

第一章 蜂窝式移动电话系统基本原理

第一节 移动无线电通信的基本概念

一、移动无线电通信的特点

所谓移动无线电通信是指通信的双方，至少有一方在移动中进行信息（通话、传送数据、传送图文和图像）交换。它与有线电通信或其他通信相比较有几个不同的特点：

(1) 电波传播的路径复杂

在陆地上，移动体来往于建筑物、树林或障碍物中，它接收信号的强度，是由直射波和各反射波叠加而成的。同时，移动体在不同位置时，其接收信号合成的强度也是不同的。这就造成移动体接收信号的强度起伏不定，最大的可相差几十个分贝以上，这种现象称为衰落，它严重影响通话质量。在移动通信系统设计时，必须具有抗衰落能力。

(2) 移动无线电通信在强干扰下工作

移动通信的主要干扰有互调干扰、邻道干扰、同频干扰等。互调干扰主要是由收发设备中器件的非线性引起的，如接收机的混频，当输入回路选择性不好时，会使不少干扰信号随有用信号一起进入混频器，对有用信号产生干扰。因此，移动通信设备必须有良好的选择性，尤其是接收机的高频输入放大器，要求有非常良好的选择性。邻道干扰是指相邻或邻近的信道之间的干扰。为了解决这个问题，在移动无线电通信设备中，使用自动功率控制电路。同频干扰是指相同载波频率电台之间的干扰。它是蜂窝式移动通信所特有的，因为蜂窝式的各个小区可以使用相同的载频。

(3) 移动无线电通信具有多普勒效应

当运动的物体达到一定速度时，固定台接收到的载波频率将随运动速度的不同，产生不同的频移，这种现象称为多普勒效应。由于锁相技术具有频率跟踪和低门限性能，所以移动通信设备都采用了锁相技术。

(4) 在移动中进行通信

用户在移动中通信称之为移动通信，通信双方都有可能随时移动，要求移动无线电通信必须具有位置登记、越区切换及漫游访问等跟踪交换技术。

二、移动无线电通信的工作方式和频段使用

(1) 移动无线电通信的工作方式

移动无线电通信的工作方式有三种：单工、半双工、双工（或全双工）。

单工通信方式：收发信机交替工作。

半双工通信方式：一方收发信机同时工作，另一方收发信机交替工作。

双工通信方式：通信双方的收发信机均同时工作，在移动通信系统中广泛应用。

(2) 移动无线电通信系统的频段使用

较早的移动无线电通信主要使用甚高频 VHF (150MHz) 和特高频 UHF (450MHz) 频段。目前，大容量移动通信均使用新开发的 900MHz 频段。

三、移动无线电通信的网络结构

一个移动无线电通信网络的结构，从地形、电波传播特性、话务量分布、经济指标等方面综合考虑，有大区制、小区制和集群系统之别。

大区制是由一个基地台或由尽量少的不同频率基地台覆盖整个服务区。其结构简单、经济成本低、控制简单，适用于用户密度不大或通信容量较小的系统。专用网大多采用大区制。

小区制是把整个服务区域划分为若干小区，每个小区分别设置一个基站，担负本区的移动通信联络和控制。小区制提高了频率的利用率，且相互间干扰减少了。通常小区半径为 5km ~ 10km。

集群系统是指有限个通信信道在中心控制台控制下，全部自动地、动态地、最优地分配给系统内部所有用户使用。它最大限度利用了系统内频谱资源和其他资源。它主要用于专用网和大容量公用集中网。

第二节 蜂窝小区系统

一、蜂窝式结构的定义及其特点

移动通信的媒介是无线电，而无线信道的建立，会受到信道允许占用频率和发射功率的限制。因此无线信道所覆盖的区域必须加以规划。按信道的区域覆盖范围大小，分为大区制和小区制两种。小区制将信道的工作范围限制在小区域内，区内各移动台间通信实现是通过小区的基地台转驳。当通信范围超出小区的限定时，通过过区切换信道而维持通信。小区范围划分，需选用多组工作频率交替安排，才能避免相互干扰，当它的几何形状为正六边形时，各小区中心间隔最大，覆盖面积也最广。移动通信利用正六边形的区域排列方式，组成蜂窝式网系统。蜂窝小区具有三个主要特点：①无线频率资源复用；②越区自动切换；③信道分配和小区分裂。

二、蜂窝式移动电话网的组成方式

蜂窝式结构是以小区为单位，每个小区设有一个小区基地台为区内各移动台建立通信链路，但当移动台从一个小区进入另一个小区时，其通信信道的建立就该从原来小区的信道转换到新区的基地台所确定的信道上，通过新区的基地台重建与原用户的通信链路。蜂窝式移动通信系统把若干个相连一片的小区划分成一个管理区，在同一个管理区内的这些基地台同受一个移动交换局的控制。所以，蜂窝式移动电话系统的构成为：

移动台 (MSS)：分为车载式、便携式 2 种；

基地台 (MBS) : 各小区设置一个 ;

移动电话交换局 (MTSO 或 MCS) : 为移动电话交换中心 , 管理多个小区 ;

移动电话自动交换中心 (AMC) : 负责管理若干个 MTSO。

移动台与基站之间采用无线链路完成空中接口 ; 基站台与移动电话自动交换中心之间常用有线传输 (如电缆、光纤) , 也可用数字微波通信设备。

移动电话系统不仅自身成网 , 它还要与公共市话网互联。即移动通信网与公共市话网建立一种汇接关系 , 两者之间的连接方式有以下两种 :

中继线方式 : 在移动通信网与市话网间设置若干对中继线路 , 以实现两者间的双向自动接续。

用户集中器方式 : 将移动用户通过市话通信网的用户电路接入市话通信网 , 而移动用户与市话用户线路之间的交换是由市话通信网的用户集中器完成的。

三、蜂窝式模拟移动电话系统和数字移动电话系统

1. 蜂窝式模拟移动电话系统

它的设计是话音模拟传输技术 , 即话音为模拟信号。信令除模拟单音信令外 , 也有部分数字信令。这些数字信令是以频移键控 (FSK) 方式调制传输的。我国确定以 TACS 制为我国的模拟制蜂窝式移动电话的标准。

TACS制将频段分为两段 : A 系统和 B 系统。A 系统信道从第 1 信道 ~ 359 信道 , B 系统从第 361 信道 ~ 800 信道 , 其中第 23 信道 ~ 43 信道为 A 系统专用的控制信道 , 第 383 信道 ~ 403 信道为 B 信道的专用控制信道。各信道的间隔是 25kHz。

TACS制具有的模拟单音信令有连续单音 , 它们随话路使用对移动台进行检测。SAT 监测音 , 频率为 5 970Hz、6 000Hz、6 030Hz , 分别给不同区群使用。它可作小区的身份标志。ST 的信令音 , 频率为 8 000Hz , 用作用户切换信道或挂机、拆线等信号用。工作时 , SAT 由基地台在信道中连续发出 , 移动台接收后便自动将它经上行信道再发给基地台 , 表示移动台工作正常。当基地台收到 SAT 信令的同时又收到 ST 信令 , 根据系统约定的 SAT 和 ST 逻辑组合 , 可以判断移动台的不同状态。数字信令编码采用曼彻斯特码 , 信道编码是 BCH 短截码 , 无线信道传输采用速率为 8kb/s 的 FSK 调制方式。

2. 蜂窝式数字移动电话系统

它是时分多址 (TDMA) 系统 , 是在模拟蜂窝网的基础上发展起来的 , 与模拟蜂窝网相比 , 具有业务种类多、多址方式灵活、抗干扰性能好等一系列优点 , 并且具有易采用微电子技术、集成度高、体积小、耗电少、质量轻等优点。

数字系统有若干种代表产品。起源于欧洲的 GSM (Global System for Mobile Communication) 系统运用了现代通信中窄带数字调制解调技术、信源程序编码技术、信道编码技术、自适应均衡技术以及扩频技术 , 使系统具有通信容量大、抗干扰性能强、集成度高等显著特点 , 被越来越多的国家和地区所接受 , 成为当今最流行最成功的公众数字蜂窝移动通信系统。我国于 1995 年开始建设 GSM 网 , 到 1997 年底 , 全国 31 个省市自治区均开通了 GSM 网。

GSM 系统的主要组成部分可分为移动台、基站子系统和网络子系统 , 如图 1-1 所示。

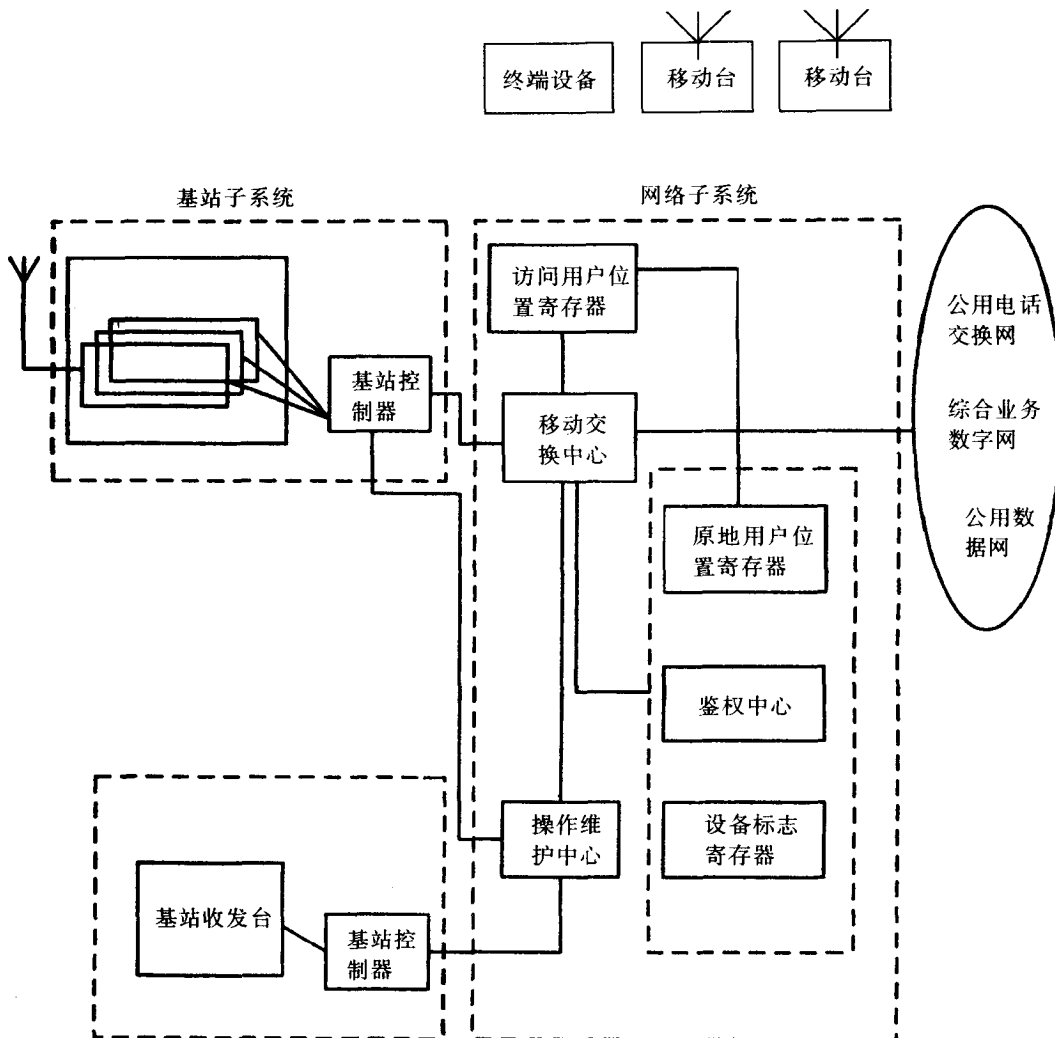


图 1-1 网络系统图

基站子系统 (BS)：由基站收发台 (BTS) 和基站控制器 (BSC) 组成。

网络子系统：由移动交换中心 (MSC)、操作维护中心 (OMC)、原地用户位置寄存器 (HLR)、访问用户位置寄存器 (VLR)、鉴权中心 (AUC) 及设备标志寄存器 (EIR) 等组成。

GSM 系统工作频段为 900MHz，属于 TDMA 时分多址系统。移动台发射频率为 890MHz~915MHz，基地台发射频率为 935MHz~960MHz，带宽为 25MHz，载波间隔为 200kHz，每载波分为 8 个时隙，8 个时隙即为 1 帧，帧长为 4.62ms，传输 270.833kb/s 的数据流。系统采用 GMSK 调制，即高斯滤波的最小频移键控调制，占据带宽 200kHz。

每个时隙即每个时分信道，每 8 个时隙作 1 帧，每 26 帧组成一个复帧 (时长 120ms)，26 帧内有 24 帧传送语音信息；另 2 帧为传送控制信息的控制帧，控制帧同样每帧 8 个时

隙，每个时隙就是一个慢速控制信道，传送有关信令。 GSM 系统还有一种复帧结构，包含 51 帧，专供控制信道用。 GSM 系统的信道分类如下：

(1) 业务信道 (TCH)

业务信道传输话音和数据。

(2) 控制信道 (CCH)

它分为三类：

广播信道是“一点对多点”的单方向控制信道，用于基站向所有移动台广播公用信息。传输的内容是移动台入网和呼叫建立所需要的各种信息。又分为频率校正信道 (FCCH)、同步信道 (SCH)、广播控制信道 (BCCH)。

公共控制信道 (CCCH) 是一种双向控制信道，其用途是在呼叫接续阶段，传输链路连接所需要的控制信令与信息。它又分为寻呼信道 (PCH)、随机接入信道 (RACH)、准许接入信道 (AGCH)。

专用控制信道 (DCCH) 是“点对点”的双向控制信道，其用途是在呼叫接续和通信进行中，在移动台和基地台之间传输必需的控制信息。它分为独立专用控制信道 (SDCCH)、慢速辅助控制信道 (SACCH)、快速辅助控制信道 (FACCH)。

3. 信令方式

在通信系统中用以实现自动控制，有秩序、有效地完成通信接续的指令或命令称之为信令。一个公用移动无线电通信系统具有三类信令：移动交换中心到公网交换局的局间信令；从基地台到移动交换中心之间的信令；移动台到基地台之间的无线信令，这类信令具有呼叫建立、清除、越区转换信道、用户位置登记等功能。目前使用的信令都是数字信令，数字信令信息一般都按帧的方式进行传送。

四、过区切换与漫游

过区切换需做到两点：对移动台区域位置变换的监视检测，使基地台随时能知道移动台所处的位置。根据移动台位置的判别，适时地切换为之服务的基地台，即关闭原业务的基地台发射机，开启新区的基地台发射机，并通过信令联络，使移动台的工作信道调到新区基地台所指定的信道上。移动台位置的检测，用场强比较法。过区切换过程中，信令的传输只能在话音信道上完成。

漫游方式有人工和自动两种。漫游所能实现的区域必须是联网协定的区域，对于漫游用户，首先要履行登记程序。人工漫游服务依赖系统操作员对漫游用户提供临时登记、自动接人和拒绝服务等。自动漫游则全由系统自动地实现，漫游功能的履行，先要对漫游的移动用户的有效性进行识别，其过程为在客区的漫游用户向客区基地台发送信息，报告自身电话号码及身份识别号，该基地台收悉后将信息转到区内的 MTSO；MTSO 对此移动台的身份通过系统提供有效文件查核，以验证移动台的有效性，即是否已申办了漫游登记手续，从而确定是接受还是拒绝服务；客区的 MTSO 证实了漫游台的有效性后，将它的号码存入本区的地址数据库，并通过数据链路将信息通知移动台的原籍 MTSO，供其存储备案，这样原籍 MTSO 就知道了漫游台的新地址。当有用户呼叫漫游台时，首先根据其电话号码，联通原籍 MTSO，通过地址数据库查询，获得移动台的漫游新址，而后通过局间链

路将此呼叫转到客区 MTSO，由它来处理话路接续。

第三节 GSM 数字移动电话系统

一、GSM 系统的结构和业务功能

GSM 作为一个完整的数字移动通信网主要由交换分系统和基站分系统组成，除此以外还有大量移动台作为用户接入移动通信网的用户设备。网络运行部门为了管理整个移动通信系统还需要专门的操作维护分系统。构成移动通信网的各个分系统之间以及分系统内部各功能实体之间都存在大量的接口，GSM 技术规范对这些接口及其协议也作了详细的规定。由此可知，GSM 系统的设备可分为移动站（MS）、基站分系统（BSS）、交换分系统（SSS）、操作维护分系统（OSS）四大分系统设备。

移动站（MS）是移动用户接入 GSM 网络的终端设备实体，它主要负责移动用户接入网络所必需的所有功能。对于网络来说，它负责处理与无线接口有关的功能，并随时向网络报告移动用户的位置、配合网络进行呼叫连接的控制等。对于用户来说，它负责接收用户的指令（如拨号），并向用户提示通信状态等信息。

基站分系统（BSS）主要负责 GSM 系统中与无线及传输相关的系统功能。如提供对无线资源的管理，向交换分系统提供与陆地有线信道对应的无线信道的分配、建立和释放，向移动用户提供通过有限的无线资源接入到网络的方法，以及控制移动用户越区切换管理，为交换分系统提供有限的陆地信道到无线信道的转换，协助交换分系统实现对用户在无线接口上保密等功能。基站分系统主要由基站控制器（BSC）和基站收发信站（BTS）两个功能实体所组成。

交换分系统（SSS）是整个 GSM 系统的控制和交换中心，它负责所有与移动用户有关的呼叫接续处理、移动性位置管理、用户设备及保密管理等功能，并提供 GSM 系统与固定通信网络的互相配合功能。交换分系统分别由移动交换中心（MSC）、原地用户位置寄存器（HLR）、访问用户位置寄存器（VLR）、鉴权中心（AUC）、设备标志寄存器（EIR）等功能实体所组成。

操作维护分系统（OSS）主要提供对 GSM 网络的操作控制和对各个分系统设备进行维护功能，还提供对移动用户的管理、用户签约数据管理和用户计费管理。一般来说，GSM 系统的操作维护可分为两大部分：一部分对基站分系统设备的操作维护（OMC-R），另一部分对交换分系统设备的操作维护（OMC-S）。

二、GSM 系统的编解码技术和调制解调技术

对于数字移动通信系统，数字化包括话音模拟信号的数字化和为增强传输过程的抗干扰、纠错能力而采用的编码技术来处理数字话音信号及数字信令信号的两个方面内容。前者称作信源编码，后者称作信道编码。

话音编码是将模拟话音信号用二进制数码组加以表示并进行传输，而解码是接收端把数字话音信号还原成模拟话音，由受话器放音。话音编码方法有多种多样，GSM 系统采

用 RPE-LTP 话音编码方案，即“规则脉冲激励、长时限预测”编码方案。

信道编码是指在信息发送前，于信息中加冗余码元，以借助接收端纠正或检出夹于信息中，由于在信道传输时受干扰、噪声等所造成的误码。这种监督码元的生成称作信道编码。信道编码主要有两种：分组码与卷积码。

信道编码对于移动通信而言，主要意义不在检错，它的主要目的为纠错。在移动通信中，信道产生的误码有两种：一种是随机性误码，表现为单个码元出错，它是由噪声随机引发的；另一种为突发性误码，表现为连续数个码元均发生差错，为群误码，多由传输中的衰落或阻塞等造成。信道编码必须具备有克服这两类误码的能力。

在数字移动通信系统中，用数字信号对射频载波进行调制，要求能在较低的信噪比下获得所要求的误码率。GSM 制采用 GMSK 的调制方式，它是在 MSK 即最小频移键控之前加上一个高斯型滤波器，用以抑制旁瓣输出的调制方式。

三、GSM 系统的技术指标及其测试

数字移动通信系统与模拟移动通信系统的最根本区别在于：数字移动通信系统中包括话音等在内的业务信号及信令信号在无线传输、交换过程中都是数字化的信号，因而评价数字移动通信系统设备性能的技术指标不再以模拟话音的信噪比为基础，而采用数字化业务信号及信令信号的误码率等作为衡量标准。对于原始信号为模拟信号的电信业务（如语音业务），还需要采用其他的评价标准（如对话音采用灵敏度/频率响应及响度评定值等指标）来评定设备的数模转换/模数转换等部分的性能。

(1) 发信机技术指标及其测试

平均载频功率：指发信机输出的平均载波峰值功率，它是对该载频时隙突发脉冲串的有用信息比特部分测量的功率的平均值。

发信载频包络：指发信载频功率对于时间的关系。该测试是验证发信机发射的载频包络在一个时隙期间是否严格满足 GSM 规定的 TDMA 时隙幅度上升沿、下降沿及幅度要求。

发信机的射频功率控制：鉴于移动通信的远近效应，与基站通信过程中必须对移动台的发射功率进行控制（动态调整），以便既能保证移动台与基站之间一定的通信质量而又不致于对其他移动台产生明显的干扰。同样，也可以对基站的发射功率进行射频功率控制。

射频输出频谱：由于 GSM 调制信号的突发特性，因此输出射频频谱应主要考虑由于调制和射频功率电平切换而引起的对相邻信道的干扰。在时间上，连续调制频谱和功率切换频谱不是同时发生的，因而输出射频频谱可分为连续调制频谱和切换瞬态频谱——分别地加以规定和测量。

⑤杂散辐射：发信机的杂散辐射是指用标准测试信号调制时，在除载频和由于正常调制和切换瞬态引起的边带以及邻道以外离散频率上的辐射。

⑥互调衰减：测量射频发射设备对其非线性单元由于载波的存在和通过其天线进入设备的干扰信号而产生的互调干扰信号的抑制能力。

⑦调制、频率误差和相位误差。

(2) 收信机技术指标及其测试

①灵敏度：指收信机在满足一定的误码率性能条件下收信机输入端需输入的最小信号电平。测量收信机灵敏度是为了检验收信机模拟射频电路、中频电路及解调、解码器电路的性能。

坏帧指示性能：在收信机中，对正常的话音传输和信令传输通常采用循环冗余校验码（CRC）来检测无线接口中的话音和信令错误。当采用非连续传输（DTX）操作，无话音信号发送到收信机时，同样需要这样的附加信息来检测传输错误。因此在DTX操作时，对话音信道就采用话音解码器的“坏帧指示”（BEI）来检测话音传输错误，采用控制信道上的“删帧指示”（FEI）来检测信令传输错误。

可用输入电平范围：是测量收信机在满足规定的误比特率或帧删除条件下，收信机可以使用的输入电平范围。它主要用于检验在标称条件（无干扰信号，输入信号电平为 -85dB/M ）和不同的传播条件下，TCH/FS的第二类无保护比特的误比特率是否满足要求，以及收信机可使用的最高输入电平范围是否满足要求。

阻塞和杂散响应抑制：是测量收信机由于在那些非杂散响应或相邻信道频率上无用信号的存在而引起的收信机接收有用信号的质量降低不超过一定限度的能力。

同频干扰抑制：是测量收信机在干扰信号存在于有用信号的频率上时，收信机接收有用信号的质量降低不超过一定限度的能力。这个功能主要是检验收信机中均衡器的性能。有用信号和干扰信号都是已调制信号，且在同一个频率和时隙上发送到收信机的输入端，然后测量收信机抑制干扰信号的能力。

⑥邻道干扰抑制：是测量收信机在干扰信号存在于有用信号的相邻信道（包括相邻时隙和相邻频道两种）上时，收信机接收有用信号的质量降低不超过一定限度的能力。这个功能主要是测量收信机的邻道选择性性能。有用信号和干扰信号都是已调制信号，对相邻时隙选择性的测量隐含在收信机灵敏度的测量中。

⑦互调响应抑制：是测量收信机在与有用信号频率有某一特定的频率关系的两个或多个干扰信号存在时，收信机接收有用信号的质量降低不超过一定限度的能力。它主要是测量收信机射频前端部分中频滤波器、混频器及中频放大器等的线性性能。

⑧杂散辐射：指那些除了由于正常调制和切换瞬态而引起的在载频、边带和邻道的频率上产生的功率发射以外，由设备、天线连接器处或通过电源引线引起的辐射。收信机杂散辐射是指基站或移动台的收信机在其发信机不发射功率时由收信机引起的杂散辐射。

第二章 GSM 数字移动电话的工作过程和 功能电路的工作原理

第一节 GSM 数字移动电话的通话工作过程简介

当某个移动用户呼叫另一个移动用户时，或者市话网中某个固定用户和某个移动用户之间相互呼叫时，通信网络就开始进行一系列的操作。这些操作涉及到网中全部设备：基站、移动台、移动交换中心、各种数据库以及网络的各个接口。这些操作要按一定程序，建立或释放有关的控制信道和业务信道，对用户和设备进行识别和鉴权，完成无线链路和地面有线链路的接续，直到主呼用户和被呼用户之间建立起点到终点的通信链路，并开始通信，这一过程即为接续过程。

当移动台从一个位置区转移到另一个位置区时，要建立用户之间的通信链路，或保持用户之间的通信不因过区而中断，也要靠网络的各个部分的一系列操作来支持。这些操作涉及到网络的许多功能，最突出的是关于移动用户的位置信息的登记、交换和更新，以及移动用户过区切换的控制和实施。

1. 移动台 MS 的状态

对移动台 MS 来讲，它具有以下状态：

(1) MS 关机

MS 处于关机状态时，已脱离网络，即“分离”。

(2) MS 开机

空闲状态，这种状态下，系统可以寻呼到 MS。当 MS 移动时，通过测试检查，MS 连接到接收性能最好的广播信道上，即处于漫游。MS 还必须通知网络其位置区的变化，进行位置更新。

(3) MS 工作

此时，无线网络分配给 MS 一个业务信道传送语音或数据。当 MS 移动时它必须有能转到别的信道上，即切换。为了决定是否需要切换及怎样切换，系统要对来自 MS 和 BTS 的信息进行判断分析，即定位。

2 漫游与位置更新

开机空闲状态的连续移动 MS，它被锁定在一个已选定的无线频率，即某小区的 BCCH 载频上，此载频的零时隙有 BCCH 和 CCCH。当 MS 向此小区的 BYS 方向移动时，信号强度会减弱，MS 会因信号强度太弱而决定转到邻近小区的无线频率上。

3. 移动用户位置登记

位置登记是通信网络为了跟踪移动台的位置变化，而对其位置进行登记、删除和更新的处理过程。位置信息存储在原地用户位置寄存器（HLR）和访问用户位置寄存器

(VLR) 中。

位置区的标志在广播控制信道 (BCCH) 中播送, 移动台开机后, 应可以搜索此 BCCH, 从中提取所在位置区的标志, 如从 BCCH 中提取的位置区标志和原来用的位置区标志不同, 则说明移动台已进入新的位置区, 必须进行位置更新处理。

4. 呼叫过程

(1) 寻呼

当呼叫 MS 的路径由到达该 MS 所登记的 MSC/VLR 后, 此 MSC/VLR 向 MS 发寻呼信息, 这个信息在整个位置区内广播, 即位置区内所有基站收发信机都要向 MS 发送寻呼信息, 位置区内正在接收 BCCH 信息的被叫 MS 便会收到此寻呼信息并响应。

(2) MS 主呼

MS 处于激活且空闲状态, 此用户 A 建立呼叫, MS 通过 RACH (随机接入信道) 向网络发第一条信息“接入请求”, MSC/VLR 便分配给它一专用信道, 查 A 用户的类别并标记此用户忙。如网络允许此 MS 接入网络, 则 MSC/VLR 发证实接入请求信息, 接着, MS 发呼叫建立信息及被叫 B 用户号码, 此用户号码直接被送到 MSC/VLR (A 为移动用户) 或送入固定网 (PSTN) 转接交换机 (B 为固定用户) 中进行分析, 一旦通往 B 用户的链路准备好, 网络便给 MS 呼叫建立证实, 并给它分配专用业务信道 TCH。至此, 呼叫建立过程基本完成, MS 等待 B 用户响应的证实信号。

(3) MS 被呼

系统通过寻呼信道 (PCH) 呼叫移动用户, 移动用户在 RACH 上通过发寻呼响应信息来应答, 然后, 系统通过 AGCH 为手机分配一个 SDCCH。最后系统与手机交换必要的信息, 如: 鉴权、加密模式、建立住处等信息, 以便识别手机后, 给予手机分配一个业务信道 (TCH), 即可在 TCH 上开始通话。

(4) 定位和切换

将一个正处于呼叫建立状态或忙状态的 MS 转换到新的业务信道上, 这个过程称为切换。切换是由网络决定的, MS 只向基站系统 BSS 发送有关信号强度和传输质量的信息, BSC 根据这些信息对周围小区进行比较排队, 即“定位”。

第二节 GSM 数字移动电话功能电路的基本原理

天线及天线双工器: 为减小大地对传播损耗的影响, 移动台的发射和接收都使用垂直化天线。移动电话是双工工作的, 收、发共用一根天线, 为避免信号功率的相互串入, 在天线之后要接入双工器, 天线所接收的信号经过双工器进入接收机功能模块; 发射机模块输出的功率信号也经此双工器后, 才馈入天线发射出去。双工器的主要技术要求是插入损耗要小, 隔离度要高。

锁相环频率合成器: 移动电话的工作频道是由基地台通过信令指定的。移动电话在开机后入网初始化的阶段, 要对一组控制频道进行信道扫描, 这要求移动电话接收和发射电路作相应的频道调谐。用锁相环频率合成器作接收机中的本振信号产生器, 在微处理器的编程控制下, 可顺序产生不同信道的本振信号。在发射机电路中, 用锁相环频率合成器作

频道载波振荡器，能获得高稳定度的中心载波频率。

逻辑控制器：用微处理器作为移动电台的控制逻辑单元或控制器一般具有下列功能：编码、解码、选择呼叫；定时、限时发射和发射禁止；频道自动选择和扫频控制；自动静音和自动功率控制；键盘操作与显示；自动故障诊断和告警。

收、发信机电路：发信机的功能是将语音、数据、信令调制于载波上，经天线把载波信号发送出去，而受信机的功能则是其反过程。它们的工作原理如图 2-1 所示。

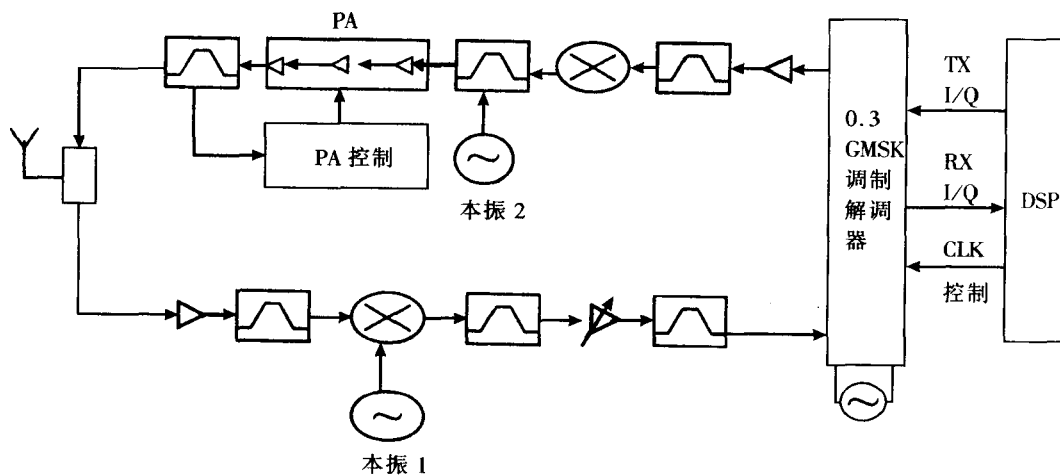


图 2-1 收信机、发信机电路原理图

第三章 GSM 数字移动电话维修常识

第一节 GSM 数字移动电话结构与信号流程

在进行手机维修之前，必须了解它的结构。机械方面比较简单，主要指手机的外壳、电路板、麦克风、扬声器、显示屏的拆装顺序和拆装特点，通常每一型号手机需专用拆装工具。从信号角度讲，GSM 手机是一个相当复杂的系统，各型号手机的电路结构、所用的元件、排板布线等均有很大差异。但从信号的流程来讲，所有手机的信号流程又大致相同。GSM 手机信号原理框图如图 3-1 所示。

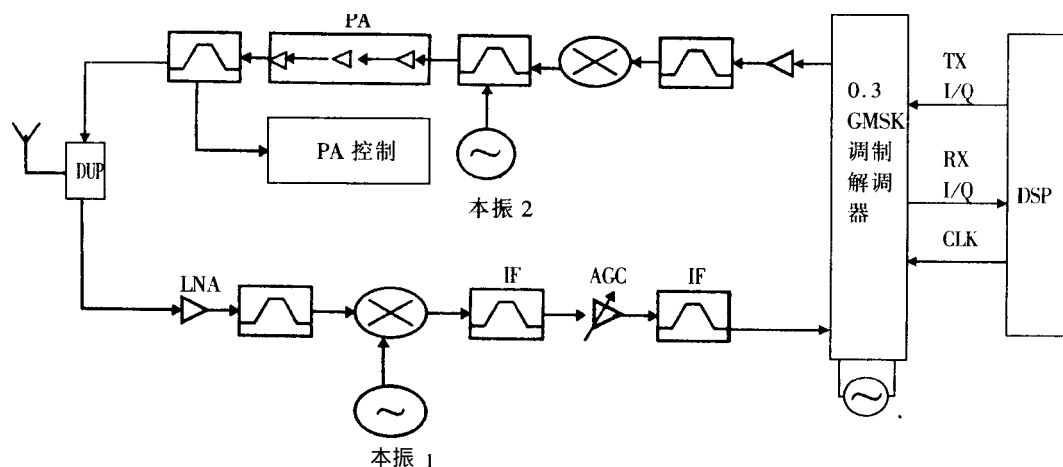


图 3-1 手机信号原理框图

GSM 手机电路可分为射频电路和数字逻辑电路两大部分，射频电路负责射频信号的处理，数字逻辑电路负责音频信号和逻辑控制信号的处理。从图 3-1 上的射频电路部分可看到，从天线进来的信号首先进入双工器 DUP，然后进入一个低噪声放大器 LNA，经过 LNA 放大的信号与接收本振混频，下变频到中频 IF 信号，有的型号手机可能只有一级变频电路和一级 IF 信号，有的手机的接收信号可能会经过二级变频，有二级 IF 信号经过混频的信号滤波后进入有自动增益控制的中频放大器 AGC、IF 放大器中放大，滤波后的 IF 信号送到 0.3GMSK 调制解调器中解调出 I 和 Q 二路信号，I、Q 信号可进一步送到 DSP 中进行自适应均衡等处理，以消除传送过程中的各种衰落与干扰。有的手机信道检验、纠错解码功能也放到 DSP 中。当手机开机登录时，它将当前小区发出的 BCH 广播信道的同步信号 SCH、FCH 锁相，使手机基础本振锁定在基站的频率基准上。手机通常有一基础本振信号，其频率通常为 13MHz，或是其整数倍。手机的接收与发射本振通常由基础本振变频得到，因此一旦基础本振锁定之后，TX/RX 本振也就锁定了。

在射频发射回路上，从 DSP 过来的基带信号在 0.3GMSK 调制解调器中进行调制，其输出为一中频调制信号，一般在几十兆赫至一百多兆赫，经过适当的放大，滤波器与发射本振混频，上变频到发射频点上去，经过滤波后进入功放电路，功放电路一般由多级放大器组成，可以是普通三极管的功放，也可以是专用功放芯片，功放增益控制一般根据输出功率等级、输出频点来决定其输出的增益控制电压。功放以后的信号经滤波器、双工器后进入天线发射出去。

数字逻辑电路主要有主处理器 MCU、语音编解码器、外设控制驱动等电路。主处理器实际上是 GSM 的大脑，它控制各部分电路协调工作，另外还负责通信过程中呼叫接续控制等信令的操作。从 DSP 过来的数据，如果是信令，就由 MCU 处理；如果是语音，则送到语音 CODEC 去处理。MCU 通常还带有 EPROM、FLASH ROM、RAM、ROM 等存储体作为其程序、数据的存放处。语音 CODEC 主要是对话音信号，依据 GSM 语音信号 RELP-LTP 编解码方案，进行语音信号的编解码，同时也包含一部分信道编码，如交织、CRC 处理等。语音 CODEC 一般通过语音控制驱动芯片与麦克风、扬声器等外设相连，一方面是驱动外设，另一方面是保护 CODEC 芯片。手机上的其他外设，如电池、充电器、键盘、显示面板等一般也有专用的接口电路接到 MCU 上，接口电路同样也起着保护 MCU 的功能。

第二节 GSM 数字移动电话故障维修

一、GSM 数字移动电话常见故障

GSM 手机属高科技产品，它融现代通信、计算机控制与微电子技术于一体，制作精巧、电路集成度高、功能丰富。但它和其他任何电子产品一样，会由于使用者操作不当、环境变化、元器件老化等诸多原因而产生故障。按其故障成因，可分为直接故障与间接故障两大类。

1. 直接故障

它又可分为软件故障和硬件故障。

软件故障是指在手机的电路元器件完好的前提下，手机不能正常工作。手机由逻辑控制电路、音频电路和射频电路构成。各部分的协调工作，依赖于信令的传递，选择逻辑控制和信息处理方式，从而对信令作出正确响应。储存于主处理机（CPU）的存储器中的控制运行程序即所谓“软件”是引导手机工作的指令与数据，它们的任何差错，都会导致手机工作失误或不正常。这类故障的排除是使用专用仪器重置软件出厂值。

硬件故障是因手机内部的电路或元器件的损坏，而导致它不能正常工作。硬件故障是由于构成的物理介质直接失效或性能偏离要求而产生的。

在手机故障检修中，应先作软件故障判断，只有排除了软件故障怀疑之后，才考虑硬件故障的可能性，进而拆卸手机进行维修。

2. 间接故障

这种故障往往由于使用不当，或操作有疏忽所造成。

机器使用 SIM 卡无效时，其故障可在机器反映，可查看卡是否正确装好，卡的触点

有无脏污、变形，如有应重装或小心擦拭，损坏的卡要更换。

机器使用的电池，当其失效时，可导致机器不开机、低电告警等故障，可卸下电池直观检查，用万用表测量其电压，无电要充电，损坏电池则要更换，接点有锈、刮伤或变形要用工业酒精擦拭或矫正。

手机连不上网络。这种故障原因有信号太弱、已超出 GSM 网络覆盖区、SIM 卡无效、网络因某种原因出现问题这四种可能，可采用移动接收位置、避开建筑物阴影区等方法解决。对于非覆盖区，这些办法是无效的。

手机显示屏显示“PHONE LOCKED”，表明手机已上锁，要输入开锁的保安密码，如忘记保安密码，需与电信网络经营部门联系。

键盘不起作用。键盘有锁定功能，显示器也有“KEY LOCK”，提示，要进行键盘解锁操作。

⑥手机偶然浸水。这会造成整机内部电路的损坏，首先要用柔软干布擦拭，特别擦拭电池触点，要把电池卸下，SIM 卡取出擦干，不可拆卸机身，不可急于开机试用。

⑦手机摔损。这会造成内部电路损坏，若不工作，请先将电池和 SIM 卡取出，然后再重新装上试机，如不正常，应送修。

3. 手机常见故障及查找方法

手机常见的故障主要表现有：不能开机、启动后显示屏或指示灯不指示、无网络、键盘输入无响应、呼出不能实现、单方通话、话音音量过小或话音失真、电池耗电量偏大、灵敏度降低、信噪比和音质下降等。故障成因及基本查找方法如下：

因为机器采用表面安装技术，其元件基本上采用粘贴焊接安装。所以各种作用力都容易造成元件与焊盘板分离，引起电路故障。故障的诱发点可采用按压元件方法查找。

由于机器部分采用数字逻辑电路，其输入阻抗甚高。当焊盘板受潮时，将会产生电平翻转，引起电路故障。故障的诱发点可采用测量焊盘板绝缘阻抗，同时采用人工加热方法查找。

因为数字逻辑电路的电气传输，主要为数据传输，而且需要与时钟同步运行。当电路焊点因氧化形成接触电阻增大，产生噪声，引起软件故障。排除此类故障，采用对元件焊点补焊方法。

因为机器的电路大部分采用局部分立供电，所以可采用单独供电法，检查对应电路的静态功能。

当机器消耗电流大，而又难以判断故障由哪个集成电路元件引发时，可采用电流方法，对电路加上对应的工作电压，利用元件通过较大电流而使温度上升判别元件损坏程度。

二、数字移动电话维修的基本步骤

为了准确判断故障，对手机作检修前的状态和性能检查是非常必要的。一般来讲，维修过程如下：

1. 手机拆卸

不同的手机，其机械结构是不一样的，一般要使用专门拆装工具拆卸外壳。外壳拆开

后再拆卸其内部的电路板。一般内部电路板和附件主要有键盘按钮板、射频电路板和音频电路板（有时两者综合在一块电路板上）、麦克风/扬声器、翻盖、垫片及屏蔽隔离板等。一般射频/音频板与键盘按钮是通过扁平排线或连接适配插座连接的，麦克风多与键盘、按钮板在一起，而扬声器通常在手机前外壳上部，拆装时需注意手机各电路板与附件的关系，避免拆某一部分电路时损伤另一部分电路。

2. 视觉检查

打开外壳拆出电路板后，先作视觉检查。通常包括：

电路板上有无 IC 器件管脚虚焊翘起，电阻、电容等贴片封装器件有无脱落。

电路板有无损坏。因其为多层印制板及软线路板，连线较细，容易断裂、变形，造成线路开路、连接不良。

电路板及附件之间的连接是否可靠，有无连线断开。

天线、电池、麦克风、扬声器等附件有无破损断裂。

电路板有无污损进水现象。手机进水污损，会因水中各种杂质和电解质，导致元器件发生故障，特别是加电时进水或进水后未干就立即加电极易导致手机的 IC 器件损坏。同时，当进水挥发完后，电路板上留有杂质污损，会改变电路板各项分布参数，导致性能下降，指标劣化。

除了视觉检查，还可根据其他一些外在现象分析判断，如以某一 IC 芯片工作时温度过高超出正常值等这一类现象来判断。

3. 故障定位

完成视觉检查，排除基本电气和机械故障之后，再进行电路分析，进一步确认元器件的故障所在并进行维修。特别强调的是，一些手机工作数据，如主要芯片主要管脚的供电电压，输入输出波形，射频电路板上各个测试点应有的信号电平与频率等，这些测试参考数据，对同型号手机的故障定位非常实用有效。根据手机的故障现象，可把故障分为两大类：一类是手机彻底不工作，不能建立呼叫通话，故障即可能在发射、接收部分，也可能在电源、音频、逻辑等部分；另一类是手机可以建立通话，基本可以工作，但通信质量不好。

4. 故障维修

检修方法是对故障表现相关的功能电路进行逐级检测。以摩托罗拉机型为例，通常检查顺序为：

电源供电部分：依次检查外设控制驱动芯片有无外输入电压、外设控制芯片有无相应各路电压输出、各个主要芯片及三极管上有没有正常供电电压。

②13MHz 时钟部分：调制解调芯片上有一锁相环电路，手机加电后，锁相环电路将输出一个时钟信号，它将送到电路板上各个需要时钟的芯片上，如 DSP、MCU、语音 CODEC。时钟不正常，则会导致芯片不工作。时钟部分的故障通常由 13MHz 晶振、Modem 芯片造成。

音频逻辑电路板：主要利用厂家预置的自诊断程序检测。一般的测试对象为：MCU、语音 CODEC、RAM、EEPROM、ROM、Modem、DSP、外设接口驱动等芯片。这些芯片的某一个不能通过测试，则说明这个芯片肯定有故障，需更换。如果全部通过测试，

明各部分数字逻辑电路正常。

射频发射电路：发射部分主要包括 0.3GMSK 的 Modem 芯片、混频器、本振源、滤波器、普通放大器和功率放大器以及功放控制电路。任何一级发生故障都可能造成无 RF 信号输出。从 Modem 出来的一中频信号，经滤波、混频后为所设定信道上的射频调制信号，经功放后达到设定的功率电平，并且在 PA 控制器的控制下形成相应脉冲，如手机在线测试口无信号输出，需要从 Modem 芯片中频输出开始，利用频谱分析仪，一级一级向前找，查找信号究竟中止在哪一级。故障的原因可能会很多，如本振调谐频率不对，滤波器故障，Modem 芯片无 IF 信号输出，PA 烧坏，PA 控制器有故障等等。

射频接收电路：在测试模式下的手机可以接收来自键盘或 PC 机控制软件的指令，将其接收频率调谐到相应频点上，如果手机的 RX 部分基本正常，则手机可以测出其接收到的射频信号强度 RSSI，并可以解码 BCH 信道中自带的相应信息，如基站色码等信息，这些信息可以在手机上直接读出显示或回送到 PC 机上显示。如果手机不能提供以上信息，则说明手机接收电路部分有问题。需要从射频信号入口一级级检查到 Modem 芯片的中频入口，查找信号故障在哪一级。

5. 手机外壳装配

它是手机外壳拆卸的反过程。

第三节 数字移动电话维修必要的工作环境、仪表工具

一、工作环境

抗静电措施：手机是一个集成度非常高的产品，它内部有大量的大规模集成电路芯片，众多的 IC 芯片由于采用了低功耗的 CMOS 设计，对静电非常敏感。人体带有大量静电，特别是北方的秋冬季，气候干燥，没有一定的防静电措施，手机芯片很容易受到损伤。要配备：抗静电垫、接地线、防静电腕带。

屏蔽与干扰：工作时，周围可能有基站在发射 TACS、GSM 信号，如没有屏蔽措施，测试所用频点又正好与某基站发射频点相同，此时对 GSM 手机接收部分的测试往往有很大误差。解决这个问题，最好是建立屏蔽房。

二、常用维修工具

扁平 IC 拨放台	技术参数	
	工作电压	110V/220V
	加热温度	100℃ ~ 420℃
	功率	250W
扁平 IC 拨放烙铁	技术参数	
	充满可燃气体，工作时间约	75min
	热输出：铁使用最高	450℃，等效电烙铁 15W ~ 60W 热风使用最高 650℃

防静电电焊台	技术参数	
	工作电压	110V ~ 220V
	加热温度	200℃ ~ 420℃
恒温电烙铁	功 率	60W
	技术参数	
	工作电压	220V
助焊剂	功 率	20W ~ 30W
	化学名	
	石油气碳化水素	
冲洗剂	技术参数	
	不含氯、不含酸性	
	不含氯氟碳类或氟里昂，可快速清洗焊盘板内松香、油脂、有机及无机污染物	
助焊剂清除剂	溶解助焊剂，不含 CFC，不损塑料材料，不留残余物，挥发性好	
	超声波清洗箱	
	技术参数	
恒温干燥箱	AC220V 25W	
	技术参数	
	工作电压	220V
	功率	200W
频谱分析仪	温度调整：室温升	5℃ ~ 80
	技术参数	
	分析频宽	0.15MHz ~ 1 050MHz
	信号输入灵敏度	- 100dB/min ~ + 13dB/min
	视频带宽	125kHz ~ 350kHz
	4 数位频率显示	分析度 100kHz
	输出频宽	0.15MHz ~ 1 050MHz
示波器	输出信号	- 50dB/min ~ + 1dB/min (50Ω)
	技术参数	
	测量范围	DC ~ 100MHz
	实时储存	1CH: 40ms ~ 1s 2CH: 2ms ~ 1s
模拟万用表		
数字万用表		3 $\frac{1}{2}$ 位或 4 $\frac{1}{2}$ 位
数字频率计数器	技术参数	
	输入测试接口	120MHz/1.3GHz
	灵敏度	10mV/ms