

一种基于小波零树的图像编码改进算法

娄 莉

(西安石油大学 计算机学院, 陕西 西安 710065)

摘 要: 提出了一种基于小波零树编码的改进算法, 该算法首先对小波分解的高频非零系数进行预测处理, 然后利用分形编码的思路, 由分层树状结构的顶部开始一层层向下预测其余系数, 并找出一系列能够代表各级小波分解图像的最佳匹配图像块形成代表块, 这些代表块构成了一棵棵代表树. 解码端通过对代表树的分形预测恢复出各级图像块. 理论分析和实验结果表明, 这种改进算法能够得到较高的压缩比.

关键词: 小波零树; 分形; 图像编码

中图分类号: TP919

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)04-0082-03

Image Coding Improved Algorithms Based on Wavelet Zero tree

LOU Li

(College of Computer, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China)

Abstract: A new improved algorithm of image coding based on wavelet zero tree is proposed in this paper. Through the algorithm, the high frequency non-zero coefficients of wavelet transform are firstly predicted processed, then according to the principle of fractal coding, we predict other coefficients from the top-level of zero tree to the lower-level, and find out a series of the best matching range blocks that can represent all scales wavelet transform images. These range blocks are named representative blocks. They are composed representative trees. According to the representative trees, the decoder can reconstruct image by fractal predicting. Theoretical analysis and experimental results indicate that the improved algorithm of image coding based on wavelet zero tree in the paper can achieve a higher compression rate.

Key words: wavelet zero tree; fractal; image coding

1 引言

近年来,随着小波零树编码在图像压缩领域的广泛应用,基于零树编码的各种改进算法的研究也愈来愈深入^[1-2]. 因此,近年来一些学者不断地研究利用分形图像编码的一些方法来发掘和利用图像经过小波分解后所表现出来的相似性,并已取得了一些成果^[3-4]. 分析这些方案可知,许多方法利用了同方向相邻两个分辨率子带图像之间的相似性,尚未充分利用同方向各个子带图像之间的相似性,而如果将分形匹配的搜索范围扩大,又会使运算量增加,收敛较慢并难以控制^[5]. 为此,文中提出一种基于小波零树结构的改进算法.

2 基于小波零树编码的基本原理

基于小波的零树编码是由 Lewis 和 Knowles 在 1992 年提出的,在他们的算法中,图像用树结构形式来表示,如图 1 所示.

图 1 中的数据结构由离散小波变换在二维空间实现. 它说明在小波变换域内不同分解层次(分辨率)上的小波系数存在着对应关系. 零树编码算法通过对零值编码能得到较高的压缩比,其优势在于自动检测零树,即通过计算已知系数的幅度来确定零树. 1993 年 Shapiro 又提出嵌入式零树小波算法^[6] (EZW),它采用适当的方法组织小波系数实现高效编码. 通过对小波系数的分析发现,在同一子带相邻

收稿日期: 2009-11-17; 修回日期: 2009-12-30

基金项目: 陕西省自然科学基金基础研究项目(2007F33); 陕西省教育厅专项科研计划项目(07JK362)

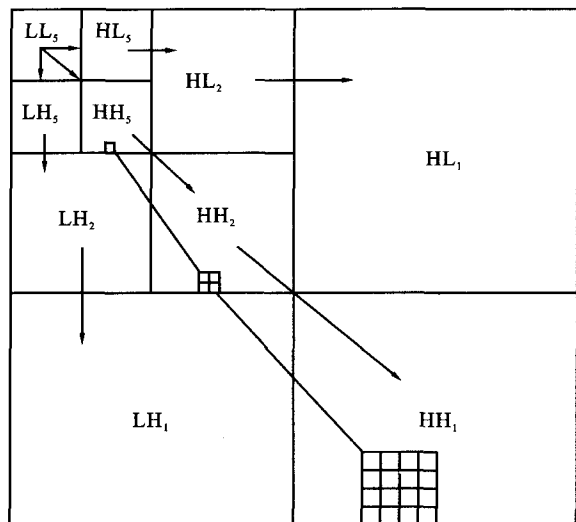


图1 小波变换的空间-频率树结构

元素间有一定的相关性,图像的能量经过小波变换后主要集中在低频子图中,它代表的是图像中平缓变换的部分.而高频细节分量就是非零系数代表的边缘和轮廓信息,在位置上也是连续的,即通过一个非零系数可以预测在它附近的其他非零系数^[7].由此我们设想通过预测其他周围的高频非零系数,得到其位置信息,并将该系数置零.然后从该位置再次寻找周围的高频非零系数,通过这个搜索过程,使高频子图中的非零系数大量减少,为零树编码时形成更多的零树提供条件.

3 分形预测代表树的形成原理

一幅二值图像经过 n 层小波分解后形成 $3n + 1$ 个子带,构成类似金字塔的结构.如果将金字塔各层的小波系数都看作节点,除了最高和最低的节点外,其余每个节点都有 4 个子节点位于和它同一方向、高一层分辨率的子带上,形成四叉树结构,如图 2 所示.1998 年 Davis 把零树的概念引入到分形图像编码^[8],并把分形图像编码中的相似块 (Domain Block) 和图像块 (Range Block) 扩大到相似树 (Domain Tree) 和图像树 (Range Tree),从而使得相似块与图像块之间的分形匹配转化为相似树与图像树之间的分形匹配.由此我们联想到在各级小波分解的子图像中寻找与图像块 R 最佳分形匹配的代表块,再由各级代表块按照零树结构产生一棵代表树,通过计算比较各级图像树 R 与代表树的距离,确定距离最小的代表树就是图像树 R 的预测树.

4 改进算法方案

根据上述分析,改进算法从两方面入手,分别是

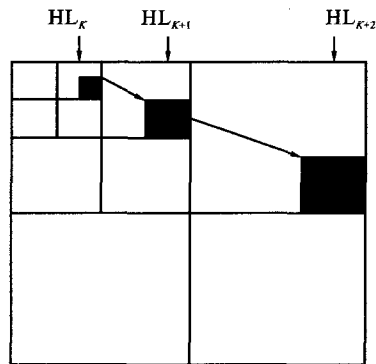


图2 零树结构示意图

对高频非零系数的预测处理,以及各级小波子带分形代表树的预测,主要编码过程如下:

(1) 首先对图像进行多次小波变换,产生各个子带图像.对于小波变换后的低频系数,由于保存了图像的主要能量,因此对整个低频系数矩阵采用标准的量化器量化,而不让其参与零树量化.

(2) 对于图像的高频非零系数,它代表的是边缘和轮廓信息,并且它们在位置上也是连续的.因此每当检测出一个非零高频系数,就依次判断其左、右、上、下侧的系数是否为零,如有非零系数则把该系数值及其相对位置信息保存下来,把该位置的系数赋为零.然后以此位置为当前位置,再按上述过程继续检索其周围的高频系数,直至检索到高频子图中不再有非零系数.

(3) 对非零系数的位置信息采用零树编码,由于保存相对位置信息所需的信息量较少,因此对非零系数的位置信息编码比直接对这些非零系数本身编码使用的数码率大大降低.

(4) 在已经构成全零的高频子图及其非零系数位置信息的基础上,形成各级子带的分形预测代表树,如图 3 所示.在小波分解后的三个方向水平、垂直、对角线上均可以形成一棵一棵的图像树,即零树,如 LH 方向上的 $R = (R_1, R_2, R_3, R_4)$ 就是其中一

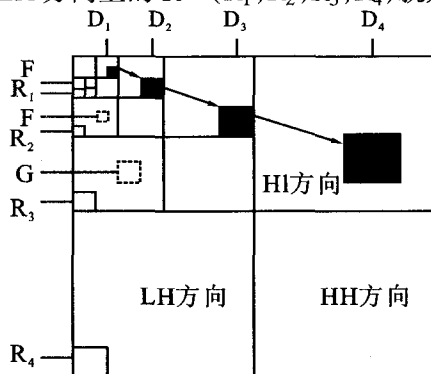


图3 基于零树的分形预测代表树的形成

棵图像树,而 $D=(D_1,D_2,D_3,D_4)$ 表示 HL 方向上的相似树.然后在 LH_1 中寻找与图像块 R_2 最佳分形匹配的代表块 E_1 ,再由 E_1 按照零树结构产生一棵代表树 $E=(E_1,E_2,E_3)$.同理,在 LH_2 中寻找与图像块 R_3 最佳分形匹配的代表块 F_2 ,并生成代表树 $F=(F_1,F_2,F_3)$.在 LH_3 中寻找与图像块 R_4 最佳分形匹配的代表块 G_3 ,并生成代表树 $G=(G_1,G_2,G_3)$.

(5) 最后分别计算图像树 R 与 3 棵代表树 E 、 F 、 G 的距离,距离最小的代表树就是图像树 R 的预测树.然后将预测树在相应层次的位置以及经历的几何变换和仿射变换作为图像树 R 的分形预测编码.

(6) HL、HH 方向按同样方式编码.

相应地,解码端先无失真地恢复低频系数,得到 LL_1 、 LH_1 、 HL_1 和 HH_1 各个子带图像,然后由低频子带分形预测各级高频子带.在这个过程中,按照零树结构先由代表块(E 、 F 、 G ,具体用哪一个需要根据编码时确定的预测树来定)确定相似块 D ,再由相似块 D 分形预测各级图像块 R .

这样,在改进算法中,编码只需对代表树中的一个代表块进行分形编码.而解码时,又可依据这个代表块通过零树结构推出其他代表块,既而分形预测图像块 R .由于前面已经对高频非零系数进行了预测处理,使得对全零高频子图像的分形预测更加简化,所以随着图像小波分解层数的增多,压缩比不断提高.

5 实验结果

实验选用分辨率为 512×512 ,每像素 8 bit 的“Lenna”图像,选取双正交小波基,其实验结果见表 1.将文中的改进算法与 EZW 算法进行比较,实验结果表明,在恢复图像质量接近的情况下,文中的改进算法比 EZW 算法的压缩比提高 3 倍多,而峰值信噪比仅下降 0.5dB 左右,证明本算法在提高压缩比方面,取得了良好的效果.

表 1 性能比较结果

实验算法	压缩比	PSNR/dB
EZW 算法	32:1	33.53
文中改进算法	35:1	33.05

6 结束语

文中提出了一种基于小波零树结构的改进算法.改进算法主要包括两方面:一是对小波系数中高频非零系数进行预测处理;二是通过寻找各级小波分解图像的最佳匹配图像块,形成代表树.由于小波变换后高频同一子带内的系数间具有相关性,因此通过保存非零系数的值及其相对位置信息,比直接对非零系数和其绝对位置编码,减少了信息冗余,也为零树编码时形成更多的零树提供条件.在此基础上,利用分形编码的思路,由分层树状结构的顶部开始一层层向下预测其余系数,并找出一系列能够代表各级小波分解图像的最佳匹配图像块,并形成一棵一棵代表树.解码端通过对代表树的分形预测恢复出各级图像块.由于前面已经对高频非零系数进行了预测处理,使得对全零高频子图像的分形预测更加简化,不但利用了相邻子带之间的相似性,而且还利用了同方向各个子带图像的相似性,从而大大提高压缩比.理论分析和实验结果表明,这种改进算法与已有的算法相比具有较好的压缩效果.

参考文献:

- [1] 姜莉. 基于零树小波编码的改进算法研究[J]. 电讯技术, 2004, 44(5): 73-76.
- [2] 冯岩, 刘道华. 一种基于高频子带的有序二叉树图像编码算法[J]. 微电子学与计算机, 2006, 23(8): 140-143.
- [3] Jacquin A E. Fractal image coding: a review[J]. IEEE, 1993, 81(10): 1451-1465.
- [4] Roberto Rinaldo, Giancarlo Calvagno. Image coding by block prediction of multi resolution sub-images[J]. IEEE Trans. on Image Processing, 1995, 4(7): 909-920.
- [5] 谢鑫, 马争鸣. 基于小波系数零树结构的分形预测图像编码[J]. 中国图像图形学报, 2000, 5(11): 920-924.
- [6] Shapiro J M. Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients[J]. IEEE Trans on Signal, 1993, 41(12): 3445-3462.
- [7] 郑秋梅, 李新安. 基于小波零树的图像编码优化方法[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(6): 2605-2610.
- [8] Davis G. A wavelet-based analysis of fractal image compression[J]. IEEE Transactions on Image, 1998, 7(2): 141-154.

作者简介:

姜莉女, (1970-), 硕士, 副教授. 研究方向为数字图像处理、通信工程及计算机网络.