

一种新的低内存零树小波图像编码算法

A New Reduced Memory Zerotree Wavelet Image Coding Algorithm

王向阳 杨红颖

(辽宁师范大学计算机与信息技术学院 大连116029)

Abstract In this paper, a new reduced memory zerotree wavelet image coding algorithm is presented. It can be viewed as an improved version of SPIHT algorithm. Unlike SPIHT, our new algorithm uses no lists during encoding/decoding and revises the SPIHT's sorting strategy. Without the lists, the memory requirement for the VLSI implementation is reduced significantly. And through revising the sorting strategy, the computational complexity is reduced efficiently. The experiment results show that the PSNR values from our coding algorithm are slightly lower than SPIHT's, and encoding/decoding time from ours is greatly economical than SPIHT's.

Keywords Image coding, Wavelet transform, SPIHT, Zerotree structure

1 引言

小波(Wavelet)变换是20世纪80年代中期出现的新时频域信号分析工具。自1989年 S. Mallat 首次将小波变换引入图像处理以来,小波变换以其优异的时频局部能力及良好的去相关能力在图像压缩编码领域得到了广泛应用,并取得了良好的效果^[1~6]。其中,由 A. Said 和 W. A. Pearlman 提出的 SPIHT 编码^[3]算法被认为是目前国际上最先进的方法之一,该算法以零树集合及其分割排序为基础,不仅结构简单、无需任何训练、支持多码率,而且具有较高的信噪比和较好的图像复原质量,总体性能优于 J. M. Shapiro 提出的 EZW 算法^[2]。然而,理论分析和实验结果表明,该算法也存在因计算复杂而导致编码速度慢、内存需求量大而导致难于硬件实现等弱点。

本文将提出一种新的低内存零树小波图像编码算法,该算法能够通过重新定义零树结构、完善排序策略等措施在一定程度上克服上述不足。实验结果表明:本文算法不仅能够几乎不降低图像复原质量的前提下进一步降低计算复杂度、提高编码速度;而且能够大幅度降低内存需求量,从而便于硬件实现。

2 零树符号的重新定义

本文算法采用与 SPIHT 算法^[3]相类似的零树结构,但需要重新定义说明零树符号(如图1所示),即

$C(i,j)$ —像素点 (i,j) 的小波系数;

$O(i,j)$ — $C(i,j)$ 的直接后继(儿子)小波系数集合,即像素点 $(2i,2j)$, $(2i,2j+1)$, $(2i+1,2j)$, $(2i+1,2j+1)$ 的小波系数;

$D(i,j)$ — $C(i,j)$ 的所有后继(子孙)小波系数集合;

$R(i,j)$ —LL 子带中零树根小波系数集合。

$M_c(i,j)$ —指示 $C(i,j)$ 重要系数位置的重要图。例如:假设像素点 (i,j) 处的小波系数 $C(i,j)$ 是重要的,即 $S_n(C(i,j))=1$,则将 $M_c(i,j)$ 置为“1”,否则置为“0”。其中重要性测试函数 $S_n()$ 定义为:

$$S_n(T) = \begin{cases} 1 & \max_{(i,j) \in T} \{|C(i,j)|\} \geq 2^n \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

$M_D(i,j)$ —指示 $D(i,j)$ 重要系数位置的重要图。即当 S_n

$(D(i,j))=1$,则将 $M_D(i,j)$ 置为“1”,否则置为“0”。

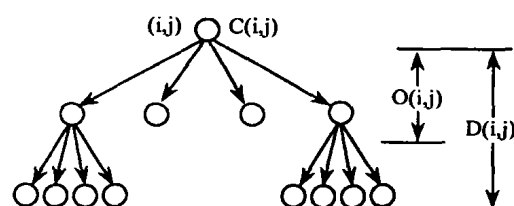


图1 本文算法的零树符号定义

由于重要图 M_c 与待编码图像大小相同,而重要图 M_D 仅为待编码图像的四分之一(因为第1级小波变换系数无后继),因此,用重要图 M_c 和 M_D 取代 SPIHT 编码算法原来的3集合列表(LIS、LIP 和 LSP),必将大大减少编码过程中所用的临时内存需求量,从而更加便于硬件实现。同时还可以有效克服 SPIHT 算法内存需求量随比特率增加而大幅度增加的弱点。

3 低内存零树小波图像编码算法

基于改进零树结构与完善排序策略的低内存零树小波图像编码算法主要包括主编码过程(Main)和零树编码过程(Zerotree)两部分,其中,重要性测试函数 $S_n()$ 定义为:

$$S_n(T) = \begin{cases} 1 & \max_{(i,j) \in T} \{|C(i,j)|\} \geq 2^n \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

主编码过程—Main 可具体描述如下:

(1)开始;

(2)输出 $n = \lceil \log_2(\max_{(i,j)} \{|C(i,j)|\}) \rceil$, 初始化特征图 F_c, F_D 为0;

(3)对于 $R(i,j)$ 中的所有 $C(i,j)$:

如果 $F_c(i,j)=1$, 输出 $|C(i,j)|$ 的第 n 位;

否则

输出 $S_n(C(i,j))$;

如果 $S_n(C(i,j))=1$, 输出 $C(i,j)$ 的符号,置 $F_c(i,j)$ 为1;

(4)对于 $R(i,j)$ 中的所有 $D(i,j)$:

如果 $F_D(i,j)=1$, 对于 $O(i,j)$ 中的每个 $C(k,l)$, 调用过程 Zerotree (k,l,n) 进行零树编码;

否则

王向阳 教授,主要研究方向为多媒体数据压缩技术、算法设计与分析。

输出 $S_n(D(i,j))$;
 如果 $S_n(D(i,j))=1$
 置 $F_D(i,j)=1$;
 对于 $O(i,j)$ 中的每个 $C(k,l)$, 调用过程 $Zerotree(k,l,n)$
 进行零树编码;
 (5) 将 n 减 1, 转移至 (3);
 (6) 结束。

零树编码过程— $Zerotree(i,j,k)$ 可具体描述如下:

(1) 开始;
 (2) 如果 $F_C(i,j)=1$, 输出 $|C(i,j)|$ 的第 n 个重要位;
 否则
 输出 $S_n(C(i,j))$;
 如果 $S_n(C(i,j))=1$, 输出 $C(i,j)$ 的符号, 置 $F_C(i,j)$ 为 1;
 (3) 如果像素点 (i,j) 不是第一级小波分解内像素点
 如果 $F_D(i,j)=1$, 对于 $O(i,j)$ 中的每个 $C(k,l)$, 调用过程 $Zerotree(k,l,n)$ 进行零树编码;
 否则
 输出 $S_n(D(i,j))$;
 如果 $S_n(D(i,j))=1$
 置 $F_D(i,j)=1$;
 对于 $O(i,j)$ 中的每个 $C(k,l)$, 调用过程 $Zerotree(k,l,n)$
 进行零树编码;
 (4) 结束。

不难看出, 与 SPIHT 算法^[3]相比, 本文算法主要进行了如下两点改进:

·重新修改了零树结构, 以 2 个特征图替换掉了原来的 3 个集合列表, 从而大大降低了内存需求量, 为编码算法的硬件实现创造了条件;

·修改了排序策略, 提高了小波系数重要性测试速度, 从而大大降低了编码时间。

4 实验结果与结论

为了验证本文算法的高效性, 以下在 Pentium I /350 计算机上, 以 $512 \times 512 \times 8\text{bit}$ 标准图像 Lena 为例, 进行了 3 级小波分解与重构实验, 并与 SPIHT 算法进行了比较, 实验结果如表 1 和图 2 所示。其中, 小波分解重构采用了常见的双正交 9/7 小波滤波器^[1]。

本文以 SPIHT 算法为基础, 通过修改零树结构、完善排

序策略等措施, 提出了一种新的低内存零树小波图像编码算法。实验结果表明: (1) 利用本文算法所得到的复原图像不产生任何方块效应, 图像复原质量较高; (2) 相同压缩比下, 本文算法与 SPIHT 算法具有相似的峰值信噪比; (3) 本文算法的编解码速度明显快于 SPIHT 算法。

表 1 两种图像编码算法的整体性能比较

比特率 (bpp)	峰值信噪比(dB)		编码时间(s)		解码时间(s)	
	本文 算法	SPIHT	本文 算法	SPIHT	本文 算法	SPIHT
0.125	31.02	31.08	0.47	0.51	0.06	0.07
0.25	34.03	34.10	0.56	0.71	0.12	0.15
0.5	37.09	37.21	0.65	0.90	0.19	0.25
0.75	38.81	38.90	0.88	1.15	0.34	0.40
1.0	40.18	40.39	0.94	1.26	0.41	0.49



(a) 原图像 (b) SPIHT 算法复原图像 (c) 本文算法复原图像

图 2 标准图像重构复原效果对照 (0.5bpp)

参考文献

- 1 Antonini M, Barlaud M, Mathieu P, Daubechies I. Image coding using wavelet transform[J]. IEEE Trans on Image Processing, 1992, 1(2): 205~220
- 2 Shapiro J M. Embedding image coding using zerotrees of wavelet coefficients[J]. IEEE Trans. on Signal Processing, 1993, 41(12): 3445~3462
- 3 Said A, Pearlman W A. A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees[J]. IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, 1996, 6(3): 243~250
- 4 王向阳, 杨红颖. 基于多阈值与嵌入零树小波的图像压缩算法[J]. 通信学报, 2001, 22(12): 88~93
- 5 Li J, Lei S. An embedded still image coder with rate-distortion optimization[J]. IEEE Trans on Image Processing, 1999, 8(7): 913~924
- 6 王向阳, 杨红颖. 基于小波变换的有损图像压缩算法研究[J]. 计算机工程与应用, 2001, 37(15): 82~85

(上接第 127 页)

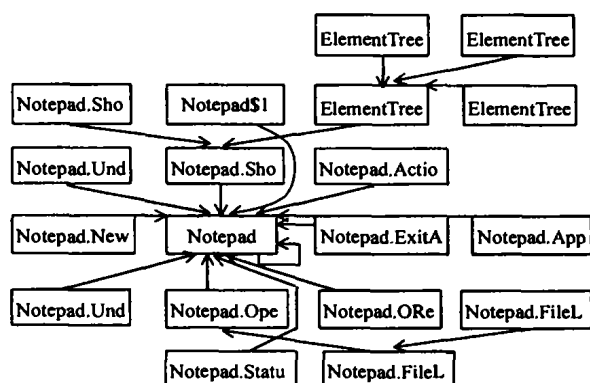


图 3 基于通道的螺旋型布图算法实例

应用效果。结果表明: 该算法比较好地克服了层次型布图算法的不足, 适用于类关联和聚集关系的布图。

参考文献

- 1 Pressman R S. Software Engineering: A Practitioner's Approach. McGraw-Hill, Fourth Edition, 1997
- 2 Tilley S R. The Canonical Activities of Reverse Engineering. Baltzer Science Publishers, The Netherlands, Feb. 2000
- 3 孙昌爱, 刘超, 金茂忠. 一种有效的软件结构图的布图算法. 北京航空航天大学学报, 2000, 26(6): 1305~1309
- 4 刘超, 李健, 沈海华. 面向对象程序可视化类图的逆向自动生成. 北京航空航天大学学报, 1998, 24: 411~414