

# GSM 手机维修

# 培训教程

冯 英等 编



贵州科技出版社

# GSM手机维修培训教程

冯 英等 编

贵州科技出版社

• 贵阳 •

## 内 容 提 要

本书介绍了数字移动通信技术基本原理，GSM蜂窝系统及其移动台的一般工作原理，给出了单频、双频手机电路的构成及检修要点，并例举了几款常用新型手机，详细介绍了其工作原理及常见故障分析，并给出了原理方框图、电路原理图及主要测试信号特性和测试方法。

书中每章后面都附有思考题、习题及选择测验题，并给出了部分答案，对从事或初步从事GSM手机维修及培训的技术人员来说，能够起到举一反三的作用，具有一定实际参考价值。

---

### 图书在版编目 (C I P) 数据

GSM手机维修培训教程 / 冯英等编, —贵阳: 贵州科技出版社, 2001.9

ISBN 7-80662-134-2

I. G... II. 冯... III. 时分多址—移动通信—携带电话机—维修—技术培训—教材 IV. TN929.532

中国版本图书馆CIP数据核字 (2001) 第045585号

---

贵州科技出版社出版发行

(贵阳市中华北路289号 邮政编码: 550004)

出版人: 丁 聪

四川省保真现代彩印厂印刷 贵州省新华书店经销

787mm×1092mm 16开本 15印张 336千字

2001年9月第1版 2001年9月第1次印刷

印数: 1~3 000册 定价: 18.00元

# 目 录

## 第一章 GSM系统及手机理论

|       |                 |    |
|-------|-----------------|----|
| 第一节   | GSM系统含义         | 1  |
| 第二节   | 数字通信的几个技术问题     | 1  |
| 第三节   | GSM的空中接口        | 10 |
| 第四节   | GSM系统的主要组成      | 15 |
| 第五节   | GSM的区域、号码、地址与识别 | 17 |
| 第六节   | GSM系统与GSM手机的联系  | 21 |
| 第七节   | 双频GSM系统简介       | 26 |
| 第八节   | GSM移动台          | 31 |
| 第九节   | GSM数字手机         | 37 |
| 第十节   | GSM双频手机         | 40 |
| 第十一节  | GSM手机检修要点       | 41 |
| 小结    |                 | 42 |
| 思考题   |                 | 43 |
| 习题    |                 | 43 |
| 选择测验题 |                 | 43 |

## 第二章 GSM手机电源电路

|       |            |    |
|-------|------------|----|
| 第一节   | 概述         | 45 |
| 第二节   | 电源电路工作原理   | 45 |
| 第三节   | 电源电路故障检修要点 | 51 |
| 小结    |            | 51 |
| 习题    |            | 52 |
| 选择测验题 |            | 52 |

## 第三章 GSM手机射频电路

|     |          |    |
|-----|----------|----|
| 第一节 | 概述       | 54 |
| 第二节 | 射频电路工作原理 | 54 |

第三节 射频电路检修要点..... 70

小结..... 71

思考题..... 72

习题..... 72

选择测验题..... 73

第四章 GSM手机逻辑/音频电路

第一节 13MHz时钟产生电路..... 74

第二节 逻辑/音频电路工作原理..... 76

第三节 逻辑/音频电路检修要点..... 89

小结..... 91

思考题..... 92

习题..... 92

选择测验题..... 93

第五章 摩托罗拉T2688型数字手机

第一节 概述..... 94

第二节 工作原理..... 95

第三节 线路板关键点信号的测试.....105

第四节 手机主要元件表.....110

小结.....110

思考题.....111

习题.....111

选择测验题.....111

第六章 爱立信A1018型数字手机

第一节 概述.....113

第二节 电路工作原理.....113

第三节 线路板关键点信号的测试.....126

第四节 主要元器件性能及引出脚功能.....130

第五节 维修实例.....134

|            |     |
|------------|-----|
| 小结.....    | 139 |
| 思考题.....   | 140 |
| 习题.....    | 140 |
| 选择测验题..... | 140 |

## 第七章 诺基亚8850/8210型数字手机

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第一节 概述.....          | 142 |
| 第二节 电路工作原理.....      | 142 |
| 第三节 线路板关键点信号的测试..... | 153 |
| 第四节 元件表.....         | 162 |
| 第五节 维修实例.....        | 166 |
| 小结.....              | 167 |
| 思考题.....             | 168 |
| 习题.....              | 168 |
| 选择测验题.....           | 169 |

## 第八章 三星SGH-2400型双频数字手机

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 第一节 概述.....     | 170 |
| 第二节 工作原理.....   | 170 |
| 第三节 常见故障分析..... | 189 |
| 小结.....         | 190 |
| 思考题.....        | 191 |
| 习题.....         | 191 |
| 选择测验题.....      | 191 |

## 第九章 摩托罗拉时梭P7689型全频手机

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 第一节 概述.....     | 193 |
| 第二节 工作原理.....   | 194 |
| 第三节 常见故障分析..... | 207 |
| 小结.....         | 209 |
| 思考题.....        | 210 |
| 习题.....         | 210 |

选择测验题.....210

第十章 科健系列数字手机

第一节 科健KGH-2000型中英文手机.....212

第二节 科健KGH-3000C型智能手机.....218

第三节 科健KGH-3800型双频数字手机.....221

小结.....230

思考题.....231

习题.....231

选择测验题.....231

附:

选择测验题答案.....233

# 第一章 GSM系统及手机理论

## 第一节 GSM系统含义

GSM系统是GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATION（全球移动通信系统）的简称。在历史上，GSM还表示一个称为“GROUP SPECIAL MOBILE”的技术研究小组。实际上，GSM是一个采用时分多址技术（TDMA）的数字蜂窝无线网络。GSM设计组在80年代末设计了GSM通信系统，后来，GSM系统不断完善和发展，标准组织利用许多以往的技术创造了今天被称为“第二代”的GSM系统（GSM系统发展情况如图1-1所示）。

GSM已成为欧洲、亚洲甚至全球重要的数字通信系统，我国于1992年引入欧洲的GSM系统进行实验，并于1995年投入商用。最早的GSM系统仅有GSM900MHz单频段，近年来，世界各国政府又联合制定了GSM的等效技术标准DCS1800MHz，目前，GSM包括了三个并行的系统：GSM900、DCS1800、PCS1900，使得GSM系统容量大大增加。这三个系统功能相同，重要区别是工作频率不同。

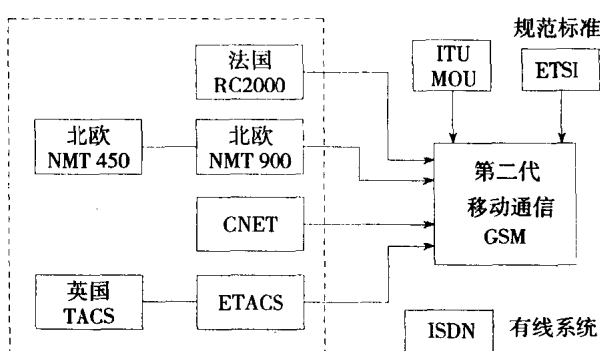


图1-1 GSM发展简图

## 第二节 数字通信的几个技术问题

### 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中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）。选择什么样的多址方式取决于通信系统的应用环境的要求。就数字蜂窝通信网络而言，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直接影响到通信系统的容量，一直是人们研究和开发的热门课题。

#### （一）频分多址（FDMA）

在FDMA结构中，在一定的小区内所有可用的频道按照先来先服务的原则根据需要分配给请求呼叫的用户，或已经接到呼叫的用户，在任何时间，每载频只传送一路电话。任一用户在任何一次通话中都可以分配到任一可用的频道。

在现代的FDMA系统中，可把一个或多个频道留作控制频道。在移动台启动呼叫的情

况下，呼叫的请求，包括拨号数字以及其它启动信息，都在这种控制频道上传送到基站。基站也在控制频道上发送指令，使移动台发出特定的频率，以完成通信（如图1-2所示）。

数字FDMA技术具有以下特性：

每载波单路。每一FDMA频道只传送一路电话。

连续传输。一旦给移动台分配了FDMA频道，移动台和基站同时连续传输。

带宽较窄。FDMA频道的带宽是比较窄的，一般在30kHz或以下，因为FDMA频道仅传送一路电话。当前的趋势是向着更窄的带宽发展，近来提出的若干数字FDMA系统建议采用10kHz或7.5kHz带宽，将来还可采用5kHz带宽。

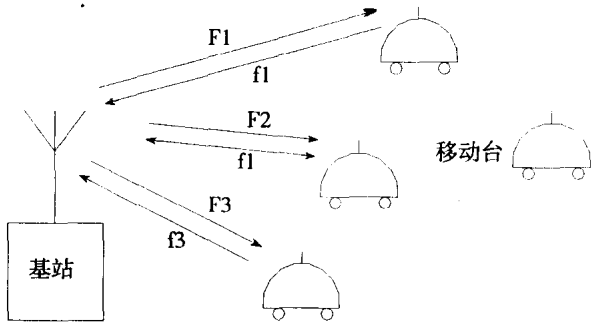


图1-2 FDMA系统的工作示意图

符号持续时间较长。大部分关于FDMA系统的建议中，采用恒定包络的调制技术，预计频谱利用率约为1bit/Hz。在25kHz的频道中，传输25kbit/s，每符号1比特，符号持续时间大约40微秒。与平均的时延扩散相比，这是十分长的符号持续时间。时延扩散视具体环境而定，一般来说最多不过几微秒。按照传统的观点，这是FDMA系统的一个很重要的优点，因为它意味着符号间的干扰可以是很低的，或许不需要自适应均衡。但是，实际上数字信号处理器速度越来越快，价格越来越便宜。

移动台较简单。因为FDMA系统不需要与TDMA系统突发脉冲序列（burst）传输有关的均衡或复杂的成帧和同步，所以有时认为FDMA移动台较简单，也许比TDMA移动台便宜，但这种情况可能是暂时的。TDMA移动台可以设计成用单片数字信号处理器来工作。决定移动台成本的因素，主要在于移动台的无线电子系统，而不是数字基带处理器。

传输费用少。在一个FDMA频道上向移动台或自移动台传输都是连续的，可以像数字电话信号在有线上或微波线路上传输那样，把少数的特殊比特插留其中，以便提供同步、成帧和某些控制信息。例如频道切换指令必须在话音频道中传输，因为频道切换是在通话中发生的。由于传输是连续的，与TDMA系统相比，FDMA系统用相对少的比特就会保持良好的同步。从效果上看，更多的比特可以用于话音传输，或者为了提高信号的抗干扰强度而用于纠错编码。这被认为是FDMA系统的一个主要优点。

共同设备的成本高。所有的FDMA系统，无论是模拟的还是数字的，都有一个严重的缺点，那就是为了满足给定数量的用户通信需求，在基站需要相当多的共同设备，这是由于每载波单路的设计造成的。例如：假定给定的小区中有100个用户，需要有100条频道满足用户的需求，一个FDMA系统在基站上就需要100个频道的设备，即100台发信机、100台收信机等。但是每载波复用4路的TDMA系统，只需要25个频道的设备，即只需25台发信机、25台收信机等就可以为同样数量的用户服务，与FDMA系统相比只需要1/4的基站无线电设备。每台TDMA设备可能更贵一些，但是共用设备的每用户平均成本肯定会低得多。

需要双工器。因为发信机和收信机必须同时工作，所以FDMA系统的移动台必须安装双工器，防止移动台发信机干扰移动台收信机。对于双工器中滤波器的要求是相当严格

的,这使得FDMA系统移动台的成本增加多达约10%。与FDMA系统相比,TDMA系统移动台是不需要双工器的。这是FDMA系统的一大缺点。

越区频率切换的复杂性。因为FDMA系统传输是连续的，所以把频率切换到另一小区的另一频率时，FDMA系统比TDMA系统困难一些，在TDMA系统的情况下，越区频率切换指令可以在空闲的时隙传送。在当代的模拟FDMA系统中，由于需要在话音频道中传输频率切换的指令，因而产生了棘手的“抹掉一部分话音而传输突发脉冲序列”技术。

美国摩托罗拉公司<sup>①</sup>和美国电报电话公司<sup>②</sup>曾建议美国数字蜂窝系统采用FDMA技术，但因其有诸多缺点，未被采纳。目前，FDMA技术主要用于模拟移动系统中。

## (二) 时分多址 (TDMA)

### 1. 时分多址的原理

时分多址是把时间分割成周期性的时帧，每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，使各个移动台在每帧内只能在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移动

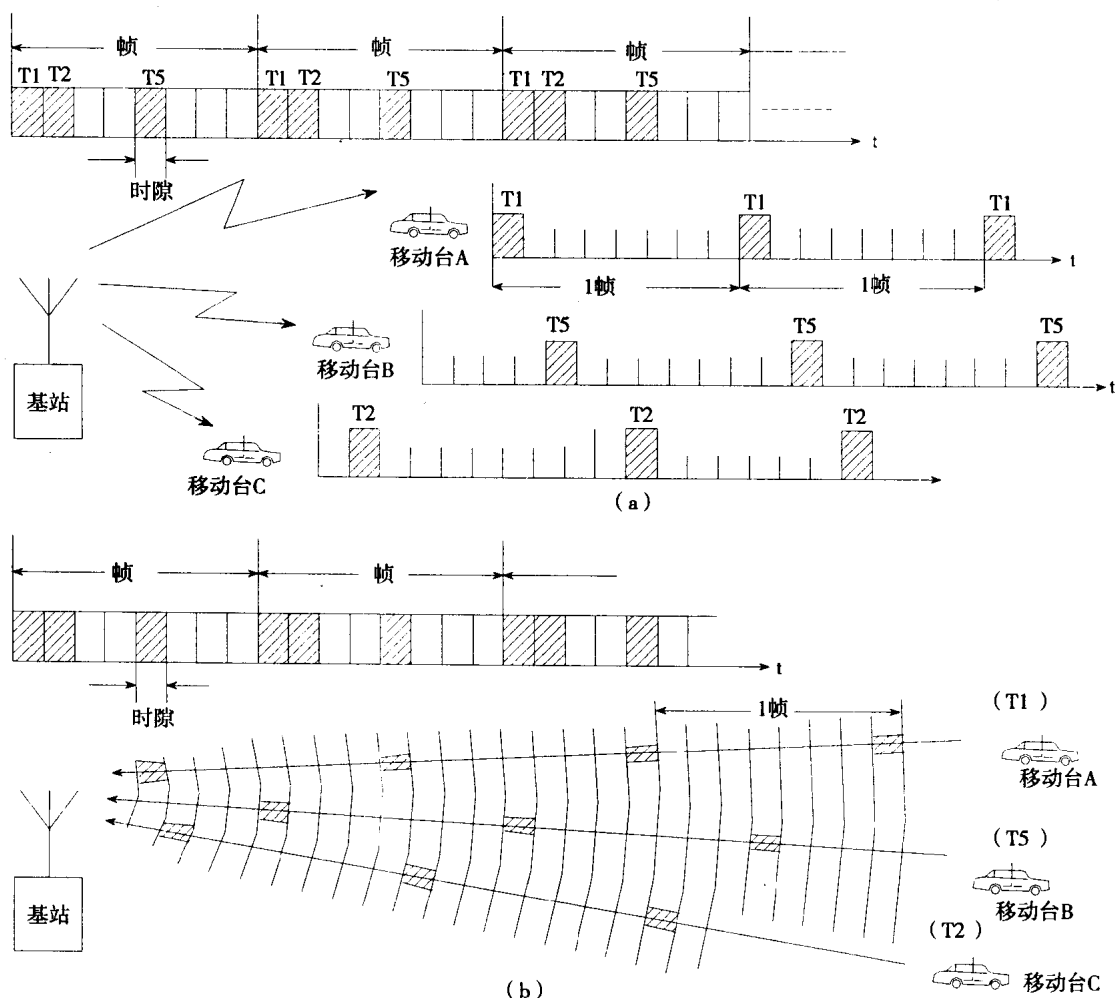


图1-3 TDMA系统的工作示意图

台的信号而互不混扰。同时，基站发向多个移动台的信号都按顺序安排在预定的时隙中传输，各移动台只要在指定的时隙内接收，就能在合路的信号中把发给它的信号区分出来。图1-3是TDMA通信系统的工作示意图。其中，(a)是基站向移动台传输，常称正向传输或下行传输；(b)是移动台向基站传输，常称反向传输或上行传输。

2. 时分多址通信（时帧和时隙）

不同通信系统的时帧长度和时帧格式通常是不一样的。TDMA蜂窝式通信网络所用的时帧长度一般在几毫秒到几十毫秒的范围内。不同系统所采用的时隙格式可能有很大的差异；即使在同一个系统中，不同传输方向（正向与反向）上的时隙格式也可能不尽相同。实际上，不可能规定一种通用时隙格式来适应各种系统的需要。

有的系统因为设置了专用控制信道，其传输业务信令的时隙与传输信息的时隙可以分别考虑。有的系统因为没有设置专用控制信道，其时隙除去传输业务信息外，通常还要插入相应的控制信息。即使在设置专用控制信道的系统中，为了对移动台进行实时可行的控制，也会在业务信道中插入一定的控制信息。

通常在每一时隙的前面插入一定数量的位同步信息，或设置一个特定的时隙同步码。时隙内常包含一些标志符号，这些标志符号可以不止一种，可以有不同的用途，也常常采用不同的名称。有的是为了区分基站的身份；有的是为了标明该时隙及时帧的（防止接收机同步时，错误地锁定到别的时隙上）；有的只是区分业务信息的类型等等。

在移动通信环境中，信号的传播存在着随机时延。因为移动台的位置在通信网内是随机分布的，也是经常变化的，因而移动台和基站之间的距离是一个随机变量。通信距离的不同，使得信号的传播时延也不同，因此，即使移动台与基站的时钟都非常精确，信号到达对方接收机时，也不可能完全准确地浇入对方的时隙。为了防止不同信号因为时延差不同而在相邻时隙中发生交叠，通常在时隙末尾（或开头）设置一定的保护时间。此保护时间对移动台向基站信息传输来说是不可缺少的。保护时间的大小可以根据最大通信距离估算出来。在保护时间内不发送信息。

在移动通信进行数据传输时，因为多径传播引起的码间干扰会明显地使系统的误码率增大，因此接收机通常要采用自适应均衡技术来减少这种码间干扰的影响。为此，深沉类各个时隙中包含自适合均衡所需要的训练序列。

图1-4所示的是一种时隙格式的示意图，该图只说明时隙格式的基本形式，并没有考虑不同系统在不同使用场合下的特殊要求。

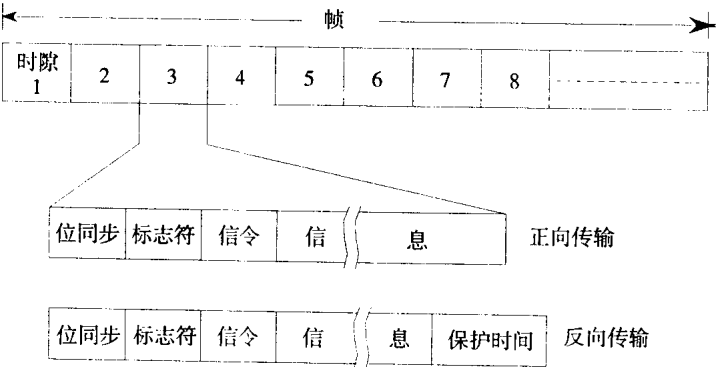


图1-4 TDMA系统的时隙格式示意图

### 3. 时分多址通信系统的同步和定时

同步和定时是TDMA移动通信系统正常工作的前提。因为通信双方只允许在规定的时隙中发送信号和接收信号，因而必须在严格的时帧同步、时隙同步和比特（位）同步的条件下进行工作。如果通信设备采用相干检测，则接收机还必须获得载波同步。

(1) 位同步是接收机正确解调的基础。在移动通信系统中，传输位同步信息的方法有两种：一种是用专门的信道传输；另一种是插入业务信道中传输（比如在每一个时隙的前面发送一段“0”，“0”交替的信号作为位同步信息）。此外，位同步信息也可以从数字信号中提取，这种办法不需要发送专门的位同步信息，但考虑到TDMA通信系统是按时隙来传输信号的，为了迅速、准确而可靠地获得位同步，采用这种方法并不适宜。

由于信号在移动环境中传输时，经常受到干扰、噪声和多径衰落的损害，因而，同步信息必须采取相应的措施以减少它们引起的相应抖动，同时还要防止因为偶然的原因使接收机失步，引起通信中断。

(2) 时帧同步和时隙同步所采用的方法一样。如果需要，可以在每时帧或每时隙的前面分别设置一个同步码。对时帧同步和时隙同步的要求是建立时间短、错误捕获概率小、同步保持时间长和失步概率小。

从提高传输效率出发，希望同步码短一些；从同步的可行性和抗干扰能力考虑，希望同步码长一些。对同步码的码型选择应使之具有良好的相关特性，不易与信息流中的随机比特流相混淆而出现假同步。

(3) 系统定时或称网同步是TDMA移动通信系统中的关键问题。只要全网中有统一的时间基准，才能保证整个系统有条不紊地进行信息的传输、交接和交换，协调一致地对全网设置进行管理、控制和操作。

TDMA系统有如下特性：

每载波多路。如前所述，所有的TDMA系统都是时分多路复用的，至少2路，通常为4路、8路或者16路。

突发脉冲序列传输。在TDMA系统中，移动台信号功率的发射是不连续的，只是发生在规定的时隙，这对于电路设计和系统控制都有很大的影响。它也可能影响到同信道干扰的情况，因为在任何给定的瞬间，正在通话中的移动台仅有一部分在发射信号功率。

不同的频谱利用率，所建议的TDMA系统的带宽大约从20kHz或30kHz（等于今天的模拟频道带宽）到该带宽的10位。选用何种调制技术是影响所需带宽的因素之一。如果选用频谱利用率低的调制技术，则需要更宽的带宽来发射同样速率的比特率。例如欧洲GSM标准应用200kHz的信道带宽，总的信道速率约为270Kbit/s，频谱利用率略高于1bit/s。相比之下，美国国际移动机器公司（IMM）的TDMA系统，每载波复用4路电话，每话路16Kbit/s的速率，应用多状态的调制技术，在20kHz的带宽内可以传送64Kbit/s的数据流，频谱利用率约为3.2bit/s。

符号时间与自适应均衡。某些建议的TDMA系统应用更高的信道速率，最高达300~400千符号/秒，每符号1比特，这能够产生比FDMA系统严重得多的干扰问题。例如，对于300千符号/秒的速率，符号持续时间为 $3.33\mu\text{s}$ ，这大约等于建筑多的市区的时延扩散，即使为了获得2bit/s的频谱利用率而采用4状态的调制技术，符号持续时间也才增加到 $6.67\mu\text{s}$ 。自适应均衡将是绝对必要的。然而，对于较低信道速率的TDMA系统，均衡要求可能比FDMA

系统低。例如，IMM系统速率为16千符号/秒，每符号为4比特，符号持续时间为 $62.5\mu\text{s}$ ，对于平均时延扩散是相对地不受干扰的。对于时延扩散，TDMA系统并不是固有地易受损伤的。任何数字系统易受操作的程序不取决于多址方式，而取决于信道中的符号速率，它本身又取决于所采用的调制技术的频谱利用率。

移动台较复杂。TDMA系统的移动台比FDMA系统的移动台要完成更多的功能，至少在数字信号处理方面是这样。这是不是着急判别还将取决于所采用的处理装置的技术水平。随着处理装置技术水平的提高，TDMA系统移动台所增加处理功能将会变得不成问题。

传输开销大。TDMA系统时隙传输，使得收信机在每一突发脉冲序列上都得重新获得同步。为了把一个时隙和另一个时隙分开，防护段也是必要的，以防止因移动台与基站的距离不同而传播时延不相等，使得离基站远的移动台的突发脉冲序列滑入到离基站近的移动台的相邻时隙。因此，TDMA系统比FDMA系统通常需要更多的开销。一般的看法是TDMA系统的开销可达到发射的比特数的20~30%，但是通过适当的设计是可以减少的。美国IMM公司的TDMA系统的开销占总比特数的9%。TDMA系统的开销总是大于FDMA系统的开销，这是肯定无疑的。但通过适当的系统设计和话音编码方案的选择，TDMA系统的开销是可以降低的。

共用设备的成本低。如前所述TDMA系统与FDMA系统相比主要优点在于每一无线信道为许多用户有效地使用。基站设备的成本大大地降低了。

无需双工器。TDMA系统与FDMA系统相比，成本上的另一优点在于由不同的时隙上发送和接收，有可能完全省掉双工器，用快速开关代替它。用快速开关在适当的时刻开关收、发信机，这会使得移动台的价格降低。

越区频道切换更有效。因为在空闲时隙期间，TDMA系统的发信机是不发射的，所以TDMA系统移动台有机会进行有效的切换过程，尤其是可以避免“抹掉话音而传输突发脉冲序列”的问题，以保持数据传输的完整性。

对于新技术是开放的。当由于话音编码算法的改进而比特速率降低时，TDMA系统的信道更容易重新配置以接纳新技术。在现在的信道速率不改变的条件下，时隙结构可以重新规定，以支持更低比特速率的可变比特速率。例如：如果信道速率是64Kbit/s，分成4个16Kbit/s的时隙，那么分成8个时隙，就可以容纳8Kbit/s的话音编码器。如果按照TDMA系统结构上的其它条件来进行这种修改，那么在基站上的现有设备就很可能被利用。TDMA系统的信道格式可以容纳不同的比特速率、不同的时隙长度。因为信道速率、带宽以及无线传输的其它特性仍然是相同的，所以可以引入这种变化而不改变蜂窝系统的频率配置方案。

在TDMA系统中，改变调制技术也是可能的。例如上面提到过的IMM系统，根据信道条件具有从4相PSK改变到16相PSK的能力。

相比之下，在FDMA系统中接纳新技术就不那么容易了。为了通过降低话音编码速率来提高频谱利用率，就必须重新设计FDMA系统，以工作于更窄的频道。除了对整个系统的影响之外，载干比和频率再用模式也发生了变化。原来的频率再用模式可能由于重新划分频道而遭到破坏，基站上的很多无线电设备也不得不被改变或更换，这会涉及到相当大的投资。

总之，TDMA系统对于不断的技术进展是开放的。因为TDMA系统完全工作于数字领域，所以许多改进可以通过改变软件的方式来实现，对于昂贵的无线电设备只有很小的影响，而FDMA系统只能拆散无线信道本身来改进，它的灵活性就差得多了。

鉴于以上的TDMA系统的优点，欧洲制定了TDMA的GSM标准，美国和日本也已决定采用TDMA的数字蜂窝移动通信系统。

### (三) 码分多址 (CDMA)

扩散频谱系统的多址方式叫做码分多址。每一移动台被分配一个独特的、随机的码序列，与所有别的码序列不同，而且是正交的，也就是说彼此是不相关的。在FH/SS（跳频/扩频）系统中，这种码序列被用来产生独特的频率跳动序列。在DS/SS（直接序列/扩频）系统中，这种码序列被用来产生随机的类似噪声的高比特率信号，这种信号与信息信号相混合以扩散其频谱。

CDMA系统具有如下特点：

每载波传送很多路电话（扩频系统利用单一的或者很多的宽带载波传送很多路电话）。FDMA系统每载波只传送1路电话，TDMA系统只传送几路或几十路电话，CDMA系统则有可能送几百路电话。例如，美国目前的模拟蜂窝系统每小区可以同时为大约55个用户服务，将来采用TDMA系统可以使同时服务的用户数增加到3倍，即每小区165个用户。随着话音编码技术的进步，如采用半速率话音编码器，可以使每小区同时服务的用户数达到330个，但是如果使用码分多址的系统则可能使每小区同时服务的用户数达到1000个以上。

很宽的带宽。与FDMA系统和TDMA系统相比，所建议的扩频信道带宽是很宽的，一般为1~10MHz。

需要自适应均衡器。由于在扩频信道中传输的比特速率很高，符号持续时间是很短的。在DS/SS系统中，信道速率为1Mbit/s，假定采用BPSK或其它二状态调制技术，符号持续时间仅为1 $\mu$ s。这比平均时延扩散短，自适应均衡将是必要的。

移动台可能较简单。有人认为CDMA系统中的移动台与FDMA系统和TDMA系统中的移动台比较是简单的。由于放宽了对滤波器的要求，或者不需要滤波器，这就降低了移动台无线电部分的复杂性，但移动台的数字部分将有可能和TDMA同样复杂。

开销的概念不再适用。开销是为了管理信道所花费的比特，即不能用于话音通信的比特。这种要领很难应用于CDMA系统。整个扩频的概念实际上是以大量的开销构成的方法，这种大量的开销改善了信号与环境噪声和多径传播共同存在的能力。

每用户的共用设备成本低。因为由很多用户分摊基站信道设备的费用，所以扩频系统平均的每用户成本应当是相当低的。

然而，关于扩频技术如何实现和现场性能仍有许多未知因素。美国若干公司存在现场试验采用CDMA的个人通信网（PCN，被称为“第三代”移动通信）。我国在某些地方也建立了CDMA实验网。

## 二、调制技术

### (一) 数字蜂窝系统调制技术的研究

调制过程是用调制信号改变无线电载波信号的某一参数，以便把数字信号传送出去的过程。改变电载波信号振幅的叫幅移键控（ASK）；改变频率的叫频移键控（FSK）；改

变相位的叫相移键控（PSK），也可以同时改变振幅和相位，叫做正交振幅调制（QAM）。由于多径传播衰落对于载波振幅的影响，ASK已被排除在移动通信系统之外。关于数字移动通信系统的某些建议中、实验系统中以及现有的某些蜂窝系统的信令信道中都已采用了FSK调制。

但是用得较多的调制技术还是PSK。PSK以不同的离散相位状态代表来自话音编码器的数字信号。PSK调制包括2相PSK、4相PSK、8相PSK等。QAM调制技术在固定的对点数字微波系统中是一种被广泛采用的技术，它可以产生很高的频谱利用率。QAM调制同时利用载波信号的角度和强度，移动通信的环境对于传统的QAM调制是严重的挑战，然而某些研究者已经提出了在数字移动通信系统中使用QAM调制的建议，这些研究者认为QAM调制在移动信道中是可行的。

目前关于数字移动通信系统的研究中，有两大类调制技术，它们着重于不同的设计目标。一类调制技术是针对频谱利用率；另一类是恒定包络调制，并力求达到窄的功率谱。

第一类是线性调制技术。因为从基带频率变换到无线电载频，以及放大到发射电平，这些技术都需要高度的线性，即低的失真。目前要达到足够的线性，在设计移动台时通常涉及到更高的成本。采用线性功率放大器的移动台比不采用线性功率放大器的移动台成本要高出5~25%。此外，在其它条件（功率、比特差错率、信噪比等）相同时，线性调制的方法比非线性调制方法有希望达到更高的频谱利用率。最重要的线性调制技术是以PSK调制为基础的，尤其是差分PSK调制。

第二类调制技术是恒定包络调制技术，也叫连续相位调制技术。恒定包络调制技术避开了线性的要求，可以使用功率效率高的C类放大器，这就降低了放大器的成本。从恒定包络调制技术中选择出来的调制技术往往具有十分窄的功率谱，因而频谱利用率较低。目前研究的重要恒定包络调制技术是最小频移键控（MSK），尤其是高斯滤波最小频移键控（GMSK）。

1986年国际会议上讨论数字移动通信系统时，关于调制技术几乎全部集中于恒定包络调制。由于GMSK的窄功率谱和不需要线性功率放大器在成本上带来的好处，当时GMSK调制是普遍受欢迎的。到1987年中期，如QPSK等线性调制技术就流行起来了。欧洲的GSM决定采用GMSK调制技术，而美国和日本则计划采用 $\pi/4$  QPSK调制技术。

## （二）GSM采用的GMSK调制技术

调制也可以看作是这样一种过程，即把将要传送的数字信号变换成满足所有的传输媒介的要求，并满足系统设计和运行所提出的要求的形式。

GSM对调制有如下的要求：

1. 将数字信号变换到正确的频段。
2. 能得到良好的频谱利用率的较窄带宽。
3. 可以应用简单的高效功率放大器。
4. 低的带外辐射，以使得对邻近信道的干扰很小。

最小频移辐射，以使得对邻近信道的干扰很小。

最小频移键控（MSK）为二进制数字调频，调制指数为0.5，符合上述前三个要求，但

它具有过高的带外辐射，不满足第四个要求。

把调制信号在调制前滤波是可能降低带外辐射，而同时保持恒定包络性质的。已经发现调制前加高斯滤波器产生的一种信号，具有所要求的特性。GSM在它的GMSK中选择了BT乘积（滤波器带宽乘调制比特周期）为0.3的高斯滤波器。图1-5表示包括GMSK调制方式在内的几种调制方式的已调制功率谱。由图可见GMSK已调制波带外辐射比MSK状态下有降低的情况。

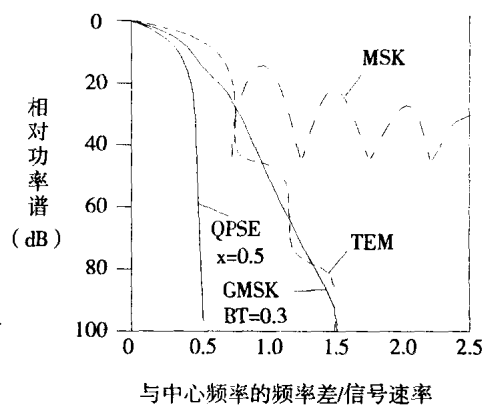


图1-5 几种调制方式的功率谱

三、语音编码技术

(一) 语音编码技术的基本概念

语音编码技术通常分为三类：波形编码、声源编码和混合编码。

波形编码技术的目的在于尽可能精确地再现原来的话音波形。对于电话通信来说，16Kbit/s~64Kbit/s的比特速率提供了很好的话音质量。但在16Kbit/s比特速率以下，话音波形编码器的话音质量通常迅速下降。

声源编码技术是以发声机制的模型为基础的。这种技术确定了一套模拟声带频谱特性的滤波器系数和若干声源参数。把这一套滤波器系数和声源参数传送到收信机，在收信机中合成话音。声源编码技术的一例就是线性预测编码（LPC）。采用这种技术可以把数字话音信号压缩到2~4.8Kbit/s的比特速率范围，甚至于更低，但仅达到普通的话音质量。

混合编码技术包括可以把数字话音信号压缩到16~4Kbit/s之间的若干新的编码技术。这种编码技术将波形编码技术和声源编码技术结合在一起，保持了两种编码技术的优点，尤其是8~16Kbit/s的范围内达到了良好的话音质量。

话音质量的测量是长期存在的一个困难的问题。通常采用1分到5分的主观说不定等级制，这就是所谓的“平均评价得分”等级。按照这种等级制得4分表示高质量的或接近透明的编码。高质量的话音编码有时也叫达到“网路质量”的话音编码。得3.5分表示可以感觉出来的话音质量下降，但不影响下沉的电话通信，这一级叫“通信质量”。“合成质量”表示可懂度很好，但自然度差，不容易识别出讲话者来。这样的话音质量通常不超过3分。

(二) 语音编码技术的现状

表1-1表示当前的语音编码技术的标准化工作、比特速率、典型应用和译码后的话音质量。

当前的语音编码目标是在8Kbit/s达到接近透明或透明的质量；在4.8Kbit/s或更低的速率上达到通信质量。

表1-1 语音编码技术的现状

| 制定标准的机构和时间    | CCITT 1972 | CCITT 1984 | CCITT 1991 | GSM 1988      | CTIA 1989 | NSA 1989 | NSA 1975 |
|---------------|------------|------------|------------|---------------|-----------|----------|----------|
| 比特速率 (Kbit/s) | 64         | 32         | 16         | 8             |           | 4.8      | 2.4      |
| 应用            | 通信网        |            |            | 移动无线电<br>语音邮政 |           | 保密话音通信   |          |
| 话音质量          | 4.1~4.5    |            |            | 3.5~4.0       |           | 2.5~3.5  |          |

图1-6说明话音质量与比特速率的关系。图中实线表示几种编码算法的话音质量；虚线表示相信可以达到的研究目标；圆点表示在64Kbit/s、32Kbit/s、16Kbit/s中能够达到高质量的话音编码算法。64Kbit/s的PCM (G711) 和32bit/s的ADPCM (G721)

注：CCITT——国际电话电报咨询委员会；GSM——欧洲移动通信特别组；CTIA——美国蜂窝电信工业协会；NSA——美国国家安全局。

是CCITT的标准。目前CCITT正在考虑制定16Kbit/s的高质量话音编码的标准，这种技术很可能是混合编码算法。

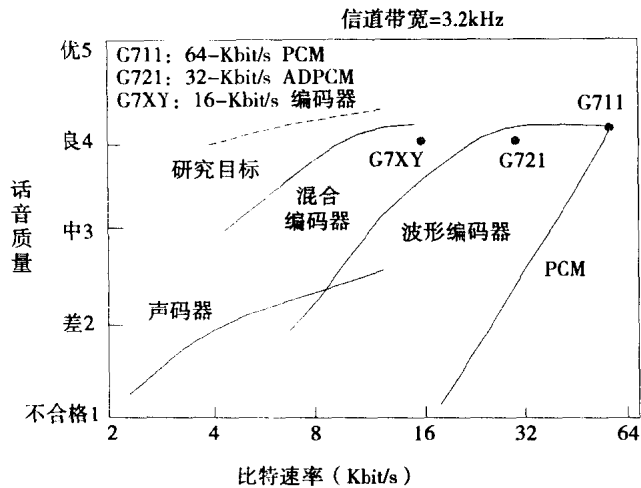


图1-6 语音质量与比特速率的关系

### 第三节 GSM的空中接口

#### 一、GSM空中接口的含义

空中接口又叫无线接口。GSM系统中基站天线与手机天线之间就是无线接口，手机就在这个接口取得GSM系统的服务。

无线接口的特点是：

1. 相差45MHz的上行线、下行线组成一个频率对。手机在打电话时，就使用一对频率。某一个被使用的频率对有一个名字，称为载频序号，从001~124，它们叫做绝对信道号（ARFCN）。常把它们的对应关系列成一张表，一目了然，便于查找，如表1-2所列。

表1-2 不同频道号所对应的频率值

| 载频序号 | 收信频率<br>(下行MHz) | 发信频率<br>(上行MHz) | 载频序号 | 收信频率<br>(下行MHz) | 发信频率<br>(上行MHz) | 载频序号 | 收信频率<br>(下行MHz) | 发信频率<br>(上行MHz) |
|------|-----------------|-----------------|------|-----------------|-----------------|------|-----------------|-----------------|
| 001  | 935.20          | 890.20          | 010  | 937.00          | 892.00          | 019  | 938.80          | 893.80          |
| 002  | 935.40          | 890.40          | 011  | 937.20          | 892.20          | 020  | 939.00          | 894.00          |
| 003  | 935.60          | 890.60          | 012  | 937.40          | 892.40          | 021  | 939.20          | 894.20          |
| 004  | 935.80          | 890.80          | 013  | 937.60          | 892.60          | 022  | 939.40          | 894.40          |
| 005  | 936.00          | 891.00          | 014  | 937.80          | 892.80          | 023  | 939.60          | 894.60          |
| 006  | 936.20          | 891.20          | 015  | 938.00          | 893.00          | 024  | 939.80          | 894.80          |
| 007  | 936.40          | 891.40          | 016  | 938.20          | 893.20          | 025  | 940.00          | 895.00          |
| 008  | 936.60          | 891.60          | 017  | 938.40          | 893.40          | 026  | 940.20          | 895.20          |
| 009  | 936.80          | 891.80          | 018  | 938.60          | 893.60          | 027  | 940.40          | 895.40          |