

# 一种改进的基于小波变换的快速 EZW 算法

夏寅辉<sup>1</sup>, 马文波<sup>2</sup>

(1. 华北光电技术研究所, 北京 100015; 2. 北京理工大学, 北京 100081)

**摘要:** 研究了一种适合在高速 DSP 上运行的基于小波变换的快速嵌入式零树编码 (EZW) 算法。通过分析传统 EZW 的数据压缩流程以及 DSP 的处理机制, 对 EZW 算法进行了改进, 使之在 DSP 上运行的速度得到了极大的提高, 并已在某高输入数据率的图像压缩项目上使用, 效果良好。

**关键词:** DSP; 小波变换; 嵌入式零树编码 (EZW); 图像压缩

**中图分类号:** TP391.4      **文献标识码:** A

## An Improved Fast Algorithm of EZW Based on Wavelet Transform

XIA Yin - hui<sup>1</sup>, MA Wen - bo<sup>2</sup>

(1. North China Research Institute of Electro-optics, Beijing 100015, China;  
2. Beijing University of Science and Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** This paper research an improved fast algorithm of EZW based on wavelet transform agreeing with running on high speed DSP. The algorithm of EZW is improved through analyzing data compression flow of traditional EZW and processing method of DSP. Consequently the speed of the algorithm running on DSP is greatly enhanced and the algorithm is applied to a certain item of image compression that rate of input data is big. The result of application is very good.

**Key words:** DSP; wavelet transform; embedded zerotree wavelet (EZW); image compression

### 1 引言

近年来, 随着更大面阵的图像传感器 (包括红外和可见光) 的应用, 图像生成设备的输出数据率越来越高, 而数据存取及传输信道带宽相对较窄, 这两者的矛盾越来越尖锐。如何实时对高输出数据率的图像进行压缩始终是当前图像压缩领域研究的难点也是重点。

目前已研究出的一些压缩方法, 都存在不同程度的局限性, 如 DPCM 压缩率不高; 矢量量化 (VQ) 的计算复杂度随着维数的上升而急剧增加; 而 JPEG 是迄今广为使用的国际压缩标准, 但在量化误差较大时会产生方块效应。而以小波变换为基础的 JPEG2000 是最新发展起来的静态图像压缩标准, 该方法力求提高图像的压缩比及图像的恢复质量, 但结构和算法较复杂, 系统压缩时间较长, 不适合实时性场合<sup>[1]</sup>。

当前较流行的基于小波变换的静态图像压缩算法 (如 EZW, SPIHT, EBCOT 等) 在一些中低图像数据速率下得到了较好的应用, 但这些压缩算法总体运算量较大, 且运算量与图像复杂度和图像压缩率具有较大相关性, 所以很难应用在图像数据率很高的实时压缩系统中。为此, 本文在传统 EZW 算法的基础上, 开发了基于小波变换的快速 EZW 算法以适应超高数据速率的要求。

### 2 嵌入式小波零树编码 (EZW) 算法原理及实现

#### 2.1 EZW 算法思想

EZW 算法采用零树量化方法。零树量化算法的基本思想是在量化小波系数时采用了零树 (Zero-trees) 这种数据结构。一幅经过小波变换的图像按

作者简介: 夏寅辉 (1977 -), 男, 硕士, 主要从事图像处理和红外系统设计方面的工程应用研究工作。E-mail: xyh\_simon@163.com  
收稿日期: 2008 - 09 - 17

其频带从低到高形成一个树状结构,树根是最低频子带的结点,它有 3 个孩子分别位于 3 个次低频子带的相应位置,其余子带(最高频子带除外)的结点都有 4 个孩子位于高一级子带的相应位置(由于高频子带分辨率增加,所以一个低频子带结点对应有四个高频子带结点,2×2 矩阵)。零树预测:一个小波系数  $X$ ,对于一个给定的门限  $T$ ,如果  $|X| < T$ ,小波系数是不重要的。如果小波系数  $X$  是不重要的,并且它的所有子孙都是不重要的,则称这些小波系数形成了一个零树, $X$  定义为零树根。若  $|X| < T$ ,但子孙中至少有一个是重要的,此时称  $X$  为孤立零点。这样通过给定逐渐减小的阈值对变换后的小波系数进行一遍遍的扫描,输出自己定义的几种符号流,然后对该符号流进行算术编码。正是通过这种零树结构,使描述重要系数的位置信息大为减少。几种符号表示如下:

$P$ :正的重要元素; $N$ :负的重要元素; $T$ :零树根;  
 $Z$ :孤立零点。

2.2 算法步骤

(1) 选择阈值

初始阈值  $T = [2^{\log_2 \text{Max}|c_{ij}^L|}]$  以后每扫描一次,阈值减小一半。其中,  $c_{ij}^L$  是  $L$  级小波变换的变换系数。

(2) 主扫描

按图 1 中所示的扫描次序,将小波系数与阈值  $T$  进行比较,用一个主扫描表记录这些输出符号。

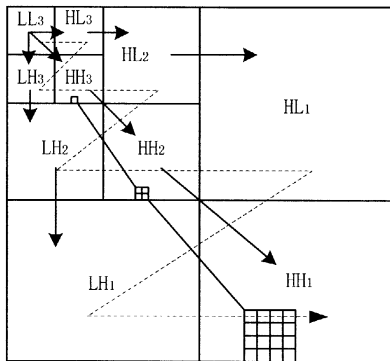


图 1 子带关系及扫描示意图

(3) 辅扫描

对主扫描表进行顺序扫描,对其中输出符号为  $P$  或  $N$  的小波系数进行量化。

(4) 重新排序

为便于设置下一次扫描所用的量化间隔,以提高解码的精度,对输出符号为  $P$  或  $N$  的数据重新排序。

(5) 输出编码信号

编码器输出两类信息:一类时给编码器的信息,包括阈值,主扫描表和辅扫描表;第二类是用于下次扫描的信息,包括阈值及第 4 步中重新排序过的重要系数序列。

(6) 如果主扫描表未消失,将阈值  $T$  降低一半,转到 2,否则结束。

关于详细的 EZW 算法请参阅文献[2]。

3 改进型快速 EZW 算法

如果图像压缩算法采用零树编码方法(如 EZW, SPIHT 等)来实现,需要对整个图像的小波系数进行多次零树查找和判断,需要消耗大量时间,并且使用了较多的判断语句,使得它非常不适合 DSP 进行流水处理。TI 公司的 C6000 系列 DSP 在程序中进行大量的乘加运算时,(code composer studio, CCS) 软件中的 C 编译器可以生成高效的代码,以实现在 DSP 上的并行流水处理,可极大的提高 DSP 运算的效率;而当进行大量的判断或 SWITCH 语句时,则达不到流水处理的要求,此时 DSP 运行效率大大降低。基于 DSP 的这种情况,开发出了以乘加运算为主、判断为辅的压缩算法以适合 C6000 系列 DSP 进行高效运算。它不需要进行大量的零树判断,而更充分利用多级小波变换后同一级间的高频子带以及各系数邻域间存在的冗余实现压缩处理,它在 DSP 上的运算速度比零树算法快几倍以上,而且重建图像质量也基本能够接受。

3.1 编码流程

编码流程如图 2 所示。

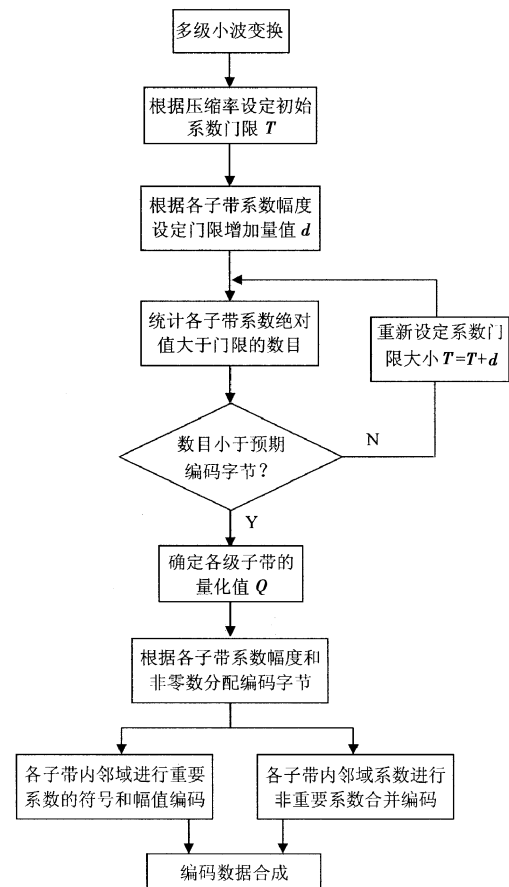


图 2 类零树算法流程图

### 3.2 算法处理过程

• 一幅自然的灰度图像进行多级小波变换后分成一个低频子带和多个高频子带,由于输入图像数据的复杂度和幅度不同,则变换后的高频子带的系数大小也不同。

• 先对各子带进行最大值幅度和非零值统计,先根据给定的图像压缩率和非零统计值为每级子带设定门限  $T$  (初始值可设为相对较小值),然后根据每级子带的系数幅度设定一个门限增量值  $d$ 。

• 统计各子带基于门限以上的重要系数个数,然后判断重要系数是否小于某个预期值,如果大于,则增加门限值  $T = T + d$ ,重新统计,直到重要系数个数小于预期值。

• 根据各级子带的最大值幅度和重要系数个数设定量化值  $Q$ ,并且分配每一级高频子带的编码字节数范围。

• 对各级子带进行重要系数图(是否为在门限  $T$  下的重要系数判定)、重要系数的幅值和正负符号的编码以及非重要系数的区域合并编码。

• 对不同类型的编码数据(如重要系数图、幅值、符号等编码数据)采用进一步如算术编码方法(可选,视系统运算量冗余后定)。

### 4 实验结果

利用本文算法在主频为 600MHz 的单片机 TMS320C6416 上进行了速度测试。采用  $512 \times 512$  分辨率的石狮图像,并把它拼接成  $4096 \times 512$  后的生成图像以及另一幅 CCD 相机实拍的实际图像作为测试图像(实拍图像分辨率达到了  $4096 \times 3072$ ,本文不再列出)。CCS 调试环境采用二级程序优化、DEBUG 调试方式。给出了在不同压缩比下,编码  $4096 \times 512$  大小图像数据小波变换系数的运行时间,如表 1 所示。

表 1 不同压缩比下 DSP 运行时间表

单位:ms

测试图像 \ 压缩比	4 倍	8 倍	12 倍	16 倍	20 倍	24 倍
石狮像	7.041	4.981	3.118	2.939	2.874	2.791
实拍图像	5.503	5.188	3.870	3.221	2.716	2.568

通过测试大量的图像,本文提出的快速 ZEW 算法非常适用于超高速图像数据输入率的实时压缩系统中。并已被应用于某实际的图像压缩系统中。该系统的输入数据率为(8~80)MB/s 可变,输出压缩码流固定为 3MB/s,压缩比自适应 3~26 倍可变。

图 3~5 为测试图像石狮像采用本文算法在不同压缩比下的重构图像。以及对应的峰值信噪比(PSNR)。由这三幅重构图像可以看出,此算法的压缩质量较好。



图 3 压缩 6 倍(PSNR:41.36dB)



图 4 压缩 12 倍(PSNR:33.55dB)



图 5 压缩比 24 倍(PSNR:32.18)

### 5 结论

本文提出了一种基于嵌入式小波零树编码(EZW)算法的快速算法,使图像的压缩速度得到了极大的提高,此算法非常适合应用于高速图像压缩系统中,并且重构图像的质量较好。

#### 参考文献:

- [1] ISO/IEC CD 15444 - 1 Information Technology, JPEG2000 Image Coding System, V1. 0, 9 December, 1999.
- [2] Shapiro J. Embedded image coding using zerotrees of wavelets coefficients [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 1993, 41(12): 3445 - 3462.
- [3] Said A, Pearlman W. A new, fast, and efficient Image Codec based on set partitioning in hierarchical trees [J]. IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, 1996, 6(3): 243 - 250.