

一种 G.729ab 和 G.723.1 联合多通道声码器设计

廖延娜

(西安邮电学院 电子与信息工程系,陕西 西安 710121)

摘 要:以 TMS320C6203 为硬件平台,设计了一种高效率的 G.729ab 和 G.723.1 联合多通道声码器.该声码器的不同通道可同时实现 G.729ab 和 G.723.1 两种语音压缩算法.通过使用纯汇编指令与 C 语言结合优化编程,提高核心编解码算法效率,可实时最大支持 31 个话路语音的 G.729ab 编解码,或 22 个话路语音的 G.723.1 编解码.利用 TMS320C6203 在片外设 McBSP 提供声码器连接 PSTN 的标准 E1 接口;利用 TMS320C6203 的 HPI 接口提供声码器和连接数据网的 RTP 协议接口,使该联合声码器可灵活应用于媒体网关.

关键词:联合声码器;多通道;指令优化;McBSP;RTP 接口

中图分类号: TN4

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)07-0074-04

G.729ab and G.723.1 Unin Multichannel Codec Design

LIAO Yan-na

(Department of Electronic and Information Engineering,
Xi'an University of Post and Telecommunications, Xi'an 710121, China)

Abstract: An efficient G.729ab and G.723.1 unin multichannel codec is designed on TMS320C6203. Both of the compression algorithms can be realize simultaneously on different channels of the codec. Pure assemble instruction and C language mixed programming is used to improved the effectiveness. The unin codec and supply 31 G.729ab channnels or 22 G.723.1 channnels. Multichannel Buffered Serial Port of TMS320C6203 is disposed as E1 interfacet to PSTN. Host Processor Interface of TMS320C6203 is designed to provid a Real-time protocol connection. This unin codec can be used on Media gateway conveniently.

Key words: unin codec; multi-channel; instructoion optimize; McBSP; RTP interface

1 引言

语音压缩编码是 VoIP 媒体网关设备的关键技术之一,G.729ab 和 G.723.1 是 ITU-T 发布的较为常用的两种 VoIP 语音压缩编解码标准.G.729ab 语音压缩编码采用“共轭结构代数码本激励线性预测编码”(CS-ACELP)算法,帧长 10ms,编码后速率为 8kb/s.G.723.1 标准可在 6.3kb/s 和 5.3kb/s 两种码率下工作,采用线性预测合成分析法,高码率采用多脉冲最大似然量化(MP-MLQ),低码率采用代数码本激励线性预测(ACELP),算法帧长 30ms.传

统的声码器设计往往局限于单一的语音压缩编码算法^[1-2],然而在一个媒体网关中,针对不同的接入,经常会要求同时实现这两种常见的压缩编解码算法.为了提高媒体网关设备的灵活性和应用范围,本文选择高性能浮点 DSP 芯片 TMS320C6203 作为硬件平台,在一个声码器中同时实现 G.729ab 和 G.723.1 语音压缩编码算法.

2 联合多通道声码器的 DSP 硬件实现平台

本文选择 TI 公司的 TMS320C6203 芯片为核心,构造实时语音编解码处理的硬件平台.利用

收稿日期:2010-03-16;修回日期:2010-05-16

基金项目:陕西省自然科学基金项目(2009JM8015);陕西省教育厅专项科研计划(09JK730)

TMS320C6203 片内固化设置的 McBSP 接口(多通道缓存串行接口)与 HPI 接口(主处理器接口),设计 G. 729ab 和 G. 723.1 联合多通道声码器的 DSP 实现方案结构示意图如图 1 所示。

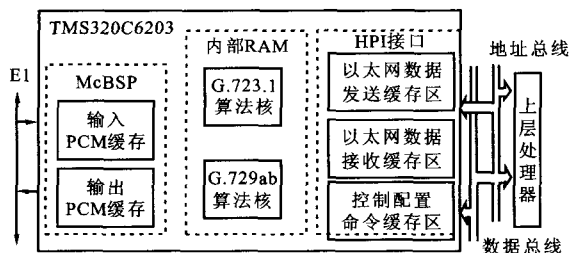


图1 联合多通道声码器硬件结构示意图

TMS320C6203 通过内置 McBSP 与 EDMA (Enhanced Directory Memory Access, 增强型直接内存访问)控制器配合,实现与 E1 标准接口的链接。McBSP 接口相关的控制寄存器^[3]主要设置包括:设置 R/XCR(接收/发送控制寄存器),使串口按照标准 E1 数据格式进行数据收发。设置 PCR(串口管脚控制寄存器),控制串口采用外部 E1 总线的时钟和帧同步信号。设置 SPCR(串口控制寄存器),控制串口的 R/XINT(收/发中断)由 EDMA 响应。

TMS320C6203 支持 16 个 EDMA 通道,本文配置 EDMA 的 14、15 通道响应串口收、发中断:当串口收发缓存寄存器中的数据接收或发送结束,自动产生串口 R/XINT 中断激活 EDMA,实现 PCM 缓存区和串口收发缓存寄存器之间的数据传递。

声码器通过 DSP 的 HPI 接口与上层处理器连接,实现上层处理器和 DSP 之间的控制命令交互以及编码数据交互。其中控制命令缓存区中设置信号量标志,用于控制命令交互;以太网数据发送/接收缓存区由读写指针控制数据交互。

3 联合多通道声码器的软件实现

3.1 嵌套型结构实现两种压缩算法的灵活配置

联合多通道声码器主程序以及算法核设置在 TMS320C6203 的内部 RAM 中。为了在一片声码器上实现两种语音压缩编码算法,针对 E1 总线的 32 个通道,主程序为每个通道对应了一个完整的嵌套型的状态结构定义如下:

```
Structure define: Channel State [32] {
    Channel_Parameter_Memory_Structure;
    G729ab_CCODEC_Memory_Structure;
    G7231_CCODEC_Memory_Structure;
    HPI_Parameter_Memory_Structure }
```

结构中包含:通道参数状态结构、G. 729ab 算法

所对应的状态结构、G. 723.1 算法所对应的状态结构,以及 HPI 口收发以太网数据参数状态结构变量定义。其中通道参数状态结构变量中,定义了通道的工作状态、编解码方式等参数。DSP 为声码器的每个通道的状态结构定义分配了独立的内存空间;每个通道都可以根据上层处理器的命令,实时的配置及调整编解码工作模式,从而实现了在一片声码器中完成 G. 729ab 和 G. 723.1 两种编解码运算方案。

声码器的主控程序采用定时中断方式访问 HPI 接口,根据上层处理器的指令设置声码器各个通道的工作状态、编码方式和控制参数,并根据当前打开通道的数量以及编解码模式即时计算并反馈声码器的剩余资源。

主控程序使用轮询方式处理从 E1 接口来的 PCM 语音信号,根据相应的通道参数调用算法库中的核心编码算法;编码后的语音数据,经由 HPI 接口输出到上层处理器。使用完全类似的轮询处理方式,逆向处理来自数字网络的编码数据。

3.2 编解码核心算法优化

TMS320C62x 系列 DSP 的集成开发环境 Code Composer Studio(简称 CCS)支持汇编语言,以及标准 C 语言编程。为了提高编解码算法的效率,本文在 ITU-T 的标准 G. 729ab 和 G. 723.1 的 C 语言原码的基础上,采用 C 语言和汇编混合编程的方式,对核心算法进行了二次开发。对于底层的运算功能函数,使用 DSP 汇编指令开发,以最大程度提高代码效率;对于上层的控制函数采用 C 语言开发,保证软件的可维护性和可控性。

3.2.1 优化数学运算函数

在 G. 729ab 和 G. 723.1 算法中,为了防止基本的加、减、乘、除数学运算结果溢出,使用了一系列的数学运算函数,如 Word16 mult (Word16 var1, Word16 var2)、Word32 L_add_c (Word32 L_var1, Word32 L_var2)等,在函数中进行运算结果饱和处理。频繁的函数调用会引入大量的压栈和弹栈处理,增加程序运行开销。TMS320C62x 系列的 DSP 汇编语言提供有专门的指令 SADD、SSUB、SMPY、SMPYH 等^[4],可以在 1~2 个指令周期内直接完成带饱和的加/减、乘法运算。使用汇编运算指令代替数学运算函数,可直接将底层功能函数效率提高至少 8 倍以上。

3.2.2 利用流水线结构实现循环体优化

流水线结构是 DSP 实现高速运算的重要技术。TMS320C62x 系列芯片采用六级流水线结构,提供

A、B 两组共 32 个通用寄存器,8 个功能单元,可以有 8 条指令处在不同的执行阶段并行.由于不同指令的指令周期不同,需要在多周期指令后插入足够的 NOP(空操作)指令,以避免流水线冲突.

在 G. 729ab 和 G. 723. 1 的标准 C 代码中,循环体频繁出现.循环控制的关键跳转指令 B,需要等待 5 个指令周期,大量的 NOP 操作将降低代码的效率.对于复杂的循环体,循环内的运算步骤较多,可在跳转指令 B 的 4 个等待周期中进行下一个循环周期的部分计算.对于简单的循环体,可以通过调整循环的结构,合理安排指令顺序,在一个汇编循环体内完成多个 C 循环的运算的流水线操作.以用汇编指令实现如下简单的 for 循环求信号能量的程序段为例:

```
for (i = 0; i < 128; i++)
```

```
sum = sum + src[i];
```

上述示例可使用如下汇编核心程序段实现:

```
LOOP:    LDH      *A13++,A10
||       SADD     A10,B10,B10
|[A1]    SUB      B0,1,B0
|[A1]    B        LOOP
||       CMPGT    B0,0,A1
```

其中 B0 和 A1 配合用于循环控制,A13 寄存器中为 src 地址;B10 寄存器用于存放求和结果.在等待跳转指令 B 有效的 5 个延时周期内,依次进行随后的 5 个循环的取数(LDH 指令有 4 个延时周期)、求和、循环控制和跳转指令.优化后,循环体 LOOP 仅为一个指令周期,有 5 条并行运行的指令,没有 NOP 操作,实现了最优循环效率.

本设计优化后核心编解码算法代码完全符合 ITU-T G. 729ab 和 G. 723. 1 标准,并通过了 ITU-T 的所有测试矢量.

3.3 内嵌的 RTP 接口设计

媒体网关所联通的数字网络属于分组通信,必须有合适的多媒体实时流传输协议以保证语音的连贯性.所以,在声码器的 HPI 接口控制程序中,设计了一个提供给上层处理器的 RTP(Real-time Transport Protocol,实时传输协议)接口,用于完成压缩编码数据的 RTP 打包、发送;接收、排序和缓存,具体功能设计如下:

①RTP 打包:RTP 包由固定格式的包头^[5]和净荷部分组成.包头中的 SN(Sequence Number)字段用于对 RTP 包进行排序,每发送一个 RTP 包,SN 加 1. TS(Time Stamp)字段用于标识 RTP 数据包中

第一个字节的采样时刻,以语音样本为单位递增;对于语音包和静音压缩包,TS 增值一致. PT(Payload Type) 字段指示 RTP 净荷的数据编码格式. 在 RFC3550 中规定了标准音频载荷类型:G. 723. 1 编码对应的 PT 为 4;G. 729ab 编码对应的 PT 为 18.

由于 RTP 包头中没有长度字段,故对 RTP 包进行了外部扩展,附加了 RTP 包数据长度、通道号,组成“以太网数据包”. 针对 TMS320C6203 的 32 位寻址的 HPI 总线接口,设计以太网数据包格式如图 2 所示.

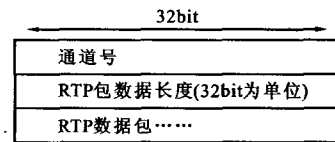


图 2 以太网数据包的格式

② RTP 包发送:即写“以太网数据包”至“以太网数据发送缓存区”. 首先根据该缓存区的读写指针判断剩余空间;若空间不够,则放弃此次写操作,同时丢弃该数据包. 如果空间足够,则将数据包写入发送缓存区,并更新写指针. 读指针由上层处理器维护.

③ RTP 包接收、排序和缓存:分组通信需要考虑语音的防抖动处理,本文通过设置静态缓冲区实现去抖动. 首先根据“以太网数据接收缓存区”的读写指针读取新的 RTP 数据包,并更新读指针;然后根据 SN 和 TS 将其排列在相应通道的 RTP 缓存队列中. 对于每个通道的 RTP 缓存队列,当缓存语音数据到达预先定义的阈值 K 时,给出标志允许该通道开始进行语音数据解码. 如果数据分组有抖动延迟,则解码语音可继续保持 K 时间单位不被打断.

3.4 HPI 控制命令设计

声码器提供了简单但是功能完备的协议处理器交互命令接口,并允许上层协议处理器对接口命令进行合理扩充. 表 1 为典型命令的格式.

表 1 典型控制命令

命令号	功能	格式			
0x01	打开通道	ID	LEN	参数 1	参数 2...
0x02	关闭通道	ID	LEN	参数 1	参数 2...
0xF1	DSP 反馈无效命令	ID	LEN	参数 1	参数 2...
0xF2	DSP 反馈剩余资源	ID	LEN	参数 1	参数 2...

其中命令号(ID)用于识别命令;长度(LEN)表示整条命令的字节数;每条命令的参数个数及内容各不相同. 如打开通道命令有 4 个参数:

参数 1 为通道号,与 E1 接口的时隙对应;

参数 2 指示该通道的编码方式;

参数 3 与参数 4 分别对应编码的 VAD(静音检测)和 CNG(舒适噪声产生)选项.

另外,每条命令都设计有 32bit 的冗余字段,以备扩展升级.

4 联合多通道声码器测试结果

通过 TMS320C6203 芯片的 JTEG 接口对声码器的工作效率进行监测,表 2 对比了 C 代码自动优化与本设计手工汇编优化后的 G. 729ab 和 G. 723. 1 编解码算法效率. 自动优化采用 CCS 环境提供的最高优化级别选项: - msl - o3(速度最优、文件级优化). 表 2 的数据表示相应算法处理一帧数据所需的运算量(MIPS)和指令周期(cycles). 由表 2 可见,本文优化设计的联合多通道声码器核心算法软件,比标准 ITU-T 提供的标准 C 代码的自动优化高出了一个数量级.

表 2 算法优化效率对比

算法		CCS 自动优化		手工汇编优化	
		MIPS	cycles	MIPS	cycles
G. 729ab	Encoder	93. 86	690843	9. 44	71444
	Decoder		247747		23029
G. 723. 1 /6. 3kb/s	Encoder	179. 84	4914860	18. 41	513993
	Decoder		480354		53485
G. 723. 1 /5. 3kb/s	Encoder	124. 35	3287528	13. 29	350266
	Decoder		443051		48662

本文设计的联合多通道声码器应用于大唐 DT-SP30 型交换机的媒体网关板,并通过了交换机外接口环回测试. 测试中,TMS320C6203 采用 300MHz 主频. 媒体网关板的上层协议处理器对联合多通道声码器的各个通道进行随机配置. 测试结果表明:联合多通道声码器可以准确实现 G. 729ab 和 G. 723. 1 编解码算法,从而实现 PSTN 与数据网络的音频通信;联合多通道声码器的各通道可以灵活配置编解码方式. 当使用单一配置时,联合多通道声码器的处理能力为:单片声码器实现 31 路 G. 729ab 算法,或

16 路 6. 3kb/s G. 723. 1 算法、或 22 路 5. 3kb/s G. 723. 1 算法.

本设计的联合多通道声码器已经成功申请了国家发明专利^[6].

5 结束语

文中设计的联合多通道声码器的不同通道可以同时实现 G. 729ab 和 G. 723. 1 两种语音压缩算法;纯汇编并行优化提高了算法效率;各通道的编码方式可由上层处理器通过 HPI 控制命令灵活配置;声码器提供 E1 接口和 RTP 协议接口应用于媒体网关. 本文提出的联合声码器的设计方法可用于其他的,存在一种以上的语音编解码方式的具体应用.

参考文献:

[1] 黄君凯,张爱丽,吴士萍. 基于 RPE-LPT 算法的语音编解码器的研究[J]. 微电子学与计算机, 2006,23(2):114-117.

[2] 董晋,徐盛,胡剑凌,等. 基于黑匣子的多通道语音压缩编码实现[J]. 计算机应用与软件, 2007,24(4):145-147.

[3] Texas Instruments Incorporated. TMS320C6000 DSP multichannel buffered serial port refercend guide[R]. US: Texas Instruments Incorporated, 2006.

[4] Texas Instruments Incorporated. TMS320C62x DSP CPU and instruction set reference guide[R]. US: Texas Instruments Incorporated, 2006.

[5] IETF. RFC3550. RTP: a transport protocol for real-time applocations[S]. US: IETF, 2003.

[6] 廖延娜,陈新富,孙健,等. 一种多通道联合声码器及其实现方法:中国, 03114586[P]. 2005-01-26.

作者简介:

廖延娜 女,(1974-),硕士,讲师. 研究方向为电路与系统、信号与信息处理.