

# 基于分形分辨率无关性的应用研究

朱晓虹, 杨燕翔, 闫永存

(西华大学 电气信息学院, 四川 成都 610036)

**摘要:** 针对解码图像的方块效应, 提出了一种基于分形编码分辨率无关性的新的解决方案。在低分辨率下解码图像后, 结合双线性与最近邻点插值方法还原图像。在不改变原编码的前提下, 该算法有效地减少了解码图像的方块效应。

**关键词:** 分形编码; 图像压缩; 分辨率无关; 方块效应

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)04-0029-02

## Application research based on resolution independence of fractal

Zhu Xiaohong, Yang Yanxiang, Yan Yongcun

(Department of Electric Information, Xihua University, Chengdu 610036, China)

**Abstract:** The blocking effect is common defect at high compression rate all block-based image compression methods include the fractal coding. In order to resolve the problem of blocking effect in decoded image, a new algorithm is proposed based on the resolution independence. The image is restored by combining bilinear interpolation with nearest neighbor interpolation after decoding the image at a low resolution. In the premise of not changing the original code, the blocking effect of the decoded image is reduced effectively.

**Key words:** fractal coding; image compression; resolution independence; blocking effect

分形图像压缩技术以其高压缩比的潜在性能在图像压缩领域倍受重视, 被认为是第二代图像压缩编码技术的三大方法之一<sup>[1]</sup>。分形编码的潜在压缩比高, 运算速度不受图像灰度值分辨率高低的影响, 而且编码文件大小与灰度值无关<sup>[2]</sup>。但是, 其算法复杂度高, 从而导致图像的自相似性不强, 特别在高压比下, 会造成恢复图像中相邻图像块的边界衔接不连续, 就是所谓的块状效应, 使自然图像无法达到高效压缩。

目前, 分形编码所面临的最主要问题就是如何在提高编码速度、保证高压比和提高解码质量三者之间找到平衡点。为此, 分形的研究主要从两方面进行: (1) 通过分形编码自身算法的改进, 如改变图像分割方式、值域块定域块的分类、减少搜索范围等; (2) 与其他算法混合编码, 如通过与矢量量化结合、与小波相结合等来提高压缩比, 从而改善解码图像的质量。本文在图像解码完成的基础上, 利用双线性与最近邻插值相融合的方法对图像进行解码后处理, 使方块效应得到缓解, 更好地改善了图像的质量。

### 1 分形图像编解码的原理

分形图像编码以迭代函数系统和拼贴定理为理论《微型机与应用》2012年 第31卷 第4期

基础, 利用图像的自相似性, 达到压缩图像的目的。JACQUIN A E 将迭代函数系统的子映射定义域限制在图像的一个字块上(局部迭代函数系统 LIFS)<sup>[3-4]</sup>, 提出了基于分块的图像压缩编码系统。

#### 1.1 传统分形图像编码过程

分形编码一般分为图像分割、搜索匹配和参数量化三步进行。

首先, 将原图分割成互不重叠的  $n$  个值域块  $R_i$ , 大小为  $M \times M$ , 覆盖整个图像。同时, 将原图按一定步长分割为尺寸较大的可互相重叠的定义域块  $D_i$ , 一般取值域块的 2 倍边长, 即大小为  $2M \times 2M$ 。每个  $D_i$  经四邻域像素值平均得到  $M \times M$  的定义域块, 再通过 8 个基本仿射变换扩大为 8 个子块, 这种子块的全体就构成了码本, 即搜索空间<sup>[5]</sup>。

然后, 对于值域块里给定的  $R_i$ , 通过最小均方误差 (MSE) 原则在码表的定义域块  $D_i$  的搜索空间中寻找与之最匹配的  $D_j$  以及压缩映射  $W_i$ <sup>[5]</sup>, 使式(1)成立:

$$E = \min \left| \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (S \cdot D_j + O \cdot I - R_i)^2 \right| \quad (1)$$

其中,  $D_j$  是定义域块经过旋转反射和伸缩变换后的像素

欢迎网上投稿 [www.pcachina.com](http://www.pcachina.com)

## 图形、图像与多媒体

值,  $R_{ij}$  是值域块的像素值,  $I$  为灰度值为 1 的数据块。

当式(1)中  $E$  取最小时可得到最佳对比度  $S$  和灰度偏移量  $O$ :

$$S = \frac{mn \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n R_{ij} D_{ij} - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n R_{ij} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_{ij}}{mn \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_{ij}^2 - \left( \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_{ij} \right)^2} \quad (2)$$

$$O = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n R_{ij} - S \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_{ij}}{mn} \quad (3)$$

最后, 对每个  $R_{ij}$  块进行编码, 确定与之最匹配的  $D_i$ , 记录  $D_i$  的位置和  $W_i$  的参量, 输出量化后的分行码, 从而得到原始图像的分形编码文件。

### 1.2 分形图像解码过程

根据压缩映射定理, 任何压缩映射反复作用后都收敛于吸引子, 与初始图像无关, 因此以与原始图像相同大小的任意灰度图像作为初始解码图像  $g$ , 用压缩映射  $W$  反复作用, 最终得到解码图像。其中  $W$  为:

$$W(g)(x, y) = w_1(g)(x, y) \quad (x, y) \in R_i \quad (4)$$

综上所述, 分形编解码的主要任务是为每一值域块在码本中寻找最佳匹配的定义域块, 它的分形码文件记录的是图像中与值域块匹配的定域块位置、最佳对比度、灰度偏移量和基本变换的方式。从中反映的只是图像中各个子图之间的相互关系, 与值域块以及定义域块的大小无关。由此发现, 分形编码有一个与其他编码方法不同的特性——分辨率无关性。

## 2 利用分辨率无关性解决高压压缩比下的方块效应

### 2.1 块状效应的产生

分形图像编码中的块状效应主要是由两方面因素造成的。

(1) 由于在分形压缩编码中采用的是互不交叠的图像块分割方法, 各个图像块独立地进行编码, 隔离了块与块之间的关系。而且算法采用块平均的均方误差准则寻找最佳匹配块, 造成图像块边界的匹配误差与整个块的匹配误差存在较大差异<sup>[6]</sup>, 从而导致解码后的块与相邻块的边界部分产生不连续, 造成了视觉上的块状效应。

(2) 为了降低分形编码的复杂度和提高压缩比, 各种不同的块分类方法被应用于分形压缩。然而, 块的重建只是用它的灰度均值来恢复块中的每一像素点的灰度, 加快了以块为单位的灰度变化, 原本细微的灰度变化被忽略, 在图像的边界产生不连续, 形成边缘。

因此, 去除块状效应的基本原则就是平滑块间的人工不连续和保持原图像的边缘细节。

### 2.2 基于分辨率无关性的解决方案

本文基于分形编解码的分辨率无关性, 结合分辨率越小方块效应越不易察觉的实验论证结果, 在对编码算法不作任何改动的前提下, 提出了一种新的方法。其基

本思路是: 先将图像解码至低分辨率下, 再利用双线性插值和最近邻点插值法相融合的算法将图像还原至同分辨率下。该算法的优点在于: 考虑插值点与邻点之间距离关系的同时又考虑到邻点像素的灰度值分布, 以最近邻点插值法高通滤波保护边缘的特性来弥补双线性插值法高频边缘细节成分丢失的不足<sup>[7]</sup>, 从而有效地消除高压压缩比下的方块效应。

设初始低分辨率下图像为  $A$ , 还原所得图像为  $B$ 。具体做法如下:

(1) 如果  $B$  中  $(X, Y)$  的点通过计算映射到  $A$  中的整数  $(x, y)$ , 则点  $(X, Y)$  就取该点  $(x, y)$  的灰度值。通过式(5)将  $A$  变换成  $B$ :

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_x \cdot \cos\theta - S_y \cdot \sin\theta \\ S_x \cdot \sin\theta + S_y \cdot \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} O_x \\ O_y \end{pmatrix} \quad (5)$$

其中,  $S_x, S_y$  是  $x$  方向和  $y$  方向的尺度扩张因子,  $\theta$  是旋转的角度,  $O_x, O_y$  是位移量。本文中可令  $\theta=0, O_x, O_y$  也设为 0。

(2) 若不满足上述要求, 则用本文提出的双线性插值与最近邻点插值相融合的方法进行计算。

首先设插值点  $(x, y)$  四周 4 个邻点为  $(x_i, y_i) (i=1, 2, 3, 4)$ , 由已知 4 个邻点灰度值  $f(x_i, y_i) (i=1, 2, 3, 4)$ , 求其像素的灰度方差  $\sigma$ 。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 [f(x_i, y_i) - \bar{f}(x, y)]^2} \quad (6)$$

$$\bar{f}(x, y) = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 f(x_i, y_i) \quad (7)$$

然后分别计算两种算法的插值结果, 得到双线性插值法的灰度值  $g_1(x, y)$  以及最近邻点插值法的灰度值  $g_2(x, y)$ 。由灰度方差构造权重系数, 将两种插值进行加权融合, 得到最终插值结果。

$$g(x, y) = k_1 \times g_1(x, y) + k_2 \times g_2(x, y) \quad (8)$$

$$\begin{cases} k_1 = \frac{1+e^{-r}}{2} \\ k_2 = \frac{1-e^{-r}}{2} \end{cases} \quad (9)$$

其中,  $r$  为常数, 选用不同的  $r$  值可改变插值性能。

## 3 实验结果及分析

实验采用标准的 Lena 图像分别用直接分形解码方法和本文所提出的解码后处理方案进行仿真, 结果如图 1 所示。



(a) 原图 (b) 直接分形解码图 (c) 本文算法效果图

图 1 直接分形解码与本文算法解码的效果图

## 图形、图像与多媒体

图 1(a)为原始图像,图 1(b)为分形解码图像,图 1(c)为本文算法运用到图 1(b)上的结果。从图中可看出,经过本文算法处理后,块效应得到一定程度上的消除,图像的视觉质量也有极大的改善。

本文采用双线性插值法与最近邻点插值法相融合的方法,更好地保留了边缘特性,明显改善了分形压缩在图像恢复时带来的方块效应,提高了解码图像的质量。实验证明,该方法达到了预期的效果,实验结果良好。

## 参考文献

- [1] 娄莉,刘天时.一种基于分形的图像编码改进算法[J].微机计算机信息,2010,26(4):206-208.
- [2] 黄晓莉.快速分形图像编码算法的研究[D].西安:西安科技大学,2009.
- [3] JACQUIN A E. Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations[C]. IEEE Transactions on Image Processing, 1992,IP-1(1):18-30.
- [4] BARNESLEY M F,HURD L P. Fractal image compression[M].

Massachusetts Wellesley Publishers Inc, 1993.

- [5] 宋凭,刘波,曹剑中,等.提升小波与分形相结合的图像压缩[J].光子学报,2006,35(11):1785-1787.
- [6] 狄红卫,余英林.一种消除分形图像编码中块状效应的算法[J].计算机科学,1999(26):57-58.
- [7] 杨绍国,尹忠科,罗炳伟.分形插值和分形图像编码相结合进行图像数据压缩[J].电子科学学刊,1998,20(5):699-701.

(收稿日期:2011-11-22)

## 作者简介:

朱晓虹,女,1988年生,硕士研究生,主要研究方向:图像处理。

杨燕翔,男,1963年生,教授,主要研究方向:现代信号处理,测控技术及应用。

闫永存,女,1987年生,硕士研究生,主要研究方向:图像处理。