G.729A 语音编解码算法的分析及优化

南京铁道职业技术学院苏州校区　李娟娟

[摘　要]ITU-T G.729A 语音编解码算法非常复杂、计算量极大。为了尽可能地提高算法的运行效率，必须有针对性地进行优化。本文根据 G.729A 算法的特点和 TMS320C5510 DSP 的软硬件平台特点，着重从编译器级进行优化处理。测试结果表明，优化后，G.729A 算法的运算量从 590.097MIPS 降低到 85.769MIPS，程序执行速度提高了近 7 倍。

[关键词]ITU-T　G.729A　DSP　优化

1. 引 言

ITU-T(国际电信联盟)于 1996 年提出的 G.729 语音压缩编解码算法在 8kbit/s 码率下具有良好的音质，并且延迟较短，因此广泛应用于 IMT-2000、PCS、IP 电话以及各种手持设备中[1]。

G.729A 是在 G.729 的基础上进行了部分简化，它使编码的复杂度降低了 50%，而语音质量并没有明显降低。

为了使算法在 TMS320C5510 DSP 硬件平台上能够实时处理，本文根据 G.729A 算法特点和 TMS320C5510 DSP 的软硬件平台特点，着重从编译器级进行优化处理。优化后，G.729A 算法的运算量从 590.097MIPS 降低到 85.769MIPS，完全符合实时处理的要求。

2. G.729A 语音编解码算法特点

G.729A 协议使用共轭结构代数码激励线性预测(CS-ACELP)算法对语音信号进行编解码，其码率为 8kbit/s。

该算法的特点是分析窗采用混合窗；LSP 参数采用二级矢量量化；以子帧为单位的码本搜索分为自适应码本搜索和代数(固定)码本搜索；基音分析采用开环基音分析和自适应码本搜索相结合，从而降低了运算量，减少了基音的量化比特数，并提高了基音预测的准确度；代数码本算法简单，不需要存储码本，恢复音质清晰。在 8kbit/s 码率下合成语音质量不低于 32kbit/s ADPCM 的水平，算法延时为 15ms[2]。

3. 针对具体平台的编译器级优化

G.729A 算法的实现采用的硬件平台是 TMS320C5510 DSP、软件平台是 CCS 2.0。经过反复试验，下列优化方法对提高系统性能的影响较大。

(1) 使用 Intrinsic[3]

CCS 编译器提供了 Intrinsic 函数集，可以通过调用 gsm.h 头文件来使用它。Intrinsic 可以直接映射为内联的 5510 指令的特殊函数，使用时同函数的调用一样，由编译器编译时负责处理相应的调用。原运算函数用对应的 Intrinsic 函数替换后，程序的运行速度提高了 4 倍左右。

(2) - mb 选项的打开

该选项的功能用于使能编译器进行 dual-MAC 操作，dual-MAC 是指在单指令周期内执行两个乘累加操作，这是 C55X DSP 的一个很重要的硬件特征。打开 -mb 选项，便能生成 dual-MAC 操作，从而提高程序的运行性能。

(3) - ml 选项的打开

该选项的功能用于使能编译器生成一个较大的存储器模型 (large memory model)，可以和 -mb 选项结合使用。

(4) 针对具体硬件平台 -vdevice[:revision]的使用

该选项用于通知编译器当前是何种目标平台，便于编译器针对特定的硬件平台进行优化，生成特定的优化代码。如本算法实现采用的硬件平台是 C5510，就可以使用 -v5510 来打开该选项，其中 revision 可以是 A、B、C、D 中的任意一个，编译器就会产生相应优化的代码。

(5) 优化级别选项的使用 (-On, n=0, 1, 2, 3)[4-5]

采用编译器优化最容易的方法即是优化级别 -On 的选用，n 用于控制优化的类型及深度，n 越大优化级别越高，但是不能盲目的选用级别高的，因为级别越高，程序就越容易出问题，所以要视情况而定。

-O0：主要是针对寄存器组的优化，给一些特定的寄存器分配变量，加快程序执行速度，删除无有的代码，改善程序的控制流等。

-O1：在 O0 基础上进行局部优化，主要完成消除无用赋值和局部公共表达式等。

-O2：在 O1 基础上进行全局优化，主要完成循环算法的优化并且将循环中的数组访问转化为指针增量形式、实施循环展开，消除全局公共表达式和无用赋值等。

-O3：在 O2 基础上进行文件级的优化，主要完成消除冗余代码、简化表达式和语句、使用内联 (inline) 函数并展开等，还完成消除从未使用的函数、对函数声明进行重排序等。

(6) - pm 选项的使用

可选用 -pm 和 -O3 一起执行程序级的优化。在程序级的优化中，所有的源文件被编译成为模块的中间文件，再由模块进行编译器的优化和代码生成。

(7) #Pragma 优化指令的使用

CCS 编译器中，Pragma 优化选项也是很有用的，它可以直接的告诉编译器如何处理相应的代码。对循环优化有用的有“MUST_ITERATE”和“UNROLL”。

前者的标准用法是：“#Pragma MUST_ITERATE (min, max, multiple)”，参数“min”和“max”是通知编译器指定循环操作执行的最少和最多次数，“multiple”用来指定循环次数的约数，即实际执行循环的次数一定是该参数的整数倍。后者标准用法是“#Pragma UNROLL (n) ”，参数 n 用来指定循环展开的次数。

在没有打开 O2 和 O3 之前，这两个优化选项很有用，但如果 O2、O3 已经打开，它们的功能就会被 O2 或 O3 覆盖。

(8) 去除除错 (Debug) 功能

由于写好的程序需要查错功能，所以编译器需要额外的代码以便开发者除错。在程序除错完后，可将 Debug 功能去除，这样可以减少程序的存储空间以及加快程序的执行速度。

通过编译器级优化后，G.729A 算法的运算量从 590.097MIPS 降低到 85.769MIPS，程序执行速度提高了近 7 倍。

4. 结论

测试结果表明：G.729A 编解码压缩算法经过编译器级优化后，其效果很显著，运算量从 590.097MIPS 降低到 85.769MIPS，运算速度提高近 7 倍，如表 1 所示。而 TMS320C5510 DSP 的性能可达 400MIPS，由此可见，优化后的算法完全符合实时处理的要求，并且最多可以支持 4 路语音信号同时进行编解码，有效地节省了资源。

表 1 G.729A 优化前后的 MIPS

G.729A	MIPS
优化前	590.097
编译器级优化后	85.769

参考文献

[1]ITU-T Recommendation G.729 Annex A. “Reduced complexity 8kbit/s CS-ACELP speech codec”, 1996.

[2]ITU-T recommendation G.729,“Coding of Speech at 8kb/s Using Conjugate Structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction (CS-ACELP)”, 1996.

[3]Awan, M.T., Masud, S., Khan, N., Abdullah.. “Multilevel Optimization of Speech Coding Algorithms for Modern DSP Architectures”, Communications, Computers and Signal Processing, 2005,PACRIM, 2005, 265-268.

[4]牟海维,张华.基于 DSP 的 G.729 优化方法研究.微计算机应用, 2009,30(5):36-40.

[5]Banerjee M,Vani B A,Madhusudhan S,et al. “Optimizations of ITU G.729 Speech Codec”, Vehicular Technology Conference, USA, 2004, 6 (6):3913-3918.