

Motorola 集成电路应用技术丛书

现 代 电 话

文成义 赖金福 常国岑 编

電子工業出版社

内 容 简 介

本书详细地介绍了 Motorola 公司各种电话专用集成电路的电路组成、性能指标及其在各种类型电话机中的典型应用,包括普通电话、移动电话、电视电话等,并介绍了 VSELP 混合编码、网络编码调制(TCM)等新技术及其在 Motorola“铱”星电话和 AT&T 2500 型电视电话等现代电话中的应用。最后介绍了 Motorola“铱”低轨卫星个人通信系统。

本书内容丰富,概念清楚,取材新颖,反映了当代电话技术的最新进展,是广大邮电通信技术人员、管理人员和高校通信工程专业的本科生和研究生的一本实用参考书。

Motorola 集成电路应用技术丛书

现 代 电 话

文成义 赖金福 常国栋 编

特约编辑 金 晨

责任编辑 高 平

*

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

中国电影出版社印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:21 字数:538 千字

1996 年 1 月第 1 版 1996 年 1 月第 1 次印刷

印数:4000 册 定价:34.00 元

ISBN7-5053-2994-4/TN·842

目 录

第一章 概 论	1
1.1 电话通信发展的历史	1
1.2 当代电话现状及前景	5
1.3 电信业务和设备的规模和趋势	8
1.4 Motorola 与当代电信事业	9
第二章 电话通信与电话机	10
2.1 电话通信原理	10
2.2 电话机的分类与功能	14
2.3 电话机常用部件	17
2.4 电话机电路分析	23
第三章 拨号电路	36
3.1 脉冲拨号电路 (MC14408/14409/14419)	36
3.2 脉冲/音频兼容拨号电路 (MC145412/413/512/416)	46
第四章 振铃电路	62
4.1 MC34017 电话振铃电路	62
4.2 MC34012/34217 电话振铃电路	69
第五章 通话电路	72
5.1 有拨号接口的通话电路 (MC34114/34014)	72
5.2 免提通话电路 (MC34118/34018/33218/33219A)	99
5.3 音频拨号通话电路 (MC34013A)	134
第六章 其他集成电路	140
6.1 振铃阻抗匹配和保护电路 (TCA3381)	140
6.2 铃流检测和音频功放电路 (TCA3382/82A/82B)	143
6.3 音频功放电路 (MC34119)	151
6.4 电话传送电路 (TCA3383A/B/3388)	155
6.5 振铃信号转换电路 (TCA3385/3386)	163
第七章 整机电话机电路介绍	168
7.1 单片电话机电路 (MC34010)	168
7.2 HY-7 型免提按键电话机电路	182
第八章 脉冲编码调制	189
8.1 脉冲编码调制基本原理	189
8.2 差分脉冲编码调制 (DPCM)	193
8.3 增量调制	193
8.4 自适应预测编码	194
第九章 声码器和混合编码	196

9.1	线性预测声码器	196
9.2	矢量量化声码器	197
9.3	混合编码声码器	197
第十章	Motorola 数字电话专用集成电路	201
10.1	PCM 编码译码器/滤波器单片集成电路 (MC145500/501/502/503/505)	201
10.2	PCM 编码译码器/滤波器 (MC145554/557/564/567)	221
10.3	ADPCM 代码转换电路 (MC145532)	228
10.4	连续可变斜率增量 (CVSD) 调制解调器 (MC3417/3418/3517/3518 和 MC34115)	241
第十一章	电话信号多路复用	253
11.1	频分复用	253
11.2	时分复用	254
11.3	通用数字环收发信器 (UDLT) (MC145422/426)	256
11.4	数据传输设备接口 (MC145428)	267
11.5	电话机音频接口电话 (MC145429)	272
第十二章	Motorola 移动电话	275
12.1	Motorola 移动电话设备与市场	275
12.2	“铱”星电话	275
12.3	Motorola AMPS 蜂窝电话	282
12.4	Motorola 数字无绳电话 CT2 系统	283
12.5	Motorola 寻呼机	285
12.6	Motorola SC9600 CDMA 蜂窝电话系统	286
第十三章	TCM 技术在当代电话通信中的应用	288
13.1	TCM 技术的基本概念	288
13.2	TCM 方案的网格图与集分割原理	290
13.3	多维 TCM 编码	293
第十四章	AT&T2500 型电视电话——一种用于公共电话交换网的电视电话	295
14.1	2500 型电视电话原理框图	295
14.2	通信协议	298
14.3	TCM 调制解调器	298
14.4	语音压缩编码	299
14.5	图像压缩编码	300
第十五章	Motorola 的“铱”系统	302
15.1	低轨卫星个人通信系统	302
15.2	“铱”系统的总体结构与技术特点	304
15.3	“铱”系统的空间段	309
15.4	“铱”系统的地面段	313
15.5	“铱”系统的切换设计	315
15.6	“铱”系统在中国的应用	320
参考文献		326

第一章 概 论

1.1 电话通信发展的历史

1.1.1 老式普通电话

1876年美国人贝尔发明了最早的电话机，首次把话音转换为变化的电流，并用导线传送到另一房间的电话机里再转换为话音，从而实现了电话通信。最早的电话机很简陋，只有通话装置，没有呼叫设备。后来几经改进才研制成具有摇柄和电铃的磁石电话机。电话机的发明使人类获得了远距离通信的手段，紧接着对电话的应用又提出了新的要求，希望任意选择通信对方。发明电话的第二年在波士顿首先开始了电话交换业务。当时的人工交换机仅仅由简单的一组转换开关组成。话务员用这样的交换机把希望谈话的对方连接起来。磁石电话机中备有电池，当用户摇电话机摇柄时会送出呼叫信号，铃声提示话务员给用户接通电话。1882年出现了共电式人工交换机和共电式电话机。所谓共电式，是把所有的电源都集中在交换机，用户摘放话筒可在交换台的指示灯上显示出来，话务员根据用户要求接通电话。人工交换方式接线速度慢，差错率高，当电话业务增多，尤其转换次数增多时问题更显突出。在人工交换机发展的同时，自动交换机和自动电话机的研制也在进行，有关专利不断公布。其中早期的史端桥式交换机是后来广泛采用的一种。史端桥研究发明的故事第一次生动地揭示了电话在市场经济中的重要作用而流传至今。当年美国堪萨斯城有两个殡仪馆，史端桥是其中之一老板。他惊奇地发现，不知为什么自己的殡仪馆无人问津而另一家却生意兴隆。调查结果，原来对方老板的妻子当了电话局的话务员，正是她“利用职权”把有关业务电话都接到对方殡仪馆，所以史端桥失掉了多笔生意。为此他立志要发明一种不需话务员接线的自动交换机。他获得了成功，1889年取得了第一个自动电话旋转式选择器的专利权。1892年采用这种选择器的第一部自动交换机投入运行。1896年美国人爱立克森发明了旋转式电话拨号盘，把这种拨号盘装到共电电话机上，用它控制史端桥选择器动作，自动接通被叫用户，完成交换功能。这种装有拨号盘的共电式电话机又几经改进就成了至今仍然广泛使用的自动电话机，这是继电磁电话机之后的第二代电话机。

自动电话机的推广应用，迅速建立了公共电话交换网（PSTN）。开始只有本地网，然后本地网经长话交换机和中继线连成国内网，而国内网又通过国际长话线路与国际网连通。图1-1为国内公共电话网的简化图。电话网由电话机、交换机和中继线组成。这时采用的老式普通电话机（POTS电话机），又称为模拟电话机，它把话音转换为相应的电流在电话网中传输。这时的交换机，不论步进制或纵横制的交换机都是模拟交换机。中继线由电缆或微波通信系统组成，传输多路模拟信号。公共交换网中除电话业务外，还有电报，传真等非话业务，这些非话业务中的数字信号也要经调制解调器变换为音频信号进行传输，因此这时的电话网又称电信网。全世界电信网的数量一直以较快速度增长。一直到本世纪60年代，电话机、交

交换机和中继线的工作方式都没有根本的变化。

在普通电话通信事业发展的同时,数字电话也在萌芽和发展。当然,老式普通电话在当时占主导地位。1928年贝尔实验室电气工程师Dudley提出要在当时刚刚敷设的大西洋海底电报电缆上用1.0电码传送语音。他想到,说话时发音器官动作很慢,相应的语谱变化也是很慢的。他用一组滤波器提取语谱参数,经编码传输,接收端根据参数恢复语谱得到语音。语音参数编码,这是Dudley发明的新技术。1939年报导了他研制成功的第一个声码器。这是一种频域声码器。它虽然音质不太好,但话音可懂度高,抗噪性能好,便于加密,多年来一直作为军用标准。通道声码器首次应用是在第二次世界大战中,当时伦敦的丘吉尔首相和华盛顿的罗斯福总统越洋商谈军机大事采用了Dudley的保密电话。

Dudley研制声码器的同时,1939年法国ITT公司的工程师Sir Aleee Reeves取得第一个PCM数字电话机的专利权。所谓PCM是脉冲编码调制Pulse Code Modulation的英文缩写。它是把语音波形用二进制数字编码进行传输,称为模数转换(A/D),接收时再把二进制数编码经数模转换(D/A)恢复为原来的语音波形。电话语音波形的频率范围是0.3~3.4 kHz。A/D变换时先用8 kHz频率的脉冲信号采样,将语音波形变为幅度变化的脉冲序列,每个脉冲样本的幅度用8位二进制数字表示,因此PCM语音编码的速率为64 kb/s。

美国贝尔实验室在PCM技术发明之后进行了早期的开发研制工作。他们研制成功了采用电子管电路的PCM数字电话系统。由于当时数模转换电路代价太高,同步问题也复杂,数码率高不能在当时的电话网中传输,因此在系统研制成功20年之后,在晶体管和集成电路的条件下才推广应用。PCM数字电话的首次应用也是在第二次世界大中之战中用于军事通信。

1.1.2 电子电话与数字电话

晶体管的发明和随之而来的半导体集成电路技术的惊人发展,使电气通信引起一场革命。大规模集成电路(LSI)、超大规模集成电路(VLSI)和微处理器(DSP)的广泛应用,使电话终端机产生了深刻的变化。

普通电话机(POTS)实现了电子化、集成化,发展到第三代电话机,即电子电话机。首先在60年代出现了按键式全电子电话机。70年代和80年代电话机专用大规模集成电路广泛应用,使集成化的电子电话机很快普及。目前国内外生产的电话机几乎全是由集成电路组成的按键式电话机。主要由拨号、振铃和通话三块LSI和其他电路组成。具体组成方法是:用按键和一块LSI取代旋转拨号盘,构成拨号电路;用一块音调振铃集成电路和新型电声换能器件构成振铃电路;用一块LSI取代混合线圈并采用小型电声器件组成送受话器构成通话电路。集拨号、通话和振铃三种功能于一身的单片集成电路也已经应用。另外,CCITT于60年代末期提出了“双音多频”(DTMF)新的发号方式,准备逐渐取代沿用多年的脉冲发号方式,

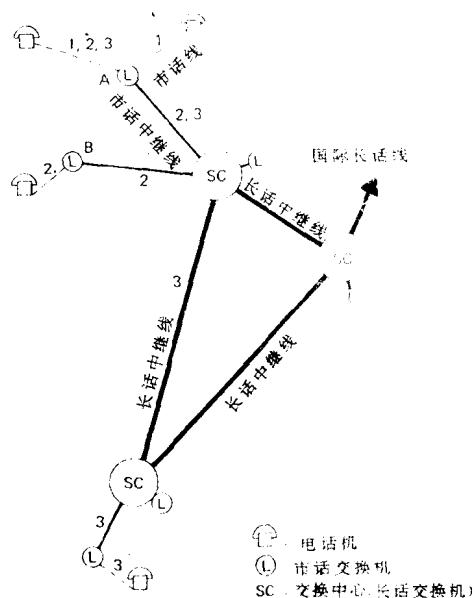


图 1-1 国内公共电话网简化图 (PSTN)

因此现在生产的电话机多为脉冲/双音频兼容，以便新老电话互通，为此有专门的集成电路。

在普通电话机集成化的同时，由于 LSI 的应用，PCM 数字电话也取得了日新月异的进展。1962 年贝尔实验室推出了 TI 系统。这是 24 路 PCM 数字电话系统，其基群速率为 1.544Mb/s，其中 8 kb/s 用于传输帧同步码和信令。随着 VLSI 的进步，该系统也不断改进，在北美、日本等国得到广泛的应用。由于各国独立研制的结果，到 70 年代中期就呈现了几种多路复用方式并存的局面，彼此不能兼容。为此 CCITT 在采用 24 路标准之后，于 70 年代末期又确立了 30/32 路的多路复用体制。其基群速率为 2.048 Mb/s，其中 2×64 kb/s 用于同步和信令。30/32 路系统主要用于欧州、非洲、南美等。24 路系统采用 μ 律压扩，而 30/32 路采用 A 律。我国也采用了 30/32 路体制。我国 60 年代就独立研制晶体管电路的 PCM 系统，90 年代已生产了当代水平的 PCM 系统，主要用于微波通信和卫星通信。

在以上两种体制的多路数字电话系统中，都是多路电话（24 路或 30 路）先时分复用再采用一个公用的 A/D 电路进行编码，解码也是由一个 D/A 电路完成。这就是所谓编解码器共享方式。还有一种方式叫做单路编解码方式。即每个话路单独用一个 PCM 编解码器，把一路话音先经 A/D 变为数字信号再时分复用。在初期的采用 TTL 集成电路的多路 PCM 系统中，出于综合考虑成本和功耗等因素，采用编码器共享的方式是有利的。随着半导体集成电路技术的发展，采用 CMOS 单路编解码器其造价和功耗大大降低，而且单路 PCM 集成电路可方便地单独应用。特别是用于交换机，使普通电话可以进入数字交换机进行交换。电话交换机采用数字技术，使交换机成本降低，性能提高。数字式局用交换机和用户交换机的应用大大推动了电信网的发展。

1.1.3 数字语音编码技术的进展

PCM 数字语音话音质量高，但占用频带宽，希望在保证话音质量的前提下，尽量降低传输速率。通道声码器速率低，但话音质量不高，希望提高话音质量。因此对低速率高质量的数字电话的兴趣经久不衰。经常见于语音处理有关书籍和文章的声码器不下十余种，如近期就有多带激励、小波变换等技术。其中有的技术与波形编码相结合，得到一类混合编码技术，正是混合编码技术在移动电话中得到了广泛应用。这里概要介绍表 1-1 中的编码技术及进展。

表 1-1 数字语音编码

波形编码		参数编码		混合编码	
PCM	64 kb/s	通道声码器	2.4 kb/s	MPLP	9.6 kb/s
ADPCM	32 kb/s	LPC 声码器	2.4 kb/s	CELP	8 kb/s, 6.8 kb/s
ΔM	32 kb/s	VQ 声码器	0.8 kb/s	RPELP	13 kb/s
APC	16 kb/s	IMBE 声码器	4.2 kb/s	VSELP	8 kb/s, 4.8 kb/s

1. 波形编码技术

波形编码技术采用的速率较高，目的是尽量不失真地传输语音波形。主要有 64 kb/s 的 PCM 数字电话，它达到了长途电话高质量语音要求。其改进型的 ADPCM（自适应差分脉码调制）为 32 kb/s，也达到了同样高质量语音要求。随着光缆和微波在电话网中的应用和发展，将来宽带 ISDN 网的应用，PCM 和 ADPCM 技术有广泛的应用前景。我国已引进了 PCM 生产

线。16 kb/s 的 APC (自适应预测编码) 技术已接近 64 kb/s PCM 的话音质量, 最有希望取代 64 kb/s 的 PCM 作为高质量语音编码的标准而推广应用。此外 32 kb/s 的 ΔM (增量调制) 技术也不同程度地得到应用。以上几种波形编码技术都有专用 VLSI 编解码器, 已大量生产和应用。

2. 参数编码技术

(1) LPC 声码器

通道声码器是频域声码器, 它是在频域对语音进行分析。1967 年 Atal 和 Schroeder 发明了线性预测声码器, 这种声码器在 80 年代已经有专用 VLSI 电路并推广应用, 称为 LPC 声码器。它是在时域对语音进行分析。这种声码器的原理是用数字滤波器模拟口腔动作的网络特性, 称为语音产生模型, 这个模型由语音激励源和声道两部分组成, 这个模型的参数就是 LPC 参数, 它由激励参数和声道参数两部分组成。打电话时, 声码器实时提取 LPC 参数并编码传输。接收时解码恢复 LPC 参数并用来控制声道模型动作, 合成语音。因为在电话线中传输的是代表声道 (口腔) 动作的参数编码, 数码率很低, 通常为 2.4 kb/s。LPC 声码器技术成熟。在美国已有 LPC-10 算法标准。其话音质量不如 64 kb/s 的 PCM 话音质量。

(2) VQ 声码器

80 年代以数据压缩、有效利用频谱资源为目标, 语音编码技术取得了三项重大突破, 推动语音编码技术研究不断进展, 为 90 年代数字电话的推广应用打下了基础。第一项突破就是矢量量化 (VQ—Vector Quantization) 技术。美国斯坦福大学 Gray 教授领导的小组在研究高效提取 LPC 参数时, 发现一种语言的音素是有限的, 语音类型也是有限的, 因此可以用有限的语谱表示一种语言的所有语音。为什么不可以用有限的 LPC 参数表示所有的语音? 他们用 VQ 技术把 LPC 参数编为码矢, 由训练优选得到的有限的码矢组成码本, 寄存于收发两端, 一段语音对应一个码矢。通话时只传输码矢的编号而不必传输数据量很大的码矢本身。收端根据编号就可查出对应的 LPC 矢量。他们采用此项 VQ 技术把声码器的速率由 2400 b/s 降至 800 b/s。1980 年 Gray 和他的博士生 Buzo 发表文章宣布这一结果时, 在学术界引起不小的轰动。虽然由 VQ 技术得到的 800 b/s 和后来的 150 b/s 的数字语音质量不算高, 但这种技术用于语音的混合编码和图像编码等方面, 已经得到实际应用。

3. 混合编码技术

80 年代的第二项突破是产生了一项新技术——混合编码。认为 LPC 声码器的激励源分清音和浊音两种激励方式太简单, 限制了话音质量的提高。1982 年 Schroeder 和 Atal 提出把声码器改为多脉冲激励的方式以改进音质。他们把此项技术用于中速编码, 研制成功多脉冲激励线性预测编码技术 (MPLP), 以 9.6 kb/s 的速率得到了高质量的话音。1985 年他们又采用 VQ 码本作激励源研制成码激励声码器 (CELP), 分别获得了 8 kb/s 和 6.8 kb/s 的高质量数字语音。1986 年 Kroon 等人在此基础上又提出了规则脉冲激励的编码 (RPELP) 方式得到了 9.6 kb/s 和 13 kb/s 的高质量的数字语音。Motorola 的矢量和激励编码器 (VSELP) 是一种新型的 CELP, 其编码速率为 8 kb/s 和 4.8 kb/s。上述这些混合编码的高质量语音已经通过移动电话或其他方式进入了 PSTN 网。

1.1.4 TCM 技术在数字电话中的应用

80 年代语音编码的第三次突破是 TCM 技术——网格编码调制 (Trellis Coded

Modulation) 技术。这是在 3.4 kHz 的话带内传输高速数据的技术。2.4 kb/s 的声码器达不到长话质量要求,而高质量高速率的话音编码又不能直接进入公共电话网传输,因此在 3.4 kHz 的电话带宽内传输高速数字信号长期以来一直是通信系统设计研究的主要目标。TCM 技术在 70 年代末期由昂格尔博克 (Ungerboeck) 提出,1988 年 CCITT 将 TCM 技术列为建议 V.33,其基本工作方式就是在话带内以 2400 波特的速率传输 9.6 kb/s 的数字语音信号。TCM 是一种用调制与卷积码相结合的方法实现功率和频率同时有效利用的技术。采用这种技术在电话线上每秒传输 2400 个幅度不等的脉冲。每个脉冲要用 4 位编码表示不同的幅度和相位(称为星座)并加有纠错码,以保证正确恢复幅度和相位。在 3.4 kHz 话带内传输 2400 波特的多进制脉冲是不成问题的。问题是在接收端如何正确恢复这个脉冲并将其正确转换为相应的 4 位编码,只有这样才能正确传输 9.6 kb/s 的数字语音信号。为了能正确恢复脉冲的星座(相位和幅度),要对星座进行特殊的编码。编码的方法是利用码率为 $n/(n+1)$ 的网格(Trellis)码(卷积码)将每一码段(幅度相位)映射为有 2^{n+1} 个调制信号集中的一个信号(星座),在收端信号解调后,经反映射变换为卷积码序列,并送入 Viterbi 译码器译码。在不增加带宽和相同的信息速率下可获得 6 dB 的功率增益。由于调制信号和卷积码都可看成是网格码,因此这种体制就称为网格码调制(TCM)。16 QAM 与卷积码相结合就是实现 TCM 的一种方式。编码增益更高的多维 TCM 编码已经用于电视电话。在高速 DSP 和超大规模集成的 Viterbi 译码器成为商用的今天,这种方式才能实际应用。TCM 技术不仅在电话通信中而且在各类高速数字传输系统中将推广应用。

1.2 当代电话现状及前景

我国公共电话交换网(PSTN)已遍布全国,连通省市县、城镇和乡村。以光缆为基础包括卫星线路和大容量数字微波的全国长话干线已经建成。电话网容量,主线已超过 4000 万线。长话交换 99%、市话交换 86% 已采用数字交换机。全国 30 个省的各大城市皆可通过卫星线路或光缆接通国际长话网。到 2000 年卫星地面站将增至 30 个,光缆将增至 6 万公里接通拉萨。电话网的容量将增至 1.3 亿线。大城市电话将普及到户。电话普及率由现在的 3.9% 增至 8%。

在电话网发展的同时,图像、数据等非话业务也在增长,发展成公共数据网。当前这种电话网和数据网分立的局面将来要发展为统一的宽带综合业务数字网(B-ISDN)。1993 年 2 月美国政府提出的“国家信息高速公路”(NII)我们也着手规划。但这些都是长远规划。本书主要介绍接入公共电话交换网的各类电话,主要有:普通电话,数字电话,电视电话,移动电话,卫星个人通信电话等。现分别简述其现状和前景。

1.2.1 普通电话

现在流行的普通电话是由三片或单片集成电路组成的。普通电话除老式普通业务(POTS)外,以方便用户为目标不断采用新技术。由于集成电路技术的进步,实现脉冲/双音频拨号、免提电话、拨号显示、号码记忆、号码重拨、通话计时、号码锁控等功能花费代价虽不太大,但却极大地方便了用户。现在的电话已较普遍地采用这些功能。现在简述几种具有特殊功能的普通电话。

1. 收费电话

这是普通电话加计费装置，能当场收费的公用电话。有投币电话机和磁卡电话机。这是在普通电话机上加装了硬币面值识别器或读卡器。投币电话因硬币面值所限，一般多用于打市内电话。磁卡通话完毕剩余金额记录在磁条中，将卡退出。磁卡面额较大，可多次使用，打长途电话方便。

2. 录音电话

由普通电话机加装数字语音编解码器和大容量存储器 RAM 而组成。主人不在时可自动应答，送出简短留言，然后记录对方来话，最后自动挂机。主人留言采用数字语音存储于 RAM，而对方来话用磁带记录，因为目前磁带记录比用 RAM 存储数字语音便宜。现在采用 RAM 的录音电话机已经商用。随着语音压缩技术的改进（如采用 8 kb/s 的高质量的语音）和大容量 RAM 的推广应用，数字语音存储的代价会很快降低，因而语音存储量会逐步加大。

3. 语音拨号电话

这是在普通电话机或交换机上加装语音识别器，只要报出人名或号码，电话就可接通。80 年代以来已经有各种性能的语音识别专用 VLSI 投入商用，为实现语音拨号创造了条件。性能高超的非特定人语音识别器目前售价太高，用在一部电话机上可以使电话机售价提高十倍至几十倍而没有市场。因此非特定人语音识别器装在售价本来就比电话机高得多的用户交换机 (PABX)，为大家公用。交换机的电脑话务员作为语音识别器，识别报号自动转接。90 年代以来，美国新泽西州贝尔公司已推出了一个这样的系统。北方电信公司推出电话炒股用户交换机，只要报出公司名称就可在电话中收听股票行情。BBN 公司的语音拨号用户交换机能自动识别用户报出的人名并立即发送相应的电话号码。Metrocal 蜂窝电话公司已提供语音拨号交换系统为蜂窝电话网提供语音拨号业务。

电话机上只能采用较为廉价的特定人语音识别器。我国 90 年代初也研制成功了这样的语音拨号电话，采用特定人语音识别器，用户要自己对识别器进行训练，使人机相互适应以提高识别率。使用的效果与人的因素关系很大。美国和荷兰分别研制成功了特定人语音拨号的蜂窝电话机，因为语音拨号不分散注意力，不影响司机的手眼动作，可提高驾驶安全，在紧急情况下尤其重要，有望推广应用。

4. 口语翻译电话

语音拨号只识别有限孤立单词，如 0~9 数字和公司名、人名等。而口语翻译电话要复杂得多。它要识别自然的连续语音，南腔北调，口齿不清使识别难度加大，并且要把识别出的一种语言实时翻译成另一种语言再采用语音合成技术，合成自然的电话语音传到对方。首先要有通用翻译器，这是一种轻便的智能计算机装置，可让不同语言的人自由交谈。通用翻译器被认为是世界待攻克的九大难题之首。美国“新闻与世界报导”对未来百年六件科技大事进行预测，其中两件是“2020 年全球语言障碍消除，电脑立即翻译，2075 年人类移居火星”。近年日本已有便携式对话翻译装置，供旅游者进行英语和日语间的简单对话。名符其实的口语翻译电话机估计应在 2020 年后问世，在国家信息基础设施 (NII) 条件下使用。而人类移居火星之后，“星际电话”的使用更是在下一个世纪末，全球信息基础设施 (GII) 建成之后。

1.2.2 数字电话

我国已经生产自己的 30/32 路 64 kb/s 的 PCM 数字电话系统。30 路是基群，基群以上有二次群直到五次群，各群的话路数以 4 为基数倍增上去。如二次群为 120 路，四次群为 1920

路,五次群为 7680 路。多路数字电话无论在大容量数字微波干线或在卫星线路上传输都迫切需要压缩频带。为此数字卫星通信中采用了数字话音插空技术(DSI),在频带不变的条件下提高时间的利用率,平均用一路的速率可通两路话。这一技术已经在国际卫星线路上广泛应用。另一措施就是提高单路话音的编码效率。这方面声码器的话音质量近期很难达到长话质量要求,除非在新型声码器设计上重大突破。而波形编码最有希望的是 16 kb/s 的 APC 技术。

TCM 编码调制技术使功率利用能力改善达 10 dB,使频谱利用能力改善达 10 倍。对一颗近代卫星来说,频谱利用率加倍,每天可期望产生数十万美元的经济效益。因此国际卫星组织的第八代数字卫星系统中即将采用高速 TCM-8 PSK 技术,以扩大通信能力。除数字卫星通信,TCM 技术对数字移动通信及未来个人通信都有光辉的应用前景。

目前,混合编码技术主要用于数字移动通信。

1.2.3 电视电话

80 年代美国首先研制成功静止图像可视电话,目前我国也有单位从事研制和业务试用。这种电话可以用于 PSTN 网,但因只显示呆板的静止头像不能满足用户要求,且没有形成国际标准,各类产品不能互通,在美国、日本和欧洲都未能推广应用。ISDN 可视电话用 64 kb/s 的 B 信道也是用于传输静止图像。我国邮电部 1994 年在全国 21 个大城市开通 31 个会议电视系统网点,是引进美国视讯公司(CLI)的系统,目前只供政府部门会议用,尚未对外开放业务。美国目前利用数字交换网和专用数字网来连通会议电视会议系统,并已开放了出租业务,人们只要花费很少的费用即可在遥远的两地进行“电视面谈”。此外全美还有 7 万多个这样的多媒体电话亭为用户提供导游、购票、银行、商店服务等业务。这种电话受到的最大限制是不能在公共电话网中应用,因而目前不能进入家庭。

在这种情况下,通过现有电话网传送活动图像的电视电话应运而生。1992 年美国 AT&T 公司推出了世界第一个电视电话即 AT&T2500 型电视电话。它安装方便,只要接到标准电话机插孔和市电电源插座即可使用。其体积重量与普通电话机相仿,只是增加了一个 3.3 英寸的 LCD 显示屏和一个小型摄像镜头。在打电话的同时可看到对方的活动头像。其语音编码采用 6.8 kb/s 的 CELP 方式,图像编码采用 9.6 kb/s 的 P.V2 方式。总传输速率为 19.2 kb/s。采用 4 维 16 状态 TCM 编码调制方式,每波特采用 6 位码,传输速率为 3200 波特,因而正好在一路话带中传输。该机性能价格比较高,有较好的市场前景。1993 年该机一部售价 999 美元,我国代销一部 1 万元人民币。另外英国 GEC-Marconi 公司推出一 14.4 kb/s 的同类产品,售价 750 美元。

1.2.4 移动电话

目前接入公共电话网的移动电话有三种:无线寻呼机,无绳电话和蜂窝电话。即将投入运行的还有“铍”低轨卫星个人通信电话。这些都是个人通信网(PCN)的组成部分。在个人通信网里,终端由个人携带,每个人有一个通信号码(PIN),如同身份证号码一样。任何人在任意时间地点均可以通过 PIN 与任何入网的个人建立通信联系。80 年代后期全世界移动电话终端用户年增长率为 40%,而普通电话年增长率仅为 5%。全球移动电话业务,特别是我国将高速增长。现简述其现状和发展。

1. 无绳电话

模拟无绳电话如 CT1 等主要采用调频方式,供在家中或办公室使用。人们可以拿着手持

机边走边谈。目前第二代无绳电话为数字无绳电话,如 CT2, GMS, DECT 等系统已正式投入商用。CT2 采用 32 kb/s 的 ADPCM 技术,其特点是设有基站,用户用一部手持机无论在家里或公共场合凡在离基站 200 米以内的地方都可打电话,这就是公用无绳电话(Telepoint)。无绳手机成本只是蜂窝手持机的 20~30%,因此有广大市场。这种手持机只能主叫呼出,不能接收呼入。Motorola 等公司将无线寻呼机装在这种手机上,新产品体积很小,重量不到 200 克。但这还不是真正的双向通信。加拿大 NT 公司推出双向无绳手机 CT2/Telelink。

2. 蜂窝电话

蜂窝电话最初用于行驶的汽车,覆盖范围很大。开始也采用 FM 模拟通信技术,像美国的 AMPS,英国的 TACSO,北欧 NMT 以及日本的 HCMTS 等系统,用户早已突破千万户,存在频谱利用率低保密差等缺点。80 年代以来,由于微电子技术、微处理器技术的进步以及低码率话音编码技术的成熟,数字蜂窝移动通信系统研制成功并陆续投入商用。主要有欧洲的 GMS,美国的 ADC,日本的 JDC 等系统。这些系统语音编码都采用混合编码,典型的速率分别为 6.5 kb/s (13 kb/s) 和 8 kb/s。采用了时分多址(TDMA)技术,可以建立越来越小的蜂窝小区,因而容量可比模拟蜂窝系统高出 5~10 倍。也可采用码分多址(CDMA),容量增加与 TDMA 情况相同。

估计到 2000 年时,全世界将有 1.5 亿移动电话用户,其中 400 万户将有可能使用卫星移动电话。

3. “铱”(Iridium)低轨移动卫星个人通信电话系统(简称“铱”系统)

地面移动通信在工业发达国家普及率已相当高,主要覆盖业务密集的城市地区。预计到 2000 年地面蜂窝网仅能覆盖全球陆地的 15%。而低轨卫星适合为广大边远地区用户提供服务。Motorola 公司的“铱”系统是一个低轨道全球数字移动卫星通信网。由 66 颗低轨道运行的小型卫星组成,其轨道高度只是同步卫星的 1/40,能够使用手持机。铱卫星沿 6 条环行轨道运行,每个轨道面上均匀分布 11 颗卫星。所有卫星覆盖全球,卫星间又可接力传输。移动用户在全球任何地方皆可用手持机直接对过顶卫星通信,从而进入国际电信网,也可直接进入蜂窝网,这是构成全球个人通信网的一种方式。手持机售价约为 1000 美元,电话费每分钟 3 美元,全球容量为 1000 万户。整个系统计划耗资 34 亿美元。我国长城工业公司参与投资并计划发射其中的 22 颗卫星。预计用户达 80 万户时即可收回成本。现已提出几种不同的低轨卫星系统参与竞争,“铱”系统不仅是第一个提出的系统而且也将是近年第一个投入商业运行的系统。计划于 1996 年发射系统试验卫星,力争 1998 年投入使用。Motorola “铱”星电话采用 4.8 kb/s 的 VSELP 技术,该话机 1994 年已投放市场。

1.3 电信业务和设备的规模和趋势

我国电话普及率还较低,电信事业的主要任务还是建设和发展公共电话交换网。我国目前正处在电话业务大发展的时期。我们不但要努力扩大我国的电信网,2000 年要达到 1.3 亿线而且要研究世界电信业务的现状和发展。

1995 年全世界大约有 9.5 亿部电话。近十年来全世界电话机数每年平均增长率为 5%,而非话业务终端每年平均增长约 20%以上。但在电信业务中电话仍占主导地位,在总终端数中电话机占 90%。话机普及率的高低是衡量一个国家国民经济和城市发展水平的重要标志之一。电信业的发展在世界上是极不平衡的。占世界人口 15%的国家(主要是发达国家)拥有

全世界 85% 的电话, 而非洲 5 亿居民, 电话机数比东京一个城市 (800 万部) 还少。近十年来世界各国电话增长率都明显高于国民生产总值增长率, 因此世界电信业有一个巨大的市场。如以 2000 年世界人口达 60 亿, 家庭 15 亿户, 每户一部电话机计算, 则需 15 亿部电话机, 加上企事业单位 5 亿部, 则到 2000 年共需 20 亿部电话机。即 5 年全世界电话机数量要翻一番, 增加约十亿部。

宽带 ISDN 网, 用户网络投资巨大, 接入千家万户在美国短时期也不能实现。美国计划到 2000 年建立一个 B-ISDN 网覆盖加州 500 万户家庭。这项工程称为“加州第一工程”, 投资数十亿美元, 是“通信史上最大的一次用户网络投资”。根据美政府信息高速公路计划, 这种投资规模将越来越大。根据预测在未来的信息化社会中, 非话业务的信息量将大幅度增长, 而电话业务的信息量将只占 10%。

1.4 Motorola 与当代电信事业

Motorola 公司不仅首倡低轨卫星个人通信, 而且是世界著名无线通信设备制造厂家和提供商。根据国际电信联盟 (ITU) 的公报, Motorola 公司 1992 年在世界前 10 名电信设备制造厂家中, 以销售收入 77.24 亿美元排在第 6 位。其营业额 1992 年的增长率为 19.3%, 在十大厂家中是最高的, 这主要得益于其蜂窝设备畅销。向发展中国家推销蜂窝网基础设施对其销售额的增长起了重要作用。中国民航总局已从 Motorola 公司引进了集群电话系统设备用于全国 96 个民航机场。Motorola 公司为日本 TV-KA 企业提供 1.5 GHz 数字无线电话网上使用的基站并负责建立东京等 4 个大城市的无线小区, 然后向其他地区扩展, 1994 年该无线网业务已经运营。日本的 NTT 公司, 葡国的 TMN 企业也向 Motorola 订购了无线通信网基站。

Motorola 的寻呼机、无绳电话、蜂窝电话的手持机销遍全球。其产品门类多, 规格齐全, 模拟式、数字式应有尽有。各种制式的移动电话皆备。欧洲的 CT2、GSM, 美国的 AMPS、APC, Motorola 都有产品销售。Motorola 公司的 GSM 型车载移动电台 International 1000 和手持机 International 3000 就是 Motorola 公司在欧洲的厂家生产的。

Motorola 公司是世界最大的半导体器件和电信专用集成电路提供商之一。它提供的集成电路应用于各领域。电话集成电路在我国用量很大, 大量用于市场流行的电话机中。免提 IC MC34018, 通话 IC MC34114, 振铃 IC MC34012-1……随便翻开一本电话机维修手册或电话机图集, 随处可见。数字电话方面, PCM 编解码器 MC145503, 增量调制 MC3417、MC3517 等在我国已流行多年。

在当前和未来的电话终端和电信设备中, 微处理器是大量采用的。Motorola 公司也是微处理器的最大提供商之一。我们只举例说明它在电信产品中的重要应用。世界第一个电视电话 AT&T2500, 它的主处理器采用 MC68302, 其 CPU 是 MC68000。AT&T 公司的大容量数字交换机 No. 5ESS 采用 16 位微处理器 MC68000。法国 7 号信令网转接处理设备 DPC700STP 和我国上海铁路局引进分组数据交换网中 Sprint 公司的 TP4900 分组交换机都采用了 32 位处理器 MC68020。

面对 2000 年前十亿部电话机的巨大国际市场, Motorola 公司已在我国天津开发区建立半导体集成电路厂。认真研究和掌握 Motorola 公司整套的普通电话和数字电话用的各种集成电路的性能指标和典型应用, 对我国电信产业的发展和电话路端的使用和维修是有益的 and 必要的。

第二章 电话通信与电话机

2.1 电话通信原理

在人类社会，人与人之间的信息交换是将个体行为纳入群体行为的必不可少的粘合剂与协调器，这种信息交换就是通信。人际语音通信是人与人之间交换信息的最重要、最方便、最有效的手段，但当面交谈这种原始的语音通信方式由于空间和时间的制约而远远不能满足人类生产、生活与军事活动对语音通信的需求。在人类长期的科技实践中，人们千方百计地力图克服语音通信的空间与时间局限性，电话通信的发明与发展实现了语音通信的空间拓展，留声机、录音机和留言电话的研制和应用则突破了语音通信的时间限制。

2.1.1 电话通信系统

电话一词是英文 telephone 的意译，而英文 telephone 则是希腊文 $\tau\epsilon\lambda\epsilon\phi\omega\gamma\epsilon$ 的音译，其原意就是把声音传送到遥远的地方。电话通信是借助于声电、电声转换和电信号的传输实现远距离语音通信的一种电信系统，其工作原理如图 2-1 所示。通常把声电变换装置称为送话器（话筒），把电声变换装置称为受话器（听筒）。电话机的作用是把发话人说话时的声压信号转换成电流信号（话音电流）输送到电话线路上，并把经由电话线路传送来的电流信号转换成声压信号（语言声波）使收话人听到发话人的话音。因此，电话通信系统不是直接传送语音信号而是传送语音信息（包括发话人所要表达的语义信息和发话人的个人特征信息），收话人收听到的只是发话人所发出的语音信号的具有一定保真度的复制品。由于任何一部电话机都同时设有话筒和听筒，因此既能送话又能受话，从而实现双向语音通信。

由于各种原因，主要是考虑到电话线路传输设备的经济性，实际的电话通信系统总是采用一对导线的二线传输制来实现语音信号的双向传输，如图 2-2 所示。

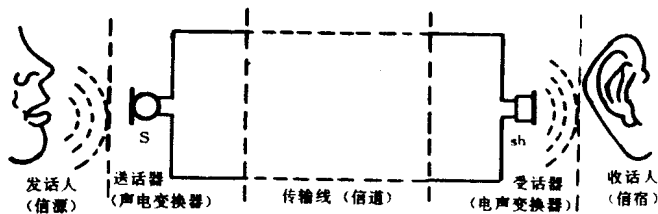


图 2-1 单向电话通信工作原理图

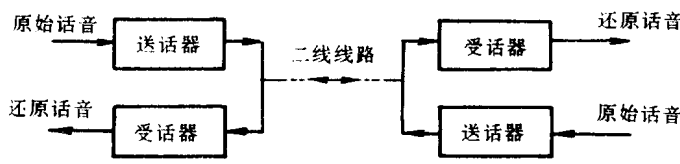


图 2-2 双向电话通信电路原理图

示。

遗憾的是这种双向通话方式存在侧音效应问题，即是说，双方通话时本方发出的话音不仅通过送话器转换成电信号经由电话线路送往对方的受话器，还要通过本方的电话机送入本方的受话器，使发话人不仅通过骨导传声听到自己的声音，而且通过电路传声听到自己的声音即侧音。侧音太大会使人耳疲劳影响收听对方的话音，所以现代电话设计总是采取改进措施消除侧音，如图 2-3 所示。混合电路的作用是进行 2/4 线制转换，把送话器来的电信号送往电话线路，把电话线路来的电信号送往受话器。由于混合电路上接有消侧音电路，从而可以有效地抑制侧音效应。

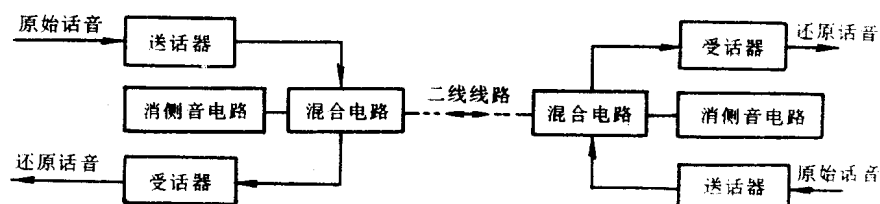


图 2-3 改进的二线双向电话通信电路框图

从原理上讲，只要有两部电话机和一对电话线就可以进行电话通信，如果有两个以上用户需要通话，那么每个用户需要有 $n-1$ 部电话机和 $n-1$ 对电话线分别和另外的 $n-1$ 个用户连通就能实现 n 个用户之间的相互通话，如图 2-4 所示。显然这是一种非常浪费资源的办法，为此可在电话用户分布地区的中心地带设立一个电话局，装设一部电话交换机，每个用户都有一对电话线接到交换机上，由交换机把需要通话的用户临时接通，这样一来，每个用户只要有一部电话机和一对电话线就可以实现与局内任何用户之间的电话通信，如图 2-5 所示。这种能为任何一对电话用户之间提供通话路由的网络称为电话通信网。

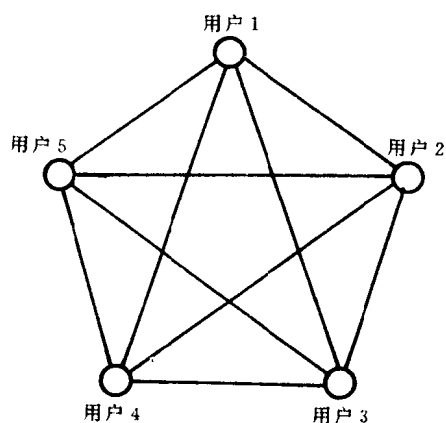


图 2-4 多用户直接通话示意图

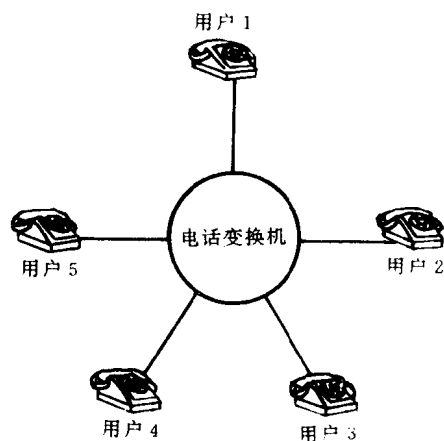


图 2-5 多用户电话交换示意图

电话通信网的基本功能是：

- ①根据主叫用户提供的信息建立通话路由，即根据用户要求临时为用户提供一条通话电

路：

②在用户通话期间保持电路接续，同时对用户通话过程是否结束进行监视；

③当用户通话结束时，使这一对用户之间的全部通话设备释放复原。

为了完成上述功能，电话通信网的基本结构应当包括以下几个部分：

①用户线路，指从用户到电话局之间的设备，含用户电话机、用户引入线、配线电缆和电话局的总配线架等；

②交换机，是把主叫用户和被叫用户临时连接起来的线路接续设备，根据接线和拆线的操作方式可分为人工交换机与自动交换机；

③局间传输设备，是用于不同局内的用户进行通话的市话局与市话局之间或市话局与长途局之间的局间中继线，包括架空明线 and 对称电缆等。

图 2-6 示出电话通信网的结构示意图。

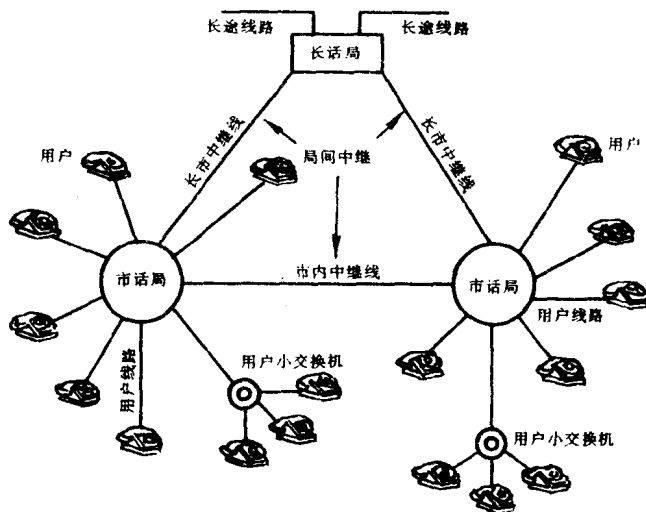


图 2-6 电话通信网结构示意图

随着微波、卫星、光纤等通信技术的发展和应⤿用，电话用户线路和局间中继设备除沿⤿用传统的电缆外还包括光纤、卫星和微波等通信线路。

2.1.2 电话通信分类

图 2-7 示出电话通信按所用交换机的制式进行分类的情况。人工电话设备简单、经济实惠，但劳动效率低、接续速度慢，而且服务种类和容量发展都很有有限，已基本上由自动电话取而代之。自动电话的制式很多，按交换机的接线器件可分为机电式与电子式两类。程控交换机是随着电子技术的发展与计算机在电信领域里的应用而出现的一种新的电话交换方式，其适应性强、灵活性大，便于增加新的电话服务项目，如缩位拨号、自动回叫、三方通话、来话转移、叫醒服务、电话留言等。

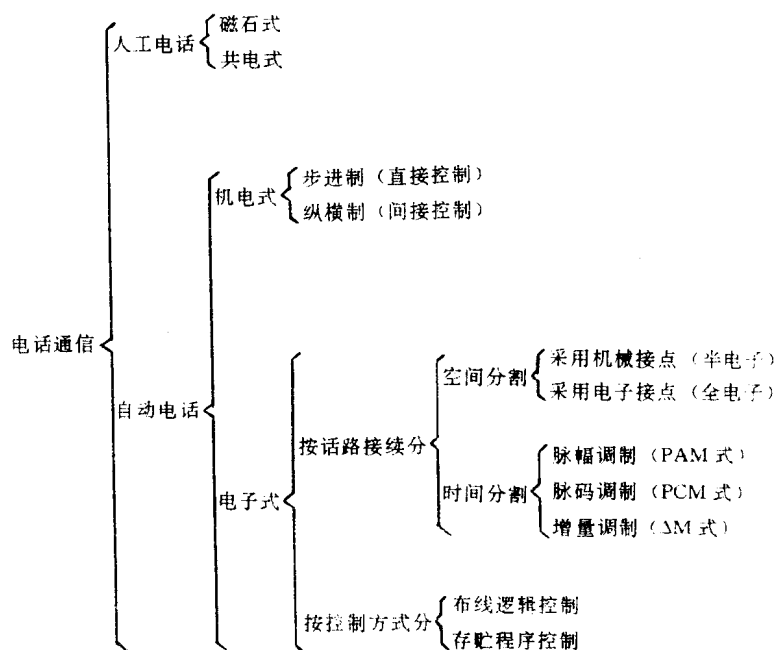


图 2-7 电话通信分类图

2.1.3 对电话通信的基本要求

为了获得令人满意的电话通信效果，电话通信系统应当满足一定的语音响度和语音清晰度要求。人们日常谈话时语音信号的声功率大约为 $10\mu\text{W}$ ，为了使人们在电话通信中和平时一样平和自然，对送话器的要求是接收语言信号的声功率为 $1\sim 10\mu\text{W}$ 时即能可靠工作，对受话器的要求是输入话流信号的电功率超过 $1\mu\text{W}$ 时便能听到声音。语音的清晰度是发话人以一定的速度和音量按预先选定的无连贯意义的测试音节逐个发音时，收话人正确接收音节的百分数。清晰度可以比较客观地评定电话通信系统的质量，若清晰度高于 85%，则电话传输质量较好，若清晰度低于 75%，则电话传输质量较差。控制电话通信系统的传输衰耗可以保证语音响度要求，而保证恰当的传输频率是保证语音清晰度的前提条件。

根据人类听觉器官的听觉特性，可闻声的频率范围是 $20\sim 20000\text{Hz}$ ，即音频，低于 20Hz 的次声和高于 20000Hz 的超声一般不会引起听觉。根据人类发音器官的发音特性，语音信号的频率范围是 $80\sim 8000\text{Hz}$ ，即话频。显然话频是音频中的一部分。由于电话通信的目的在于传递语音信息，因此从必要性和可行性方面来说，若将全部话频信号在电话通信系统中传输，虽然重发复制的语音信号保真度很高，但是电话通信设备的造价将很高，不如选择恰当的传输频带，现能够保证语音信号中携带的语义信息和发话人特征信息可靠地传递给收话人，又可以大幅度地降低电话通信设备的成本，即使保真度略有降低，也不失为一种经济实用、两全其美的解决办法。语音信号的高频部分对语音清晰度较为重要， $500\sim 8000\text{Hz}$ 的频率成分均影响清晰度，其中 $1000\sim 2000\text{Hz}$ 是保证一定的清晰度而必须传输的部分。语音信号的低频部