

医学图像的零树小波编码*

王世刚¹, 游敏娟²

Encoding medical image based on embedded zero-tree wavelet

Wang Shi-gang¹, You Min-juan²

Abstract

BACKGROUND: Medical digital image must be a high-quality, high resolution, large amounts of data. Such an enormous amount of data is not conducive to the operation of Picture Achieving and Communication System (PACS) and digital hospital, telemedicine implementation. Therefore, image compression becomes an important issue to PACS.

OBJECTIVE: To analyze the zero-tree wavelet coding algorithm and program for the medical digital image compression, to enable it to meet the medical image transmission and diagnostic requirements.

METHODS: Using embedded zero-tree wavelet coding algorithm, wavelets and the layers of wavelet transform were presented, and the medical digital image compression was achieved.

RESULTS AND CONCLUSION: Choosing pairs of orthogonal wavelets for medical image compression four-layer wavelet transform obtained a higher PSNR, and achieved good compression.

Wang SG, You MJ. Encoding medical image based on embedded zero-tree wavelet. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(13): 2361-2364. [http://www.crter.cn http://en.zgckf.com]

摘要

背景: 医学数字图像必须是高质量的、高分辨率, 所以数据量很大, 如此巨大的数据量不利于图像存档与传输系统的运行和数字化医院、远程医疗的实现。因此, 图像压缩成为图像存档与传输系统要解决的重要问题。

目的: 分析零树小波变换编码算法原理并编程实现对医学数字图像的压缩, 使之能够满足医学图像的传输和诊断要求。

方法: 应用嵌入式零树小波变换编码算法, 探讨小波基和小波变换层数的选择, 编程实现对医学数字图像的压缩。

结果与结论: 选择双正交小波基对医学图像进行 4 层小波变换实现压缩, 获得了较高的峰值信噪比, 取得了较好的压缩效果。

关键词: 小波变换; 图像压缩; 嵌入式零树小波; 医学数字图像; 数字化医学

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.13.021

庄册伟, 张艳军, 庞坦, 黄苓苕作用于脑微血管内皮细胞和星形胶质细胞对神经干细胞分化的影响[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(13):2361-2364. [http://www.crter.org http://cn.zgckf.com]

0 引言

随着医学影像成像技术的发展, 各种医学影像数字成像设备得到了广泛的应用。医学数字图像必须是高质量的, 要求有高分辨率, 所以一般来说数据量很大, 而图像存档与传输系统 (picture achieving and communication system, PACS)、数字化医院、远程医疗的逐步成熟和发展对数据存储与传输提出了严格要求, 如此巨大的数据量不利于图像存档与传输系统的运行和数字化医院、远程医疗的实现。因此, 图像压缩成为医学图像信息的存储与传输要解决的重要问题和关键技术。

1 材料和方法

1.1 小波变换

小波变换理论: 小波变换是近十几年来新发

展起来的一种数学工具。信号的小波变换实际上就是用小波函数族的线性叠加来表示原始信号; 图像小波变换后的小波系数 $w_f(a, b)$ 具有良好的空域和频域的局部性, 而傅里叶变换则没有此特点; 并且小波变换既能描述图像的频率特征, 又能表达频域特征的空间位置。

基本小波函数 $\Phi(x)$, 它的频谱 $\Psi(s)$ 满足如下允许条件:

$$C_\Phi = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{|\Psi(s)|^2}{|s|} ds < \infty \quad (1)$$

则函数 $f(x)$ 以小波 $\Phi(x)$ 为基的连续小波变换为:

$$w_f(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \Phi\left(\frac{x-b}{a}\right) dx \quad (2)$$

小波变换用于图像压缩的基本思想: 相对于传统的医学图像编码方法, 如预测编码(predictive

¹College of Radiology, Taishan Medical University, Taian 271016, Shandong Province, China; ²Information Center of Shandong Medical Technician College, Taian 271016, Shandong Province, China

Wang Shi-gang★, Master, Lecturer, College of Radiology, Taishan Medical University, Taian 271016, Shandong Province, China fsxywsg@163.com

Received: 2009-10-02 Accepted: 2010-02-19

¹泰山医学院放射学院, 山东省泰安市 271016; ²山东医药技师学院信息中心, 山东省泰安市 271016

王世刚★, 男, 1977年生, 山东省陵县人, 汉族, 2007年泰山医学院毕业, 硕士, 讲师, 主要从事医学图像处理方面的研究。fsxywsg@163.com

中图分类号: R394.2
文献标识码: B
文章编号: 1673-8225 (2010)13-02361-04

收稿日期: 2009-10-02
修回日期: 2010-02-19
(20090723008/
G·A)

嵌入式编码的核心是使用逐次逼近量化 (successive approximation, SAQ), 逐次逼近量化按顺序使用了一系列阈值 T_0, T_1, T_{N-1} 来判决重要性, 其中 $T_i = T_{i-1}/2$, 而初始阈值 T_0 的选取使得对于所有的小波系数 x_j 有 $|x_j| \leq 2T_0$, 且 $T_0 = 2n$ 。

在逐次逼近过程中, 依次形成主表和辅表。主表记录着重要系数的位置信息, 由ZTR, IZ, POS, NEG组成。在主表形成的同时, 将发现的重要系数加到辅表中, 对于阈值 T_i , 进行1遍主扫描后, 紧接着进行辅扫描, 辅扫描对已发现的重要系数进一步细化。

对当前域值 T_i , 重要系数的区间为 $[T_i, 2 T_i]$, 若辅表中的系数位于 $[T_i + 3T_i/2]$ 中, 则用“0”表示, 否则用“1”表示。

小波基及小波变换层数的选择: 小波变换图像压缩算法中, 小波基的选择密切关系到压缩算法的性能^[18], 直接影响到最终的压缩效果。

从数学函数逼近论的观点来看, 压缩的本质是用尽可能少的小波基函数的加权求和项来最大限度地逼近原信号。如果基函数与原信号越相似, 则能用越少的求和项来逼近原信号, 在同样的恢复均方差下, 压缩比就越高, 压缩性能就越好。

在正交小波中只有Haar小波同时具有紧支性(有限区间内非零)和对称性。紧支性意味着滤波器的长度是有限的(如果无限, 则无法处理), 对称性意味着滤波器的线性相位, 线性相位可以使信号相位不变。文献[19]已经指出: 正交小波基的平滑性对图像压缩效果有一定影响, Harr小波基是不连续的, 会造成恢复图像中出现方块效应。所以在小波变换压缩图像中常常放弃正交小波基而采用双正交小波基。

由于小波变换过程实际上是信号与滤波器卷积的过程, 滤波器的长度增加将导致卷积运算量增加; 并且从边界延拓来看, 滤波器长度越长, 延拓的点数越多, 造成图像恢复的失真越大, 应适中地选择滤波器长度。此外, 双正交小波基所构成的滤波器的相位是线性的, 这是在医学图像压缩中常选择双正交小波基的理由。

小波变换的层数也对图像压缩具有重要的影响, 如果小波变换层数太少, 不能取得令人满意的压缩效果; 而变换层数太多, 则压缩效果没有明显变好而只能增加算法的复杂度。

2 结果

用嵌入式零树小波压缩编码CT和MR图像, 采用双正交小波bior4.4, 实验中小波变换层数为4层。

图3是胸部一CT图像的原始图像及解压缩的图像, 图4是头部一MR图像的原始图像及解压缩的图像。

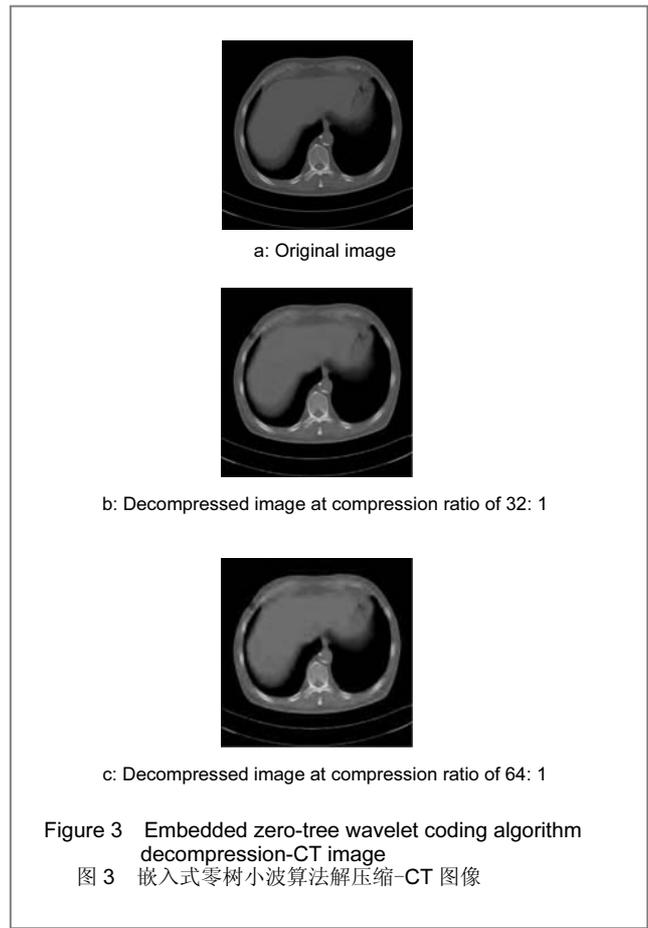


Figure 3 Embedded zero-tree wavelet coding algorithm decompression-CT image
图3 嵌入式零树小波算法解压缩-CT 图像

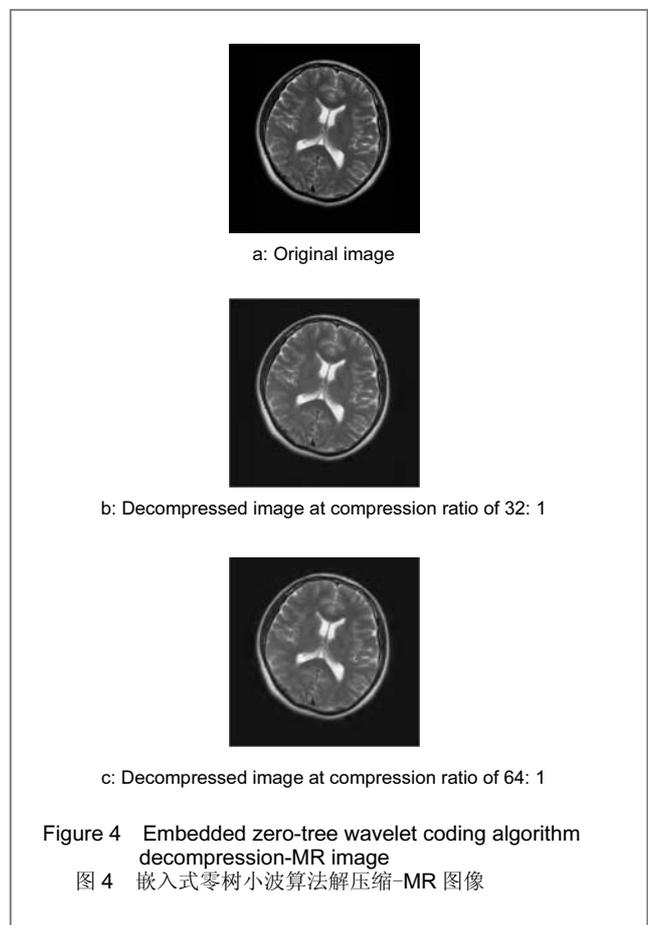


Figure 4 Embedded zero-tree wavelet coding algorithm decompression-MR image
图4 嵌入式零树小波算法解压缩-MR 图像

该算法压缩性能见表1, PNSR表示峰值信噪比。

表1 图3及图4的编码结果
Table 1 Coding results of figures 3 and 4

Image	Compression ratio	8 : 1	16 : 1	32 : 1	64 : 1	128 : 1
CT	PNSR	37.658 9	36.756 3	5.223 7	30.798 0	26.610 0
MR	PNSR	40.093 0	39.551 6	36.828 8	32.423 7	28.967 8

3 讨论

医学图像具有显著的空间冗余特征, 本文对基于零树小波图像编码算法对CT、MR图像进行了编码实践, 结果表明该算法在获得较大压缩比的同时能保证图像质量, 甚至当压缩比达到60~70时, 解压缩图像与原始图像在主观上看不出区别, 克服了传统的基于块的离散余弦变换编码恢复图像的所出现方块效应, 可以较好地满足对图像存储和传输的要求。但是, 本文也存在着不足之处, 即本文选择了固定的小波基, 如何根据图像内容来构造小波基是小波图像压缩的研究方向, 很多文献对小波基的设计进行了所讨^[20-22]; 另外, 也可对零树小波编码算法进行改进或与其他方法进行结合^[23-30], 使之更好的应用于医学图像的压缩。

4 参考文献

[1] Fan CX, Zhang FY, Xu BX, et al. Beijing: National Defence Industry Press. 2001:206-214.
樊昌信,张甫翔,徐炳祥,等. 通信原理[M]. 北京:国防工业出版社, 2001:206-214.

[2] Sun XY. Weifang Xueyuan Xuebao. 2004;4(6):86-87.
孙学岩. 熵编码的压缩编码原理与方法[J]. 潍坊学院学报, 2004, 4(6):86-87.

[3] Jia YH. Wuhan: Wuhan University Press. 2001:108-114.
贾永红. 计算机图像处理与分析[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2001:108-114.

[4] Yao M. Beijing: Mechanical Industry Press. 2006: 182-183.
姚敏. 数字图像处理[M]. 北京:机械工业出版社, 2006: 182-183.

[5] Zhu H. Beijing: Science Press. 2005:256-260.
朱虹. 数字图像处理基础[M]. 北京:科学出版社, 2005:256-260.

[6] Sheng KW, Zheng JH. Chongqing Youdian Xueyuan Xuebao. 1997;9(1):27-31.
生克伟,郑建宏. 图像压缩编码技术及其国际标准[J]. 重庆邮电学院学报, 1997,9(1):27-31.

[7] Jacquin AE. Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations. IEEE Trans Image Process. 1992;1:18-30.

[8] Christopher C. Neural networks for image and video compression. Eur J Oper Res. 1998;108:226-282.

[9] Mallat S. A Theory for multi-resolution signal decomposition: the wavelet representation. IEEE Trans PAMI. 1989;11(7):674-693.

[10] Yang Y, Li XH. Chongqing Wenli Xueyuan Xuebao: Ziran Kexueban. 2006;5(2):24-27.
杨有,李晓虹. 第2代图像压缩技术回顾与性能分析[J]. 重庆文理学院学报:自然科学版, 2006,5(2):24-27.

[11] Lee J, Dickinson BW. Temporally adapt motion interpolation exploiting temporal masking in visual perception. IEEE Trans Image Process. 1994;3(5):513-526.

[12] Martin MB, Bell AE. New image compression techniques using multiwavelets and multiwavelet packets. IEEE Trans Image Process. 2001;10(4):500-510.

[13] Antonini M, Barlaud M, Mathieu P, et al. Image coding using wavelet transform. IEEE Trans Image Process. 1992;1(2): 205-220.

[14] Edrardo AB. A successive approximation vector quatizes for wavelet transform image coding. IEEE Trans Image Process. 1996;5(2):299-309.

[15] Rinaldo R, Calvagno G. Hybrid vector quantization for multiresolution image coding. IEEE Trans Image Process. 1997; 6(5):735-758.

[16] Shapiro J. Embedded image coding using zero-trees of wavelet coefficients. IEEE Trans Signal Process. 1993;41:3445-3462.

[17] Tolba AS. Wavelet packet compression of Medical image. Digital Signal Process. 2002;12(4):441-447.

[18] Villasenor JD, Belzer B, Liao J. Wavelet filter evaluation for image compression. IEEE Trans Image Process. 1995;4(8): 1053-1060.

[19] Unser M. Approximation power of biorthogonal wavelet expansions. IEEE Trans Image Process. 1996;44:519-527.

[20] Zou QY, Tao QY, Wang ZW. Jiangxi Shifan Daxue Xuebao: Ziran Kexue ban, 2009;33(2):141-144.
邹庆云,陶庆云,王真伟. 4-进紧支撑双对称双正交小波多小波[J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2009,33(2):141-144.

[21] Liu ZD, Zheng NN. Parameterization construction of biorthogonal wavelet filter banks for image coding. Signal Image Video Process. 2007;1(1):63-76.

[22] Liu ZD, Zheng NN. Optimization design of biorthogonal wavelets for embedded image coding. IEICE Trans Inform System. 2007; E90-D(2):569-578.

[23] Han LJ, Li W, Tian YJ. Jisuanji Yingyong. 2009;29(6):209-212.
韩丽洁,李文,田宴嘉. 嵌入式零树小波压缩和解压缩的并行算法[J]. 计算机应用, 2009,29(6):209-212.

[24] Guo WY, Sun Y, Pu HY. Jisuanji Jishu yu Fazhan. 2009,19(8): 127-132.
郭文勇,孙怡,濮怀宇. 一种图像不同区域的编解码压缩算法[J]. 计算机技术与发展, 2009,19(8):127-132.

[25] Chang SJ, He X. Xiandai Dainzi Jishu. 2008;31(18):157-162.
常淑娟,和煦. 嵌入式图像压缩编码的研究[J]. 现代电子技术, 2008,31(18):157-162.

[26] Liu YW, Lin JG, Mei X. Weichuliji. 2008;29(2):83-85.
刘刘文,林锦国,梅雪. 小波变换图像编码的研究进展[J]. 微处理机, 2008,29(2):83-85.

[27] Ouafi A, Ahmed A T, Baarir Z, et al. Color image coding by modified embedded zerotree wavelet(EZW)algorithm. IEEE International Conference on Communication Technologies. Damascus, Syria: IEEE Computer Society Press. 2006: 1451-1456.

[28] Penedo SRM, Seara R. An improved EZW algorithm based on set partitioning in hierarchical tress using wavelet regularity. International Conference on Image Processing. Singapore: IEEE Computer Society Press. 2004:3169-3172.

[29] Lin W, Dong L. Adaptive downsampling to improve image compression at low bit rates. IEEE Trans Image Process. 2006; 15(9): 2513-2521.

[30] Wang JF, Wang CY, Wang SG, et al. Zhongguo Yixue Wulixue Zazhi. 2008;25(4):741-743.
王纪凤,王昌元,王世刚,等. 小波变换在医学图像压缩中的应用[J]. 中国医学物理学杂志, 2008,25(4):741-743.

来自本文课题的更多信息--

利益冲突: 无相关利益冲突。

课题的创新点: ①探讨并指出在医学图像压缩中小波变换选择双正交小波基。②小波变换的层数也对图像压缩具有重要的影响, 不易太多, 也不易太少。

课题评估的“金标准”: 无课题评估的金标准。

设计或课题的缺陷与不足: 文章详细阐述了零树小波编码算法的原理及小波基的选择, 今后将继续探讨将零树小波变换压缩与其他方法结合。

提供临床借鉴的价值: 文章结果表明该算法在获得较大压缩比的同时, 无论是主观还是客观都能保证较高的图像质量, 能够较好地满足对图像存储和传输的要求, 更好地服务于临床诊治。