

Quadtree 분할방식과 HV 분할방식을 이용한 프랙탈 이미지 압축에 관한 연구

*변재웅, 이기서, 정진현
광운대학교 제어계측공학과

A Study of the Fractal Image Compression with a Quadtree Partitioning Method and a HV Partitioning Method

Chae Ung Byun, Key Seo Lee, Chin Hyun Chung
Dept. of Control and Instrumentation Eng., Kwangwoon Univ.

ABSTRACT

Image coding based on a fractal theory of iterated transformations presents highly compressed image. In this paper, we compress image using the partitioning method which devides image adaptively in horizon and vertical axis. This method can encode image more compactly than the quadtree partitioning method. The maximum range size can be selected as 32×32 blocks and the minimum size can be 4×4 blocks. And the domain size is twice as many as the range size.

I. 서 론

프랙탈 이론은 자기상사성(self-similarity)을 이용하여 대상체의 부분으로 전체를 표현하는 이론으로 Mandelbrot에 의해 처음으로 소개되었으며 Barnsley, Jacquin 등에 의해 영상 압축에 응용되었다. 프랙탈 이론을 이용한 영상 압축은 원 영상의 자기 상사성을 이용하여 affine 변환과 같은 일정한 형태의 변환식으로 부호화하고 이것을 임의의 영상에 반복적으로 적용함으로서 원 영상을 복원하는 것이다. 기존의 영상 압축 알고리즘으로는 IFS(iterated function system)을 기초로 한 Jacquin의 방법, Monro 및 Dudbridge 방법, Fisher의 방법 등이 있다. Jacquin의 방법은 원 영상을 평탄 영역, 중간 영역, 에지 영역으로 구분하여 각각의 영역에 대해 개별적으로 부호화를 하였는데 부호화 과정이 복잡하고 인코딩 시간(encoding time)이 길다. Fisher의 방법은 원 영상을 16×16 크기의 도메인 블럭(domain block)으로 분할하여 도메인 블럭들을 탐색하여 래인지 블럭(range block)으로의 매핑 예러가 가장 적은 유사 블럭을 찾아내어 부호화한다. Monro 및 Dudbridge의 방법은 원 영상을 겹쳐지지 않는 8×8 블럭으로 분할하여 이 각각의 블럭에 대해 부호화를 수행하는데 부호화 시간은 상당히 짧은

데 비해 화질과 압축비가 다른 방법에 비해 떨어지며 복원된 영상이 불턱화 현상을 보인다.

본 연구에서는 quadtree를 이용하여 원 영상을 압축하는 방식을 응용하여 수직, 수평축으로 가변적으로 영상을 분할하여 블럭 매핑에 있어서의 예러를 최소로 줄이기 위해 노력하였다. II 장에서는 프랙탈 영상 압축의 이론적인 배경에 대해 간략히 소개하고, III 장에서는 제안된 영상 압축 알고리즘을 기술하며, IV 장에서는 모의 실험 결과를 기존의 방법과의 차이점을 비교하였으며, V 장에서 결론을 맺었다.

II. 이론적 배경

(X, d) 를 측도 공간으로 정의하면, 변환 $W: X \rightarrow X$ 가 모든 $x, y \in X$ 에 대해 다음 조건을 만족하는 양의 실수 $s < 1$ 이 존재할 때 변환 W 를 측소 변환이라고 한다.

$$d(W(x), W(y)) \leq sd(x, y) \quad 0 \leq s < 1 \quad (1)$$

식 (1)에서 d 는 측도(metric), s 는 측소비(contractivity)이다. 변환 W 가 측소 변환이면, 변환 W 에 대해 다음을 만족하는 고정점 $x_w \in X$ 가 존재한다.

$$x_w = w(x_w) = \lim_{n \rightarrow \infty} W^{(n)}(x). \quad (2)$$

식 (2)에서 x_w 는 끌개(attractor)이며, $W^{(n)}(x)$ 는 초기치 x 에 대하여 변환 W 를 n 번 반복하여 적용함을 나타낸다. IFS는 이러한 측소 변환 $W_i: X \rightarrow X$ ($i = 0, 1, 2, \dots, n$)의 유한 집합으로 다음과 같다.

$$x_w = W(x_w) = w_0(x_w), \dots, w_n(x_w) \quad (3)$$

즉, 고정점 x_w 는 반복적인 자기자신의 변환으로 이루어진다. IFS $\{W_i | i = 0, 1, 2, \dots, n\}$ 의 변환 W_i 에 대해 끌개가 S 라고 할 때 다음 조건(collage theorem)을 만족한

다.

$$d(S, x_w) \leq (1-s)^{-1} d(S, w(S)) \quad (4)$$

풀라지 이론은 영상을 복원할 때 쓰이는 식으로 이 식을 이용하여 IFS를 구성하는데, 축소비 s 는 수렴 속도를 결정하며, 이 값이 작아질수록 고정점에 빨리 수렴한다. 즉, 식 (4)를 통하여 IFS의 변환 W_i 를 임의의 영상에 반복적으로 적용하여 끌개를 구하고 이 끌개를 이용하여 영상을 복원한다.

III. 영상 압축 알고리즘

임의의 영상을 압축하기 위해서는 전체영상을 블럭 단위로 분할하여 각각의 분할된 블럭에 대해 자기 상사성을 찾아내어 affine 변환을 적용한다. Fisher의 방법은 16×16 블럭으로 도메인 블럭을 선택하고, 8×8 랠인지 블럭에 대해서 매핑 에러가 가장 적은 블럭을 찾는 것이다. 본 연구에서는 Fisher가 사용한 근사식을 사용하여 블럭 매핑을 하였다. 블럭 분할방법은 quadtree를 이용하여 분할한 영상이 인접 블럭간에 자기 상사성이 많이 존재하는 특징을 이용하여 영상의 복잡도에 따라 수직·수평축으로 가변적으로 영상을 분할하는 방법을 적용하였다.

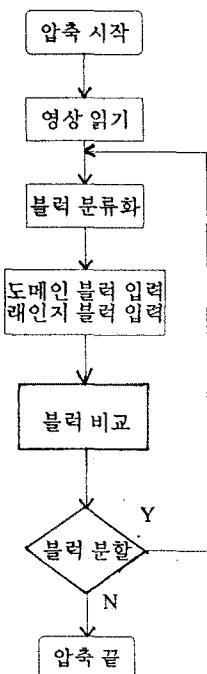


그림 1. 영상 압축 과정

즉, 분할될 부분의 픽셀(pixel)값의 평균값을 계산하여 다른 부분의 평균값들과 비교하여 수직, 수평축으로 값이 최대가 되는 값을 선택하여 분할한다.

$$h_y = \frac{\min(y, M-y-1)}{M-1} \left(\sum_{x=0}^N r_{x,y} - \sum_{x=0}^N r_{x,y+1} \right) \quad (5)$$

$$v_x = \frac{\min(x, N-x-1)}{N-1} \left(\sum_{y=0}^M r_{x,y} - \sum_{y=0}^M r_{x+1,y} \right) \quad (6)$$

r_{ij} 는 (x,y) 점에서의 화소값을 나타내며, h_y, v_i 는 각각 수평축의 차이값과 수직축의 차이값을 나타낸다. 이렇게 함으로써 수평이나 수직축으로 폭이 좁은 블럭을 피할 수 있다. 도메인 블럭(domain block)의 크기는 랠인지 블럭(range block)의 2 배로 하였다. 도메인 블럭의 선택은 Jacquin이 제안한 방법인 도메인 크기의 $1/2$ 인 크기의 블럭의 중앙에 위치하는 것을 선택하였다. 도메인 블럭과 랠인지 블럭의 비교는 MSE(mean square error)를 이용하여 미리 정한 임계치(threshold)와 비교하여 랠인지 블럭을 더 분할할 것인지지를 결정하였다.

IV. 모의 실험 및 결과

성능 시험을 위해 256×256 크기, 8bpp 256 그레이 레벨(gray level)의 lena 영상을 사용하여 모의 실험을 수행하였다. 그림 2은 임계치를 90으로 하여 블랙 영상(black image)에 대해 원 영상을 제안한 알고리즘을 적용하여 결과를 복원하였을 때의 반복 횟수에 따라 복원되는 과정을 보여준다. 그림(a)은 2 번 반복하였을 때의 영상이고 (b)는 4 번, (c)는 6 번 (d)는 8 번 반복하였을 때의 영상이다.

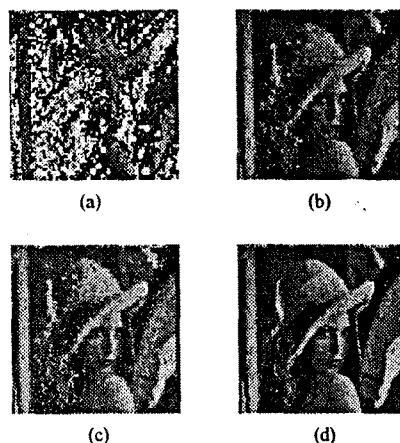


그림 2. 복원 결과 영상 (256×256 lena 영상)

일반적으로 복원된 영상의 화질에 대한 기준으로 쓰이는 PSNR은 30.46 (dB)을 나타내었다.

V. 결론

본 논문에서는 영상을 복잡도에 따라 가변적으로 분할하여 일반적으로 quadtree를 이용한 방법에서의 경계면에서의 차기유사성을 가지는 부분을 보완하였으며 영상 전체를 탐색하는 대신에 블럭 그 자체에 대해 도메인을 선택하는 방식을 택해 인코딩 시간을 상당히 줄였다. 그러나 복원된 영상에서 약간의 불러화를 보였다. 이런 현상은 디코딩(decoding)과정에서 스무딩 방법(smoothing technique)을 이용하여 해결할 수 있는데, 스무딩을 한후에는 PSNR이 약간 감소하였다.

블럭 근사식은 Fisher의 근사식을 사용하였는데, 블럭 특성에 맞는 근사식의 개발이 더 진행되어야 하며, 영역분할에 대한 새로운 방식의 개발에 관한 연구, 동영상에의 적용에 대한 연구 또한 더욱 진행되어야 한다.

참 고 문 헌

- [1] Michael F. Barnsley, "Fractal Image Compression", AK Peters, Ltd. 1993.
- [2] Michael F. Barnsley, "Fractals Everywhere", Academic Press, New York, Jan. 1988
- [3] Yuval Fisher, "Fractal Image Compression", Springer-Verlag, 1994.
- [4] Arnaud E. Jacquin, "Image Coding Based on a Fractal Theory of Iterated Contractive Image Transformations", IEEE Trans. Image Process., pp. 18-32, Vol.1, Jan, 1992.
- [5] Arnaud E. Jacquin, "Fractal Image Coding: A Review", Proceedings of the IEEE, Vol. 81, NO. 10, October 1993.
- [6] N. D. Kenyonand and C. Nigtingale, "Audiovisual Telecommunications", Chapman & Hall, 1992.
- [7] Ioannis Pitas, "Digital Image Processing Algorithms", Prentice-Hall, 1993.
- [8] D. M Monro and F. Dudbridge, "Fractal approximation of image blocks", Proc. IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, 1993.
- [9] Greg Viens and Monson H. Hayes III, "Adaptive IFS image coding with proximity maps", Proc. IEEE ICASSP, pp. 349-352, 1993.