我国的蜂窝移动通信发展迅速, 到今日, 以 GSM 系统为标准的移动通信网已遍布全国, 用户数量也猛增至几千万。在 GSM 基础上发展 CDMA 和个人通信业务是我国今后通信行业发展的方向。

1.2 GSM 系统的组成

GSM 是 Global System for Mobile Communication (全球移动通信系统) 的简称。它主要由基站子系统 (BSS)、网络子系统 (NSS)、移动站 (MS) 和操作维护子系统 (OSS) 组成。其中 NSS 与 BSS 之间的接口为 A 接口, BSS 与 MS 之间的接口为 Um 接口。在模拟移动通信系统中, TACS 规范只对 Um 接口进行了规定, 而未对 A 接口做任何的限制。因此, 各设备生产厂家对 A 接口都采用各自的接口协议, 对 Um 接口遵循 TACS 规范。也就是说, NSS 系统和 BSS 系统只能采用一个厂家的设备, 而 MS 可用不同厂家的设备。基站子系统 (简称基站 BS, 也称无线子系统) 由基站收发台 (BTS) 和基站控制器 (BSC) 组成, 移动台 (MS) 通常认为是 BSS 的一部分; 网络子系统由移动交换中心 (MSC) 和操作维护中心

(OMC) 以及原位置寄存器 (HLR)、访问位置寄存器 (VLR)、鉴权中心 (AUC) 和设备标识寄存器 (EIR) 等数据库组成; 操作维护子系统支持一个或多个操作维护中心 (OMC), 如图 1-1 所示。

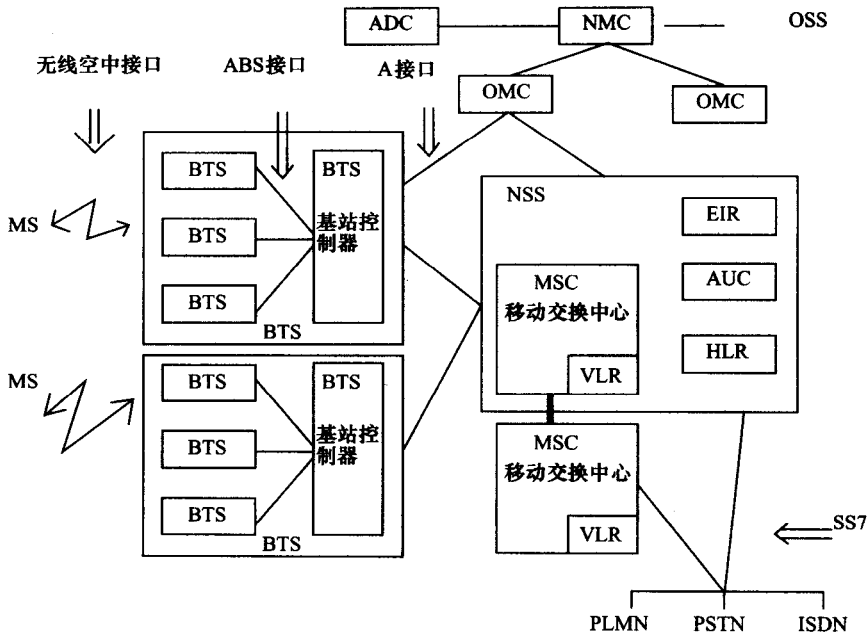


图 1-1 蜂窝移动通信系统的组成

一、交换网路子系统 (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。NSS 由一系列功能实体所构成, 各功能实体介绍如下。

MSC: 是蜂窝通信网络的核心, 是对位于它所覆盖区域中的移动台进行控制和完成话路交换的功能实体, 也是移动通信系统与其它公用通信网之间的接口。它可完成网络接口、公共信道信令系统和计费等功能, 还可完成 BSS、MSC 之间的切换和辅助性的无线资源管理、移动性管理等。另外, 为了建立至移动台的呼叫路由, 每个 MS 还应能完成入口 MSC (GMSC) 的功能, 即查询位置信息的功能。其主要功能是对位于本控制区域内的移动用户进行通信控制和管理。其主要任务是:

- (1) 信道的管理和分配;
- (2) 呼叫的处理和控制;
- (3) 用户位置信息的登记与管理;
- (4) 越区切换和漫游的控制;
- (5) 用户号码和移动设备号码的登记和管理;
- (6) 服务类型的控制;
- (7) 对用户进行鉴权。

VLR: 访问位置寄存器 (VLR) 是一种用于存储来访用户位置信息的数据库。一个 VLR 通常为一个 MSC 控制区服务。当移动用户漫游到新的 MSC 控制区时, 它必须向该地区的 VLR

申请登记。VLR 要从该用户的 HLR 查询其有关的参数，并给该用户分配一个新的漫游号码 (MSRN)，通知其 HLR 修改该用户的位置信息，准备为其它用户呼叫此移动用户时提供路由信息。如果移动用户由一个 VLR 服务区移动到另一个 VLR 服务区，HLR 在修改该用户的位置信息后，还要通知原来的 VLR 删除此移动用户的位置信息。

HLR: 原地位置寄存器 (HLR) 是一种用来存储本地用户位置信息的数据库，它包括每一个相同 MSC 中用户的用户信息和位置信息。在蜂窝通信网中，通常设置若干个 HLR 用于登记。登记的内容分为两类：一种是永久性的参数，如用户识别号码 (IMSI)、移动设备号码、接入的优先等级、预定的业务类型以及保密参数等；另一种是由于暂时性的需要而随时更新的参数，即用户当前所处位置的有关参数，即使当用户漫游到 HLR 所服务的区域外，HLR 也要登记由该区传送来的位置信息。这样做的目的是保证当呼叫任一个不知处于哪一个区域的移动用户时，均可由该移动用户的地位置寄存器获知它当时处于哪一个地区，从而建立起通信链路。

AUC: 鉴权中心 (AUC) 是用于产生为确定移动用户的身份和对呼叫保密所需鉴权、加密的 3 个参数 (随机号码 RAND，符合响应 SRES，密钥 Kc) 的功能实体。

EIR: 设备标志寄存器 (EIR) 是存储移动台设备参数的数据库，用于对移动设备鉴别和监视，并拒绝非法移动台入网。

二、无线基站子系统

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)。

BSC: 基站控制器 (BSC) 是基站收发台和移动交换中心的连接点，也为基站收发台和操作维护中心之间交换信息提供接口。一个基站控制器通常控制几个至几十个基站收发台，其主要功能是进行无线信道管理，实施呼叫和通信链路的建立和拆除，并为本控制区内移动台的越区切换进行控制等。

BTS: 基站收发台 (BTS) 包括无线传输所需要的各种硬件和软件，如发射机、接收机、支持各种小区结构 (如全向、扇形) 所需要的天线、连接基站控制器的接口电路以及收发台本身所需要的检测和控制装置。

三、移动台

移动台 (MS) 就是移动用户设备部分，它由移动终端设备和用户识别卡 (SIM) 两部分组成。移动终端可完成话音编码、信道编码、信息加密、信息的调制和解调、信息发送和接收。SIM 卡就是“身份卡”，它类似于我们现在所用的 IC 卡，因此也称作智能卡，存有认证用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，以防止非法用户进入网路。SIM 卡还存储与网路和用户有关的管理数据，只有插入 SIM 卡后移动终端才能接入进网，但 SIM 卡本身不是代金卡。

四、操作维护子系统

GSM 系统还有个操作维护子系统 (OMC)，它主要是对整个 GSM 网路进行管理和监控。通过它实现对 GSM 网内各种部件功能的监视、状态报告、故障诊断等功能。例如系统的自检与报警、备用设备的启动、系统的故障诊断与处理、话务量的统计和计费数据的记录与传递，以及各种资料的收集、分析与显示等。OMC 与 MSC 之间的接口目前还未开放，因为 CCITT 对电信网路管理的 Q3 标准化工作尚未完成。

1.3 GSM 信道

一、GSM 无线子系统

GSM 使用 TDMA 和 FDMA 的复用方式。GSM 为系统留用了两个 25MHz 的频段，MS 利用上行（反向）信道（用户到基站）发送信号，频率范围（890~915）MHz。BS 利用下行（前向）信道（基站到用户）发送信号，频率范围（935~960）MHz。在每个频段内每 200KHz 划分为一个信道，称为绝对物理信道（ARFCN）。确切地说一个 ARFCN 包含一对间隔 45MHz 的前向、反向信道，即两个频分双工（FDD）的频率共同构成一个绝对物理信道，而每信道分为 8 个用户共享，如图 1-2 所示。

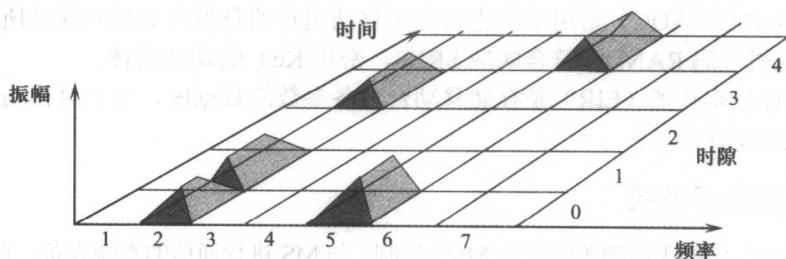


图 1-2 TDMA 和 FDMA 的复用方式

图中频率方向划分一个个 ARFCN，每个 ARFCN 分为 8 个时隙（TS）。每个用户只在自己的时隙里进行发射和接收。如 2 信道的 TS0、TS1、TS3，5 信道的 TS0、TS4 等 5 个用户互不干扰，它们在下一帧的同一时隙里再次通信直到通话结束或进行跳频。

二、GSM 信道的划分

GSM 信道可分为物理信道和逻辑信道，物理信道是传送信息的载体，逻辑信道是物理信道不同时刻的映射。

GSM 物理信道：GSM900 使用两个 25MHz 的频段，在这 25MHz 频段中共分 124 个信道，频道间隔 200kHz。每载波含 8 个（以后可扩展为 16 个）时隙，时隙宽为 0.576ms。8 个时隙构成一个 TDMA 帧，帧长为 4.615ms。一对双工载波各用一个时隙构成一个双向物理信道，这种物理信道共有 $124 \times 8 = 992$ 个，根据需要分配给不同的用户使用。移动台在特定频率上的特定时隙内，以猝发方式向基站传输信息，基站在相应的频率上和响应的时隙内，以时分复用的方式向各个移动台传输信息。GSM 系统移动台发射的载频范围为（890.2~914.8）MHz，称为上行频段或反向链路；基站发射的载频范围为（935.2~959.8）MHz，称为下行频段或前向链路。信道间隔为 200kHz，收发信道间隔为 45MHz。

GSM 逻辑信道：逻辑信道有两种类型，称为业务信道（TCH）和控制信道（CCH）。业务信道携带数字化的用户编码话音或用户数据，在接收和发射时具有相同的功能和格式。控制信道在基站和移动站之间传输信令和同步指令。

业务信道（TCH）分 2 种：全速率 TCH 信道和半速率 TCH 信道。

控制信道（CCH）分 3 种：广播信道（BCH）、公共控制信道（CCCH）和专用控制信道（DCCH）。

1. 广播信道 (BCH)

广播信道是基站面向多个移动台的单向控制信道。在前向的第一时隙 (TS0) 发送, 如图 1-3 所示。它为移动台提供同步, 可分为:

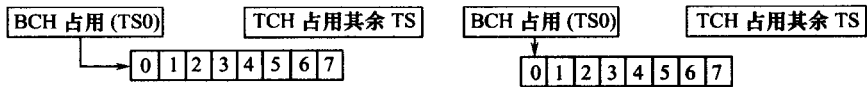


图 1-3 信道示意图

(1) 频率校正信道 (FCCH): 传输供手机校正和同步其工作频率的信息, 占用第一个 GSM 帧的 TS0, 每 10 帧重复一次。

(2) 同步信道 (SCH): 传输供手机进行同步和对基站进行识别的信息或发送时间提前命令。它紧随 FCCH 出现 (TS0), 每 10 帧重复一次, 如图 1-4 所示。

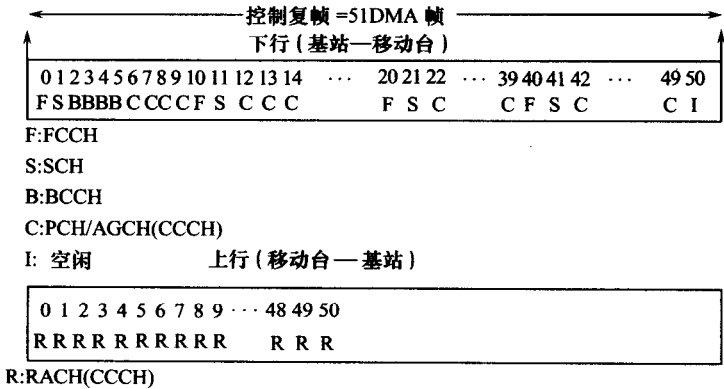


图 1-4 同步信道示意图

(3) 广播控制信道 (BCCH): 传输通用消息, 诸如小区状态和信道列表等, 用于手机测量小区信号强度和识别小区标志。控制复帧第 2 帧到第 5 帧是 BCCH。

2. 公共控制信道 (CCCH)

它是双向的控制信道, 分为 3 种类型, 用于寻呼指定用户、为用户分配信令信道和接收用户的业务要求等。

(1) 寻呼信道 (PCH): 传输基站寻呼手机的信息。

(2) 随机接入信道 (RACH): 手机申请入网后, 向基站发送呼叫请求或用于用户接收来自 PCH 的寻呼后的响应。移动台必须在 GSM 帧的 TS0 内要求接入和响应。它占用控制复帧的所有后向信道。

(3) 准许接入信道 (AGCH): 基站在呼叫接续开始时, 给手机分配特定物理信道 (时隙和 ARFCN), 通过 AGCH 发送给移动台, 即用 AGCH 来回应移动台前面发出的 RACH。

3. 专用控制信道 (DCCH)

它是“点对点”的双向控制信道, 其用途是在呼叫接续阶段和在通信进行当中, 在手机和基站之间传输必需的控制信息, 存在于 TS0 之外的任何 TS 和 ARFCN 上。可分为:

(1) 独立专用控制信道 (SDCCH): 传输手机和基站连接和信道分配的信令。它是两者相连之后, 基站分配 TCH 之前用来保持联系的中间的、暂时的信道。

(2) 慢速辅助控制信道 (SACCH): 在手机和基站之间, 周期性地传输一些特定的信息,

如功率调整、帧调整（Powerlevel and Timeadvance）和测量数据（Survey Data）等信息。它在话音复帧的第 13 帧（所有的 TS，8 个时隙分别对应 8 个用户）期间发送，如图 1-5 所示。

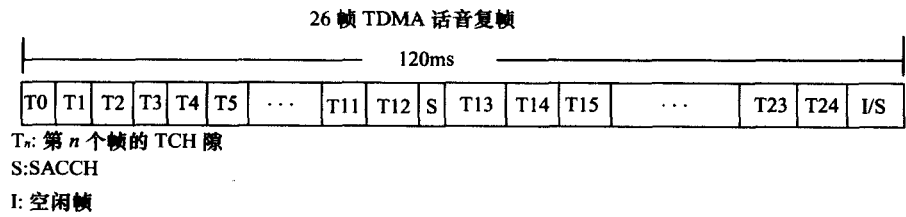


图 1-5 SACCH 示意图

（3）快速辅助控制信道（FACCH）：传送与 SDCCH 相同类型的信息，使用时要中断业务信息（4 帧），把 FACCH 插入，占时较长，约 18.5ms。它采用“偷”帧方式（挪用标志位设置）来传送紧急信息。

从以上看出，GSM 系统为增强其控制功能，在 TDMA 时隙中，增加了许多控制信道，用于传输各类所需指令，采用“中断—猝发”方式，这势必会影响到话音的通信质量，故在某些信号弱区，话音的断续现象与网络信号是有一定关系的。

三、帧结构

前面已经讲述 8 个用户共用一 ARFCN，他们以时隙（TS）标识。

如图 1-6 所示，8 个时隙构成一个 TDMA 帧，帧长为 4.615ms。每个用户得到帧中的一个时隙。几个帧组成更大的帧结构，称为复帧。这里有两种复帧，一种是由 26 帧组成的话音复帧，一种是由 51 帧组成的控制复帧。而复帧继续组成超帧和巨帧。

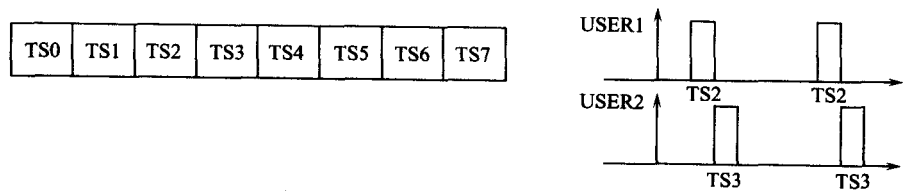


图 1-6 TDMA 帧结构

1.4 GSM 关键技术

一、多址技术

在蜂窝移动通信系统中，通常有很多移动台同时通过基站和其它用户进行通信，因而必须对不同的移动台和基站发出的信号赋予不同的特征，使基站能从众多移动台的信号中区分出是哪一个是移动台发出的信号，而每个移动台也能识别出基站发出的信号哪个是发给自己的信号，解决这个问题的办法称为多址技术。多址方式的基本类型有频分多址（FDMA），时分多址（TDMA）和码分多址（CDMA），因为多址方式直接影响到通信系统的容量，所以采用什么样的多址方式才更有利于提高通信系统的容量，一直是人们研究和开发的课题。

我国目前的数字蜂窝系统主要采用的多址技术是 TDMA（时分多址）技术，它克服了模拟

蜂窝系统容量较小的问题。原先的模拟蜂窝系统采用小区制的 FDMA（频分多址）技术，它克服了最初大区制频谱利用率较低的缺点，真正解决了移动通信的广域覆盖和全国（甚至全球）的漫游问题，但是其频谱利用率较低，容量有限，保密性差，提供的业务少。

1. 频分多址（FDMA）

频分多址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数字话音信息，而在相邻的频道之间无明显的串扰，任意两个移动用户之间的通信必须同时占用 4 个频道，才能实现双工通信。

2. 时分多址（TDMA）

时分多址是把时间分割成周期性的时帧，每一时帧再分割成若干个时隙（无论时帧或时隙都是互不重叠的），然后根据一定的分配原则，使各移动台在每帧内只能在指定的时隙内向基站发送信号。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移动台的信号而互不混扰。

3. 码分多址（CDMA）

在 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，而是用各不相同的编码序列来区分的。或者说，是靠信号的不同波形来区分的。如果以频域或时域来观察，多个 CDMA 信号是相互重叠的。接收机用相关器可以从多个 CDMA 信号中选出其中使用预定码型的信号，而其它使用不同码型的信号不能被解调。

二、数字调制技术

首先，我们要知道为什么在数字通信系统中，要将 300Hz~3400Hz 的低频话音信号调制到高频的载波上进行发送呢？一个是考虑到无线传输过程中，高频信号传输的有效性，二是考虑到基站发射机、移动电话天线的实际长度。因为根据天线与电波理论可知，天线的长度为传输波长的四分之一时，其效率是最高的。我们知道，无线电波在空中传播的速度接近光速 $c=3 \times 10^8 \text{m/s}$ ，已知 $\lambda = C/f$ ，其中 λ — 波长， f — 频率。

假设 1：工作频率为 900MHz，即有 $\lambda = 3 \times 10^8 / 9 \times 10^8 \approx 0.33 \text{ (m)}$ ，所以天线长度 $L = \lambda/4 = 0.33\text{m}/4 \approx 8.2\text{cm}$ ，这长度刚好便于携带，比较实际。

假设 2：话音信号未进行调制，工作频率为 3000Hz，即有 $\lambda = 3 \times 10^8 / 3000 \approx 10^5 \text{ (m)}$ ，故天线长度 $L = \lambda/4 = 25\text{km}$ ，显然不切实际。

其次我们要了解调制过程的实质，即是用调制信号改变无线电载波信号的某一参数，以便把数字信号传递出去。根据其改变的参数可以把调制技术分为 3 类：

- (1) 改变载波信号振幅的叫幅移键控（ASK）；
- (2) 改变频率的叫频移键控（FSK）；
- (3) 改变相位的叫相移键控（PSK）。

另外还有一种 QAM 调制（正交振幅调制），即同时改变振幅和相位，它是 FSK 与 PSK 的结合。由于多径衰落对于载波幅度的影响，ASK（幅移键控）已被排除在移动通信系统之外，FSK 与 PSK 调制技术从根本上说都属于角度调制。

(1) 在 FSK 调制方式中，通俗地讲，若以 4FSK 举例，即是 00—— f_1 ，01—— f_2 ，10—— f_3 ，11—— f_4 ，用特定的载波频率来代表数字信息，将它放于载波上发射出去。因此其每一码元的载波频率不变或者跳变为一个固定值，而两个相邻的频率跳变码元信号，一般来说其相位是不连续的，因此这种调制方式很可能在解调后，在相位转变及弱信号区域有失真现象。

(2) MSK 调制是 FSK 的一种改进型，将相位始终保持连续变化。虽然 MSK 解决了码元转

换时刻 90° 或 180° 的相位突跳问题, 使得相位变化曲线在码元转换点上变成连续; 但是当两个相邻码元的数据极性发生变化时, 其相位变化曲线这时将形成一个尖角, 使得已调波旁瓣衰减速度减慢, 可以这么说, MSK 已调波的带外辐射相对来说还是比较大的。

(3) GMSK 即高斯滤波最小频移键控, 它是在 MSK 基础上的一种改进。现在的数字蜂窝系统采用了该调制技术, 其实质是高斯滤波器与最小频率调制器组成, 高斯滤波器是一种相关编码器, 用来改变输入数据的概率分布, 从而改变基带信号的频谱。它是一种恒定包络的调制技术, 也即连续相位调制技术, 它在把基带频率变换到无线电载频以及放大到发射电平过程中, 避开了线性的要求, 其目的是要求达到窄的功率谱, 使得发射的能量能最有效地利用。

三、话音编码技术

由于 GSM 系统是一种全数字系统, 话音或其它信号都要进行数字化处理, 因而第一步要把话音模拟信号转换成数字信号 (即 1 和 0 的组合)。我们对 PCM 编码比较熟悉, 它是采用 A 律波形编码, 分为以下 3 步。

采样: 在某瞬间测量模拟信号的值。采样速率 8kHz/s 。

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。

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 64Kb/s ($8 \times 8\text{Kb/s}$)。如果 GSM 系统也采用此种方式进行话音编码, 那么每个话音信道是 64Kb/s , 8 个话音信道就是 512Kb/s 。考虑实际可使用的带宽, GSM 规范中规定载频间隔是 200kHz 。因此要把它们保持在规定的频带内, 必须大大地降低每个话音信道的编码比特率, 这就要靠改变话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 5Kb/s), 虽然不影响话音的懂性, 但话音的失真性很大, 很难分辨是谁在讲话。波形编码器话音质量较高, 但要求的比特速率相应较高。因此 GSM 系统话音编码器 2 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), 如图 1-7 所示。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话音信号的数字编码, 每话音信道的编码速率为 13Kb/s 。

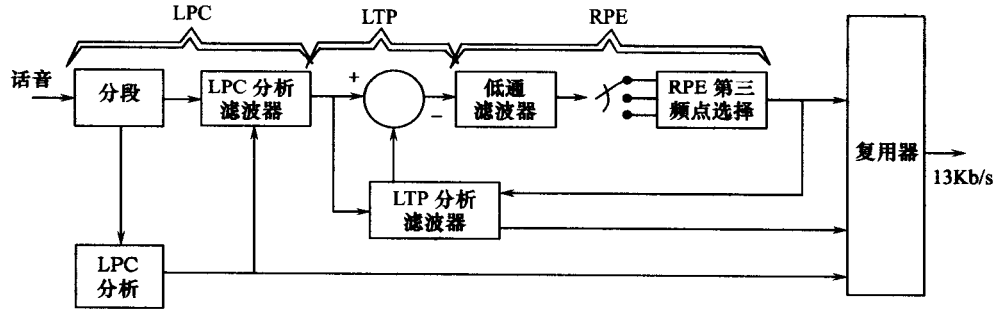


图 1-7 GSM 话音编码器框图

声码器的原理是模仿人类发音器官喉、嘴、舌的组合, 将该组合看作一个滤波器, 人发出的声音使声带振动就成为激励脉冲。当然“滤波器”脉冲频率是在不断地变换, 但在很短的时间 ($10\text{ms} \sim 30\text{ms}$) 内观察它, 则发音器官是没有变换的, 因此声码器要做的事是将话音信号分成 20ms 的段, 然后分析这一时间段内相应的滤波器的参数, 并提取此时的脉冲串频率, 输出

其激励脉冲序列。相继的话音段是十分相似的，LTP 将当前段与前一段进行比较，相应的差值被低通滤波后进行波形编码。

LPC+LTP 参数：3.6Kb/s。

RPE 参数：9.4Kb/s。

因此，话音编码器的输出比特速率是 13Kb/s。

四、信道编码技术

采用数字传输时，所传信号的质量常常用接收比特中有多少是正确的来表示，并由此引出比特差错率（BER）概念。BER 表明总比特率中有多少比特被检测出错误，差错比特数目所占的比特要尽可能小。然而，要把它减小到 0，那是不可能的，因为路径是在不断变化的。这就是说，必须允许存在一定数量的差错，但还必须能恢复出原信息，或至少能检测出差错，这对于数据传输来说特别重要，对话音来说只是质量降低。

为了有所补益，可使用信道编码。信道编码能够检出和校正接收比特流中的差错。这是因为加入一些冗余比特，把几个比特上携带的信息扩散到更多的比特上。为此付出的代价是必须传送比该信息所需要的更多的比特，但有效地减少了差错。

为了便于理解，我们举一简单例子加以说明。

假定要传输的信息是一个“0”或是一个“1”，为了提高保护能力，各添加 3 个比特：

信息	添加比特	发送比特
0	000	0000
1	111	1111

对于每一比特（0 或 1），只有一个有效的编码组（0000 或 1111）。如果收到的不是 0000 或 1111，就说明传输期间出现了差错。比例关系是 1:4，必须发送是必要比特 4 倍的比特。保护作用如何？

接收编码组可能为： 0000 0010 0110 0111 1111

判决结果： 0 0 X 1 1

如果 4 个比特中有 1 个是错的，就可以校正它。例如发送的是 0000，而收到的却是 0010，则判决所发送的是 0。如果编码组中有两个比特是错的，则能检出它，如 0110 表明它是错的，但不能校正。最后，如果其中有 3 个或 4 个比特是错的，则既不能校正它，也不能检出它来。所以说这一编码能校正 1 个差错和检出 2 个差错。

移动通信的传输信道属变参信道，它不仅会引起随机错误，而更主要的是造成突发错误。随机错误的特点是码元间的错误互相独立，即每个码元的错误概率与它前后码元的错误与否是无关的。突发错误则不然，一个码元的错误往往影响前后码元的错误概率。或者说，一个码元产生错误，则后面几个码元都可能发生错误。因此，在数字通信中，要利用信道编码对整个通信系统进行差错控制。差错控制编码可以分为分组编码和卷积编码两类。

分组编码的原理框图见图 1-8。分组编码是把信息序列以 k 个码元分组，通过编码器将每组的 k 元信息按一定规律产生 r 个多余码元（称为检验元或监督元），输出长 $n=k+r$ 的一个码组。因此，每个码组的 r 个检验元仅与本组的信息元有关而与别组无关。分组码用 (n, k) 表示， n 表示码长， k 表示信息位数， $R=k/n$ 称为分组编码的效率，也称编码率或码率。

卷积编码的原理框图见图 1-8。卷积编码就是将信息序列以 k_0 个码元分段，通过编码器输出长为 n_0 的一段码段。但是该码的 $n_0 - k_0$ 个检验码不仅与本段的信息元有关，而且也与其前 m

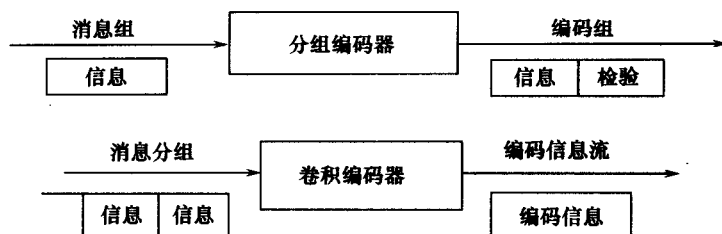


图 1-8 分组编码和卷积编码

段的信息元有关，故卷积码用 (n_0, k_0, m) 表示，称 $N_0 = (2n+1)n_0$ 为卷积编码的编码约束长度。与分组编码一样，卷积编码的编码效率也定义为 $R = k_0/n_0$ ，对于具有良好纠、检错性能并能合理而又简单实现的大多数卷积码，总是 $k_0=1$ 或是 $(n_0 - k_0)=1$ ，也就是说，它的编码效率通常只有 $1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, \dots$

在 GSM 系统中，上述两种编码方法均在使用。首先对一些信息比特进行分组编码，构成一个“信息分组+奇偶（检验）比特”的形式，然后对全部比特做卷积编码，从而形成编码比特。这两次编码适用于语音和数据二者，但它们的编码方案略有差异。采用“两次”编码的好处是：在有差错时，能校正的校正（利用卷积编码特性），能检测的检测（利用分组编码特性）。

五、交织技术

在陆地移动通信这种变参信道上，比特差错经常是成串发生的。这是由于持续较长的深衰落谷点会影响到相继一串的比特。然而，信道编码仅在检测和校正单个差错和不太长的差错串时才有效。为了解决这一问题，希望能找到把一条消息中的相继比特分散开的方法，即一条消息中的相继比特以非相继方式被发送。这样，在传输过程中即使发生了成串差错，恢复成一条相继比特串的消息时，差错也就变成单个（或长度很短），这时再用信道编码纠错功能纠正差错，恢复原消息，这种方法就是交织技术。

1. 交织技术的一般原理

假定由一些 4 个比特组成的消息分组，把 4 个相继分组中的第 1 个比特取出来，并让这 4 个第 1 比特组成一个新的 4 比特分组，称作第一帧，4 个消息分组中的（2~4）比特，也作同样处理，如图 1-9 所示。

然后依次传送第 1 比特组成的帧，第 2 比特组成的帧，……在传输期间，帧 2 丢失，如果没有交织，那就会丢失某一整个消息分组，但采用了交织，仅每个消息分组的第 2 比特丢失，再利用信道编码，全部分组中的消息仍能得以恢复，这就是交织技术的基本原理。概括地说，交织就是把码字的 b 个比特分散到 n 个帧中，以改变比特间的邻近关系，因此 n 值越大，传输特性越好，但传输时延也越大，所以在实际使用中必须作折中考虑。

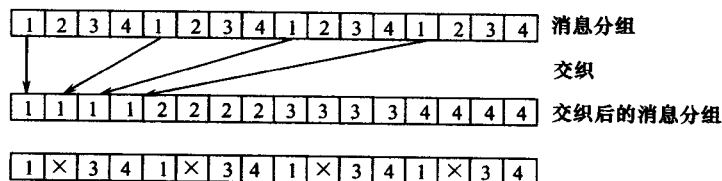


图 1-9 交织原理

2. GSM 系统中交织方式

在 GSM 系统中，信道编码后进行交织，交织分为两次，第一次交织为内部交织，第二次交织为块间交织。

语音编码器和信道编码器将每一 20ms 语音数字化并编码，提供 456 个比特。首先对它进行内部交织，即将 456 个比特分成 8 帧，每帧 57bit，如图 1-10 所示。

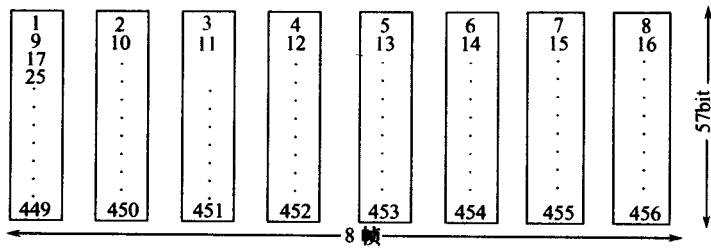


图 1-10 GSM 20ms 语音编码交织

如果将同一 20ms 语音的 2 组 57bit 插入到同一普通突发脉冲序列中，那么该突发脉冲串丢失则会导致该 20ms 的语音损失 25% 的比特，显然信道编码难以恢复这么多丢失的比特。因此必须在两个语音帧间再进行一次交织，即块间交织。

把每 20ms 语音 456bit 分成的 8 帧为一个块，假设有 A、B、C、D 等 4 块，如图 1-11 所示，在第一个普通突发脉冲串中，两个 57bit 组分别插入 A 块和 D 块的各 1 帧（这就是二次交织），这样一个 20ms 的语音 8 帧分别插入 8 个不同普通突发脉冲序列中，然后一个一个突发脉冲序列发送，发送的突发脉冲序列首尾相接处不是同一语音块，这样即使在传输中丢失一个脉冲串，也只影响每一语音比特数的 12.5%，而这能通过信道编码加以校正。

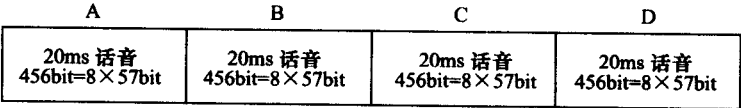


图 1-11 语音信道编码

二次交织经得住丧失一整个突发脉冲串的打击，但增加了系统时延。因此，在 GSM 系统中，移动台和中继电路上增加了回波抵消器，以改善由于时延而引起的通话回音。

六、跳频技术

采用跳频技术是为了确保通信的保密性和抗干扰性，它首先被用于军事通信，后来在 GSM 标准中也被采纳。跳频功能主要是：

- (1) 改善衰落。
- (2) 处于多径环境中的慢速移动的移动台通过采用跳频技术，大大改善移动台的通信质量。
- (3) 跳频相当于频率分集。

GSM 系统中的跳频分为基带跳频和射频跳频两种。

基带跳频的原理是将语音信号随着时间的变换使用不同频率发射机发射，其原理图如图 1-12 所示。

射频跳频是将语音信号用固定的发射机，由跳频序列控制，采用不同频率发射，原理如图 1-13 所示。需要说明的是，射频跳频必须有两个发射机，一个固定发射载频 F_0 ，因它带有控制信道 BCCH；另一发射机载波频率可随着跳频序列的序列值的改变而改变。