

基于 DPCM 与 Hilbert 扫描的灰度图像无损压缩方法

孙自广

SUN Zi-guang

广西工学院 计算机工程系, 广西 柳州 545006

Department of Computer Engineering, Guangxi University of Technology, Liuzhou, Guangxi 545006, China

E-mail: esunzg@163.com

SUN Zi-guang. Lossless compression approach for grey-scale images using DPCM and Hilbert scanning. *Computer Engineering and Applications*, 2008, 44(6): 98-99.

Abstract: Hilbert scanning can visit neighboring points consecutively without crossing itself in two-dimensional space. For testing the effect of Hilbert scanning to images compression, the pixels in grey-scale images have been rearranged using Hilbert scanning, then implement four lossless encoding schemes, Huffman coding, run-length encoding, LZW coding and LZ77 coding, along with Hilbert scanning order. The experiments show that Hilbert scanning can enhance pixel locality, and increase the compression ratio effectively.

Key words: image compression; grey-scale image; lossless compression; Hilbert scanning; DPCM

摘要: 提出一种基于 DPCM 与 Hilbert 曲线的医疗图像无损压缩方法, 通过差分脉码调制技术(DPCM)对图像进行预测处理, 得到差值图像, 再利用 Hilbert 曲线对医疗图像像素的进行扫描, 得到图像的一维数据, 然后分别用哈夫曼编码、游程编码和字典编码对一维数据进行压缩。实验结果显示 Hilbert 扫描可以增加像素的相关性, 对提高压缩比有一定的贡献。

关键词: 图像压缩; 灰度图像; 无损压缩; Hilbert 扫描; DPCM

文章编号: 1002-8331(2008)06-0098-02 **文献标识码:** A **中图分类号:** TP391.41

1 引言

图像信息的传输和存储要解决的问题是: 保持图像的质量或在容许的保真条件下压缩存储及减小传输量。数字图像需要编码成计算机能处理的信号, 通常用标准二进制编码。数字信号特别是数字图像信号主要的问题是数据量太大, 在未经压缩的条件下, 无论是存储还是通过网络传输都是有困难。图像压缩分为: 无损压缩和有损压缩。

医疗图像主要包括由 X 射线、CT 或核磁共振等设备生成的图像, 这些设备输出图像的数据动辄几个字节, 存储和传输这些数据之前必须进行压缩。医疗图像的获取代价一般都较高, 另外基于法律方面的因素, 压缩这些图像必须是无损的。对医疗图像的压缩方法大都是利用针对灰度图像设计的无损压缩方法, 主要有 Lossless-JPEG、JPEG-LS、FELICS 和 CALLC 等, 这些方法都是基于预测的思想, 根据图像的预测模型对图像进行编码。本文提出利用希尔伯特(Hilbert)扫描将图像的二维数据转换为一维数据, 然后利用熵编码对一维数据进行压缩, 同时给出相应的实验结果。

2 DPCM 预测编码

为了提高图像的压缩效率, 在对图像像素进行 Hilbert 扫描之前, 引入 DPCM 作为预处理步骤。DPCM 编码是目前被广

泛使用的图像压缩编码方法之一, 它是利用马尔可夫模型, 以已经扫描过的像素来预测当前的像素值, 然后以当前像素的值与预测的差值作为样本进行传输和存储, DPCM 是图像编码技术中研究的最早、且应用最广泛的线性预测方法, 实现起来比较简单。

DPCM 预测基于一个包括 3 个邻域像素的模板(如图 1 所示), 根据这 3 个邻值的组合提供了 7 种常见的预测器模式(如表 1)。预测器 1、2 和 3 称为“1 维的”, 而预测器 4、5、6 和 7 则是“2 维的”。这里选择预测器 7 对图像进行处理。

表 1 预测器模式

预测器	模式
1	A
2	B
3	C
4	A+B-C
5	$A + ((B-C)/2)$
6	$B + ((A-C)/2)$
7	$(A+B)/2$

图 1 邻域像素模板

设一幅分辨率为 $M \times N$ 的图像 F , 首先保留图像矩阵的第一行的灰度值 $p_{11}, p_{12}, p_{13}, \dots, p_{1N}$ 和第一列的灰度值 $p_{21}, p_{31}, p_{41}, \dots, p_{M1}$ 不变, 对于其他像素点的灰度值的预测采用如下的公式确定:

基金项目: 广西自然科学基金(the Nature Science Foundation of Guangxi of China under Grant No.0640034)。

作者简介: 孙自广(1978-), 男, 讲师, 主要研究方向: 图像压缩、智能算法。

收稿日期: 2007-06-14 修回日期: 2007-08-20

$$e(i, j) = p(i, j) - \lfloor \frac{p(i-1, j) + p(i, j-1)}{2} \rfloor \text{ for } i=M, M-1, \dots, 2;$$

$$j=N, N-1, \dots, 2$$

然后对第一列和第一行的像素分别进行下列处理:

$$e(1, j) = p(1, j) - p(1, j-1) \text{ for } j=N, N-1, \dots, 2$$

$$e(i, 1) = p(i, 1) - p(i-1, 1) \text{ for } i=M, M-1, \dots, 2$$

3 Hilbert 扫描

1890年,意大利数学家 Peano.G 提出了一类有趣的空间填充曲线,这类曲线不相交地穿过空间中的每一个点,称为皮诺(Peano)扫描。1891年, Hilbert 构造出了一类最简单的二维空间填充曲线, Hilbert 扫描是连续、没有交叉且经过相邻点的二维空间扫描方法^[3,4],如图2所示。

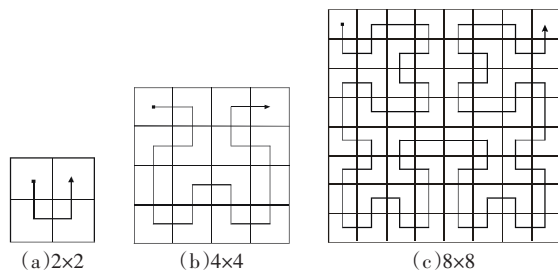


图2 Hilbert 扫描曲线

图2给出 Hilbert 曲线的前三步递归过程,其中 4×4 Hilbert 曲线由 4 个 2×2 Hilbert 曲线组成, 8×8 Hilbert 曲线由 4 个 4×4 Hilbert 曲线组成,也就是说一个 $2^n \times 2^n$ Hilbert 曲线由 $2^{n-1} \times 2^{n-1}$ Hilbert 曲线递归生成。对于一个有限空间,在 $2^n \times 2^n$ 网格内按照 Hilbert 曲线的模式进行扫描可以访问到所有的节点,它的优势在于充分兼顾了各个方向上的相邻相关,而一般的行扫描则只考虑了一个方向,另一优势在于特别易于实时实现。Hilbert 曲线具有自相似性,很容易用递归语言实现。

4 熵编码

熵编码在图像压缩过程中可以作为一个步骤对前一步骤获得的数据进行编码压缩,也可以作为一个独立的步骤直接对图像数据进行编码^[5]。

(1) 哈夫曼编码(huffman coding):按照字符出现概率的大小,概率大的字符分配短码,概率小的字符分配长码,来构造最短的平均码长的异头前缀码。哈夫曼编码第一遍扫描要精确统计原始图像中每个灰度值出现的概率,第二遍是建立哈夫曼二叉树并进行编码,故数据压缩和还原速度较慢,但此法有效简单,且编码效率高。

(2) 游程编码(Run-length encoding):利用了图像中连续相同的像素值,使用一个起始像素代表具有相同值的一连续像素串,用一整数代表这个串的长度,这样串定义为游程 RL。游程编码分为定长游程编码和变长游程编码两类:定长游程编码指编码的游程所使用的位数是固定的,若灰度连续相同的个数超过了固定位数所能表示的最大值,则进入下一轮游程编码;变长游程编码是指对不同范围的游程使用不同位数的编码。

(3) LZ77 编码(LZ77 coding):把已输入数据流的一部分作为字典。编码器为输入流开一个窗口,查找窗口中最长的匹配串,并随着字符串的编码而把窗口向前移动。这种算法也成做“滑动窗口”算法,由于它限制匹配的最大长度,对于某些存在大量的极大匹配的文件来说,这种折衷算法显出了缺陷。

(4) LZW 编码(LZW coding):LZW 是一种基于字典编码的

方法,使用代码代替重复出现的像素序列^[6]。基本思想是建立一个编码表(转换表)也称串表,将输入字符串映射成定长的码子输出,把数字图像当作一个一维的比特串,算法在产生输出串的同时动态地更新编码表,这样码表与串表对应产生压缩图像的特殊性质。

5 实验结果

本文的目的为了测试和比较各种无损压缩算法的性能并验证 Hilbert 曲线扫描的有效性,与 DPCM 相似, Hilbert 曲线扫描也是一种前置处理步骤。实验用微机的 CPU 是 Pentium III 850,内存是 384 MB,操作系统为 Windows2000,实验程序采用 C 语言在 VC++6.0 环境下编制。对比算法选用的是 JPEG-LS,编码器使用的英属哥伦比亚大学的 SPMG 小组提供 JLS Encoder1.0,选取 44 幅 8 位 CT 图像作为测试对象,格式是 BMP,分辨率是 512×512。

实验中测试了各种熵编码算法包括游程编码、LZ77 编码、LZW 编码、哈夫曼编码以及它们的组合。在压缩方案中 DPCM 和 Hilbert 曲线扫描作为图像的前置处理,而在采用 JPEG-LS 算法前没有进行任何前置处理。实验方案如下:

- ① 直接进行熵编码,不采取任何前置步骤。
- ② 先进行 Hilbert 扫描,然后进行熵编码,不进行 DPCM 编码。
- ③ 先进行 DPCM 编码,然后进行熵编码,不进行 Hilbert 扫描。
- ④ 先 DPCM 编码,然后进行 Hilbert 扫描,最后进行熵编码。

从表 2 的实验数据中,可知方案④比前 3 种方案的压缩效果要好,由此可知先对图像进行 DPCM 编码,接着进行 Hilbert 扫描,然后进行 LZW 编码,最后进行 Huffman 编码,可以相对得到最好的图像压缩效果,其中 Hilbert 扫描对提高压缩比起到了关键作用。

表 2 数据压缩比 b/p

熵编码\方案	(1)	(2)	(3)	(4)
LZ77	3.41	3.43	3.38	3.40
LZW	3.16	3.09	2.56	2.49
RLE	2.97	3.00	2.85	2.90
Huffman	3.61	3.61	3.30	3.30
LZ77+Huffman	3.30	3.31	3.01	3.03
LZW+Huffman	2.87	2.72	2.48	2.36
JPEG-LS	5.17	6.44	5.51	6.21

6 结论

本文提出利用希尔伯特(Hilbert)扫描将图像的二维数据转换为一维数据,然后利用熵编码对一维数据进行压缩。探讨了 Hilbert 扫描在图像无损压缩中的有效性,通过 Hilbert 扫描对图像数据进行置换,获得更好的局部相关性,实验显示 Hilbert 扫描可以有效提高压缩比。

参考文献:

- [1] 曹奎,冯玉才.基于 GM 模型与 Hilbert 空间填充曲线的图像压缩方法[J].小型微型计算机系统,2002,23(11):1359-1362.
- [2] 石敏,谢胜利.DPCM 与整数小波变换相结合的图像无损压缩[J].计算机工程与应用,2004,40(35):25-26.
- [3] Sambhunath B. One-dimensional B-B polynomial and Hilbert scan for graylevel image coding[J]. Pattern Recognition, 2004(37):789-800.
- [4] Holzer M, Kutrib M. Improving raster image run-length encoding using data order[EB/OL]. <http://www.informatik.uni-giessen.de>.
- [5] Salomon D. Data compression: the complete reference[M]. New York: Springer-Verlag, 2000.