

文章编号: 1001-0920(2004)01-0105-03

一种新型非线性分形图像压缩编码算法

赵德平¹, 王光兴¹, 李 金²

(1. 东北大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110004; 2 沈阳工业大学 成人教育学院, 辽宁 沈阳 110023)

摘要: 提出一种简单的非线性分形算法, 简化了 Popeseu 等提出的算法, 用于解决压缩字典较小的问题。实验结果表明, 这一算法简单可行, 具有良好的压缩结果和高质量的重建图像。

关键词: 分形图像; 圆盘算法; 压缩字典; 分形编码; 重建图像

中图分类号: TP317 **文献标识码:** A

A new nonlinear algorithm for fractal image compression coding

ZHAO De-ping¹, WANG Guang-xing¹, LI Jin²

(1. School of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004, China; 2 School of Lifelong Education, Shenyang University of Technology, Shenyang 110023, China Correspondent: ZHAO De-ping, E-mail: lnsyzhaodeping@sina.com)

Abstract: A simple nonlinear disk algorithm is presented, which simplifies the disk algorithm by Popeseu, and solves the problem of small compression dictionary. The experimental results show that the algorithm is simple and has better compression results and high quality rebuilding image.

Key words: fractal image; disk algorithm; compression dictionary; fractal coding; rebuilding image

1 引言

分形图像压缩编码算法是 20 世纪 80 年代提出的一种新型图像压缩算法, 是图像压缩编码方法的一次变革^[1]。该方法在近年来得到了迅速发展^[2-8]。然而, 由 Jacuqin 实现的分形编码方法存在编码字典比较小的缺点。虽然 Popeseu 等对 Jacuqin 的原始方法做了许多改进^[2], 并取得了良好的结果, 但改进的算法比较复杂, 不具有直观性。

为解决分形编码方法的不足之处, 本文提出一种新的圆盘算法, 可以简单地实现分形图像压缩编码, 并具有良好的压缩效果和高质量的重建图像。

2 压缩算法的设计

Popeseu 等在文献[2]中提出的算法是很复杂的, 可以分为三步来实现: 首先用 Weierstrass 变换

$$Q(z) = \frac{1}{\prod_{k,l \in Z} (z - 2k - 2li)^2}$$

将单位正方形变换成下半平面, 其中: Z 表示整数集合, $i^2 = -1$ 。由 Weierstrass 变换可知, 把单位正方形变换成下半平面是二重级数问题, 不易计算, 更不能用计算机实行连续计算。其次将下半平面变换成圆盘, 最后对两个圆盘进行匹配判别计算。

为简化 Popeseu 等提出的方法, 本文提出一种新的压缩方法。对于任意一个从图像中切下来的正方形小块图像, 以该正方形的中心为圆心, 以正方形对角线长为直径画圆, 圆心为射线的端点, 以正方形边上对应的像素点为一点, 则该射线与圆有唯一的交点, 这个交点可作为正方形上的像素点向圆盘内像素点的一个映射。在这个正方形小块图像内, 其他更小的正方形(要求其四边平行于小块图像的对应

收稿日期: 2002-11-25; 修回日期: 2003-04-21

作者简介: 赵德平(1959—), 男, 辽宁沈阳人, 博士后, 从事计算机图形学、计算机图像的研究; 王光兴(1937—), 男, 辽宁沈阳人, 教授, 博士生导师, 从事宽带网络、网络管理等研究。

四边,并与小块图像有相同的中心)也有唯一的更小的圆,以这个小正方形边上对应的像素点为另一点的射线与这个更小的圆也有唯一的交点,该交点可作为更小的正方形的对应像素点向更小的圆盘内像素点的一个映射.其对应的像素灰度值的计算见下节.该方法的优点是可以调整一组圆的大小,而不增加多少计算量.然而,文献[2]提出的方法却无法达到.例如在图1所示的正方形上,有12个像素点对应于大圆盘上的12个像素点;在小正方形上,有12个像素点对应于小圆盘上的12个像素点.

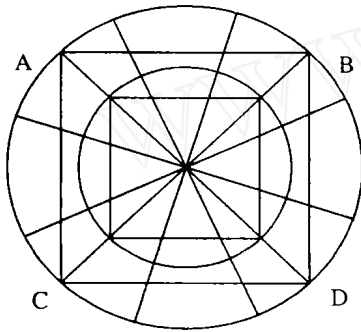


图1 正方形内像素点与圆盘内像素点的对应方法

3 算法实现的具体计算过程

3.1 算法中实际像素的计算

在实际计算中,对文献[2]算法所计算出的圆盘内像素点需要进行整数化处理.对于圆盘内的任意一个整数点,只要取对应于圆盘内最近的4个像素点灰度值的平均值即可.

圆盘中任意一个整数像素点 (x, y) ,其相邻圆盘上的4个像素点为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4)$,对应像素点的灰度值分别为 g_1, g_2, g_3, g_4 .

用 $d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$ 表示点 (x, y) 与点 (x_i, y_i) 之间的距离,则 (x, y) 像素点的灰度值

$$g = \begin{cases} g_i, & \text{存在 } i(1 \leq i \leq 4) \text{ 使 } d_i = 0, \\ \frac{g_1 d_1^2 + g_2 d_2^2 + g_3 d_3^2 + g_4 d_4^2}{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2}, & \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

3.2 力矩的计算与应用

与文献[2]中的力矩计算相似,这里也利用两种力矩 M_1 和 M_2 进行计算.对于给定的 D 块,设其 (i, j) 点的灰度值为 g_{ij} ,则 D 块的平均值 aver 、标准偏差 dev 、 M_1 和 M_2 分别为

$$\text{aver} = \frac{1}{i, j} \sum g_{ij} \quad (2)$$

$$\text{dev} = \left[\frac{1}{i, j} \sum (g_{ij} - \text{aver})^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

$$M_1 = \frac{1}{i, j} \sum \frac{g_{ij} - \text{aver}}{\text{dev}} (i^2 + j^2) \quad (4)$$

$$M_2 = \frac{1}{i, j} \sum \frac{g_{ij} - \text{aver}}{\text{dev}} (i^2 + j^2)^{-1/2} \quad (5)$$

利用 M_1 和 M_2 可近似地确定哪些块可能相匹配. M_1 侧重于圆盘边缘的情况, M_2 侧重于圆盘中心的情况.

3.3 圆盘匹配方向的计算

当用 M_1 和 M_2 判别两个小图像块是否匹配后,还要对匹配方向进行调整.对于任意的整数 p 和 q ,定义

$$m_{pq} = \frac{1}{i, j} \sum i^p j^q g_{ij} \quad (6)$$

并定义

$$\begin{bmatrix} m_{20} & m_{11} \\ m_{11} & m_{02} \end{bmatrix} \quad (7)$$

以特征值对应的特征方向为最佳匹配的参考方向,可以很快找到最佳的匹配方向.

4 算法的具体实现

首先将整个图像做成一个字典,然后按下列步骤对图像进行编码:

1) 将整个要编码的图像划分为 N 个互不相交的 8×8 子块 $R_i (i = 1, 2, \dots, N)$,并求出每个小块图像所对应的圆盘图像.

2) 在搜索过程中,对每一小块图像找出最佳满足误差要求的图像块,并对其进行编码.如果找不到满足要求的图像匹配块,则对编码的小块图像进行四等分,并对4个小块图像分别进行编码.如果还不能满足要求,则可一直细分下去,直到找出满足误差要求的编码为止.

3) 如果每一个子块 R_i 都完成编码,则整个图像压缩编码结束;否则,返回2)继续对没有编码的图像进行编码.

5 实验结果

实验对象是一幅 $320 \times 200 \times 8$ 比特的Amber灰度图像.原始的Amber图像见图2(a),用圆盘方法重建的Amber图像见图2(b),用普通分形编码方法重建的图像见图2(c),实验结果列于表1.

从试验结果可以看出,圆盘方法编码的图像用

表1 重建图像的结果

图像	块的大小	压缩比	PSNR	8×8块 编码数量	4×4块 编码数量
图2(b)	8×8	35.8	35.1	1 000	0
图2(c)	8×8 4×4	24	30	602	1 592



(a) Am be 原始图像

(b) 圆盘法重建的图像

(c) 普通法重建的图像

图 2 Amber 图像

的全部是 8×8 的小块图像, 恢复的图像质量良好; 普通分形方法编码有 1 592 块用的是 4×4 的小块, 但图像右脸靠近耳朵部分与源图像有一定的差别

6 结 论

本文采用正方形外接圆盘的方法代替文献[2]提出的分形压缩编码方法, 该方法可调整外圆盘的大小, 而不增加多少计算量。实验结果表明, 使用这种压缩编码方法比内圆方法有更高的 PSNR, 从而提高了图像的重建质量。

参考文献(References):

- [1] Jacquin A E. Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations [J]. *IEEE Trans on Image Processing*, 1992, 1(1): 18-30
- [2] Popeseu D C, Dinca A, Hong Y. A nonlinear model for fractal image coding [J]. *IEEE Trans on Image Processing*, 1997, 6(3): 373-382
- [3] Jacobs E W, Fisher Y, Boss R D. Image compression: A study of the iterated transform method [J]. *Signal*

Processing, 1992, 29(2): 127-142

- [4] Christopher J W, Blake F B. On the performance of fractal compression with clustering [J]. *IEEE Trans on Image Processing*, 1996, 5(3): 522-526
- [5] Chang H T, Kuo C J. Iteration-free fractal image coding based on efficient domain pool design [J]. *IEEE Trans on Image Processing*, 2000, 9(3): 329-339
- [6] Truong T K, Jeng J H, Reed I S, et al. A fast encoding algorithm for fractal image compression using the DCT inner product [J]. *IEEE Trans on Image Processing*, 1999, 9(4): 529-535
- [7] Hamzaoui R, Saupe D. Combining fractal image compression and vector quantization [J]. *IEEE Trans on Image Processing*, 2000, 9(2): 134-142
- [8] Wohberg B, Jager G D. A review of the fractal image coding literature [J]. *IEEE Trans on Image Processing*, 1999, 8(12): 1716-1729

(上接第 104 页)

参考文献(References):

- [1] Geering H P, Guzzella L, Hepner S A R, et al. Time optimal motions of robots in assembly tasks [J]. *IEEE Trans on Automatic Control*, 1986, 31(6): 512-518
- [2] Dissanayake M W M, Goh C J, Phenthien N. Time optimal trajectories for robotic manipulators [J]. *Robotica*, 1991, 9(2): 131-138
- [3] Saramago S F P, Junior V S. Optimization of the trajectory planning of robot manipulators taking into account the dynamic of the system [J]. *Mechanism and Machine Theory*, 1998, 33(7): 883-894
- [4] Saramago S F P, Junior V S. Optimal trajectory

planning of robot manipulators in the presence of moving obstacles [J]. *Mechanism and Machine Theory*, 2000, 35(8): 1079-1094

- [5] Lee Young Dae, Lee Beom Hee, Kim Han Gyo. An evolutionary approach for time optimal trajectory planning of a robotic manipulator [J]. *Information Sciences*, 1999, 113(3/4): 245-260
- [6] 孙家广, 杨长贵. 计算机图形学 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1996. 284-294
- [7] 孙增圻, 张再兴, 邓志东. 智能控制理论与技术 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1997. 357-361