

基于小波变换的无损编码算法研究

刘萌萌, 李华丰

(西南交通大学, 四川 成都 610031)

【摘要】 本文提出了一种基于小波变换的编码算法。该算法具有较高的压缩比,能够实现有损或无损压缩,能够提供分辨率可分级性,而且保持了原来的嵌入式零树编码所具有的优点。与整数小波变换结合恰当,所需的存储空间小,运算速度快。

【关键词】 整数小波变换; 无损编码; 游程编码; 位平面分解

【中图分类号】 O24 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-1891(2005)01-0081-04

1 引言

近年来,小波变换在压缩编码中得到了广泛的应用,嵌入式零树编码(EZW)是较好的方法之一。但是该方法也存在缺点,使其不能满足人们对当前图像编码的要求。第一,零树结构是实现压缩编码的关键,但正是由于零树结构的引进(利用了各个子带间的系数相关性)使其无法提供在单一码流中具有分辨率可分级性的要求。简单说,我们无法知道该码流的哪一部分对应特定的分辨率级别。第二,利用了零树预测和逐次逼近量化,在用于存储图像信息的比特流中,存储用来表示非零系数位置的开销要远远大于非零系数的开销。如果在无损或准无损情况下,那么,提供的压缩效果将微乎其微,甚至大于原始数据量。第三,零树编码的方法与整数小波变换相结合的效果不佳。

本文提出的基于整数小波变换的方法,能够提供分辨率可分级性,保持了原来的嵌入式零树编码所具有的优点。同时与整数小波变换结合的更加恰当,因此所需的存储空间更小,运算速度加快。

2 整数小波变换

由于不需要对图像变换后的系数进行量化,因此这为无损压缩的实现提供了可能。其中最简单的整数小波变换就是S变换,它是Harr变换的整数形式:

$$d_{j,l} = s_{j-1,2l+1} - s_{j-1,2l} \quad (1)$$

$$s_{j,l} = s_{j-1,2l} + \left\lfloor \frac{d_{j,l}}{2} \right\rfloor \quad (2)$$

其中 $\lfloor \cdot \rfloor$ 表示取整过程。

S变换之后,在低通系数的基础上进行线性预测,以产生新的高通系数 $d_{j,l}$,这就是S+P变换:

$$\begin{cases} d_{j,l}^{(1)} = s_{j-1,2l+1} - s_{j-1,2l} \\ s_{j,l} = s_{j-1,2l} + \left\lfloor \frac{d_{j,l}^{(1)}}{2} \right\rfloor^{j-1,2l} \\ d_{j,l} = d_{j,l}^{(1)} + \alpha_{-1}(s_{j,l-2} - s_{j,l-1}) + \alpha_0(s_{j,l-1} - s_{j,l}) \\ \quad + \alpha_1(s_{j,l} - s_{j,l+1}) - \beta_1 d_{j,l+1}^{(1)} \end{cases} \quad (3)$$

当 $\alpha_{-1} = \beta_1 = 0$ 且 $\alpha_0 = \alpha_1 = 0.25$ 时,式(3)为Cohen-Daubechies-Feauveau(3,1)双正交滤波器的整数变换形式,其(3,1)中的3表示高通分解滤波器消失矩的阶数;1表示高通合成滤波器消失矩的阶数。

3 方案实现

经过3级小波变换后的系数,再经过整数小波变换,系数间幅值变化平缓,这是其与零树编码结合效果不好的原因之一。低频部分系数值较大,其余为高频部分,高频部分又可分为水平细节,垂直细节和对角细节部分。我们将对高低频两部分开处理。图1所示的方框图是本文的主要实现方案。

由于低频系数较大,我们对这部分采用差分(预测)编码来减小系数值。然后使用霍夫曼或算术编码对其进一步压缩。表1显示的是一个像素X及其三个近邻A,B,和C。预测方式选取为:

收稿日期:2005-02-01

作者简介:刘萌萌(1980-),女,硕士,研究方向:智能交通、多媒体技术。

$$X=A+((B-C)/2) \quad (4)$$

较宽。因此将作分步处理。

由于高频部分系数较小,分布的比较零星,范围

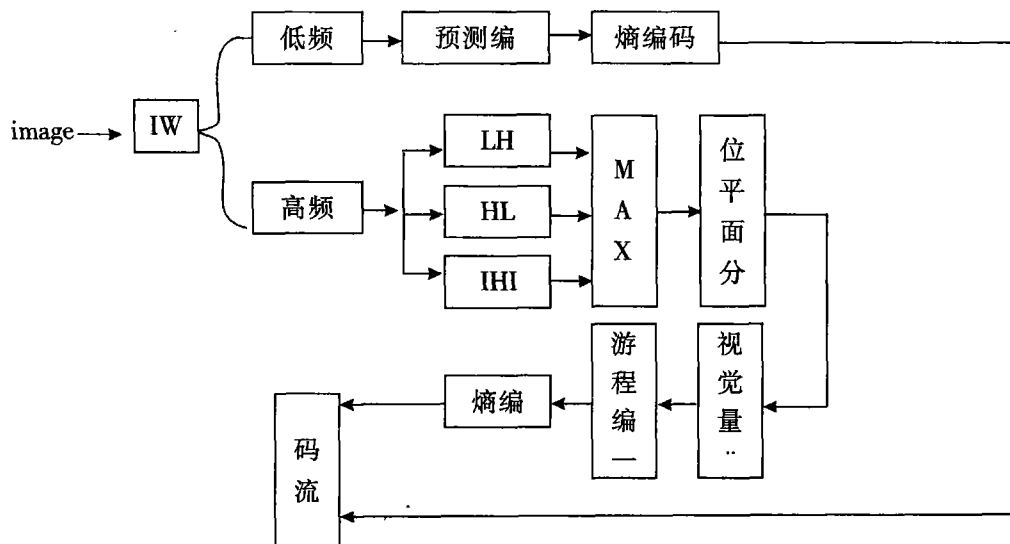


表 1

	C	B
A	X	

4 位平面分解

首先对各个子带的系数进行最大值搜索以确定其可以进行位平面分解的层数

$$n=\lfloor \log_2^{max} \rfloor \quad (5)$$

[]代表向下取整。所谓位平面分解是一种基于将多灰度值图像分解成一系列二值图像的方法。我们用多项式

$$a_{m-1}2^{m-1} + a_{m-2}2^{m-2} + \dots + a_12^1 + a_02^0 \quad (6)$$

来表示具有m bit灰度级的图像中像素的灰度值。根据这个表示把一幅灰度图分解成一系列二值图像集合的一种简单方法就是把上述多项式的m个系数分别分到m个1bit的位平面中去。由于经过整数小波变换后的系数变化比较平缓,这将十分有利于这种分解,越是平缓所需的位平面就越少,系数值相等的可能性就越大,这又有利于后面的游程编码。

5 视觉加权量化

视觉加权量化是基于有损方案的,如果只需要无损压缩,那么这一步可以略去。因为人眼对于水平细节,垂直细节和对角细节的敏感度不同,同时自然图像含有各部分细节也不同。因此,对各个部分采用不同的量化可以节省一定的存储空间,又能取得很好的效果。量化也是基于上述的多项式(6),根据对不同细节的要求可选择不同的量化层数, L_i ($0 \leq L_i \leq n$),其中,0代表不进行量化,即无损压缩,而n代表对这部分系数全部舍去。当然要将量化层数和位平面个数写入码流,便于解码。

6 游程编码

由于高频系数经过位平面分解后,值为1的较少,大部分系数值都为零,且零值和1值分布又比较

集中,适合游程编码。由于每个系数与其左过和下边的系数值最为接近,所以本算法采用1D游程编码,另外对系数采用两行Z扫描形式。如图2示,规定每个系数均有零开头,如果以1开头,则第一个零的游程长为0。此外,本文采用的是MH游程码表,并根据实际情况作了一定的修改。可见,采用这种方法省去了对系数位置进行编码的开销。

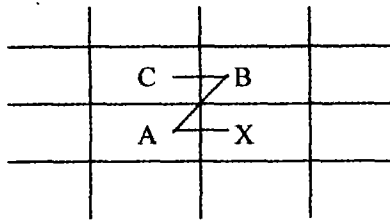


图 2 Z 扫描

试验结果:试验是在PentiumIV/1G计算机上,以256×256×8bit的标准图像为例,进行了3级小波分解与重构试验,试验结果如图3(b)和图3(c)所示。其中,小波采用的是5/3双正交小波,公式如下:

$$d[n]=d_0[n]-\{1/2(s_0[n+1]+s_0[n])\} \quad (7)$$

$$s[n]=s_0[n]+\{1/4(d[n+1]d[n-1])+1/2\} \quad (8)$$

图3(b)所示的是无损压缩的结果。图3(c)所示的是在位平面分解后直接将高频中不重要的三层直接舍去的结果,其中并没有进行视觉加权量化。结合表2压缩比分析的结果,说明该编码方案取得了一定的压缩效果,与有损压缩的压缩比相差不大,但压缩后的图像质量远高于有损压缩的结果。



(a)原始图像



(b)无损压缩



(c)有损压缩

图3 试验结果

7 结束语

本文以整数小波变换为基础,通过对不同子带系数采用不同编码方案,实现了一种能提供有损/无损的压缩编码方案。试验结果表明,该方案取得了一定的压缩效果,能够进行无损压缩。但是,该方法还有待完善,其一就是算法耗时较长,尤其是要进行位平面分解和扫描最大值,这些是需要改进的地方。本文的算法没有利用子带间系数的相关性,这对于目前的可分级性编码有一定的实现意义。但是,如果能在不破坏可分级性的前提下,适当利用相关性可能会取得更好的效果。

参考文献:

[1] Amir Said William, Pearlman A. A new, Fast, and Efficient Image Codec Based On Set Partitioning in Hierarchical Trees IEEE. Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1996.
 [2] Shapiro J M. Embedding Image Coding using Zerotrees of Wavelet Coefficients. IEEE Trans on Image Signal Processing, 1993.

表 2 压缩比分析

	CR
图 3 (b)	4.011
图 3 (c)	4.025

- [3] 沈兰荪等. 视频编码与低速率传输[M]. 电子工业出版社, 2001
- [4] 毕厚杰. 多媒体信息的传输与处理[M]. 人民邮电出版社, 1999
- [5] David Taubman. High Performance Scalable Image Compression with EBCOT. IEEE Transaction on Image Processing, 2000

The Study of Lossless Coding Algorithm Based on Wavelet Transformation

LIU Meng-meng, LI Hua-feng

(Southwest Jiaotong University Chengdu, Chengdu 610031, Sichuan)

Abstract: This paper presents a lossless coding algorithm based on wavelet transformation. The algorithm has high compression ratio, and can achieve the lossless and loss compression. It can provide the resolution scalability and remain the former advantages of EZW. Combined appropriately with integer wavelet transformation, it has faster speed and need lower space.

Key words: Integer wavelet transformation; Lossless coding; Run-length coding; Bit-lanes resolution