

基于边缘提取的分形图象编码方法

王学军

陈贺新

(长春邮电学院计算机系, 长春 130012) (吉林工业大学信息学院, 长春 130025)

摘要 为了提高图象边缘提取时分类的准确性, 在利用二叉树进行自适应图象分割的同时, 将 Laplacian 算子作用于原始图象, 然后从得到的边缘图象中, 除去给定阈值的特定灰度层的图象后, 即得到一种去除冗余, 并突出边缘特征的图象, 再将它应用于 Domain 块分类之中, 可使分类结果更准确和更具客观性. 计算机仿真编解码实验结果表明, 与其他同类的自动分形方法相比, 该方法在编码速度、压缩比和恢复图象质量等方面均有显著提高.

关键词 图象编码 仿射变换 分形 迭代函数系统(IFS)

中图法分类号: TP919.8 文献标识码: A 文章编号: 1006-896X(2001)04-0325-04

An Edge-Extraction Based Fractal Image Coding Approach

WANG Xue-jun

(Dept. of Computer., Changchun Posts and Telecommun. Inst., Changchun 130012)

CHEN He-xin

(College of Information & Engineering, Jilin University of Technology, Changchun 130025)

Abstract Fractal coding of digital image offers many promising qualities. However the coding process suffers from the long search time of the matching between range blocks and domain blocks. So, classifying the blocks is usually used to reduce the long search time. The classifying is based on the special characters of the image blocks. And the special characters are presented as smooth area, edge area and texture area in an image. For an image block, smooth area can be considered as non-edge area, texture area also can be considered as quickly changed edge area. So important information of image character can be obtained through edge extraction. Edge extraction usually takes the use of several edge-detecting operators such as Sobel and Laplacian operators. Here, a Laplacian operator is applied in original image first because the operator can detect edge image with quickly changed. Then, from the edge image after above operation, a given-threshold gray level image is removed. So a redundancy-removed and an edge character prominent image is obtained. This image is used for domain blocks classification. And several parameters are obtained by statistics or multiplied from the image. Finally 4 big classes and 12 small classes are derived from above parameters and all classes are used for fractal image coding. The proposed fractal method is tested by real gray level images under windows 98 platform with visual C++ language. For encoding an image effectively, in this paper, a quad-tree structure is used for image segmentation so that the encoding algorithm is an automatic iterative algorithm. Computer encoding and decoding simulation result shows that compared with other similar methods, the proposed fractal method can make more accurate and objective classifications, and has an improved encoding speed, compression ratio and can provide a better reconstructed image quality.

Keywords Image coding, Affine transformations, Fractal, Iterated function systems

0 引言

近几年来, 分形图象编码技术受到了越来越广泛的关注^[1], 虽然在 Jacquin 提出了自动分形图象编码算法之后, 该算法已经成为这一研究方向的典型

代表, 并得到了不断的改进和完善, 但是分形图象编码算法仍存在寻找最佳匹配时间过长的缺点, 因此, 进行图象分类就成为了加快编码速度的重要途径之一.

分类的作用在于减小最佳匹配的搜索范围, 即

把全搜索变为部分搜索,从而达到降低编码时间的目的,其分类所依据的参数大多是图象的均值或方差,因为它们能够反映图象统计特征的最基本参数,就已有的分类方法来看,其中,Jaquin 仅仅把图象分为 Shade、Midrange 和 Edge^[2]三大类,其从实际的效果来看,由于分类数目过少,不足以产生明显的加快作用;Jacobs 和 Fisher 提出的方法是把图象分为左上、左下、右上、右下 4 个部分,然后以每部分的均值和方差作为分类的依据,再把图象分为三大类七十二小类^[3],此方法固然可以减小匹配的范围,但仍存在不足,因为不同子块的均值和方差并非典型参数,仅以此为分类依据是否有很好的代表性尚难以简单验证,另外,由于随着图象尺寸的增大,局部和全局特征之间的差别会越来越大,因此仅仅根据均值和方差来进行分类,往往不能全面、准确地反映排列块和匹配块之间的适配程度。

1 分形图象编码基础

分形编码技术源于数学的迭代函数系统理论 (IFS),其常见的迭代函数系统则由收缩仿射变换构成。一般在编码时,原始图象首先被分割成非交叠的区域,称为 Range 块 R_i ,它的大小为 $B \times B$,对每一个 Range 块 R_i ,在满足仿射变换的条件下,需要找到它的 Domain 块 D_i , D_i 大小为 $D \times D$,通常 $D \geq 2B$, D_i 存在于图象的定义域,并且是可重叠的。

一个灰度图象的仿射变换 $\{w_i\}$ 可以看作是一包含一个二维坐标平面和一个一维亮度空间的三维集合体,即

$$W \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & 0 \\ c & d & 0 \\ 0 & 0 & s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \\ f \\ t \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中, x, y 代表坐标值; z 代表亮度值; a, b, c, d 用以表示特定的几何变换; e, f 表示坐标的偏移值; s 表示收缩因子; t 表示亮度偏移因子。

对每一个 Range 块,若要找到它的 Domain 块,则该 Domain 块必须经过(1)几何收缩到排列块大小(2)应用 8 种仿射变换进行旋转、折叠等(3)进行收缩和亮度偏移,然后再寻找误差度量最小的匹配块,最后仿射变换的参数和 Domain 块的坐标值,加上收缩和亮度偏移参数即构成编码的码书。

解码时,可起始于任意的图象,然后反复地对该图象进行迭代匹配,最后即形成解码图象。

2 四叉树图象分割

由于分形图象编码的性能取决于 Range 块和 Domain 块的相似程度,因此,进行图象分割时,要求分割后的图象子块在尺寸、方向和形状上要尽可能地自适应于图象的内容,并最大限度的保留其中的自相似性。目前,有多种图象分割方法,如四叉树分割、矩形分割、三角形分割等等,其中,四叉树分割允许在空间中以合适的分辨率对图象进行编码,如对于平坦区域,由于它可能被亮度偏移因子较好地逼近,故可在较大的区域上获得匹配,形成大的 Range 块;对于复杂的细节区域,当无法形成较大的 Range 块时,则将该块细分为 4 个子块,然后进行分形匹配,这样,经过四叉树分割,编码过程不仅保证了较高的压缩比,还使图象细节得到了较好的保护,其具体分割方法如图 1 所示,图的顶部是父结点,通常代表原始图象,它有 4 个子节点,每个子节点是代表了一子块图象,同时,每个子节点又具有它自己的子节点,分别映射于它的 4 个图象子块,经过这样的多级映射,即形成了四叉树结构。

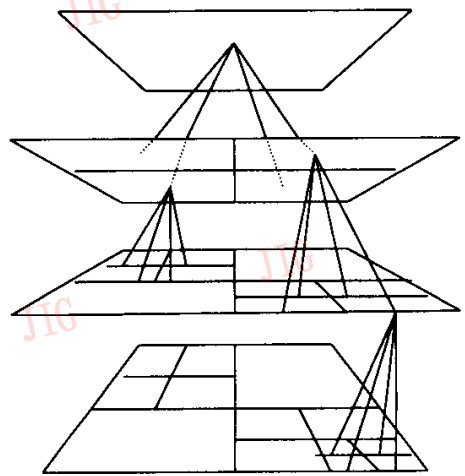


图 1 四叉树图象分割

编码时,从最小树阶开始,如果一个 Domain 块被找到,则与该树阶对应的图象子块即被定义为 Range 块,否则,该节点进入到下一层,并形成 4 个子节点,然后对每一个子节点进行匹配搜索,该过程以递归方式调用,最终即可确定所有的 Range 块,并形成树状 IFS 码书。

3 基于 laplacian 算子的图象分类

3.1 基于 laplacian 算子的边缘提取图象

图象分类的结果就是把具有某种特征的图象块划分为各自所属的类别,而对于图象来说,这些特征主要就是平坦、边缘和纹理,而且由于图象的平坦区域可以认为是无边缘的,而纹理则表现为迅速变化的边缘,所以图象的特征可以通过边缘提取来实现。

本文采用的 laplacian 算子是一种梯度算子,由于它仿效数学的 $\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ 二次微分算子,因此能有效地提取图象的边缘信息。该算子定义如下

$$\begin{aligned} \nabla^2 f(x, y) &= [\Delta_x f(x+1, y) - \Delta_x f(x, y)] + \\ & [\Delta_y f(x, y+1) - \Delta_y f(x, y)] \\ &= f(x+1, y) + f(x-1, y) + \\ & f(x, y-1) + f(x, y+1) - 4f(x, y) \\ &= \sum_{u, v \in S} [f(u, v) - f(x, y)] \end{aligned} \quad (2)$$

式中, S 是象素 $f(x, y)$ 的邻域, Δ_x, Δ_y 是差分运算, laplacian 算子的作用是使原图象的边缘更为突出,而使平滑部分灰度急剧降低。经过上述运算之后,其得到的边缘提取图象如下

$$g(x, y) = g_s(x_i, y_i) + g_r(u_i, v_i) \quad (3)$$

式中 $\Omega_s \cap \Omega_r = \emptyset; x, y \in \Omega; x_i, y_i \in \Omega_s; u_i, v_i \in \Omega_r; g_s(x, y)$ 为经过 Laplacian 处理的图象; Ω 为图象定义域; g_s 为除去给定阈值的特定灰度层的图象部分; Ω_s 为该部分图象的定义域; g_r 为对 Ω 去除掉特定阈值灰度层后的剩余图象; Ω_r 为该部分图象的定义域。

3.2 分类方法

由于边缘提取图象主要体现了原始图象的细节信息,因此是一个近似二值化的图象,其中非零象素的数目反映了大部分的细节信息。下面是据此衍生或统计出来的一些参数,将用于进行图象分类:

- (1) R_i 中非零象素的数目 m , 彼此相连的非零象素点数 n ;
- (2) 边缘提取图象子块 R_i 的均方差 V ;
- (3) 将 R_i 均分为 4 个子块后,各子块中非零象素点数 m_1, m_2, m_3, m_4 以及彼此相连接的非零象素点数 n_1, n_2, n_3, n_4 ;
- (4) 子块中非零象素的个数小于给定阈值的子块数目,即均匀度参数 A ;
- (5) 子块中彼此相连的非零象素的个数小于给定的阈值的子块数目,即非边缘化参数 U ;

分类时,主要依据参数 m 的范围,辅以 A, U, V 等,即可将整个图象分为 9 类,其具体细节见表 1。

表 1 图象子块分类细则

m 值范围	其余参数限制		分类类别
$m > 100$	$A = 0$	$V \geq 1500$	细纹理
		$V < 1500$	较粗纹理
	$A > 0$		混合类
$50 \leq m < 100$	$A > 0$	$U \geq 1$	复杂边缘
		$U = 0$	混合类
	$A = 0$		中等纹理类
$12 \leq m < 50$	$A > 0$	$U \geq 2$	简单边缘
		$U < 2$	复杂边缘
	$A = 0$		粗纹理
$0 \leq m < 12$	$V \leq 25$		平坦类
	$25 \leq V < 100$		不平坦类
	$V \geq 100$		简单边缘

4 四叉树分形编码算法

编码前,从待编码图象来形成边缘提取图象,进而形成 Domain 块库作为整个编码的准备工作,而在编码时,首先依据四叉树原理设置最大、最小树阶,并在最小树阶对应的那一层节点上开始逐点编码。其描述过程如下:

- (1) 从最小树阶开始,形成初始编码块;
- (2) 依次取编码块,确定所属类别;
- (3) 确定编码块的邻域和同类别 Domain 块的搜索范围;
- (4) 依次取 Domain 块,确定均方误差最小的仿射变换参数;
- (5) 如果误差小于给定门限,则记录各个参数,否则进行四叉树递归调用;

当所有的排列块进行编码后,即形成一个 IFS 码书,它包括如下几个部分:

- ① 节点标志(包括树阶深度和节点数目);
- ② 仿射变换参数(包括 Range 块坐标、Domain 块坐标、变换类别、收缩及亮度偏移因子等)。

5 仿真结果及结论

本文以灰度图象 lenna(256 × 256 × 8bit)作为实验对象分别对 Jacquin 方法^[2],Fisher 方法^[4]和本文方法进行了对比仿真编解码实验,实验环境为 Windows 平台,使用 Visual C++ 语言,CPU 为 Pentium 200MMX。实验中,最大的 Range 块取为 16 × 16,最小

的 Range 块取为 4×4 . 图 2 为原始图象, 图 3 为边缘提取图象 (threshold = 30), 图 4 为经 6 次迭代后的解码图象. 在该解码图象中, 在平坦区域 (如肩部) 可见到一些大的排列块, 在细节区域 (如头发、眼部) 的排列块则较小, 这说明了本算法在编码过程中的自适应性. 从表 2 看, 本文方法不仅压缩比、峰值信噪比有了提高, 而且编码时间大大缩短.

实验结果表明, 在对图象进行四叉树分割的同



图 2 原始图象 (Lena)

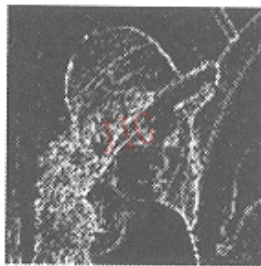


图 3 边缘提取图象



图 4 解码图象 (经 6 次迭代)

参 考 文 献

- 1 Jacquin A E. Fractal image coding :A review. Proc. IEEE, 1993, 81 (10) :1451-1465.
- 2 Jacquin A E. Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformation. IEEE. IP. 1992, 1(1) :1830.
- 3 Jacobs E W, Fisher Y. Image compression : A study the iterated transform method. Signal Processing, 1992, 29(3) :251-263.
- 4 Fisher Y. Fractal image compression with quadtree. ACM, SIGGRAPH. 1994, 7 :124.

表 2 不同编码方法的对比结果

编码方法	压缩比	峰值信噪比 (dB)	编码时间 (s)
Jacquin ^[2]	11.81	27.70	60.4
Fisher ^[4]	13.56	29.20	11.8
本文方法	14.48	30.26	5.3

时, 采用边缘提取的分类方法, 能够使分类结果更加准确. 研究中还发现, 尽管自相似性存在于大多数的自然图象中, 但其相似性并不很强, 若在空间域单纯地使用分形编码技术, 并不能得到很高的压缩比, 而通过在其他域内 (如小波域) 利用图象块之间的自相似性, 则会得到更好的效果.

王学军, 1965 年生, 长春邮电学院计算机系讲师, 现为吉林工业大学通信与电子系统专业在职博士生. 主要从事分形、神经网络应用和图象压缩等领域的研究.

陈贺新, 教授, 博士生导师, 1982 年、1985 年、1989 年先后获吉林工业大学信息科学与工程学院工学学士、工学硕士、工学博士学位. 研究兴趣包括图象处理、多分辨数字信号处理和人工神经网络.