

# CT 图像混合压缩算法研究

周群一<sup>1</sup>, 吕旭东<sup>2</sup>

(1 .浙江科技学院 信息与电子工程学院,杭州 310023;  
2 浙江大学 生物医学工程与仪器科学学院,杭州 310027)

摘 要: 计算机断层扫描图像数据量往往很大,不利于存储和传输。一种 CT 图像混合压缩算法被提出,利用 CT 序列图像间存在相关性,以第一幅图像为参考图像,将后续图像和参考图像进行差值运算,消除图像序列间冗余。同时对图像的感兴趣区域采用哈夫曼无损压缩,对非感兴趣区域采用类似于 JPEG 基线模式的有损压缩。实验结果表明,新提出的算法在保证 CT 图像质量的前提下,能够有效地提高压缩比,具有一定的临床应用价值。

关键词: CT 图像; 帧间编码; 感兴趣区域; 压缩

中图分类号: TP311;R318      文献标识码: A      文章编号: 1671-8798(2008)01-0022-04

## Study on hybrid compression algorithm of CT images

ZHOU Qun-yi<sup>1</sup>, LU Xu-dong<sup>2</sup>

(1 .School of Information and Electronic Engineering, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China; 2 .College of Biomedical Engineering and Instrument Science, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** It is necessary that compress computed tomography (CT) images which size are usually huge against storage and transmission . A hybrid compression algorithm of CT images was proposed . The strong correlation between CT set images was utilized, that is the first one in CT set images was regarded as reference image and the differences between successive ones and reference one were made in order to reduce redundancy . At the same time, region of interest (ROI) in image was compressed using Huffman lossless coding and other regions were compressed using a lossy coding similar to JPEG baseline mode . The experimental results indicate that our algorithm could improve the compression ratio without significant losses in the image quality and benefit clinical practice application .

**Key words:** computed tomography images; inter-frame encoding; region of interest; compression

收稿日期: 2008-01-10  
基金项目: 浙江省教育厅科研项目 (20061458)  
作者简介: 周群一 (1976— ),男,安徽合肥人,副教授,博士,主要从事模式识别、数字媒体技术研究。

基于 X 射线的计算机断层扫描技术 (Computed Tomography, CT) 的医学影像诊断方法,由于其方便、迅速、安全,即所谓无创伤、无痛苦、无危险的特点,已经成为影像诊断学领域中不可缺少的检查手段。

## 1 计算机断层扫描图像

计算机断层扫描图像是由 CT 影像设备产生的医学图像。CT 图像常用的是横断面,为了显示整个器官,需要多帧连续的断层图像。

CT 图像以不同的灰度来表示人体器官、组织对 X 射线的吸收程度。黑影表示低吸收区,即低密度区,如肺部;白影表示高吸收区,即高密度区,如骨骼。CT 图像具有高密度分辨率,可以显示脑、脊髓、肺、肝、胆、胰以及骨盆部器官等,并在良好的解剖图像背景上显示出病变的影像。计算机断层扫描图像在医学诊断和外科手术中应用广泛。

通常处理的 CT 图像是经过量化后的灰度图像,标准的 CT 灰度图像为 12 位灰度图像。CT 图像分辨率一般为  $512 \times 512$  或  $1024 \times 1024$ 。一次普通 CT 检查的图像可以达到几百幅,如果按照一幅 CT 图像 512 kB 容量来计算,一次 CT 检查的影像数据容量将超过 100 MB。对于每天有上百次 CT 检查的大型医院来说,所需要的存储容量非常庞大,仅 CT 图像一年的数据量就将达到几十 TB ( $1 \text{ TB} = 10^{12}$  字节)。虽然目前大容量存储设备发展迅速,但仍旧无法满足高速膨胀的海量 CT 影像数据长时间归档的需求。在有限的网络带宽条件下,海量 CT 数据的传输也会导致网络拥塞。因此,有必要对 CT 图像进行压缩处理。

常用的医学图像无损压缩算法有:行程编码、差分脉冲调制法<sup>[1]</sup>、分层内插法<sup>[2]</sup>、位平面编码<sup>[3]</sup>、增量自回归法<sup>[3]</sup>、JPEG 标准等,由于这些算法只考虑了一幅图像内的信息冗余,图像压缩比基本上都在 3.0 以内,很难达到较高的压缩比。近年来,基于 JPEG2000<sup>[4]</sup>、小波压缩<sup>[5]</sup> 的标准压缩算法,由于具有分层和渐进压缩等特点,因此具备较高的图像压缩比。但是,这些算法没有基于解剖结构知识的层间预测,对于 CT 图像来说,仍旧不能有效地减少数据容量,因而针对于海量 CT 图像压缩算法的研究十分迫切。

## 2 CT 图像序列的相似冗余性

由于 CT 获得的序列医学图像对象为相同的人

体部位,同时由于图像的层厚很薄 (mm 级),获得的相邻图像具有很强的空间相似性,可以认为 CT 医学图像序列为相似图像序列,存在帧间冗余,如图 1 所示。

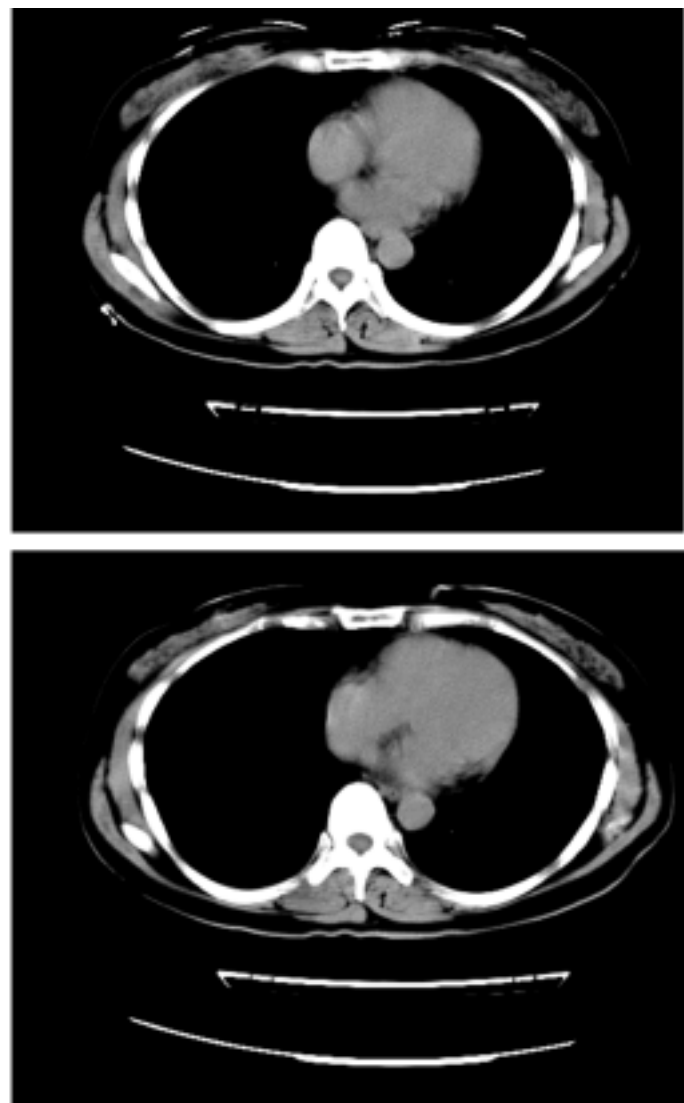


图 1 CT 图像序列中相邻的两幅图像

Fig. 1 Two neighbouring images in a CT image sequence

相似图像序列可以定义为:在相同区域具有相同像素值或相似的直方图、边缘分布以及类似的特征分布的图像序列。图像间存在的相似性可以通过数学上的相关系数来衡量,两幅图像的相关系数越接近于 1,表示两幅图像越相似,而消除这种相似冗余性可以提高 CT 图像压缩比。

将序列中第一幅图像作为参考图像,将序列中的后续图像和参考图像相减,获得差值图像,采用这种方法,可以减少表示每个像素存储所需要的位数,消除 CT 序列图像的空间相似冗余。之后可对每幅差值图像分别采用哈夫曼编码进行无损压缩,消除像素间冗余。

## 3 基于感兴趣区域的 CT 图像压缩

大部分的医学图像包含人体中或多或少部分的有用信息。在大多数情况下,图像中仅有一部分区域具有诊断的重要性,即感兴趣区域 (Region Of Interest, ROI),如图 2 中黑色线框内区域。其余非感

兴趣区域为观察者提供 ROI 区域在原始图像中的位置信息。



图 2 CT 轴向切片腹部图像 ROI 区域

Fig 2 A ROI of axial section abdomen CT image

因此,本研究结合相邻 CT 序列图像冗余性的特点,采用对 ROI 区域进行无损压缩,使之既能保存原始图像的有用信息,同时对非 ROI 区域采用类似于 JPEG 基线模式的有损压缩方法,使其在对诊断不存在影响的情况下,提高整体图像的压缩比。具体压缩流程如图 3 所示。



图 3 CT 图像混合压缩算法流程

Fig. 3 Hybrid compression algorithm flowchart of CT images

对 12 位灰度 CT 图像统计发现,交流分量系数非 0 值的范围在 - 1 023 ~ 1 023 之间,两个非 0 数间的 0 的个数不会超过 32。因此,本研究采用两字节存储每次行程编码的结果。该两字节数的第 11 ~ 15 位保存连续 0 的个数。第 10 位标识下一个非 0 数的正负号。第 0 ~ 9 位保存下一个非 0 数的绝对值。

4 实验结果

本实验以采用西门子螺旋 CT 获得的 12 位连续图像序列作为测试序列来测试压缩效果和重建图像的质量。测试结果如表 1 所示。以五幅连续的 CT 图像序列为例,表 1 中图像序号 1 为参考图像,第二列表示每次压缩时,图像的 ROI 区域占原始图像的比例。第三列表示选取不同的 ROI 区域时,单幅图像的压缩比。第四列到第六列比较了在不同的 ROI 区域比例下,重建图像的质量,包括平均平方差(MSE)、信噪比(SNR)及峰值信噪比(PSNR)。第七列表示序列中差值图像和参考图像之间的相关系数。

表 1 本文算法实验结果

Table 1 Experimental results of this algorithm

图像序号	ROI 比/ %	压缩比	MSE	SNR	PSNR	相关系数
1	100	1.442	0	N/A	N/A	1
	100	1.844	0	N/A	N/A	
	50	2.718	39.2	44.8	66.2	
	25	4.091	76.6	42.5	66.2	
2	10	5.939	96.8	41.5	66.6	0.970
	100	1.700	0	N/A	N/A	
	50	2.491	46.5	44.6	66.2	
	25	3.705	91.9	41.7	66.2	
3	10	5.470	115.1	40.7	66.2	0.875
	100	1.669	0	N/A	N/A	
	50	2.452	46.8	44.5	66.2	
	25	3.656	95.2	41.5	66.2	
4	10	5.415	117.9	40.5	66.2	0.834
	100	1.655	0	N/A	N/A	
	50	2.447	49.1	44.3	66.2	
	25	3.654	97.9	41.3	66.2	
5	10	5.451	122.5	40.3	66.2	0.822

比较第二列、第三列和第七列可以看出,当 ROI 区域大小都为 100 % 时,采用差值图像进行哈夫曼编码比直接对图像采用哈夫曼编码能够获得更好的压缩比。对差值图像进行压缩时,对于不同图像,选取相同 ROI 区域,图像与参考图像的相关系数越接近于 1,采用相同的压缩方法获得的压缩比越高。

比较第二列、第五列和第七列可以看出,对于不同图像、相同 ROI 区域,图像与参考图像的相关系数越接近于 1,重建图像的信噪比越高,表示重建图像质量越好,越接近于原始图像。如果图像序列过长,图像序列后续的图像和参考图像的相似度降低,单幅图像的压缩比会下降,利用帧间编码对序列图像进行压缩不能达到很好的效果。同时,重建图像的质量也会相对下降,因此,参考图像可以按照一定帧数的周期进行多次选择。

对于同一幅图像,选择的 ROI 区域比例越小,图像的压缩比越高,重建图像的信噪比降低,图像质量变差。当选择的 ROI 区域比例为 100 % 时,表示整幅图像都具有诊断价值,相当于对整幅图像都采用哈夫曼编码无损压缩;当选择 ROI 区域比例接近于 0 时,表示整幅图像几乎都不重要,即可以对整幅图像都采用有损压缩的算法。

## 5 结 语

文中介绍了一种 CT 图像混合压缩算法。即采用帧间编码,利用 CT 序列相邻图像间存在很强的相关性,生成后续图像和参考图像的差值图像。由于一幅图像中只有部分区域具有诊断价值,因此可将差值图像划分为 ROI 区域和非 ROI 区域,并对它们分别采用无损和有损混合方法进行压缩,其结果是,在保证不影响诊断质量的前提下进一步提高了 CT 图像压缩比。

本文算法目前还存在一些有待改善之处。例如,算法中对 ROI 区域的选取采用由操作者手动选取,在今后的研究中,可以结合图像自动分割技术确定 ROI 区域;本文采用的量化表为 JPEG 标准亮度量化表,对差值图像并非优化,今后可以考虑采用类似于 MPEG 帧间编码所用的量化表,以提高压缩的效果。

## 参考文献:

- [1] CHEN K, RAMABADRAN T V . Near-Lossless Compression of Medical Images Through Entropy-Coded DPCM [J] . IEEE Trans . on medical imaging, 1994, 13(3):538-548 .
- [2] VIERGEVER M A, ROOS P . Hierarchical interpolation [J] . IEEE engineering in medicine and biology magazine, 1993, 12(11):48-55 .
- [3] STEPHEN W, LOREN Z, DVAID G, et al . Radiologic Image Compression-A Review [J] . Proc . IEEE, 1995, 83(2):194-219 .
- [4] CHARILAOS C, ATHANASSIOS S, TOURADJ E . The JPEG2000 Still Image Coding System: An Overview [J] . IEEE Trans . on Consumer Electronics, 2000, 46(4):1103-1127 .
- [5] 杨晓鹏,杨守义,李世阳,等 . 多排螺旋 CT 图像序列的三维小波压缩技术 [J] . 河南科学, 2005, 23(2):271-274 .