

最新 GSM 手机

知识要诀

手机原理图解

无线通信系统

知名品牌手机维修

原理与维修大全 (图集)

唐舜尧 谢仓才 主编



电子科技大学出版社

最新 GSM 手机原理 与维修大全(图集)

唐舜尧 谢仓才 主编

电子科技大学出版社

内 容 提 要

本书主要以市面上流行与即将流行的手机为例,深入浅出地分析了GSM手机的维修技术。本书内容丰富,图纸齐全、清晰,详细分析了200多个维修实例,是编者几年来在手机生产、教学与维修实战中的经验荟萃。书中尽量回避高深的理论叙述,着重维修实用性。适合具有一定电子技术的读者阅读,是移动通信专业人员和维修人员的一本较好的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

最新GSM手机原理与维修大全(图集)/唐舜尧,谢仓才主编. 成都:电子科技大学出版社,2000.12

ISBN 7-81065-564-7

I. 最... I. ①唐... ②谢... III. ①时分多址-移动通信-携带电话机-电路理论 ②时分多址-移动通信-携带电话机-维修 N. TN929.532

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第56575号

最新GSM手机原理与维修大全(图集)

唐舜尧 谢仓才 主编

出 版: 电子科技大学出版社 (成都建设北路二段四号, 邮编610054)

责任编辑: 周清芳

发 行: 新华书店经销

印 刷: 四川导向印务有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张 34.8125 字数 846 千字

版 次: 2000年12月第一版

印 次: 2000年12月第一次印刷

书 号: ISBN7-81065-564-7/TN·22

印 数: 1—4000册

定 价: 48.00元

前 言

目前,GSM 手机用户已超过4000 千万用户,但手机维修方面的人才严重短缺。一方面手机的技术含量较高,加之生产厂家不愿透露手机方面的技术资料;另一方面市面上专业维修书籍较少,各培训中心的手机教师较少。这样给维修业的健康发展带来了不良影响。

本书以市面上较为流行或即将流行的手机为例,如摩托罗拉掌中宝系列(328/338)、双频机系列(cd928/928+/938)、新型高档机V998 型等;诺基亚实惠机种系列(5110/6110)、双频机系列(6150 及新款3210)、高档机8810 型;爱立信388/398、768/788 型;三星600C、西门子C2588 及飞利浦等系列机型。详细分析了它们的工作原理及典型故障分析,例举了200 多个维修实例,图集中包括原理图、元器件分布图及维修图。对于初学手机维修者应分别以摩托罗拉328 或GC87、诺基亚5110 及爱立信768 为重点分析实例,配置简便的仪器,如示波器、万用表、热风枪及系列解锁器等,在理论指导下去进行实践,这样会取得事半功倍之效。对于有手机初级维修经验者,主要看新型高档机种,如摩托罗拉V998、诺基亚8810、3210、三星600C、西门子C2588 等机型的工作原理及故障维修方法。

本书特点:注重理论联系实际、分析典型手机、达到点石成金之效。

如果读者从本书中受益,我们感到无比欣慰。同时编者力求资料准确,参考及核对了较多的手机资料,在此我们特别感谢一些手机培训中心提供的参考资料。同时感谢蒋斌、贺士杰、余毅、张棣、叶成、铁明、邹小彬、张木、罗勇、李立等教师提供的手机维修经验。

本书由唐舜尧、谢仓才担任主编,文利、胡宁担任副主编,另外参加编写的人员还有:肖平、唐学波、罗建斌、蒋杰、洪元、吴鹏、王松、邓学坤、周清健、胡浩、朱红、吴启云、余敏、周文、刘健、钟琼、田军谊等。

由于作者水平有限、时间仓促,在编写本书时可能会存在某些缺点和错误,欢迎读者批评指正。

编 者

2000 年10 月

目 录

第1章 数字蜂窝移动通信系统概述	(1)
1.1 数字蜂窝系统的发展与新方向	(1)
1.1.1 数字蜂窝系统的发展史	(1)
1.1.2 TDMA 系统与CDMA 系统性能比较	(1)
1.2 GSM 系统的调制技术	(2)
1.2.1 GMSK 的调制方式	(3)
1.2.2 GMSK 常用的解调方式	(3)
1.3 GSM 系统的语音编码方式	(3)
1.3.1 语音编码的基本概念	(4)
1.3.2 语音编码技术的进展与现状	(6)
1.3.3 GSM 系统实用语音编码技术	(8)
1.4 多址方式和系统容量	(12)
1.4.1 频分多址(FDMA)	(13)
1.4.2 时分多址(TDMA)	(14)
1.4.3 码分多址(CDMA)	(18)
1.5 GSM 手机信号接续与工作频段	(18)
1.5.1 手机开机信号接续过程	(18)
1.5.2 手机通话与空闲过程的说明	(19)
1.5.3 GSM 的工作频段	(19)
1.5.4 DCS1800 数字蜂窝系统特性	(21)
1.6 SIM 卡相关知识与购机常识	(22)
1.6.1 SIM 卡知识	(22)
1.6.2 购机常识	(23)
第2章 摩托罗拉GSM 手机工作原理、故障分析与维修实例	(24)
2.1 摩托罗拉掌中宝328 型手机	(24)
2.1.1 摩托罗拉各种掌中宝型手机比较	(24)
2.1.2 摩托罗拉掌中宝型手机使用功能	(25)
2.1.3 摩托罗拉掌中宝328 型手机工作原理	(26)
2.1.4 摩托罗拉掌中宝328 型手机电路分析	(30)
2.1.5 摩托罗拉掌中宝328 型手机常见故障分析、维修实例	(47)

2.2 摩托罗拉GC87(C)手机	(56)
2.2.1 摩托罗拉GC87(C)手机电路工作原理	(56)
2.2.2 摩托罗拉GC87(C)手机故障分析	(67)
2.2.3 摩托罗拉GC87(C)手机故障实例	(73)
2.3 摩托罗拉338 型手机	(75)
2.3.1 摩托罗拉338 型手机电路工作原理	(75)
2.3.2 摩托罗拉338 型手机常见故障分析	(101)
2.3.3 摩托罗拉338 型手机维修实例	(102)
2.4 摩托罗拉cd928/928+/938 手机	(105)
2.4.1 概述	(105)
2.4.2 摩托罗拉cd928 手机说明	(106)
2.4.3 摩托罗拉cd928 手机使用	(109)
2.4.4 摩托罗拉cd928 手机工作原理	(132)
2.4.5 摩托罗拉cd928 手机故障分析	(155)
2.4.6 摩托罗拉cd928 手机维修实例	(158)
2.5 摩托罗拉V998 型双频手机	(161)
2.5.1 概述	(161)
2.5.2 摩托罗拉V998 型双频手机工作原理	(162)
2.5.3 摩托罗拉V998 型双频手机典型故障分析与维修实例	(185)
第3章 诺基亚系列手机工作原理与故障分析	(187)
3.1 诺基亚5110/6110 手机	(187)
3.1.1 概述	(188)
3.1.2 诺基亚5110/6110 手机工作原理概述	(188)
3.1.3 诺基亚5110/6110 手机常见故障分析	(192)
3.1.4 诺基亚5110/6110 手机维修实例	(195)
3.2 诺基亚6150 型手机	(198)
3.2.1 概述	(198)
3.2.2 诺基亚6150 型手机工作原理	(200)
3.2.3 诺基亚6150 型手机故障分析与维修实例	(217)
3.3 诺基亚8810 型手机	(219)
3.3.1 概述	(219)
3.3.2 诺基亚8810 型手机工作原理	(222)
3.3.3 诺基亚8810 型手机故障分析与维修实例	(228)
3.4 诺基亚3210 双频手机	(229)
3.4.1 概述	(229)
3.4.2 诺基亚3210 双频手机说明	(229)

3.4.3 诺基亚3210 双频手机工作原理	(230)
3.4.4 诺基亚3210 双频手机故障分析	(233)
3.4.5 诺基亚3210 双频手机维修实例	(237)
3.4.6 诺基亚3210 双频手机功能介绍	(242)
第4章 爱立信系列手机工作原理与故障分析	(258)
4.1 爱立信388(398)手机	(258)
4.1.1 爱立信388(398)手机工作原理	(258)
4.1.2 爱立信388(398)手机故障分析	(262)
4.1.3 爱立信388(398)手机维修实例	(263)
4.2 爱立信GF768/788 型GSM 手机	(266)
4.2.1 爱立信GF768/788 型GSM 手机工作原理	(266)
4.2.2 爱立信GF768/788 型GSM 手机故障分析	(298)
4.2.3 爱立信GF768/788 型GSM 手机维修实例	(303)
第5章 其他系列手机	(311)
5.1 飞利浦828 型手机	(311)
5.1.1 概述	(311)
5.1.2 常用技术指标	(311)
5.1.3 话机结构与按键说明	(312)
5.1.4 飞利浦828 型手机工作原理	(313)
5.1.5 飞利浦828 型手机故障分析	(330)
5.1.6 飞利浦828 型手机故障实例	(331)
5.2 西门子C2588 型双频手机	(332)
5.2.1 概述	(332)
5.2.2 西门子C2588 型双频手机话机说明和工作原理	(333)
5.2.3 西门子C2588 型双频手机故障分析与维修	(340)
5.3 三星600C 手机	(341)
5.3.1 三星600C 手机性能	(341)
5.3.2 三星600C 手机工作原理	(343)
5.3.3 三星600C 故障维修流程图	(347)
5.3.4 三星600C 手机常见故障	(356)
5.3.5 三星600C 手机维修实例	(357)
第6章 维修仪器与故障处理	(359)
6.1 维修测试仪器与工具	(359)
6.1.1 概述	(359)
6.1.2 维修仪器	(359)

6.1.3 维修工具	(360)
6.2 硬件故障	(360)
6.2.1 手机硬件原理框图	(360)
6.2.2 手机维修流程	(362)
6.2.3 手机通用故障维修	(362)
6.3 软件故障分析	(363)
6.3.1 手机软件故障现象	(363)
6.3.2 软件故障的处理方法	(364)
第7章 手机电路图集	(372)
7.1 摩托罗拉GC87型GSM手机(图7-1至图7-10)	(372)
7.2 摩托罗拉328型手机(图7-11至图7-13)	(383)
7.3 摩托罗拉338数码手机(图7-14至图7-27)	(387)
7.4 摩托罗拉cd928型手机(图7-28至图7-40)	(402)
7.5 爱立信788(768)手机(图7-41至图7-54)	(416)
7.6 爱立信388(398)手机(图7-55至图7-68)	(431)
7.7 诺基亚6110/5110手机(图7-69至图7-83)	(446)
7.8 诺基亚8810数码手机(图7-84至图7-100)	(462)
7.9 诺基亚6150手机(图7-101至图7-108)	(480)
7.10 飞利浦828手机(图7-109至图7-126)	(489)
7.11 西门子2588双频手机(图7-127至图7-144)	(508)
7.12 三星600C手机(图7-145至图7-166)	(527)

第1章 数字蜂窝移动通信系统概述

1.1 数字蜂窝系统的发展与新方向

1.1.1 数字蜂窝系统的发展史

在70年代初,模拟系统开始发展;80年代初,模拟系统正在盛行,但模拟系统的容量小、频谱利用率低、保密性差、提供业务少等一系列缺点越来越明显。1981年,欧洲成立了一个由德国和法国的联合研究小组,开始研究数字蜂窝技术和全欧洲蜂窝系统联网的可能性。1982年,在欧洲邮电协会组织内成立了一个称为“GROUP SPECIAL MOBILE”(GSM)工作组,继续德、法的研究工作。到了1986年,研究工作有所进展,在欧洲电信通信协会内成立了永久性的核心研究小组,制定了未来的GSM数字蜂窝系统的规范,1989年GSM被接纳为欧洲电信标准协会组织。

1992年,GSM系统推出了商用系统,它采用新的多址技术,即TDMA(时分多址)技术,它较模拟系统容量大,约为模拟TACS的两倍、模拟AMPS的三倍,而且互调干扰小,无远近效应,因此占领了欧洲绝大部分市场。目前,我国也采用了GSM系统,1993年美国推出AMPS系统,它也采用了TDMA技术,而且能和美国原有的AMPS模拟制兼容,但其自身技术不够成熟,在美国发展并不快。1993年3月日本推出JDC系统,它采用的也是TDMA技术,体制上类似于美国的DAMPS系统。1993年美国TLA采用QUALCOMM公司提出的码分多址(CDMA)数字蜂窝技术标准,1994年美国FCC批准CDMA蜂窝系统可以在美国运行,运营公司可自由选择TDMA或CDMA。世界上第一套商用CDMA移动电话系统于1995年10月在香港成功开通。目前,美国国内面对GSM系统和CDMA系统之间的竞争。从目前发展的趋势看,美国的CDMA已争夺了国内数字蜂窝系统相当大的市场,而且正在开拓海外市场。我国于1994年在北京、上海、广州、深圳等地建立了GSM系统,用户已超过千万。我国在深圳、上海等大城市也在试运行CDMA系统。目前,CDMA系统已完全成熟,完全有能力与GSM系统竞争,发展趋势是向CDMA系统过渡。

1.1.2 TDMA系统与CDMA系统性能比较

TDMA体制最具代表性的系统应该是欧洲的GSM系统,因此我们主要比较GSM系统与CDMA系统。在这两个系统中,GSM以其完整、严格的技术体系享誉全球,而CDMA也以其新颖的技术显示了巨大的发展潜力。目前,两者都还在不断的发展着,他们在当代的数字移动通信中都会占有一定的位置。但是由于CDMA的技术有其独到之处,随着各接口标准的完善统一,它必定成为最有潜力的数字蜂窝系统。下面比较两个系统的一些特征:

1. 容量

容量问题是衡量一个数字蜂窝系统优劣的重要标准。GSM系统的容量大约是模拟TACS系统的两倍、模拟AMPS系统的三倍不到,而根据理论计算和现场试验表明,CDMA的每小区信道容量是模拟TACS制式的8~10倍。

2. 话音质量

CDMA的可变速率声码器所能提供的语音服务质量已经非常接近有线电话,甚至在有些方面,如背景噪声等已经超过有线电话的质量。由于CDMA系统可自动跟踪多径信号,大大降低了对衰落的敏感性。CDMA的软切换技术大大降低了切换掉话的可能性,实现了无缝切换,这些高质量的服务都是TDMA比不上的。

3. 业务服务

CDMA系统的变速声码器可提供四种不同的高速率(13、8、6.5、4kbit/s),用户选择灵活,另外它还有分组数据、非同步数据、3类传真、4类传真的服务可供选用。正在发展的宽带CDMA还可以传送图像业务,而TDMA则无此类功能。

4. 兼容问题

GSM手机只能在建有GSM网的区域使用,也即GSM系统必须单独建网,不能与模拟蜂窝系统兼容。而CDMA的双模式手机可以到全国任何有蜂窝系统覆盖的地方使用,手机能自动判别是进CDMA网还是进模拟网。

5. 成本与价格

CDMA系统的容量比GSM系统大好几倍,这意味着要达到一定的容量,CDMA可用较少的基台,因此建网的成本投资低,扩容时也因为需要增建的基台数量少,投资相对也少得多。运营公司投资少,对用户而言意味着服务费用可以降低。CDMA的手机采用大规模集成电路块(一部手机只需两块),而且CDMA只需较低的发射功率,这样可以经济地使用电池,因此其价格也比GSM手机低。

另外,现有许多国际蜂窝移动通信制造商如MOTOROLA、AT&T\NOTEL\QUALCOMM等公司都宣布提供基于CDMA技术的产品,这有利于提高市场的竞争能力。

从以上比较来看,CDMA系统的许多性能优于GSM系统,这正是发展CDMA的潜力所在。由于GSM系统成熟较早,加之CDMA系统的实际商用系统推出比较晚,许多运营商对CDMA持观望态度,所以推迟了CDMA的商用。但对未来再建的数字系统尤其是PCS系统,CDMA系统将成为主流。

1.2 GSM系统的调制技术

调制的目的是把要传输的信息转换成适合于在信道上传输的信号。移动通信的调制方式大多采用数字调制方式。目前,适用型的数字调制方式有FSK(移频键控)、MSK(最小移频键控)、GMSK(高斯滤波最小移频键控)、 $\pi/4$ -QPSK(四相移键控)等。GSM系统都采用GMSK调制方式,这种调制方式比MSK调制方式的频谱带外衰减快,脉冲响应的过冲量较小,它的相位路径不但是连续的,并且在码元转换时刻还是平滑的。这种调制方式是恒定

包络、相位也是连续的。恒定包络调制技术避开了线性的要求,可以使用功率较高的C类放大器,这也降低了放大器成本。

1.2.1 GMSK 的调制方式

典型的GMSK 调制方式是锁相环(PLL)型调制器,如图1-1 所示。

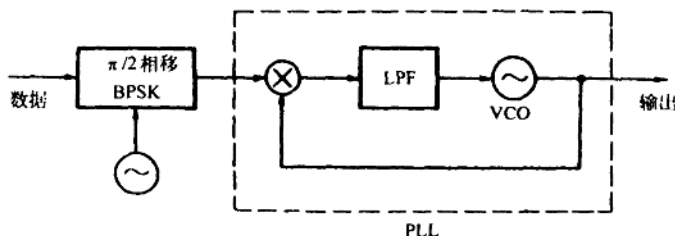


图 1-1 PLL 型GMSK 调制器

在该调制器中,首先产生 $\pi/2$ 相移BPSK 信号,然后将该信号通过一个锁相环,对其相位进行平滑。锁相环传输特性的设计应使平滑后信号的功率谱满足要求。

1.2.2 GMSK 常用的解调方式

对于简单、小型化和经济的无线电话机,通常用相干解调的方法。目前用得较多的是GMSK 的差分解调。第一种方案为1 比特差分解调,第二种方案为2 比特差分解调。如图1-2 所示。

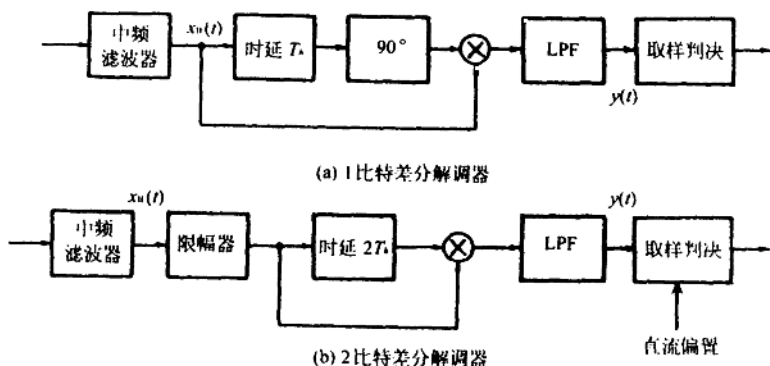


图 1-2 GMSK 信号的差分解调

1.3 GSM 系统的语音编码方式

在数字通讯系统中,信息的传输都是以数字信号的形式进行的,因而在通讯发送端必须将模拟信号转换为数字信号,在接收端将数字信号还原成模拟信号。通讯系统中的模拟主要

是语音信号和图像信号,相应的转换过程就是语音编码/解码和图像编码/解码。

移动通讯中最多的信息是语音信号,因而语音编码技术在数字移动通信中具有相当关键的作用。高质量低速率的语音编码技术与高效率数字调制技术一起为数字移动网提供了高于模拟移动网的系统容量。

语音编码为信源编码,是将模拟语音信号变成数字信号以便在信道中传输。这是从模拟网到数字网至关重要的一步。语音编码技术本身已发展多年,日趋成熟,形成了多种实用技术,在各类通信网中得到了广泛应用。近年来,为了适应数字移动通信网的发展,一些适合于移动信道的语音编码技术已被提出,其中包括欧洲GSM系统的规则脉冲激励长期预测编码(RPE-LPT)和美国提出的矢量和激励线性预测编码(VSELP)。本章简要介绍了语音编码的基本原理和适合于数字移动通信的语音编码技术。

1.3.1 语音编码的基本概念

语音编码技术通常分为三类:波形编码、参量编码和混合编码,其中波形编码和参量编码是两种基本类型。

波形编码是将时间域信号直接变换为数字代码,其目的是尽可能精确地再现原来的话音波形。波形编码的基本原理是在时间轴上对模拟话音按一定的速率抽样,然后将幅度样本分层量化,并用代码表示。解码是其反过程,将收到的数字序列经过解码和滤波恢复成模拟信号。对于比特速率较高的编码信号(例如从16kbit/s到64kbit/s),波形编码能提供相当好的话音质量;但对于比特率低于16kbit/s的编码信号,波形编码的话音质量显著下降。因而,波形编码在对信号带宽要求不太严的通信中得到应用。但对频率资源相当紧张的移动通信来说,这种编码方式显然不适合。脉冲编码调制(PCM)和增量调制(ΔM)以及它们的各种改进型都属于波形编码技术。

参量编码,又称为声源编码,是将信源信号在频率域或其他正交变换域中提取特征参量,并将其变换为数字代码进行传输。解码为其反过程,将接收到的数字序列经变换恢复特征参量,再根据特征参量重建语音信号。具体地说,声源编码是以发音机制的模型作为基础,用一套模拟声带频率特性的滤波器系数和若干声源参数来描述这个模型。在发送端从模拟语音信号中提取各个特征并进行量化编码,在接收端根据接收的滤波器系数和声源参数恢复原来的语音。这种编码技术可实现低速率语音编码,比特率可压缩到2~4.8kbit/s,甚至更低,但语音质量只能达到中等。线性预测编码(LPC)及其各种改进型都属于参量编码。

混合编码是近年来提出的一类新的语音编码技术,它将波形编码和参量编码结合起来,力图保持波形编码的高质量的优点以及参量编码的低速率的优点。混合编码数字信号中既包括若干语音特征参量又包括部分波形编码信息。混合编码可将比特率压缩到4~16kbit/s,而在8~16kbit/s范围内将达到良好的话音质量。规则脉冲激励长期预测编码(RPE-LPT)就是一种混合编码方案。可以看出,混合编码是适合于数字移动通信的语音编码技术。

要实现低速、高质量的语音编码,必须采用信息压缩技术。一般说来,信息压缩技术分为两类:波形处理技术和量化技术。波形处理技术的目的是削减语音波型的冗余度,包括线性预测分析、频带分割、正交变换和分析合成等。量化技术的目的是在幅度量化上实现优化,包

括自适应量化、自适应比特分配和矢量量化。典型的语音编码方式和信息压缩技术的关系如图1-3所示。

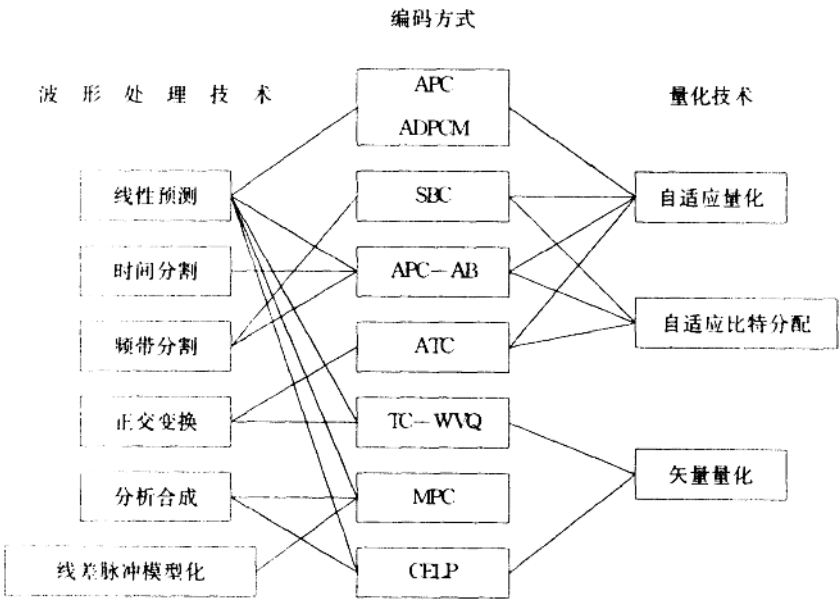


图 1-3

在语音编码技术中,对语音质量的评价是一个重要问题。语音质量高低的直接感受是听者的主观感觉,所以要客观地对语音质量进行测量是一个长期存在的难题。目前,广泛采用的评定方法是所谓主观评定等级(Subjective Opinion Scale),或称平均评价得分(Mean Opinion Score-MOS)。其方法是,由数十名试听者在不同信道环境中试听并给予评分,然后对评分进行统计处理,求出平均得分,分数等级采用五组分制。需要指出的是,听者对语音质量的主观感觉往往是和其注意力集中的程度相联系的,因而,对应于主观评定等级,还有一个收听注意力等级(Listening Effort Scale)。表1-1 给出了主观评定等级制的质量等级、分数和相应的收听注意力等级。

表 1-1 主观评定等级

质量等级	分数	收听注意力等级
优	5	可完全松弛,不需要注意力
良	4	需要注意力,但不需要明显集中注意力
满意(正常)	3	需要中等程度注意力
差	2	需要集中注意力
劣	1	即使努力去听,也很难听懂

实际上,任何语音编码都必须满足质量等级和收听注意力等级两者的最小要求,而在评价一种编码时,可仅基于质量等级。

从用户角度看,语音质量分在4分及以上者为高质量语音编码,有时也称为达到网络质量的语音编码。

得分在3.5分者称为达到通信质量的语音编码。听者可以感觉出语音质量下降,但不影响正常的电话通信。

得分不超过3分者称为达到合成质量的语音编码。这种语音达到一定的可懂度,但自然度较差,不容易识别出讲话者。

1.3.2 语音编码技术的进展与现状

语音编码技术首先应用于有线通信和保密通信,其中最成熟的实用数字语音系统是64kbit/s的PCM。这是一种典型的波形编码技术,主要用于有线电话网,它的语音质量好,可与模拟语音相比,达到网络质量。另一类型的波形编码是增量调制(Delta Modulation),较简单且抗误码。当速率从32kbit/s至40kbit/s时,语音质量较好。当速率从8kbit/s至16kbit/s时,语音质量较差。还有一种实用系统是2400bit/s的声码器,这是典型的参量编码技术,优点是速率低。主要用于军方保密通信,语音质量仅能达到合成质量,且对背景噪声敏感。

在数字通信发展的推动下,语音编码技术的研究进展迅速,提出了众多编码方案。研究的方向主要有两个:一是降低语音编码速率,这主要针对语音质量好但速率高的波形编码,特别是64kbit/s的PCM。二是提高语音质量,这主要针对速率低但语音质量较差的参量编码,特别是2400bit/s的声码器。

波形编码的改进主要有自适应差分PCM(ADPCM)、子带编码(SBC)、自适应变换域编码(ATC)、时域谐波压扩(TDHS)等。这些编码的速率从9600bit/s至32kbit/s时,语音质量也较好。这些技术大都利用数字信号处理技术提取某些语音特征参量来传输,以达到压缩速率的目的。所以,它们已不是单纯的波形编码,而属于混合编码。

参量编码的一项突出进展是提出了矢量量化编码,可进一步压缩速率。为改进参量编码语音质量,提出了多脉冲激励线性预测编码(MPE-LPC)。规则脉冲激励线性预测编码(RPE-LPC)等。当速率从4.8kbit/s至16kbit/s时,可达到中等语音质量。这些编码方式已不是单纯参量编码,属于混合编码。码本激励线性预测编码(CELP)也是近年来提出的较好编码方案。

按速率不同可将语音编码器分为两大类:一类是所谓低速率编码器,速率低于4800bit/s;另一类是所谓中速率编码器,速率从4.8kbit/s至32kbit/s。

可以看出,目前研制的较好的语音编码器多属于中速率编码器,并且集中在8kbit/s左右,编码方法多为混合编码。泛欧数字蜂窝网和美国数字蜂窝网的语音编码都是如此。

在语音编码技术的发展中,特别要提及的是数字信号处理器(DSP)的出现和应用。实际上,许多新编码算法较早就提出了,由于硬件方面的困难,没能应用到实用系统中。DSP的出现改变了这种状况,许多复杂算法的实现已成为可能。目前,许多低速高质语音编码器都是用DSP实现的。

最早制定的语音编码标准是64kbit/s的PCM(1972年)和2.4kbit/s的LPC(1975年)。在这之后,波形编码PCM的标准所规定的速率降到32kbit/s,语音质量仍保持较高。而参量编码LPC的标准所规定的速率升到4.8kbit/s,语音质量达到中等。GSM和CTIA分别制定的13kbit/s和8kbit/s速率标准均为混合编码,专门用于数字蜂窝移动通信网,语音质量较好。

什么样的语音编码技术适用于无线移动通信呢?这主要取决于无线移动信道的条件。由于频率资源十分有限,所以要求编码信号的速率较低。考虑到移动信道的衰落将引起较高的信道误比特率,因而编码算法应有较好的抗误码能力。另外,从用户的角度出发,还应有较好的语音质量和较短的延迟。归纳起来,移动通信对数字语音编码的要求如下:

- 速率较低,纯编码速率应低于16kbit/s;
- 在一定编码速率下语音质量应尽可能高;
- 编解码时延应较短,控制在几十毫秒之内;
- 在强噪音环境中,算法应具有较好的抗误码性能,以保持较好的语音质量;
- 算法复杂、程序适中,应易于大规模电路集成。

目前,泛欧数字蜂窝系统(GSM)和美国数字蜂窝系统采用的数字语音编码技术如下:

美国数字蜂窝移动通信体制建议使用10kHz的信道间隔。语音编码采用矢量和激励线性预测编码(VSELP),属于混合编码。编码净比特率为8kbit/s,加纠错编码后为13kbit/s,再加上其他一些信息码及保护间隔,信道传输速率为16.2kbit/s。由于采用 $\pi/4$ -QPSK 高效调制技术,这样速率的信号可通过10kHz的信道间隔。若仅考虑信道间隔从模拟系统的30kHz改变到数字系统的10kHz,美国数字蜂窝系统的容量将增加到原来的三倍。但实际上,由于数字系统具有更强的抗信道噪声和抗衰落的能力,使得频率利用率提高,故其实际系统容量可增加到原来的5~7倍。VSELP的语音质量也较好,但还没有达到高质量语音的门限值。尽管如此,它所提供的语音质量仍优于调频的模拟语音质量,尤其是在无线信道质量较低的情况下更是如此。

泛欧数字蜂窝系统的语音编码方案是在多种方案中通过试验比较选择出来的。1982年成立的数字移动通信特别组(GSM)负责泛欧数字蜂窝网标准的制定。下设联合专家组负责语音编码方案的选择和标准的制定。

专家组确定,语音编码器应满足下述性能要求:

- 编码器的平均质量应优于目前用于西欧国家的900MHz调频模拟系统的语音性能;
- 应具有抗误码能力;
- 总速率为16kbit/s。

最初,各国推荐的候选语音编码方案达二十多种。专家要求每个国家只推荐一种。经过各国自己的筛选,共推荐六种方案,见表1-2。

表 1-2 语音编码候选方案

国 家	类型 ⁽¹⁾	子带数目	净速率(kbit/s)	总速率 ⁽²⁾ (kbit/s)
法 国	MP-LTP	1	13.2	16
德 国	RPE-LPC	1	14.77	16
意大利	SBC	8	15	16
挪 威	SBC	16	15.1	16
英 国	SBC-ADPCM	8	15	15
瑞 典	SBC-APCM	16	13	16

注:表中(一)——总速率包括纠错编码;(二)——MP-LTP:多脉冲激励长期预测编码;RPE-LPC:规则脉冲激励线性预测编码;SBC:子带编码。

对这6种编码方案进行了测试后淘汰了两种,选出4种。这4种语音编码方案中两种属于子带编码,两种属于脉冲激励线性预测编码:

- (1)自适应脉码调制子带编码(SBC-APCM);
- (2)自适应差分脉码调制子带编码(SBC-ADPCM);
- (3)多脉冲激励长期预测编码(MPE-LTP);
- (4)规则脉冲激励线性预测编码(RPE-LPC)。

对这4种编码器在更接近于实际的条件下进行了测试比较,比较是按下述三条准则进行的:

- 语音质量和抗传输误码能力;
- 传输时延(理论的与实际的);
- 复杂度与预期的功耗。

测试结果表明,这四种语音编码器在误比特率为16~64kbit/s时,语音质量无明显下降,误比特率为16kbit/s以下时语音质量有明显下降。另外,在中、高误比特率情况下,语音质量均超过模拟调频移动通信系统的语音质量。

测试得到的4种语音编码器和模拟蜂窝系统的语音质量(MOS)如下:RPE-LP为3.54、MPE-LTC为3.27、SBC-APCM为3.14、SBC-ADPCM为2.92、FM为1.95。

GSM专家组根据测试结果进行了综合比较,决定选择以两种脉冲激励编码器为基础,经过改进,构成的规则脉冲激励长期预测编码(RPE-LTP)作为泛欧数字网的语音编码方案。净编码的速率为13.2kbit/s,编码时延约为30ms。为了验证RPE-LTP的性能,法国和德国的有关厂家生产了5台试验用的RPE-LTP编码器,并进行了测试。主要测试结果如下:

- 信道较好时,RPE-LTP语音质量(MOS)为4,最好可达4.3;
- C/I为10dB时,可感到语音质量下降,约下降0.2~0.8MOS;
- C/I为4dB时,语音质量下降明显;
- 时延理论值为20ms,实测得值为22.65~28ms。

泛欧数字移动通信网标准GSM和美国数字移动网标准EIA/TIA对数字语音业务规定了全速率和半速率两种标准。上述语音编码方案RPE-LTP和VSELP都是用于全速率业务信道的。半速率信道将使用新一代高质量4kbit/s语音编码器,当采用这类语音编码器后,系统容量将增加一倍。研制4kbit/s高质量语音编码器是目前语音编码技术研究领域的重点,虽然速率降低了一半,但要求新编码器的语音质量不低于全速率编码器,并且时延和复杂度都不太大,估计半速率语音编码器将在今后几年内问世。

目前,语音编码技术领域的另一个研究方向是低时延编码器。例如,8kbit/s低时延码本激励线性预测编码器(LD-CELP)的时延为7~10ms。对于这类编码器,仍要求有较好的语音质量。

1.3.3 GSM系统实用语音编码技术

一、波形编码

波形编码最典型的是PCM编码(脉冲编码调制),它是人们最为成熟的编码方法,在有

线通信数字网中,PCM 就是最主要的传输方式,它具有技术简单,无时延,对话音信号和其他类型信号都能可靠传输。对信号的波形进行抽样、量化和编码就构成了PCM 信号,它能保证高质量的话质,在它的基础上发展出各种各样的编码方式。

通信中规定:话音信号取带宽为300~3400Hz,按照抽样定理,抽样频率至少取6800Hz,通常取8000Hz,每个抽样脉冲用八位二进制代码表示。这样,每一路标准话路的比特率为 $8000 \times 8 = 64\text{ kbit/s}$ 。在有线通信中常用64kbit/s 的PCM 码传输数字话音信号。对于无线传输来说,由于受频带的严格限制,必须采用低速高质的编码技术,因而在数字蜂窝中的有线/无线接口处,要进行64kbit/s PCM 码与其他码制的转换。脉冲编码调制的组成如图1-4 所示。

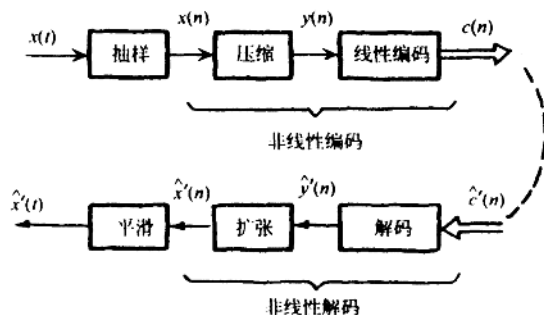


图 1-4 脉冲编码调制的组成

二、参量编码

波形编码的语音质量较高,实现也简单,但其速率较高。编码信号的速率高意味着所占频带较宽,这将影响通信系统的容量。为了提高系统容量,必须采用速率较低的语音编码技术。寻求低速率高质量的语音编码方法一直是数字通信领域的一个重要研究课题。事实上,在一开始研究语音信号数字化时,人们就提出一个重要概念:对反映语音信号特征参量进行编码与传输,而不是对信号的时域波形本身,这就是所谓参量编码。采用参量编码技术,可大大降低编码信号的速率。

典型的参量编码是线性预测编码(LPC)。早在1975 年美国国家安全局就制定了有关标准LPC-10,并在保密话音通信中得到实际应用。LPC 的速率可达2.4kbit/s,具有足够的可懂度,但语音质量较差,其MOS 评分低于3.0。为了提高语音质量,近年来在LPC 的基础上已发展出了多种改进技术。

参量编码领域中一项突破性进展是矢量化编码技术。矢量编码所传输的不是语言参数本身,而是语言参数的码本号。在理论上,矢量编码可实现低速率的传输。

三、线性预测编码(LPC)

线性预测技术是最有效的语音分析技术之一,将此技术应用于语音编码就构成线性预测编码(LPC)。LPC 的原理框图如图1-5 所示。