

G. 729B 编解码算法在 DM642 上的实现与优化

Implementation and Optimization of G. 729B Encoding Algorithm on DM642

刘丙娥 张卫宁 毕文青

(山东大学信息科学与工程学院, 济南 250100)

摘要: 语音通信是多媒体通信的基础,为了提高语音通信的效率与质量,对高质量低速率静音压缩算法 G. 729B 进行了研究,将该算法移植到 TI 公司最新一代定点数字信号处理器 TMS320DM642 上,并讨论了其在 TMS320DM642 上优化的关键技术,最终实现了高效率的语音编解码器。通过试验证明,G. 729B 在借助 TMS320DM642 的情况下,传输速率大大降低,并且保持了较高的语音音质,有利于实现高质量的多媒体通信。

关键词: DM642 G. 729B 语音编码 多媒体通信 移植 优化

中图分类号: TN912.32

文献标志码: A

Abstract: Phonetic communication is the base of multimedia communication. In order to improve the efficiency and quality of phonetic communication, the good quality low-bit-rate silence compression algorithm G. 729B is studied, and the algorithm has been transplanted in the newest fixed-point digital signal processor TMS320DM642 of TI. The critical technology of the optimization in TMS320DM642 is discussed. Thus the high efficient phonetic encoder is implemented. The experiment shows that cooperating with TMS320DM642, G. 729B lowers the transmission bit-rate, at the same time keeps higher phonetic quality. This will be helpful for high-quality multimedia communication.

Keywords: DM642 G. 729B Phonetic coding Multimedia communication Transplant Optimization

0 引言

随着互联网的发展,基于网络的多媒体通信越来越引起人们的关注,多媒体通信的基础是语音通信。为此国际电信联盟电信组 (ITU-T) 创立了 G. 711、G. 723、G. 729 等多个语音编码^[3]的标准,其中 G. 729 建议是共轭结构代数码激励线性预测 (CS-ACELP)^[2] 语音编码方案,速率为 8 kbps。G. 729A^[2] 是它的简化版本,其复杂度降低一半,但在有三阶段代码转换和背景噪声的情况下性能稍微有所下降。而附件 B (Annex B) 是为建议 V. 70 一致而研究的 G. 729 最佳静音压缩方案,实验证明,无论是在有噪声还是无噪声的条件下,G. 729B 与 G. 729A 配合使用的性能都不低于 G. 729A 的性能。

TI 公司最新推出的 TMS320DM642 芯片具有强大的处理能力,正适合做兼具多种功能的多媒体终端,因此本文研究了如何在 DM642 处理芯片上实现和应用 G. 729B 编解码器。

1 G. 729B 算法简介

典型的语音信号中有 35% ~ 50% 以上的时间是

修改稿收到日期:2007-04-29。

第一作者刘丙娥,女,1978 年生,现为山东大学信息科学与工程学院在读硕士研究生;主要研究方向为数字音频处理与通信、基于 DSP 的嵌入式系统设计。

不含语音信号的背景噪声信号。利用这一特点,G. 729B^[1] 对语音信号和非语音信号分别采用不同的编码传送方式,大大降低了误码率,而不影响语音质量。图 1 为实现 G. 729B 功能的 G. 729 语音通信系统的原理框图。

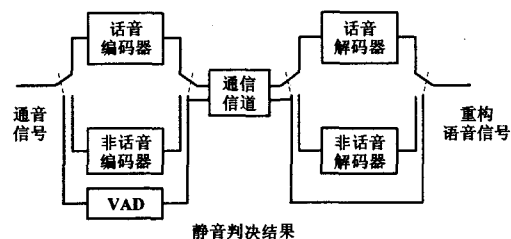


图 1 G. 729 语音通信系统的原理框图

Fig. 1 Principle of G. 729 phonetic communication system

G. 729B 包括静音检测 (VAD)、不连续传送 (DTX) 和舒适噪声产生 (CNG) 这 3 个模块。VAD 对输入的语音帧进行分析,将语音帧分为语音信号帧和非语音信号帧。若输入语音帧为语音信号帧,则 VAD 模块输出为 1,否则,VAD 模块输出为 0。DTX 模块处理非语音信号的编码与传送。CNG 模块则负责在解码端产生用于重构背景噪声的激励信号,使重构噪声信号更为自然。

1.1 静音检测 (VAD)

静音检测 (VAD) 的作用就相当于一个开关,用它

来区分语音信号和非语音信号。VAD 算法的好坏对重构后的语音质量起决定作用。G. 729B 的静音检测分为两步:第一步, VAD 模块从输入的语音信号帧提取 4 个特征参数。这 4 个特征参数分别是线谱频率 (*LSF*)、全带宽信号能量 (*Ef*), 低频带信号能量 (*El*) 和过零率 (*ZC*)。然后, 计算这些特征参数与其长时平均值的差值, 再根据这些特征参数差值做出初步静音判决 *Qvd*。第二步, 对初步静音判决的结果 *Qvd* 进行平滑, 得到平滑后的静音判决结果 *Mvd*。平滑后的判决结果更加地符合语音信号中存在的长时静音现象, 使话音帧与非话音帧编解码器之间的切换更为自然。

1.2 不连续传送 (DTX) 与 SID 帧编码

如果背景噪声是平稳的, 那么仅靠解码端舒适噪声产生模块就能产生舒适的听觉效果, 但实际情况并非如此。为了重构出与输入信号相似的背景噪声, 在传送语音信号编码码流的同时还要将非语音信号 (背景噪声) 的相关参数传送到解码端。对于连续的非语音信号帧, G. 729B 采取不连续传送方式, 将非语音信号分为两类 SID (silence insertion description) 帧和不需要编码传送的帧。一段连续的非语音信号帧的第一帧总是作为 SID 帧处理。对于接下来的帧, DTX 测量背景噪声特性的频谱和能量参数来决定传送帧类型, 如果与前一 SID 帧的间隔大于 2 且能量参数有显著不同, 该帧就作为 SID 帧, 将其线谱对 LSP 和能量参数被量化、编码后发送到解码器。否则作为不需要编码发送的帧。

SID 的能量参数采用 5 bit 非均匀量化器进行量化, 动态范围为 -12 ~ 66 dB; 16 ~ 66 dB 量化步长为 2 dB; -4 ~ 16 dB 量化步长为 4 dB; -4 dB 以下, 量化步长为 8 dB。LSP 参数的量化与语音信号帧的 LSP 参数量化类似, 采用二阶矢量量化器进行量化。第一阶矢量量化器量化结果分配 5 bit; 第二阶矢量量化器量化结果分配 4 bit。

1.3 舒适噪声产生 (CNG)

CNG 的主要任务就是产生一个可控能量级的激励信号, 用该激励信号激励 LPC 滤波器来重构背景噪声信号。这和话音帧的解码过程相似。

G. 729B 解码端激励信号的产生是通过 CNG 模块将三种激励信号加权合成的, 其中两种来自 G. 729A 激励源, 另外一种为高斯白噪声产生器, 这样得到的背景噪声舒适自然没有明显的人造音过渡。具体由式(1)表示:

$$EX(n) = a \times EX_1(n) + b \times EX_2(n) \quad (1)$$

式中: $EX_1(n)$ 由自适应码本激励和固定码本激励构成。

$$EX_1(n) = G_a \times E_a(n) + G_r \times E_r(n) \quad (2)$$

式中: $E_a(n)$ 为自适应码本矢量; $E_r(n)$ 为固定码本矢量; G_a 与 G_r 为码本增益。

综上所述, G. 729B 中对于话音帧一帧编码后码流为 80 位, 而 SID 帧是 15 或 16 位, 不需要传送帧 0 位, 大大降低了传送码率, 而合成语音质量高于 G. 729A。

2 TMS320DM642 性能结构简介

TMS320DM642 (以下简称 DM642) 是 TI 公司专门为多媒体应用而开发的 DSP, 采用 TI 的第二代高级超长指令字结构 (VelociTI), 使得在一个指令周期中能够并行处理多条指令。它可在 600 MHz 时钟频率下工作, 每个指令周期可并行 8 条 32 bit 指令, 因此, 可达到 4 800 Mips 的峰值计算速度。

DM642 采用两级缓存结构: 第一级 L1 包括相互独立的 LIP (16 kB) 和 LID (16 kB), 它只能作为高速缓存使用; 第二级 L2 (256 kB) 是一个统一的程序/数据空间, 可整体作为 SRAM 映射到存储空间, 也可整体作为第二级 Cache 或是二者按比例的一种组合来使用。DM642 具有 64 个独立通道的 EDMA^[5] (扩展的直接存储器访问) 控制器, 负责片内 L2 与其他外设之间的数据传输。容量较大的两级缓存和 EDMA 通道是 DM642 高性能的体现之一。

此外芯片集成了 3 个高精度、可配置的视频端口、10/100 Mbps 的以太网 MAC、面向音频应用的多通道音频串口 (McASP) 和 66 MHz 32 bit 的 PCI 口。

DM642 强大的功能为多媒体信息的处理奠定了坚实的基础。与 DM642 配合使用的软件开发环境是 TI 的开发工具 CCS (code composer studio)。它包含有 C 编译器、汇编器、实时操作系统 DSP/BIOS^[4]。主机与目标板之间的实时数据交换软件 RTDX, 实时分析和可视化工具等。

3 G. 729B 在 DM642 上的实现与优化

G. 729B 编解码器在 DM642 上的实现与优化需要经过以下几个步骤: 在 PC 机上验证该编解码算法的正确性; 代码向 DSP 上的移植; DSP 平台上 G. 729B 代码的优化。

3.1 在 PC 机上验证该编解码算法的正确性

G. 729B 是一份定点的源程序, 代码结构完整。在测试其正确性时, 本文将源代码拆成 coder 和 decoder 两部分。通过将符合要求的语音文件输入编码部分, 再将得到的码流输入到解码部分, 验证输出语音文件

来得到算法的正确性。在保证正确后准备向 DSP 的移植。

3.2 代码向 DSP 的移植

代码移植就是把 PC 机上的 C 代码移植到 DSP 端,让它能够初步运行,主要需要考虑的问题是一些语法规则的修改和内存分配的问题。

首先做的修改是把分布于各个文件的静态变量提取出来。定义成全局的编码和解码的结构体,以便于内存的管理^[6]和代码的规范。它的另一个作用是在进行多路编码的时候,不同通路的编解码可以定义不同的实体。实现了数据的私有和程序的共享,而原先定义静态变量的方法不能实现多路编解码。

其次就是内存分配的问题。CCS 允许程序员对代码的数据和程序区的物理地址进行分配,具体的设置在 cmd 文件里面进行。

3.3 DSP 平台上 G.729B 代码的优化

3.3.1 CCS 自带的编译选项优化

用 C 语言编写的算法代码,若直接加载到 DSP 软件开发平台中进行编译,生成的可执行文件会很庞大,一般很难与实际的 DSP 硬件环境相匹配,所以有必要针对处理器进行代码优化。首先要充分利用 CCS 自带的编译选项进行优化,常用的编译选项有 -o3 和 -pm,分别在文件级和程序级进行优化,可将代码的容量及速度优化到原来的 70% 左右。

3.3.2 针对基本函数的优化^[5]

G.729B 编解码的函数都是由一些基本的加减乘除简单函数组合而成的,这些函数定义在 BASIC_OP.C 和 OPER_32B.C 两个文件里面。可以用内联函数将这些基本运算优化,例如:

```
#define L_muh(var1,var2)_smpy(var1,var2)
#define L_shl(L_var1,var2)_sshvl(L_var1,var2)
#define L_add(L_var1,L_var2)_sadd(L_var1,L_var2)
```

内联指令是汇编指令的直接映射,具有很高的效率。但同时一定要注意溢出保护位 overflow 的判断。引用 CSR 寄存器时需要在最开始的时候声明 extem cregister volatile unsigned int CSR。优化代码过程中还可以充分利用 DSP^[5]擅长的乘加一次性操作,即 MAC 指令,使得系统可以在一个指令周期内完成乘加操作。

3.3.3 针对循环的优化

G.729B 的代码有很大一部分的运算量集中在循环体计算中,因而针对循环的优化很有必要。其具体内容如下:

① 在循环体前用 pragma MUST_ITERATE(min, max) 语句来说明循环执行的最小和最大次数,能够提

高编译效率。

② 利用数据打包技术。由于 DSP 对数据访问的指令周期特别长,因此宽长度的存储器对短字长的数据的访问和操作能极大地提高效率,LDW 指令一次可以访问 2 个 16 位数据,LDDW 指令一次可以访问 2 个 32 位数据。

③ 进行并行处理。利用 DM642 芯片的 8 个并行运算单元将多重循环内部的小循环体拆开来,使得代码结构清晰,编译效率提高,充分利用并行单元的处理能力。注意在编写线性汇编代码时,应避免在循环内部使用跳转指令,而应使用条件执行指令。

3.3.4 使用线性汇编及汇编优化器

把算法关键部分编写成线性汇编代码,然后用汇编语言优化器生成标准汇编代码。线性汇编的效率达到标准汇编代码的 95% ~ 100%,这样可以大大减少工作量,而且同样达到优化目的。对线性汇编程序可以用汇编优化器优化,即修改相关选项达到不用优化的目的,例如: -o3、-mi、-mt 等。-o3 指定用最高水平的优化;-mi 指定中断门限是无限的。

3.4 合理分配存储器

DM642 有两级缓存,由于从片内存储器读入数据比从片外存储器读入数据要快,所以,要尽量将常用的数据放在片内存储器。在此 G.729B 中对话音部分的编解码采取 G.729A 标准,数据和代码长度比较小,可以全部都放在片外,它们的调度通过设置 L2 cache 来完成。设置 L2 cache 的指令是 CACHE_setL2Mode()。

4 G.729B 的优化结果

本文列出了对语音预处理函数、加窗求自相关函数、带宽扩展函数和 Levinson-Durbin 法求十阶线性预测滤波器系数的算法优化前后的比较,如表 1 所示。

表 1 算法优化前后的比较表

Tab.1 Comparison before and after optimization

函数名称	优化前指令周期数	优化后指令周期数	使用优化器选项(-o3)	优化效率(倍数)
Pre_Process()	901 142	15 336	14 728	61.2
Autocorr()	6 114 668	94 327	40 091	152.5
Lag_Window()	78 161	6 998	7 130	11.0
Levinson-Durbin()	1 198 962	8 016	5 132	233.6

优化前后的输入输出语音波形比较图如图 2 所示。

5 结束语

长时间的系统测试表明,G.729B 编解码器工作高
(下转第 54 页)

前面说到,流量小信号切除是一种为了解决流量计零点漂移的掩盖矛盾的方法,并不是采用了小信号切除后仪表的零漂就不存在了,而是零漂依旧,只是不让观察者看到而已,因此,就需要而言,如果不设置小信号切除能够达到要求,最好不要切除。

但是模拟器件的温漂、时漂对流量计零点的影响往往是双向的,差压信号的传递失真以及振动等干扰的侵入均属不确定因素,所以,小信号切除又是必须的。

对于小信号要不要切除,切除值大与小之间如何取值,这就是最优化的概念。总的原则是在能达目的的前提下,将切除值尽量选得小一些。

前面说到,对差压式流量计来说,如果被测介质是干气体,由于可忽略差压信号的传递失真,同时,差压上限又取得较高,差压变送器的精确度也较高,可以将切除点设置得很小,甚至可暂不切除,待仪表投运后如果不出现小信号情况,就可一直用下去,如果出现小信号情况,则可根据漂移的幅值,适当放些余量,设定切除点。

零点漂移严重的差压式流量计,被测介质往往是湿气体和蒸汽,引压管线又较长,有的还带伴热保温,差压信号传递失真严重。差压变送器精确度较低,有的还属微差压等级。这时候,切除点如果设置太低,解决不了问题。

涡街流量计的小信号切除具有特殊的意义,有些品牌的产品,在仪表出厂前,已根据承诺的可测最小流量预先设定好。在现场开表投运时,可根据具体的使用要求和具体的现场环境合理调试。一般可分以下几种情况:

① 如果仪表用于过程控制,对可测最小流量一般要求不高,可保持制造厂设置的切除点。

② 如果仪表用于计量,一般要求可测最小流量尽可能小,可根据现场振动情况和干扰情况对切除点进行合理调整,适当减小切除值。

③ 在现场调试中,小信号切除值的设定往往还要与其他可调参数如触发电平调整、增益调整等相配合,才能达到满意的效果。

④ 切除点调整后,应注意观察仪表运行情况,如果出现小信号现象,可将切除点适当升高或作其他处理。即使切除点是制造商的设定值,也需注意观察。

5 结束语

流量仪表中的小信号切除,是流量测量中的特殊需要,它是为了克服各种原因引起的小信号所导致的不良后果。

各种不同原理的流量计,产生小信号现象的机理也不同。同一种原理的流量计,由于其精确度的差异、仪表品质的差异、被测介质的差异、现场环境的差异以及安装情况的差异,零点的不确定性也有很大差异。调试人员应根据具体的要求和具体条件合理设定切除点。

流量小信号切除最优化没有一个固定的公式,它只是在使用要求与可能达到的可测最小流量之间寻找一个最佳点,通常由现场调试决定。

参考文献

- 1 骆美珍,龚毅,陈少华. 提高差压法流量测量精确度点滴[J]. 石油化工自动化,1998,(5):41-43.
- 2 蔡武昌,孙准清,纪纲. 流量测量方法和仪表的选用[M]. 北京:化学工业出版社,2001.
- 3 王建忠,纪纲. 节流式差压流量计为何青春依旧[C]//第七届工业仪表与自动化学术会议论文集,上海,2006:66-72.
- 4 姜仲霞,姜川涛,刘桂芳. 涡街流量计[M]. 北京:中国石化出版社,2006:80.
- 5 纪纲. 流量测量仪表应用技巧[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
- 6 R W 米勒著,孙延祚译. 流量测量工程手册[M]. 北京:机械工业出版社,1990.

(上接第50页)

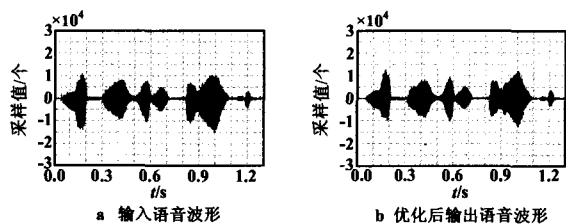


图2 语音波形比较图

Fig. 2 Comparison of phonetic waveforms

效稳定、语音还原清晰、编码延迟短,非常适合网络的语音通信。同时利用各种优化技术,也可以充分发挥新一代定点数字信号处理器 TMS320DM642 的能力。结合 G. 729A 的 G. 729B 可以应用于 IP 电话

网关和设备。

参考文献

- 1 ITU-T Recommendation G. 729 Annex B: A silence compression scheme for G. 729 optimized for terminals conforming to Recommendation V. 70[S]. 1996.
- 2 ITU-T Recommendation G. 729 Annex A: Reduced Complexity 8 kbps CS-ACELP Speech Codec[S]. 1996.
- 3 杨行峻,迟惠生. 语音信号数字处理[M]. 北京:电子工业出版社,1995.
- 4 彭启琮,管庆. DSP 集成开发环境——CCS 及 DSP/BIOS 的原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- 5 李方慧,王飞,何佩琨. TMS320C6000 系列 DSPs 原理与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- 6 乐燕芬,徐伯庆. 基于 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的嵌入式音频系统设计[J]. 自动化仪表,2006,27(5):5-7.