

基于 DCT 变换的渐进式图像编码方法

卓 力, 沈兰荪, 李朝峰, 朱 青
(北京工业大学信号与信息处理研究室, 北京 100022)

摘 要: 本文将 DCT 变换与 SPECK 算法相结合, 提出了一种基于 DCT 变换的渐进式图像编码方法. 该方法充分利用了 DCT 变换实现简单的特点, 还能充分发挥零树编码的优势实现对图像的高效压缩. 输出码流具有嵌入的特性, 便于码率控制, 具有一定的抗误码能力. 同时计算复杂度低, 比较适合于低复杂度的图像编码与传输.

关键词: DCT 变换; 小波变换; SPECK 算法

中图分类号: TN919.81 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2002) 12A-2105-03

DCT-Based Approach to Progressive Image Coding

ZHUO Li, SHEN Lan-sun, LI Chao-feng, ZHU Qing

(Signal and Information Processing Lab, Beijing Polytechnic University, Beijing 100022, China)

Abstract: DCT transform and SPECK algorithm are combined in this paper. A DCT-based approach to progressive image coding is proposed, which has the characteristic of simplicity and can achieve high compression using zerotree coding method. The output bit stream is embedded, which is easy to control rate, and error resilient. The algorithm has low computational complexity so it is suitable for image coding and transmission with low complexity.

Key words: DCT transform; wavelet transform; SPECK algorithm

1 引言

随着多媒体技术和因特网的发展, 人们提出了图像/视频信息的渐进传输要求: 先传输图像的轮廓, 然后逐步传输数据, 不断提高图像质量. 这样用户不必对压缩码流完全解码就可以了解图像的信息, 从而满足用户的浏览需求. 为此, 对图像进行压缩时必须采用嵌入式的编码方法, 即对重要的图像/视频信息优先编码, 并将压缩后的结果放在码流的初始部分, 然后依次按照信息的重要性程度放置码流的其他部分. 这种编码方法允许对码流在任意处进行截断, 重建的图像质量与解码比特数成正比.

在现有的各种图像编码方案中, DCT 变换和小波变换是两种最重要的变换技术, 这两种变换都属于线性变换技术. DCT 变换具有良好的去相关特性和能量集中特性, 因为实现简单、算法复杂度低、性能优良等优点而被 JPEG、MPEG1/2/4、H.261/3 等国际标准所广泛采用. JPEG 是目前最常用的静止图像编码方法, 实现简单, 但码率控制困难, 码流不具有嵌入特性, 不能支持渐进传输^[1].

在基于小波变换的图像编码方案中, Shapiro 等^[2]提出的嵌入式零树小波 (EZW, Embedded Zerotree Wavelets) 编码方法最具代表性, 该方法很好地利用了小波系数的特性使得输出的码流具有嵌入的特性, 它的按重要性排序和分级量化的思

想被许多编码算法所采用. 近年来, 在 EZW 的基础上, 人们又提出了性能更好的算法, 如多级树集合分裂算法^[3] (SPIHT, Set Partitioning In Hierarchical Trees), 集合分裂嵌入块编码^[4] (SPECK, Set Partitioned Embedded block coder) 等. 新一代静止图像编码标准 JPEG2000 采用小波变换技术, 获得了高效的压缩效果. 但与 DCT 变换相比, 这类基于小波变换的图像编码方法普遍存在着变换复杂度高、存储空间大等问题, 不适合于低复杂度的图像编码与传输.

应该指出的是, EZW 算法之所以具有很好的压缩性能, 与采用小波变换有一定关系, 但最主要的原因还是根据小波系数的特点设计了零树量化器^[5]. 研究表明, 将 DCT 系数按一定顺序重新组合后可以得到类似于小波系数的塔式数据结构, 相邻尺度间的系数也满足能量衰减的规律^[6]. 如果采用零树的方法对这种塔式结构进行编码, 不仅可以充分利用 DCT 变换实现简单的优点, 也能充分发挥零树编码的优势实现对图像的高效压缩. 基于这种考虑, 本文将 DCT 变换与 SPECK 算法相结合, 提出了一种基于 DCT 变换的渐进式图像编码方法, 实现简单, 输出的码流具有嵌入的特性, 并有一定的抗误码能力.

2 基于 DCT 变换的渐进式图像编码原理

基于 DCT 变换的渐进式图像编码原理框图如图 1 所示.

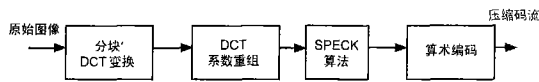


图1 基于DCT变换的嵌入式图像编码原理框图

下面分别对各部分加以介绍。

2.1 基于DCT变换的塔式数据结构

一个 8×8 的DCT系数块可以看作一个深度为3的系数树,系数间的父-子代关系定义如图2所示^[2]。其中,DC系数0是该系数树的根,共有3个直接后代:系数1、2、3,这3个AC系数又分别有4个直接后代,一直分裂下去,最终这64个系数构成了一个类似于小波变换系数的系数树。将输入的原始图像进行分块DCT变换,再将每个DCT系数树按顺序重新组合就可以得到类似于小波图像的塔式数据结构,如图3所示。

接下来需要选择一种高效的编码方法对这种塔式结构进行量化编码。在综合考虑编码效率、计算复杂度、抗误码能力等因素的基础上,我们选择SPECK算法对这种基于DCT变换的塔式结构进行编码。下面详细介绍SPECK算法。

2.2 SPECK 算法原理

在EZW算法中,利用零树结构表示小波系数中的不重要系数。这种方法虽然利用了子带间不重要系数的相关性,但是没有充分利用同一子带中不重要系数的相关性。为此Asad和Pearlman提出了SPECK算法,该算法是近期嵌入式图像编码算法中性能较好的一种^[4],实现复杂度低,编码效率高。

(1)SPECK 算法的定义

集合定义:LIS——不重要系数集合列表,用最低频子带系数初始化(如三级分解中的LL3);LSP——重要系数列表,

0	1	4	5	16	17	20	21
2	3	6	7	18	19	22	23
8	9	12	13	24	25	28	29
10	11	14	15	26	27	30	31
32	33	36	37	48	49	52	53
34	35	38	39	50	51	54	55
40	41	44	45	56	57	60	61
42	43	46	47	58	59	62	63

图2 DCT系数块的深度为3的系数树

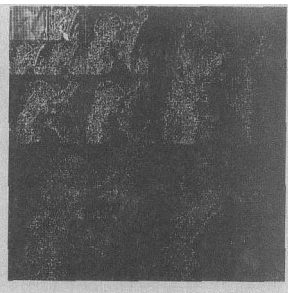


图3 lena图像DCT系数重组后得到的塔式结构

存放重要系数以便进一步量化;集合 S ——放置待处理的块,用最低频子带系数初始化(如三级分解中的LL3);集合 I ——放置除了 S 之外的剩余块集合, $I = X - S$, X 是所有块的集合;块:相应小波分解的每一个子带定义一个相应的块;一般一个块中包含 2^{2N} ($N = 0, 1, 2, \dots, n - 1$)个元素, n 是小波分解的层数,但也可以只包含单个元素。

(2)排序和量化过程

对于只包含一个元素的块,若重要则把它转到LSP中,以便进行进一步量化。对于包含 $2^N \times 2^N$ 个元素的块,如果是不重要的,可以只用一个符号表示它。对于重要的块,则要等分为四个子块,然后按从上到下、从左到右的顺序对各个子块进行重要性判断。对重要的子块继续分解,如此重复直到找出块中所有的重要系数,并把它转到LSP表中,以便进一步量化。

对各个块的处理按从低频子带依次到高频子带的顺序。初始化时集合 X 由所有块构成,集合 S 是由最低频块(如LL3)来初始化,而剩余集合 $I = X - S$ 。集合 I 依次分解出三个最低频的块(如HL3, LH3, HH3)和剩余集合 I 。然后对剩余集合 I 再进行一次分裂,分解出三个次最低频的块(如HL2, LH2, HH2),如此重复直到把所有的块分裂出来,直到剩余集合 I 变为空集。重要图扫描以此顺序来进行。

通过以上步骤的扫描,就可以将重要的系数放到LSP列表中,以便下一步的逐次量化。SPECK算法的量化、求初始阈值的方法与EZW算法相同,可以参阅文献^[2],这里不再赘述。

(3)SPECK 算法的特点

SPECK算法具有以下特点:①可以得到嵌入式的码流结构,支持渐进传输;②仅需要小的动态存储,易于计算和并行处理,算法复杂度低,编码速度快;③采用基于块的编码结构。因为块间是独立编码的,在传输发生误码时,只有误码所在的块受到影响,有较强的容错性。克服了EZW中误码将影响到整个树结构,对图象的破坏较大的缺点。

3 实验结果与讨论

我们根据以上所述的原理对 512×512 的lena图像进行了实验,图4所示的是不同压缩比的重建图像。表1中所示的是本文方法与EZW、JPEG等方法在压缩比、编码时间等方面的比较结果。



图4 不同压缩比的Lena重建图像

表 1 Lena 图像的实验比较结果

Rate	PSNR(dB)		编码时间(s)		
	JPEG	EZW	本文方法	EZW	本文方法
0.25	31.6	33.17	32.288	0.66	0.38
0.5	34.9	36.28	35.532	0.77	0.49
1.0	37.9	39.55	38.077	0.98	0.61

注:表中的编码时间是在 Pentium IV 1.6G 上测得

从表 1 可以看出,本文提出的基于 DCT 变换的图像编码方法在压缩性能上要优于 JPEG,略逊于 EZW 方法.但本方法的编码复杂度要大大低于 EZW,比较适合于低复杂度的图像编码与传输.由于 SPECK 算法本身一定的容错性能,因此本文的方法比 EZW 方法具有更好的抗误码能力.

4 结束语

本文将 DCT 变换与 SPECK 方法相结合,提出了一种基于 DCT 变换的渐进式图像编码方法.该方法既有 DCT 变换实现简单的优点,又因为利用了零树编码的方法可以实现对图像的高效压缩.采用本方法得到的压缩码流不仅具有嵌入的特性,便于进行灵活的码率控制,还具有一定的抗误码能力,适合于在易发生误码的网络环境中传输.该方法的计算复杂度低,具有很高的实用性.

参考文献:

- [1] 沈兰荪,卓力,等.视频编码与低速率传输[M].北京:电子工业出版社,2001.
- [2] J M Shapiro. Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients[J]. IEEE Trans. Signal Processing, 1993, 41(12): 3445 - 3462.

- [3] Amir Said, William A Pearlman. A new fast and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees[J]. IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, 1996(16): 243 - 250.
- [4] Asad Islam, William A. Pearlman. An embedded and efficient low-complexity hierarchical image coder[DB/OL]. [Http://www.cipr.rpi.edu/web/NGV](http://www.cipr.rpi.edu/web/NGV), 2002.
- [5] Zixiang Xiong, Kannan Ramchandran, Michael T Orchard, Ya-Qin Zhang. A comparative study of DCT and wavelet-based image coding [J]. IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, 1999, 9(5): 692 - 695.
- [6] Zixiang Xiong, Onur G, Guleryuz, Michael Orchard. A DCT-based embedded image coder[J]. IEEE Signal Processing Letters, 1996, 3(11): 289 - 290.

作者简介:



卓力女, 1971年生, 江苏徐州人. 1992年和1998年分别获得电子科技大学和东南大学学士和硕士学位. 现为北京工业大学讲师、博士生. 近年来发表论文多篇, 主要研究方向为视频编码、无线 IP 视频传输等. E-mail: siplsivr @ bjpu.edu.cn.



沈兰荪男, 1938年生, 江苏苏州人. 北京工业大学教授、博士生导师. 主要研究兴趣为图像与视频信号的压缩编码、处理与传输等. 著有“图像编码与异步传输”、“视频编码与低速率传输”等多部专著.