

# 序列图象的似分形编码方法

王汇源

(山东工业大学电子系, 济南 250061)

**摘要** 该文将目前分形图象编码中描述图象自相似性的方法, 用于对序列图象中图象间互相似性的描述, 并提出了一种称为似分形的序列图象编码方法. 与传统的分形编码方法相比, 这种方法由于在编码时不受分形编码特有条件的限制, 解码时也不需要迭代, 因此编码速度和编码质量都得到一定程度的提高. 实验结果证明了该方法的有效性.

**关键词** 图象压缩编码 分形 仿射变换

中图分类号: TN919.81 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2000)02-0110-04

## A Fractal-Like Coding Method for Sequential Images

WANG Hui-yuan

(Department of Electronic Engineering, Shandong University of Technology, Jinan 250061)

**Abstract** A new coding method for sequential images called fractal-like coding is presented in this paper. The approach that expresses the self-similarity of an image in fractal coding is used to the description of the inter-similarity between two neighbored images of an image sequence. The new method, compared to the traditional fractal coding, dose not need to satisfy those specific conditions for the later, nor iteration during decoding. Therefor, the coding speed and quality are both increased to an extent. Experimental results on some standard sequential images indicate that the presented method achieves high compression ratio at a reasonable coding quality for sequential images.

**Keywords** Image compression and coding, Fractal, Affine transform

## 0 引言

由于对图象传输、存储和检索等需求的日益增长, 图象压缩编码理论和技术的研究, 正在成为图象处理和通信领域中越来越活跃的一个分支, 一方面表现在 JPEG, H261 和 MPEG 等国际静止和活动图象编码标准相继推出并得到越来越广泛的应用<sup>[1]</sup>, 另一方面, 如人工神经网络<sup>[2]</sup>, 小波变换<sup>[3]</sup>和分形<sup>[4,5]</sup>等图象编码方法也不断地涌现出来.

近年来提出的分形图象编码方法, 是基于迭代函数系统(IFS)理论, 利用图象的分块自相似性, 对图象进行压缩的一种方法, 在一定的条件下, 其压缩比可达到较高的水平<sup>[4,5]</sup>. 本文将其中对自相似性的

描述方法, 用于序列图象间互相似性的描述, 从而提出一种称为似分形的序列图象编码方法, 并通过为标准序列图象的实验, 验证了该方法的有效性.

## 1 分形图象编码简介

分形图象编码的数学基础是迭代函数系统(IFS)理论. Barnsley 首先将分形编码用于交互式图象压缩<sup>[6]</sup>, 之后, Jacquin 首先提出了能够实现对灰度图象进行自动压缩的分形编码方法<sup>[7]</sup>. Jacquin 的基本方法是将图象分割为一系列互不重叠的值域块, 同时, 将同一图象分割为一系列相互可以重叠的较大的定义域块, 并对定义域块  $D$  定义了一种仿射变换

$$\sigma D = \alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot \gamma D \quad (1)$$

式中,  $\mathcal{Y}$  和  $\lambda$  为几何变换因子, 其中,  $\mathcal{Y}$  为尺度压缩变换因子,  $\lambda$  为旋转和反折变换因子,  $\beta$  和  $\alpha$  为灰度变换因子, 其中,  $\beta$  为灰度拉伸因子, 而  $\alpha$  为灰度平移因子.

在编码时, 对于图象  $f$  中的每一个值域块  $R_i$ , 去寻找一个最佳匹配的定义域块  $D_i$ , 求出其仿射变换的参数  $\sigma_i$ , 并记录其位置参数, 所有这些变换的总和, 构成了一个压缩变换  $w$ , 即

$$w = \bigcup_i \sigma_i \quad (2)$$

当所有匹配误差足够小时, 有

$$g = w(f) \approx f \quad (3)$$

在解码时, 则任取一初始图象, 然后按照上述分形参数, 对每一个值域块, 用其对应的定义域块的仿射变换去代替, 并不断地迭代, 直至收敛, 得到解码输出图象, 编码和解码过程如图 1 所示.

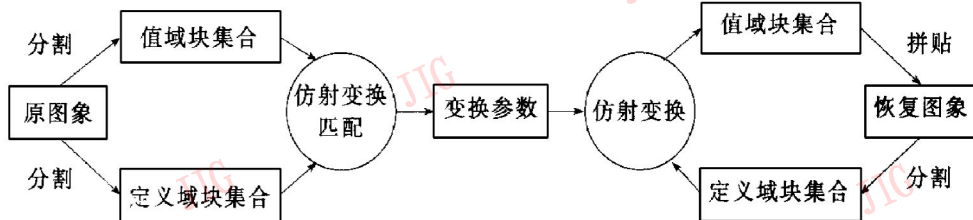


图1 分形编码和解码示意图

## 2 似分形编码方法

对于序列图象, 例如由连续帧构成的活动图象, 或由连续切片构成的医学图象等, 相邻两幅图象间有很强的相关性, 因此, 分形图象编码中所采用的描述图象自相似性的方法, 一定也适用于描述相邻两幅图象间的互相似性. 实验中发现, 这种互相似性的程度, 当用均方误差或峰值信噪比表示时, 并不比自相似性弱.

事实上, 目前一些活动图象国际编码标准普遍采用的运动估计和运动补偿方法, 就是对这种互相似性的一种简单描述. 当采用仿射变换式(1)时, 可以简单地把待编码图象  $f_k$  分割为类似于分形编码中的值域块, 而将作为参考图象的相邻图象  $f_{k-1}$  分割为类似分形编码中的定义域块. 在编码时, 只要求出从  $f_{k-1}$  到  $f_k$  的  $w$  变换参数, 并对其进行量化和无失真的编码, 而在解码时, 则对同一参考图象按照同样的参数进行变换, 就可得到恢复图象. 考虑到编码端和解码端参考图象应完全一致, 以提高编码质量, 我们设计了如图 2 所示的似分形编码和解码流程.

对于似分形图象编码方法, 需要指出以下几点:

(1) 在分形图象编码中, 为了满足压缩变换的条件, 往往要对仿射变换式(1)作一些限制, 例如, 要求灰度拉伸因子  $\beta$  小于 1(实际上该因子值常可取到 1.5 到 2), 需要尺度压缩变换因子  $\mathcal{Y}$  等. 而对于似分形方法, 则不存在任何限制,  $\beta$  可取任何值,  $\mathcal{Y}$  也可省去;

(2) 在分形图象编码中, 存在着编码质量与解码质量不同的问题, 即在编码时, 虽然已经由变换参

数确定了最佳恢复图象为式(3)中的  $g$ , 然而, 由于解码是一个迭代过程, 理论上恢复图象只能逐步逼近  $g$ , 实验中发现, 当这种逼近到达一定程度后, 就得到最佳的解码输出图象, 但与图象  $g$  之间还有较大的误差. 而对于似分形方法, 解码输出的图象就是编码过程中确定的最佳恢复图象  $g$ ;

(3) 似分形方法的编码过程与分形方法基本一致, 但由于其解码不需要迭代, 因此, 使解码过程得到了简化, 因而速度加快;

(4) 似分形编码方法, 需要借助于参考图象, 因此只适用于序列图象或存在参考图象库的特定类型的图象的编码;

(5) 对于图象序列中的第一幅图象, 只能采用帧内编码的方法, 同时, 在序列图象中间, 也可考虑插入这样的帧内编码帧.

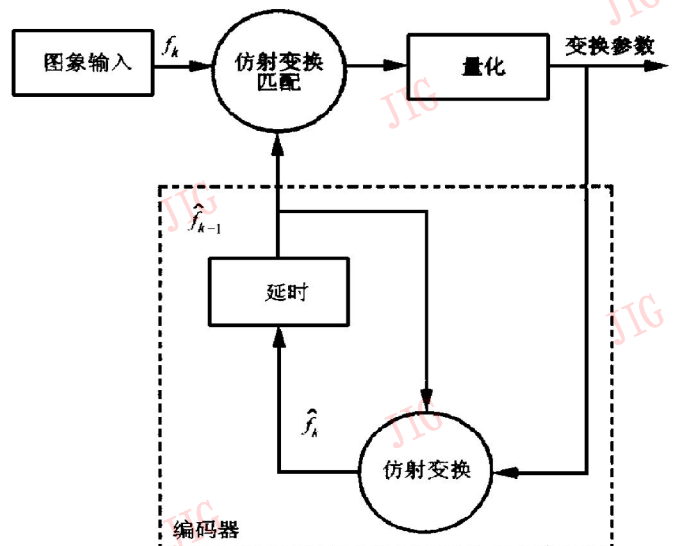


图2 似分形编码器示意图

### 3 实验结果分析

我们用本文的似分形编码方法对  $360 \times 288$  的“MISS AMERICA”序列图象中的连续 82 帧(从第 1 帧到第 82 帧)进行了编码实验. 实验分 4 种情况进行: (1)  $R$  块和  $D$  块取  $8 \times 8$ , 第 1、11、21、31... 帧的编解码参考图象为第 0、10、20、30... 帧原始图象(类似于 MPEG 中的  $I$  帧), 其余为前一帧的解码结果; (2)  $R$  块和  $D$  块同样取  $8 \times 8$ , 但除了第 1 帧, 其余各帧的参考图象均为前一帧的解码结果; (3)  $R$  块和  $D$  块取  $16 \times 16$ , 其余与(1)相同; (4)  $R$  块和  $D$  块也和  $16 \times 16$ , 其余与(2)相同. 对于上述 4 种情况, 分别进行了 3 组实验, 在实验 1 中,  $\lambda$ ,  $\beta$  和  $\alpha$  分别采用 3, 4 和 7bit 量化, 各帧解码图象的峰值信噪比如图 3 所示, 图中由上到下的 4 条曲线, 分别对应情况 1 到 4; 在实验 2 中, 只采用  $\alpha$  变换(即灰度平移, 3bit 量化), 各帧解码图象的峰值信噪比如图 4

所示. 在所有 2 组实验中, 都不采用  $Y$  变换, 且匹配搜索范围取为  $\pm 2$ , 搜索步长取为 1. 为便于比较, 在实验 3 中仅采用运动估计, 其各帧解码图象的峰值信噪比见图 5. 所有实验中图象序列的编码比特率和平均峰值信噪比如表 1 所示, 其中, 情况(1)和情况(3)中的编码比特率的计算未考虑帧内编码帧的影响. 图 6 为该序列图象中的第 44 帧, 图 7 为对应于图 4 中第二条曲线的解码输出图象, 该帧的峰值信噪比为 35.90dB.

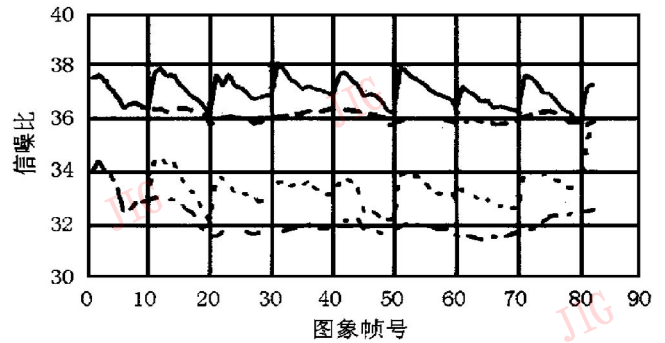


图 3 实验 1 中 4 种情况下各帧解码图象的峰值信噪比

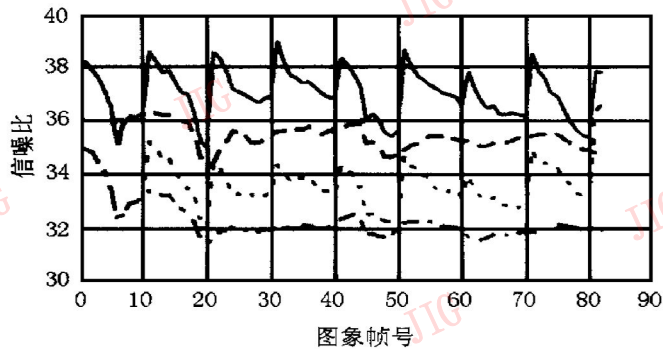


图 4 实验 2 中 4 种情况各帧解码图象的峰值信噪比

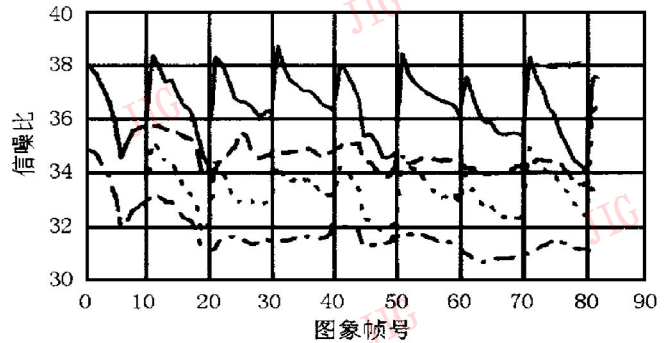


图 5 实验 3 中 4 种情况各帧解码图象的峰值信噪比



图 6 原始图象



图 7 解码输出图象

表 1 比特率与平均峰值信噪比

	实验 1		实验 2		实验 3	
	BPP	PSNR	BPP	PSNR	BPP	PSNR
情况 1	0.300	36.99	0.141	36.62	0.094	35.39
情况 2	0.300	36.16	0.141	35.50	0.094	34.73
情况 3	0.075	33.42	0.035	33.65	0.023	33.42
情况 4	0.075	32.21	0.035	32.28	0.023	32.14

从以上实验结果可见, 序列图象的似分形编解码, 同其它方法一样存在一定的预测误差积累, 但其误差积累的速度比仅采用运动估计时缓慢. 另外, 通过插入类似 MPEG 标准中的  $I$  帧, 同样可以减少误差积累; 实验中还发现, 似分形编码中的几何变换, 对于帧间相关性较大的活动图象序列意义不明显, 但对灰度变换中的平移, 可在牺牲部分压缩比的情况下, 使编码质量比仅采用运动估计时得到显著提高.

## 参 考 文 献

- 1 黎洪松. 数字图象压缩编码技术及其 C 语言程序范例. 北京: 学苑出版社, 1994, 49~ 121.
- 2 Nicman H and Wu J K. Neural network adaptive image coding. IEEE Trans Neural Networks, 1992, 4(4): 615~ 627.
- 3 Antonini M *et al.* Image coding using wavelet transform. IEEE Trans Image Processing, 1992, 1(2): 205~ 220.
- 4 Jacquin A E. Fractal image coding: A review. In: Proc IEEE, 1993, 81(10): 1451~ 1465.

- 5 Au O C *et al.* Advances in fractal image and video coding. 电路与系统学报, 1996, 1(1): 6~ 18.



王汇源 1958 年生, 山东工业大学电子工程系副教授, 硕士生导师. 研究方向为图象处理、模式识别和视频通信等.

## HP DesignJet 大幅面打印机的理想伴侣 ColorPro CAD 打印机

HP DesignJet ColorPro CAD 打印机为工程师、机械 CAD 设计师和专业人员提供了操作简便的高性能 B/A3 尺寸全出血打印方案, 是您的 HP DesignJet 大幅面打印机的理想伴侣。这种打印机能够快速输出校样, 可让您在打印输出定稿之前对设计进行审阅。由于 HP DesignJet ColorPro CAD 打印机安装了与 HP DesignJet 大幅面打印机相同的驱动程序和 HP GL/2 实现方法, 因此可确保与 HP DesignJet 大幅面打印机具有一致的输出效果和用户界面。

HP DesignJet 打印机将卓越的线条、文本和图象质量结合起来, 提供了理想的大幅面打印解决方案。除了能输出令人叹为观止的清晰、精准的细线外, HP DesignJet 打印机又为您的 2D 和 3D 渲染图锦上添花, 均匀一致的区域填充、纯正的黑色和照片品质的彩色图象完美地结合在打印输出中。此外, 有了 HP DesignJet 打印机, 您现在就可以以突破性的速度实现如此精美的打印。

大幅照片品质的图象, 再加上清晰、精准线条, 这样就很容易将您的观念推销出去得到认同。HP DesignJet ColorPro CAD 使您可在更大程度上对质量、成本、介质和交付周期进行控制, 而且, 为您效劳的是性能可靠的 HP 打印机, 更可为您凭添自信。