

基于 D5/3 小波的医学图像压缩算法研究^①

李美珊, 薛佳楣*, 明艳春

(佳木斯大学信息电子技术学院, 黑龙江 佳木斯 154007)

摘要: 针对医学图像的特点进行分析,选择小波变换对图像进行分解,但第一代小波变换存在缺陷,选择了第二代 D5/3 小波的提升方案对医学图像进行小波变换,再结合多级树集合分裂算法(SPIHT)进行改进,引入给定阈值思想。在 Matlab 中对大量医学图片进行仿真实验,实验仿真结果表明,该算法与传统的压缩算法相比较,在峰值信噪比(PSNR)和重构图像质量上都有较大的提高,更适合于医学图像压缩。

关键词: 医学图像压缩;小波变换;提升方案;SPIHT

中图分类号: TP309.2

文献标识码: A

0 引言

疫情的出现,使远程医疗得以发展,在远程医疗中诊断时,如何做到医学图像在传输过程中,既要保障图像重建质量,又要用尽可能少的信息来表示,这就要对图像进行压缩,早期的压缩编码不能达到对压缩比和重构图像效果的要求,小波变换^[1-2]是基于时频分析的一种方法,是基于数学特性形成的新工具,它的出现使图像分析更便捷、快速,在视觉领域被广泛的使用。

采用小波提升方案进行图像三级分解,在小波基的选择中采用性能更优的 D5/3 小波,小波变换的提升方案将弥补小波变换的缺陷,降低算法的复杂度和运算速度,对机器内存要求低,便于硬件实现,部分算法利用 DSPIC6713 芯片和 SPIHT 算法来完成,对测试图像在不同比特率上进行压缩,获得更优的峰值信噪比和压缩率。

1 提升小波变换

提升小波变换是由 Sweldens 通过改变第一代小波的基础上产生的,第一代小波变换利用基底平移及伸缩完成小波基的构造,并在欧氏空间内实现,在非欧式空间内应用效果不佳,为了解决这一问题,小波提升方案(lifting scheme)^[5,9]应运而生。

小波提升方案采用双正交的小波基和完全可恢复滤波器组完成小波变换,提升后的小波实现了小波完全的空间域解释,易于实现,被广泛应用在信号处理领域,通过提升方案实现了高频、低频信号的分离。主要包括分裂、预测和更新三个步骤。

提升算法的基本原理

小波提升方法主要是将高频、低频信号进行分离,包括分裂、预测和更新三个步骤。

(1)分裂(Split)

S_j 原始信号,在分裂过程中生成两个集合,如果采用奇偶分裂法,将获得偶数集 $S_{j,2l}$ 和 S_j 中所有偶数值,奇数集 $S_{j,2l+1}$ 包含所有奇数值,即分裂

$$(S_j) = (\text{偶数}_{j-1}, \text{奇数}_{j-1}) = (S_{j,2l}, S_{j,2l+1}) \quad (1)$$

(2)预测(Predict)

预测是运用数据间的相关性, S_j 的奇、偶数之间在一定程度上具有相关性,可以利用偶数集合 $S_{j,2l}$ 的值预测奇数部分 $S_{j,2l+1}$,在此过程中通过偶数部分数据来预测奇数部分数据,按式(2)定义预测算子

$$d_{j-1} = \text{奇数}_{j-1} - P(\text{偶数}_{j-1}) S_{j,2l+1} - P(S_{j,2l}) \quad (2)$$

其中,小波变换信号的高频部分为 d_{j-1} 。

(3)更新(Update)

在分裂过程中产生的子集 $S_{j,2l}$,与 S_j 相比在整体特性上产生差异^[6],但是为了与原始数据的特

① 收稿日期:2021-03-08

基金项目:黑龙江省省属本科高校基本科研业务费科研项目(2018-KYYWF-0938)。

作者简介:李美珊(1982-),女,黑龙江七台河人,副教授,硕士,研究方向:视觉图像处理、人工智能。

通讯作者:薛佳楣(1974-),女,黑龙江佳木斯人,教授,硕士,研究方向:数据库、软件工程。

性保持一致,需对子集进行更新运算。为了生成一个更好的子集 c_{j-1} ,加入 U 作为更新算子,对 d_{j-1} 进行运算,更新的过程如下所示:

$$c_{j-1} = \text{偶数}_{j-1} + U(d_{j-1}) = s_{j,2l} + U(d_{j-1}) \quad (3)$$

其中,小波变换信号的低频部分为 c_{j-1} ,为实现多级小波变换,对 c_{j-1} 重复以上步骤即可。

用于小波提升的算法都可以进行逆向运算,重构图像与分解图像的步骤类似,分别为取消更新、取消预测、合并三个步骤,重构的公式如下所示:

$$\begin{cases} s_{j,2l} = c_{j-1} - U(d_{j-1}) \\ s_{j,2l+1} = d_{j-1} + P(s_{j,2l}) \\ c_j = \text{合并}(s_{j,2l}, s_{j,2l+1}) \end{cases} \quad (4)$$

2 SPIHT 改进算法

2.1 算法思想

分级树^[3-4]是在扫描过程中用来记录不重要系数位置的零树集合,通过设置不同的量化误差级别产生不同的零树结构;量化误差级别不停的减小,使重要系数不间断从不重要系数集合中分离出来,由此,零树也不停发生变化。SPIHT 算法正是通过不断减小量化误差,不断分裂不重要系数集合,实现零数不断变化的编码算法。

SPIHT 是 EZW 算法的改进^[8]。SPIHT 算法采用了与 EZW 算法类似的零树集合,如图 1 所示,并且引入三个链表:LIP—不重要系数表;LSP—重要系数表;LIS—不重要子集表。

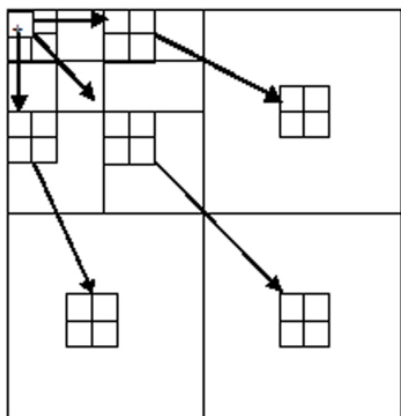


图 1 SPIHT 算法采用的树结构

2.2 算法描述

算法主要包含四个过程。

(1)扫描过程

通过对所有系数进行判断,获得了一幅在当前

阈值下所有重要小波系数的图像。

(2)排序过程

经过扫描后,重要像素链表(LSP)中存放了重要小波系数,针对当前给定阈值进行扫描和细化,最终得到相对于现在阈值下的重要小波系数集合,此后,对当前阈值进行减半操作,再次进行扫描和细化,到阈值为 1 时停止。

(3)细化过程

将 LSP 中的每个元素 (i, j) ,输出 $|c_{i,j}|$ 中第 n 位的值,不包含在之前分类过程中加入元素。

(4)量化及步长更新

令 $n = n - 1$,再转到第(2)步执行。

2.3 改进的 SPIHT 算法

通过对 SPIHT^[6-7] 算法描述的过程可以看到,排序后不断的隐藏传输是它的最大特点,在不断地进行扫描、编码中占用大量内存。每当 $T = 2^n$ 减小,阈值 $T = 2^n$ 等同于原来阈值的 $1/2$,在阈值不停减小的过程中使更多的不重要系数变成重要系数被输出,与此同时,量化所产生的误差也不断变小,使重构图像的失真度也随之减小^[6]。但是如果要实现定比例压缩,当阈值减小到一定值就停止图像编码,不仅得到了我们所需要的压缩比,减少了扫描次数,缩短了压缩时间。因此,在算法改进过程中引入了“给定最小阈值”的概念,即当阈值减少到一个数值即停止扫描。

根据仿真实验结果显示,测试图像在达到不同的压缩比时,都存在一个“最小阈值”,并且最小阈值越大,压缩比也就大,那么意味着输出重要的系数变少,LSP 表也就越小,节省了内存空间,加快了运行时间,得到了相应的压缩比,将最小阈值设为 T_{\min} 。

3 实验结果与分析

在仿真实验中,利用 D5/3 提升小波对 256×256 的医学图像进行三级小波变换,在不同比特率下,运用 SPIHT 改进算法对其编码。再对相同测试图像采用 db4 三级小波变换,运用 SPIHT 算法进行编码。将实验数据峰值信噪比、编码、解码所花费的时间作为评价依据,表 1 为实验数据,数据对比如图 2、3、4 所示。

从实验数据 1 和图 2、3、4 分析得出,在比特率为 0.2 时,使用的 D5/3 提升小波和 SPIHT 改进算法对比 Db4 小波结合 SPIHT 算法,峰值信噪比由

27.93 提高到 29.23,在编码、解码时间上降低较小;在比特率为 0.4 时,改进算法峰值信噪比提高 1.6db;比特率在 0.6 时,峰值信噪比提高 0.8db;比特率在 0.9 时,峰值信噪比可提高 1.73db,编码和

解码花费的时间缩短 3.04s。综上所述,此方法无论在峰值信噪比、编码时间、解码时间上都明显优于 Db4 小波结合 SPIHT 算法。

表 1 实验结果比较

bpp	Image	Db4 Upgrading + SPIHT Algorithm			D5/3 Upgrading + Improved SPIHT Algorithm		
		PSNR (db)	Encoding time (s)	Decoding time (s)	PSNR (db)	Encoding time (s)	Decoding time (s)
0.2	terminal building	27.93	1.96	8.03	29.23	1.79	7.15
0.4	terminal building	31.25	4.56	38.6	32.85	3.25	36.3
0.6	terminal building	34.16	8.54	79.86	34.96	7.12	77.44
0.9	terminal building	36.71	135.65	190.54	38.44	132.61	188.54

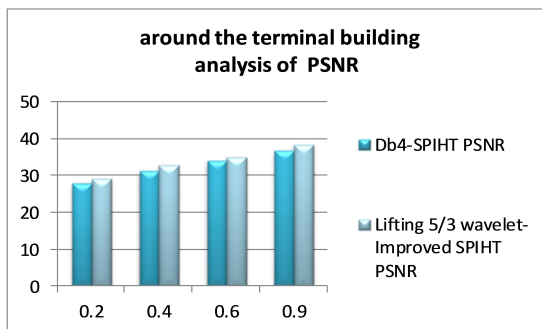


图 2 峰值信噪比分析

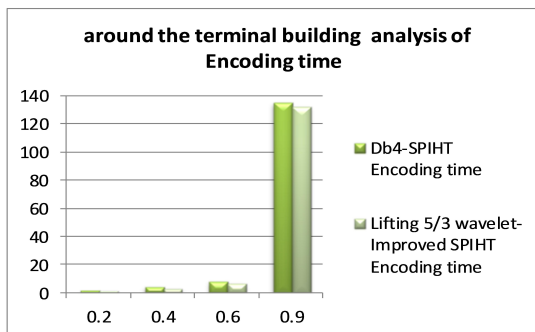


图 3 压缩时间分析

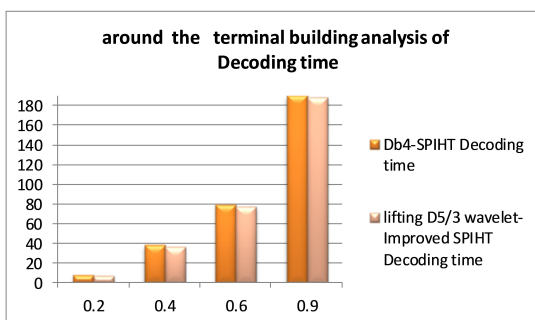


图 4 解压缩时间分析

4 结 论

分析发现医学图像的特征明显,而第一代小波

变换的运算复杂度高,有极大的缺陷并不适合医学图像的压缩,在研究中运用 Matlab 仿真平台,对大量医学图像进行实验,通过对数据进行整理、分析、总结得出结论,小波基在小波变换中有起着至关重要的作用,找到了更适合医学图像压缩的双正交 D5/3 小波,并在小波系数上进行了提升。

另外, SPIHT 算法更优于其它经典算法,采用了更细致的集合不断分裂方式,在压缩效率上有极大改进,但是 SPIHT 算法在运行过程中不断给阈值减半导致算法的存储量增大,针对此缺点对 SPIHT 算法进行了改进,采用了“最小阈值”的方法,在一定程度上解决了存储量大的问题。

综合医学图像的特性、压缩算法、实验数据分析,选择了 D5/3 双正交小波进行小波系数提升,在编码上对 SPIHT 算法进行改进,加入给定阈值的思想,通过对此算法的实验数据进行分析得出结论,此算法对比经典的小波变换压缩方法,取得了更优的峰值信噪比,在压缩时间和解压时间上有显著提高,使重构的图像视觉效果更清晰。

参考文献:

- [1] 杨建国.小波分析及其工程应用[M].中国机械出版社.2005, 6—33.
- [2] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Ruan Qi—qi, Ruan Yu—zhi. Digital Image Processing, China Electronic Industry Press[M]. 2003:327—334.
- [3] J. M. Shapiro. Embedded Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients. IEEE Trans. on Signal Processing[J]. 1993, 41(12):3445—3462.
- [4] A. Said W, A. Pearlman. A New Fast and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees. IEEE Trans on .Circuits and System For VideoTechnology[J]. 1996, 6(3):243—248.

- [5] Ingrid Daubechies, Wim Sweldens. Factoring Wavelet Transforms into Lifting Steps[J]. Journal of Fourier Analysis and Appl.1998, 4:247—269.
- [6] 柯丽. 基于小波变换的空间遥感图像实时压缩方法研究[D]. 长春:中国科学院.2005:69—74.
- [7] Meng Wang, Qi—rui Han. An Improved Algorithm of SPIHT based on the Human Visual Characteristics. proceedings of world academy of science engineering and technology[J]. 2006, 11(17):1307—6884.
- [8] 王巍. 一种基于小波变换的改进的嵌入式零树编码算法研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学.2006:46—47.
- [9] 李美珊,张宏. 9/7 提升小波结合 SPIHT 算法的遥感图像压缩[J]. 科技传播.2012,4(23):122—124.

Research on Medical Image Compression Based on D5/3 Wavelet Algorithm

LI Meishan, XUE Jiamei*, MING Yanchun

(Information and Electronic Technology Institute, Jiamusi University, Jiamusi Heilongjiang 154007, China)

Abstract: According to the characteristics of medical image, wavelet transform is selected to decompose the image. Because of the defects of the first generation wavelet transform, the lifting scheme of the second generation D5/3 wavelet is selected to transform the medical image, and then combined with the multi—level tree set splitting algorithm (SPIHT) to improve, introducing the idea of given threshold. A large number of remote sensing images have been simulated in Matlab and the simulation results show that compared with the traditional compression algorithm, the proposed algorithm has a great improvement in terms of the peak signal to noise ratio (PSNR) and reconstructed image quality, so it is more suitable for remote sensing image compression.

Key words: medical image compression; wavelet transform; lifting scheme; SPIHT

(上接 17 页)

Study on Drainage Technology of Diversion Tunnel in Karst Area

YAO Jun, SUN Aiqin

(School of Urban Construction and Transportation, Hefei University, Hefei 230601.China)

Abstract: In order to solve the safety and stability of tunnel in karst area, the design principle of "blocking and drainage" is adopted to reduce the external water pressure of lining and avoid excessive lowering of groundwater level. In this paper, the relationship between the displacement of the lining and the external water pressure behind the lining is deduced by using the analytical method, and the numerical calculation method is adopted to calculate and compare with them. The following conclusions are drawn: (1) the functional formula of the water pressure behind the lining in karst area is derived; (2) the relationship of the flow velocity at the outlet of the drainage pressure reducing valve is derived; (3) the relationship between the discharge and the water pressure behind the lining is calculated In this paper; (4) under different permeability coefficients, the groundwater level changes during tunnel construction and operation.

Key words: karst geological; water pressure of lining behind; tunnel drainage equipment; theoretical analysis; numerical calculation