

# SPIHT 与 SPECK 压缩算法的研究

肖夏子, 马永杰, 许国威

(西北师范大学 物电学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:**在图像压缩的众多算法中, SPIHT 与 SPECK 具有较好的性能。文中对这两种算法进行了深入研究, 从算法思想、分裂过程、排序过程, 以及量化等方面介绍了 SPIHT 和 SPECK 两种算法以及对应的改进算法, 分别总结了这两种改进算法同原算法比较后的优点。实验结果表明: 在相同的输出码率情况下, 改进算法的图像有更高的峰值信噪比, 即相对于原始算法的图像有更好的恢复效果。同时, 改进的算法在压缩速度上也明显优于原始算法。

**关键词:**图像压缩; 小波变换; SPIHT; SPECK

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)01-0081-03

## Research of SPIHT and SPECK Compression Algorithms

XIAO Xia-zi, MA Yong-jie, XU Guo-wei

(College of Physics and Electronic Engineering, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** In most of the image compression algorithms, SPIHT and SPECK have better functions. In the paper, the two algorithms were studied deeply. SPIHT and SPECK and corresponding improved algorithms from algorithm concept, disruption procedure, sequencer procedure and quantification were introduced. The benefits between the improved algorithms and the original algorithms were summarized finally. The results of experiment show that the images of improved algorithms have higher PSNR, better recovery effect and faster compression speed than the original algorithms.

**Key words:** image compression; wavelet transform; SPIHT; SPECK

## 0 引言

SPIHT (Set Partitioning in Hierarchical Trees, 多级树集合分类) 算法是由 A Said 和 Pearlman 利用子带间不重要系数的相关性, 采用空间树层分割的方法提出的算法, 它是对 EZW 算法的扩展。SPECK (Set Partition Embedded Block Coder, 集合分裂嵌入块) 是在 EZW 和 SPIHT 算法后提出的一种性能更好、速度更快的图像压缩算法<sup>[1-3]</sup>。该算法采用了块状结构, 可使计算更加简洁。

针对原始 SPIHT 和 SPECK 算法所采用的过于复杂的集合分类策略和比特分配的不合理性, 提出了改进的 SPIHT 和 SPECK 图像编码算法。

## 1 SPIHT 算法

### 1.1 算法思想

SPIHT 利用子带间不重要系数的相关性, 采用空

间树分层分割的方法, 通过空间方向树的多次分裂来确定重要元素, 消除树间冗余<sup>[4]</sup>。

### 1.2 SPIHT 算法的编码过程

SPIHT 算法使用三个集合列表:

LIP: 不重要系数表, 用最低频子带系数初始化。

LSP: 重要系数表, 初始化为空表。

LIS: 不重要集合表, 用每一个空间方向树的根节点来初始化。

由于 SPIHT 算法的集合分类策略比较复杂, 需用三个列表来存储待编码量化的小波系数, 计算量比较复杂, 所以编码速度也会相应的降低。

### 1.3 一种新的嵌入零树小波图像编码算法

(1) 比特的合理分配与零数集合的重新定义:

$O(i, j)$ : 点  $(i, j)$  的直接后代 (儿子) 的坐标集合;

$D(i, j)$ : 点  $(i, j)$  所有后代 (子孙) 的坐标集合;

$L(i, j)$ : 点  $(i, j)$  除直接后代外所有后代的坐标集合;

$W(i, j)$ : 点  $(i, j)$  及其所有后继节点的坐标集合;

LIS: 不重要集合列表;

LSP: 重要像素集合列表。

(2) 新嵌入零树小波图像编码算法的描述:

收稿日期: 2010-04-27; 修回日期: 2010-07-21

基金项目: 甘肃省自然科学基金计划 (096RJZA115); 甘肃省教育厅科研项目 (0901B-08)

作者简介: 肖夏子 (1986-), 女, 湖北荆州人, 硕士研究生, 研究方向为图像处理; 马永杰, 教授, 研究方向为图像处理, 遗传算法。

1) 初始化。输出  $n = \lceil \log_2(\max_{(i,j)} |c(i,j)|) \rceil$  ;

设置 LSP 为空表, 将所有最高层节点  $(i,j)$  放入 LIS 表中, 并将有后继节点标以 A 类, 将无后继节点标以 B 类。

2) 分类过程。

对于 LIS 表中的所有节点  $c(i,j)$  :

(a) 如果该节点  $c(i,j)$  属于 A 类, 则输出  $S_n(W(i,j))$ 。

如果  $S_n(U(i,j)) = 1$ , 则将节点  $c(i,j)$  移到 LIS 表的尾部, 并以 B 类标之。

(b) 如果该节点  $c(i,j)$  属于 B 类, 则输出  $S_n(i,j)$ 。如果  $S_n(i,j) = 1$ , 则将节点  $c(i,j)$  移到 LSP 表中并输出  $c(i,j)$  的符号。

(c) 如果该节点  $c(i,j)$  属于 C 类, 则输出。如果  $S_n(D(i,j)) = 1$ , 则

· 如果  $L(i,j)$  为空, 则将  $O(i,j)$  中所有节点  $(m,n)$  加到 LIS 表的尾部, 并以 B 类标之; 否则, 以 A 类标之;

· 将节点  $c(i,j)$  移出 LIS 表。

3) 细化过程与量化步长更新与原始的 SPIHT 算法类似。

文中算法相对于原 SPIHT 算法而言, 仅用两个列表来存储小波系数, 通过节省内存空间, 达到简化集合内部关系的效果, 从而降低了编码时间, 提高了编码效率<sup>[5]</sup>。

## 2 SPECK 编码算法

### 2.1 SPECK 算法的编码思想

SPECK 算法是嵌入式分级图像编码算法中性能较好的一种, 它充分利用了图像经小波变换后系数呈明显分级结构和在频率里的能量聚类性的特点, 是一种嵌入式的、低复杂度的编码算法<sup>[6-8]</sup>。

### 2.2 集合定义

SPECK 算法采用了两个列表来组织小波系数<sup>[9-12]</sup>:

LIS—不重要集合的列表, 包括尺寸可变的类型为  $S$  的集合。

LSP—重要像素的列表, 包括在当前阈值下被检测为重要的像素。

集合  $S$ : 用最低频子带系数初始化的待处理的块。

集合  $I$ : 放置  $S$  之外的剩余块集合,  $X$  是所有块的集合,  $I = X - S$

### 2.3 改进 SPECK 图像编码算法的描述

(1) 初始化:

· 把已变换的图像  $X$  分裂为两个集合:  $S \equiv$  根,  $I = X - S$ ;

· 输出  $n = \lceil \log_2(\max_{(i,j) \in T} |c(i,j)|) \rceil$ ;

· 将  $S$  加到 LIS 中, 并且设 LSP 为空;

(2) 分类过程:

· 执行  $ProcessI()$ ;

· 以集合尺寸递增的顺序对每一个集合  $S \in LIS$

— 如果集合  $S$  的标志位等于 1, 执行  $ProcessS(S)$ ;

— 置集合  $S$  的标志位为 1。

(3) 精炼过程:

对每一个  $(i,j) \in LSP$ , 输出  $|C(i,j)|$  第  $n$  位的 MSB。

(4) 量化步长更新:

· 将  $n$  转至第 2 步

$ProcessS(S)$  {

· 输出  $S_n(S)$ ;

· 如果  $S_n(S) = 1$

— 如果  $S$  是一个像素, 输出  $S$  的符号位并加  $S$  到 LSP 中;

— 否则执行  $CodeS(S)$ ;

— 如果  $S \in LIS$ , 将  $S$  从 LIS 中移除;

— 若  $S \notin LIS$ , 则将  $S$  添加到 LIS 中;

— 置  $S$  的标志位为 1。

$CodeS(S)$  {

· 把  $S$  分解成四个相等的子集  $O(S)$ ;

· 对每个  $O(S)$

— 输出  $S_n(O(S))$ ;

— 如果  $S_n(O(S)) = 1$

如果  $O(S)$  是一个像素, 输出  $O(S)$  符号位并加  $O(S)$  到 LSP;

否则执行  $CodeS(S)$ ;

— 否则

把  $O(S)$  加到 LIS 中;

置集合  $O(S)$  的标志位为 0。

}

$ProcessI()$  {

· 输出  $S_n(1)$ ;

· 如果  $S_n(1) = 1$

— 执行  $CodeI()$

}

$CodeI()$  {

· 把  $I$  分解成三个  $S$  和一个 1;

· 置集合  $S$  的标志位为 1;

· 对集合  $I$

}

该算法与原始的 SPECK 算法相比, 由于函数的递归调用次数减少, 使得内存空间利用率提高, 所以算法复杂度明显减少, 从而运算速率相应地增加。

### 3 实验结果与结论

以512pixel×512pixel×8bit标准图像lena为例,进行了3级小波分解与重构实验,对SPIHT算法进行4级小波分解与重构实验,并与原始SPECK算法进行比较,实验结果如表1、表2和图1所示,其中,小波分解重构都采用了常见的双正交D9/7小波滤波器。

表1 文中编码算法与原始SPIHT的比较

比特率	峰值信噪比	
	文中算法	SPIHT
0.125	31.31	31.10
0.25	34.29	34.11
0.5	37.35	37.21
1	40.45	40.40

表2 改进算法与原始SPECK的比较

比特率	峰值信噪比	
	文中算法	SPECK
0.25	32.90	31.50
0.5	36.72	34.47
1.0	38.07	36.18
2.0	43.36	39.34



(a) 原图



(b) 原SPIHT算法重构图



(c) 文中算法重构图



(a) 原图



(b) 原SPECK算法重构图



(c) 文中算法重构图

图1 实验结果

### 4 结束语

结合以上结果可得到以下结论:

(1)以SPIHT编码算法为基础,提出了一种新的嵌入零树小波图像编码算法,相对于原始算法而言,由于新的SPIHT编码算法内存空间减小,则比特分配更加合理,分类策略更加完善。在相同压缩比的情况下,

该算法的图像复原质量优于原SPIHT算法,同时,在压缩速率上,改进的算法比原始算法有明显提高,这表现在用MATLAB进行编码的编码时间和恢复时间上。

(2)改进的SPECK算法以原始算法为基础,主要是通过降低算法的复杂性从而合理分配比特,使算法在相同压缩比的情况下,不仅重构质量明显优于原SPECK算法,而且运算速率也明显高于原始的SPECK算法。

#### 参考文献:

- [1] Daubechies I, Sweldens W. Factoring wavelet transforms into lifting steps[J]. Fourier Anal Applicant, 1998, 4(2): 247-269.
- [2] Said A, Pearlman W A. A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees[J]. IEEE Transactions on Circuits System Video Technology, 1996, 6(3): 243-250.
- [3] Sun Yong, Zhang Hui, Hu Guang. Real-time implementation of a new low-memory SPIHT image coding algorithm using dsp chip[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2002, 11(9): 1112-1115.
- [4] Lewis A S, Knowles G. Image compression using the 2-D wavelet transform[J]. IEEE Trans Image Process, 1992, 1(4): 244-250.
- [5] 顾海明, 王明翠. SPIHT算法的改进[J]. 青岛科技大学学报: 自然科学版, 2008, 4(2): 184-188.
- [6] 陈红卫, 张焕春, 黄国建. 一种基于SPIHT算法的小波图像编码[J]. 中国空间科学技术, 2005, 10(5): 46-51.
- [7] 沈兰荪, 卓力. 小波编码与网络视频传输[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 103-106.
- [8] 陈东方, 吴国红. 一种基于系数差分的SPECK图像压缩算法[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版), 2007, 6(30): 656-658.
- [9] 徐蕾. SPECK图像编码的改进算法[J]. 信息技术, 2006, 12(4): 80-83.
- [10] 高尚兵, 张建伟. 基于9-7整数小波变换的SPIHT的改进[J]. 计算机工程与设计, 2006, 27(3): 884-886.
- [11] 武永红, 潘全. 基于提升框架的整数小波变换[J]. 电子与信息学报, 2004, 126(4): 661-664.
- [12] 杜承进, 叶海建. 基于整数小波变换和改进零树编码的图像压缩方法[J]. 中国农业大学学报, 2002, 7(4): 68-72.