

# G. 729 语音编码算法研究及基于 DSP 的实现

杨贵新<sup>1</sup>, 谷志锋<sup>2</sup>

(1. 中国电子科技集团公司 第五十四研究所, 石家庄 050081; 2. 军械工程学院)

**摘要:** 对 G. 729 语音编解码算法的原理进行了简要分析, 并提出了一种基于 DSP 芯片 TMS320VC5510 的语音编解码算法的实现方法。针对算法特征及体系结构的特点, 提出了一些有效的优化措施。实验结果表明, 运算复杂度大大降低, 且在语音的编解码压缩过程中具有很好的重建效果。

**关键词:** TMS320VC5510; 语音编解码; G. 729 算法; 优化

中图分类号: TN919.8

文献标识码: A

## Research of G. 729 Voice Coding Algorithm and Implementation Based on DSP

Yang Guixin<sup>1</sup>, Gu Zhifeng<sup>2</sup>

(1. The 54th Research Institute of CETC, Shijiazhuang 050081, China;

2. Electric Department of Ordnance Engineering College)

**Abstract:** The paper briefly analyzes the principle of G. 729 speech coding and decoding algorithms and proposes a implementation method of speech coding and decoding algorithm based on DSP TMS320VC5510. Aiming at the characteristics of algorithms and the architecture, some effective optimization methods are proposed. Test results show that the operation complexity is reduced greatly and the method has good reconstruction effect in process of speech coding and decoding compression.

**Key words:** TMS320VC5510; speech coding and decoding; G. 729 algorithm; optimization

### 1 G. 729 算法介绍

由于 G. 729 的算法复杂度较高, ITU 提出了 G. 729 的简化版本 G. 729A, 作为 G. 729 的附录 Annex A。后来为了进一步提高压缩率, 增加了 G. 729B, 即 G. 729 Annex B。在 G. 729B 中, 主要使用了 VAD 和 CNG 技术, 使得语音通信中的静音部分进一步压缩。

#### 1.1 G. 729A

##### 1.1.1 G. 729A 编码器

G. 729A 编码器的框图如图 1 所示。G. 729A 编码器由预处理、线性预测分析和量化内插、知觉加权、基音分析、脉冲响应的计算、目标信号的计算、自适应码本搜索、固定码本结构和搜索、增益量化以及参数编码等模块组成。

模拟语音信号经过话路带通滤波和 8 kHz 采样之后, 量化成 16 位的 PCM 信号进入编码器, 然后根据预处理后的输入信号进行线性预测分析, 得到线性预测系数, 即线性预测编码 LPC (Linear Prediction Code) 信息, 利用该系数即可构造合成滤波器。激励信号经合成滤波器后生成重构信号, 与输入信号相减后得到残差信号。该残差信号经误差加权滤波器处理, 根据听觉感受改变频谱, 反馈到

控制回路, 根据使加权残差信号均方差最小的原则确定激励信号及其增益。误差加权滤波器也是根据预测分析所得的 LPC 信息构造的。

基音分析模块通过自相关分析推得基音周期, 据此信息搜索自适应码本, 确定最佳自适应码本矢量, 得到语音中具有准周期特性的激励; 然后再搜索固定码本, 根据最

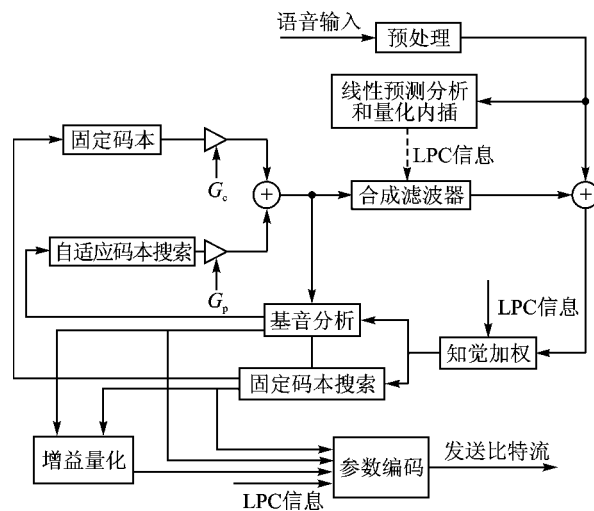


图 1 G. 729A 编码器框图

小化加权均方差 (Mean Square Error, MSE) 的准则确定最佳固定码本矢量, 得到语音模型的随机激励信号<sup>[2]</sup>; 最后再确定两个码本矢量的增益  $G_c$  和  $G_p$ , 采用具有共匀框结构的两级码书进行矢量量化。上述过程确定的线性预测编码信息、自适应码本矢量、固定码本矢量和矢量增益构成完整的 G. 729 声码器编码器参数。所有这些参数均以码本索引的形式发往接收端。

### 1.1.2 G. 729A 解码器

G. 729A 解码器结构框图如图 2 所示。首先从接收到码流中提取参数序号, 解码这些序号得 10 ms 语音帧对应的编码参数。这些参数是线谱对 LSP 参数、两个分数基音延时、两个固定码本矢量与两组自适应和固定码本增益、每子帧 LSP 参数被内插并转换为 LP (Linear Prediction) 滤波器系数, 然后以每 5 ms 子帧为单位合成语音, 合成步骤如下:

① 自适应码本应和固定码本分别乘以各自的增益加起来构成激励。

② 激励 LP 合成滤波器重构语音。

③ 重构语音信号经过后置处理, 包括长时后置滤波、短时合成滤波和高通滤波。最后输出语音信号。

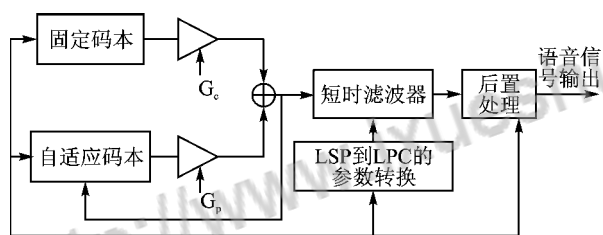


图 2 G. 729A 解码器结构框图

## 1.2 G. 729B

G. 729B 是对 G. 729A 的进一步优化, 其最主要的机制是静音压缩。静音压缩主要涉及两个机制: VAD (Voice Activity Detection) 和 CNG (Comfort Noise Generation)。VAD 主要是用于编码器, 用来决定当前帧是否静音; 而 CNG 则主要用于解码器, 产生让人耳感觉舒服的噪声。

### 1.2.1 VAD 机制

VAD 算法每隔 10 ms 做一次判决。首先, VAD 会从输入帧中提取参数, 这些参数包括全带能量、低频带能量、过零率和某个频域参数。在静音段, 这些参数的长时平均值随着背景噪声的性质而发生改变。每进来一帧, 就要计算当前帧的参数与其长时平均值的差。根据这些差值参数, VAD 可以得到初始的判决结果, 最后对初始结果进行平滑, 得到最终的判决结果。

### 1.2.2 CNG 机制

舒适噪声是用伪白噪声激励内插后的 LPC 滤波器产

生的, 就跟解码器对解码后的激励进行滤波产生活音一样。激励水平和 LPC 滤波器是从前一个 SID 信息中获取的。子帧内插 LPC 滤波器是用 SID 的 LSP 参数作为当前的 LSP, 然后和前一帧的 LSP 作内插得到的, 与活动帧一样。伪白噪声  $ex(n)$  是由跟活动话音同样类型的激励  $ex_1(n)$  和高斯白噪声激励  $ex_2(n)$  相加而产生的。G. 729 激励  $ex_1(n)$  是由一个小增益的自适应激励和 ACELP 固定激励组成的, 这改善了活动和非活动话音帧之间的跳变。白噪声  $ex_2(n)$  的引入是为了产生一个更接近于白噪声的信号。在非活动话音期间, 因为编码端和解码端需要保持同步, 所以激励在两边都要产生。

首先, 我们定义目标激励增益  $G_t$  为当前帧  $t$  合成激励必须要达到的平均能量的平方根。  $G_t$  是用下面的平滑公式计算得到的, 其中  $G_{SID}$  是解码后的 SID 增益。

$$G_t = \begin{cases} G_{sid} & (Vad_{t-1} = 1) \\ \frac{7}{8} G_{t-1} + \frac{1}{8} G_{SID} & (\text{其他情况}) \end{cases}$$

每帧的 80 个样本分成两个长度为 40 个样本的子帧。对于每一个子帧, CNG 激励样本是用下面的算法合成的:

① 从间隔 [40, 103] 中随机选择一个基音延迟。

② 根据 G. 729 ACELP 码结构随机选择网格、脉冲符号和位置来构建子帧的固定码本矢量。

③ 计算单位增益的自适应激励信号, 记作  $e_a(n)$ ,  $n = 0 \sim 39$ ; 选择的子帧固定激励被记作  $e_f(n)$ ,  $n = 0 \sim 39$ 。

④ 与活动帧一样, 伪白噪声  $ex(n)$  是由跟活动话音同样类型的激励  $ex_1(n)$  和高斯白噪声激励  $ex_2(n)$  相加而产生的。G. 729 激励  $ex_1(n)$  是由一个小增益的自适应激励和 ACELP 固定激励组成的, 这改善了活动和非活动话音帧之间的跳变。高斯白噪声  $ex_2(n)$  的引入是为了产生一个更接近于白噪声的信号。在非活动话音期间, 因为编码端和解码端需要保持同步, 所以激励在两边都要产生。即:

$$ex(n) = \alpha \cdot ex_1(n) + \beta \cdot ex_2(n);$$

$$E_1 = \sum ex_1^2(n);$$

$$E_2 = \sum ex_2^2(n);$$

$$E_3 = \sum ex_1(n) * ex_2(n);$$

$$\beta^2 E_2 + 2\alpha\beta E_3 + (\alpha^2 - 1) E_1 = 0 \quad (\beta > 0)$$

## 1.3 G. 729A+B 比特流结构

G. 729A 的比特流结构如表 1 所列。

由于 G. 729B 引入了 VAD 和 CNG, 与 G. 729A 相比码流结构增加了 SID (Silence Insertion Descriptor), 其中带有静音的信息。SID 的码流结构如表 2 所列。

表 1 G.729A 比特流结构

参 量	码 字	每帧总计/位
线谱对(LSP)	L0~L3	18
自适应码本延迟	P1、P2	13
基音延迟奇偶校验	P0	1
固定码本指针	C1、C2	26
固定码本符号	S1、S2	8
一级码本增益	GA1、GA2	6
二级码本增益	GB1、GB2	8
总计		80

表 2 SID 码流结构

参数描述	占用比特数
LSF 量化器预测索引切换	1
LSF 量化器第一阶段矢量	5
LSF 量化器第二阶段矢量	4
增益(能量)	5

## 2 基于 DSP 的系统实现方案

### 2.1 硬件平台设计

TMS320VC5510 是一款 16 位定点数字信号处理器,具有较高的操作灵活性和运行速度;同等条件下其内核的功耗仅为 54 系列 DSP 的 1/3,而且具有更高的代码执行效率,其指令也与 54 系列的相互兼容,可以很方便地进行代码的移植,它的最高数字信号的处理能力为 200 MIPS,能够很好地满足本平台对运算的要求。本系统基于多片 DSP 处理器,实现多路语音的 G.729(以下将 G.729A+B 简称为 G.729)编解码,同时 DSP 通过 HPI 接口与上位机进行通信,并接受上位机的控制,DSP 的 PCM 数据由 FPGA 进行协调,比特流数据的收发可以由 FPGA 进行协调或由 HPI 接口进行操作。整个系统的硬件平台如图 3 所示。

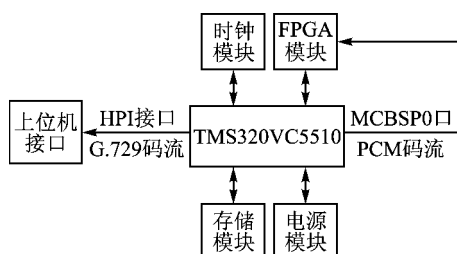


图 3 系统硬件平台

本设计首先将上位机来的 IP 包进行解包,再进行 G.729 编码到 PCM 编码的转换,得到的 PCM 信号送往 FPGA 内的 TDM 交换矩阵做时隙交换或实现会议功能,再将需要输出的 PCM 信号作编码转换,封装成 IP 包后发往上位机。

### 2.2 系统软件设计

本设计中 McBSP0 口接收数据处理,主要进行话音编码,并将编码比特流从 HPI 接口送出,HPI 接口接收数据处理,主要进行话音解码,并将解码后的 PCM 数据从 McBSP0 口送出。软件系统为了保证 McBSP0 和 HPI 接口接收数据的正常处理,还需实现一些辅助功能模块包括:系统初始化模块、支持系统在线配置的模块以及系统收发数据的同步检测模块。系统软件流程如图 4 所示。

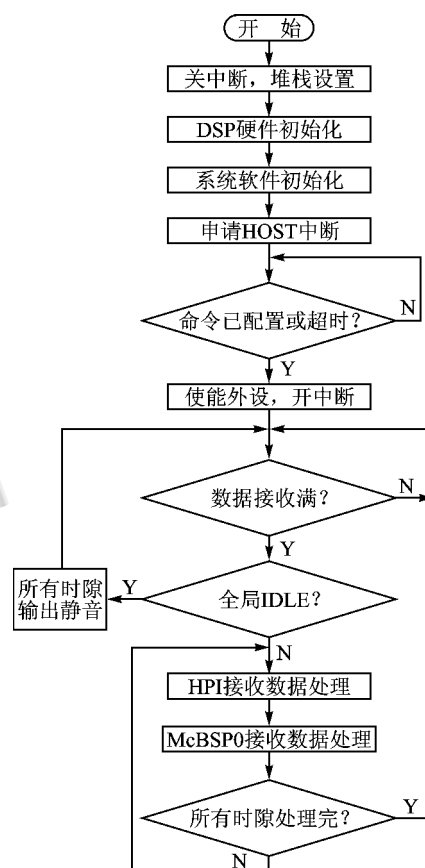


图 4 系统软件流程

#### 2.2.1 编码过程

G.729 编码器的流程如图 5 所示。首先,编码器会初始化,主要是初始化各缓冲区;然后编码器对输入的原始语音信号进行预处理,包括高通滤波和幅度减半。其中,高通滤波的截止频率为 140 Hz,它是一个二阶的零极点滤波器,目的是要去除输入信号中的低频干扰。对输入信号进行预处理以后,编码器开始编码,这是通过调用汇编函数 Coder\_id8a 实现的;编码产生的参数使用函数 prm2bits 转化为比特流,送到信道里传输。

#### 2.2.2 解码过程

G.729 解码器流程如图 6 所示。与编码器类似,解码器首先要进行初始化,特别是初始化缓冲区;接着解码器

从输入码流中提取参数;由于码流在信道的传输过程中可能发生错误,所以从码流中提取得到参数后应该进行奇偶校验,以确定参数是正确的;通过了奇偶校验后,解码器正式开始解码,这是通过调用汇编函数 Decod\_Id8a 实现的;解码重建语音信号后,还应该进行后滤波和后处理。其中,后处理起高通滤波和幅度翻倍的作用。

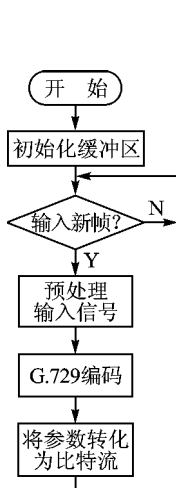


图5 G.729 编码器流程

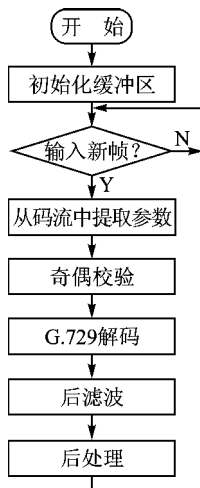


图6 G.729 解码器流程

### 3 系统编解码算法性能测试

编解码算法性能包括两方面:运算量和存储要求。要达到高性能,不仅要运算量低,而且存储器使用也要少。表3和表4分别列出了编解码器的运算量和存储器使用情况。

表3 编解码器运算量

函数名	Maximum CPU Cycles/个
G729A+B_Coder	97599
G729A+B_Decoder	21168
Codec	118767

表4 存储器使用情况

用途	大小/字节
通道数据	3720
临时数据	2816
G729 table	7280
程序大小	22053

为了验证编解码器是否正确,采用了如下测试程序进行验证:

```

_main:
bset    ST1_INTM
amov    #(_aStackMem+LEN_STACK_SIZE), XSP
mov      #(_aSysStackMem+LEN_SYSSTACK_SIZE), SSP
mov      # (rsv>>8), mmap(IVPD)
mov      # (rsv>>8), mmap(IVPH)
reset

```

```

_Restart_Main:
Call _DSP_Init
Call _System_Init
mov      #0, T3
mov      #(_aChnnlDataBuffer+off_G729EncData), AR0
mov      #_G729A_table, AR1
mov      #1, T0
call     _G729AB_init_encoder
mov      #(_aChnnlDataBuffer+off_G729DecData), AR0
mov      #_G729A_table, AR1
call     _G729AB_init_decoder
Work_Loop:
add      #1, T3
mov      #46, t2
nop

```

### 结 语

本设计中基于 TMS320VC5510 的语音编解码系统整体运算量为 45 MIPS,传输速率 8 kb/s,压缩比为 16/1,合成语音的质量主观评价分 MOS 分达 4.0。此系统工作稳定可靠,有较高的实用价值。

### 参考文献

- [1] 胡光锐. 语音处理与识别[M]. 上海:上海科学技术文献出版社,1994.
- [2] ITU-T. G729 Annex A. Reduced complexity 8kb/sCS-ACELP codec for digital simultaneous voice and data[EB/OL]. [2011-12-31]. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=00620526>.
- [3] 彭启踪. DSP 技术的发展与应用[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [4] Texas Instruments. TMS320c55x Assembly Language Tools User's Guide,2001.
- [5] 余胜生. 在 TMS320C6X 系列 DSP 上实现 G.729 算法[J]. 计算机工程与科学, 2004,6(4):51-54.
- [6] 章明. 基于的 G.729 语音编解码算法的研究与实现[M]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学出版社,2007.
- [7] 鲍长春. 低比特率数字语音编码基础[M]. 北京:北京工业大学出版社,2001.
- [8] 张宏伟,曹铁勇. DSP 芯片的原理及开发应用[M]. 北京:电子工业出版社,2000.
- [9] 王炳锡. 语音编码[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2002.
- [10] 胡广书. 数字信号处理—理论、算法与实践[M]. 北京:清华大学出版社,2002.

杨贵新(工程师),主要研究方向为通信与信息系统、视频编解码技术;谷志锋(讲师),主要研究方向为军用电站电气控制技术。

(责任编辑:杨迪娜 收稿日期:2011-12-31)

论文降重，论文修改，论文代写加微信:18086619247或QQ:516639237

论文免费查重，论文格式一键规范，参考文献规范扫二维码：



[相关推荐：](#)

[G.729语音编码算法优化研究及ARM实现](#)

[基于G.729A和G.729D的宽带语音编码实现](#)

[G.729语音编码算法研究及其DSP实现](#)

[基于DSP的G.729语音编解码算法优化研究](#)

[基于DSP的G.729语音编码研究](#)

[基于DSP的多码率多通道语音编解码算法G.729I研究与实现](#)

[G.729语音编码算法研究及基于DSP的实现](#)

[G.729A语音编码算法DSP优化与高速实现](#)

[G.729语音编码及在DSP上的实时实现](#)

[基于DSP的G.729算法优化实现](#)