

# 입력 영상의 서브블록들 사이의 상관계수에 기반한 고속 프랙탈 부호화

배수정, 임재권

금오공과대학교 전자공학과

sjbae@knut.kumoh.ac.kr, jkeem@knut.kumoh.ac.kr

## Fast Fractal Coding Based on Correlation Coefficients of Subblocks in Input Image

Su Jung Bae, Jae Kwon Eem

Kumoh National University of Technology, School of Electronics

sjbae@knut.kumoh.ac.kr, jkeem@knut.kumoh.ac.kr

### Abstract

In this paper, we propose a fast fractal coding method based on correlation coefficients of subblocks in input image. In the proposed method, domain pool is selected based on correlation analysis of input image and the isometry transform for each block is chosen based on the IFS method. To investigate the performance of the proposed method, we compared image quality and encoding time with full search PIFS method and Jacquin's PIFS method. Experimental results show that proposed method yields nearly the same performance in PSNR, and its encoding time is reduced for images size of  $512 \times 512$  compared with full search PIFS method and Jacquin's PIFS method.

### I. 서론

프랙탈 영상압축 기법은 영상내 자기 유사성의 관계를 특정한 고정점을 가지는 축소변환으로 표현함으로써 영상을 부호화하는 방법[1~3]이다. 이 기법은 낮은 비트율에서 다른 부호화 방법들에 비하여 화질이 우수하다는 장점을 지니고 있기 때문에 초 저속 영상 변환 표준화 방법인 MPEG-4에서도 미래의 표준 부호화 방법의 하나로 검토되고 있다.

본 논문에서는 입력 영상의 서브블록들과 입력 영상을 1/2로 축소한 영상의 서브블록들 사이의 상관계

수를 이용하여 프랙탈 영상부호화에 사용되는 domain pool을 축소하여 부호화에 필요한 계산량과 시간을 줄이면서도, 복원영상의 화질 저하를 적게 하는 새로운 고속 프랙탈 부호화 기법을 제안한다. 다양한 특성을 가진 영상에 대한 적용을 위해 각기 특성이 다른  $512 \times 512$  크기의 8[bpp]인 Lena, Pepper, Goldhill 영상들을 실험 영상으로하여 각각 전 영역 탐색 PIFS 방법 및 Jacquin의 PIFS 방법, 그리고 본 논문에서 제안하는 방법을 실험하여 그 결과를 비교 분석하였다. 본 논문의 순서는, II장에서는 제안하는 알고리즘에 대하여 기술하였고, III장에서는 실험 결과를 나타내고 있으며, 마지막으로 IV장에서는 결론을 맺었다.

### II. 제안하는 프랙탈 부호화 알고리즘

실제 세계에 존재하는 영상들은 자기 유사성이 약하므로 IFS를 찾기가 어렵다. 이 문제를 풀기 위하여, Jacquin[4~8]과 Fisher[9]가 PIFS(partitioned IFS) 방법을 제안하였다. PIFS 부호화 방법은 주어진 원 영상과 이 영상을 1/2로 축소한 영상을 각각 적당한 크기의 중첩되지 않는 지역 블록(range block)과 서로 중첩되는 정의역 블록(domain block)으로 분할한 후, 원 영상의 지역 블록과 가장 근사한 정의역 블록을 탐색하게 된다[1~3,9]. 본 논문에서는 Fisher 등이 제안한 방법인, 각 지역 블록에 대해 자기 유사성이 큰 블록을 전체 정의역 블록 풀에 대해 모두 탐색하는 방법에 근거하여, 부호화시 탐색 영역의 수를 제한하여 고속

프랙탈 부호화를 수행하는 방법을 제안한다.

우선, Fisher 등이 제안한 전 영역 탐색 PIFS 방법은 복원영상의 화질은 뛰어나지만 부호화 과정에 소요되는 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 이를 극복하기 위해 본 논문에서는, 입력 영상의 서브블록들과 입력 영상을 1/2로 축소한 영상의 서브블록들 사이의 유사성을 상관계수[10,11]를 바탕으로 조사하여, 이를 근거로 탐색이 행해질 정의역 블록 풀을 설정하였다. 먼저 상관계수를 계산하기 위하여 영상을 탐색 영역과 template 영역으로 분류한다. 그림1은 상관계수를 계산하기 위해 사용되는 탐색 영역과 template 영역에 대한 크기 관계를 보인 것이다. 여기서  $U$ 는 탐색 영역의 각 행과 열의 픽셀 수를 나타내고,  $M$ 은 template 영역의 각 행과 열의 픽셀 수를 나타낸다.

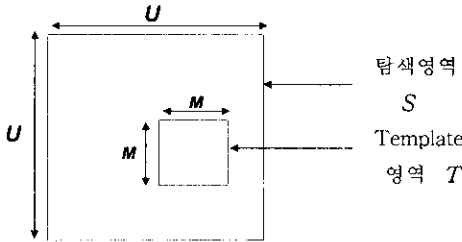


그림 1. 탐색 영역과 template 영역

본 논문에서 제안한 알고리즘의 상관계수 계산을 위한 탐색영역은 입력영상을 1/2로 공간 축소한 영역의 전 영역이며  $S$ 로 표기한다. Template 영역은 입력 영상을 적당한 크기로 중첩되지 않게 구성하고,  $T_k$  ( $k = 1, 2, \dots, K, K = (U/M)^2$ )로 표기한다. 이때  $S$  내부에서  $T_k$ 와 크기가 같은 중첩되는 블록들을  $S_l$  ( $l = 1, 2, \dots, L, L = (U-M)^2$ )이라 표기한다.

각  $T_k$ 와 각각의  $S_l$  사이의 상관계수를 비교하여 상관관계 계수의 크기가 최대인  $S_l$ 의 좌표를 찾는다. 이때 각  $T_k$ 와 각각의  $S_l$  사이의 상관계수를 구하기 위하여 각  $T_k$  내의 픽셀 값에 대한 평균치와 2차 모멘트 값의 계산을 선행한 후, 이들 평균치와 2차 모멘트 값과  $S_l$ 에 대하여 계산한 픽셀 값의 평균치와 2차 모멘트 값으로 상관계수를 구하고, 이를 일정한 기준치들과 비교하여 기준치를 초과할 경우, 그 지점으로부터 상관계수의 탐색 영역의 천이를 줄여나가는 방식을 채택하여 상관계수의 계산에 요구되는 시간을 단축하였다.

여기서 사용한 상관계수  $\rho$ 의 계산은 식(1)에 의해

계산된다.

$$\rho = \frac{E[S_l T_k] - E[S_l]E[T_k]}{\sqrt{E[S_l^2] - E^2[S_l]} \sqrt{E[T_k^2] - E^2[T_k]}} \quad (1)$$

여기서  $E[\cdot] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (\cdot)$ 이고,  $n$ 은 각각 각 서브블록의 행과 열의 수이다. 다시 말하면,  $E[S_l]$ 와  $E[T_k]$ 는 각각  $S_l$ 과  $T_k$ 의 픽셀 밝기값의 평균치이고,  $E[S_l^2], E[T_k^2]$ 은 각각  $S_l$ 과  $T_k$ 의 픽셀 밝기값의 2차 모멘트이며,  $E[S_l T_k]$ 는  $S_l$ 의 픽셀 밝기값과  $T_k$ 의 픽셀 밝기값의 곱의 평균치이다.

프랙탈 부호화를 위한 치역영역의 구성은  $T_k$ 를  $B \times B$  크기 영역으로 서로 중첩되지 않게 분할하고, 이를  $R_i$ 로 표기한다. 정의역 블록의 구성은  $T_k$ 와의 상관계수가 최대인  $S_l$ 의 영역내에서 치역 블록과 같은 크기인  $B \times B$  크기 영역으로 서로 중첩되게 분할하고, 이를  $D_j$ 로 표기한다. 정의역 블록의 크기  $B \times B$ 는 입력영상의 크기인  $2B \times 2B$ 의 크기를 1/2로 축소한 것으로 정의역 영역에서 치역 영역으로의 변환에서 공간 축소율은 1/2이다. 프랙탈 부호화를 위한 탐색은 각각의  $R_i$ 에 대응되는 정의역 블록 풀 내의  $D_j$ 에 대해 평균 밝기값의 차이를 보성한 후, 변환된  $D_j$ 와  $R_i$ 의 MSE를 계산하여 MSE 값이 최소가 되는  $S_l$  내의  $D_j$ 의 좌표를 찾아낸다. 이때 사용되는 변환은 affine 변환의 일반적인 형태인 8가지 isometry 변환이며, 각  $R_i$ 의 부호화에는  $D_j$ 의 좌표, isometry 정보, 평균 밝기값의 차이가 부호화된다 [1~9].

### III. 실험 및 결과

본 논문에서는 프랙탈 영상부호화를 위해 IBM-PC Pentium 166[MHz] 호환 기종을 사용하였으며, 특성이 다른  $512 \times 512$  크기의 8[bpp]인 Lena, Pepper, Goldhill 영상들에 대하여 각각 전 영역 탐색한 PIFS 방법 및 Jacquin의 PIFS 방법, 그리고 본 논문에서 제안하는 방법을 수행하였다. 다음은 본 논문에서 사용한 기법들에 대한 설명이다.

#### · 전 영역 탐색 PIFS

입력 영상에 대하여 각각 치역 블록의 크기는 4

×4, 정의역 블록의 크기는 8×8로 하여 각각의 지역 블록에 대해 자기 유사성이 큰 블록을 전체 정의역 블록 풀에 대해 모두 탐색하는 방법을 사용하였다.

• Jacquin의 PIFS

정의역 블록의 크기를 16×16으로 중첩되게 구성한 후, 8 픽셀씩 천이하면서 정의역 영역을 평탄영역, 중간영역, 에지영역으로 분류하고 각 지역 블록의 특성과 같은 특성을 갖는 정의역 블록 조합에만 탐색을 행하였다. 지역 블록의 크기를 8×8, child 블록의 크기를 4×4로 하였다.

• 제안한 방법

지역 블록의 크기를 4×4, 정의역 블록의 크기는 8×8로 하였고 상관계수를 계산하기 위하여 template 영역의 크기는 32×32로 하였으며 정의역 블록 풀의 크기는 32×32로 하였다. 먼저 상관계수를 구하여 그 값이 최대가 되는 정의역 영역 풀을 결정한 후, 그 영역 안에서만 탐색하여 부호화하였다. 상관계수 계산에 있어서 탐색 영역의 천이를 위한 상관계수의 기준치들은 각각 0.5, 0.6, 0.65, 0.7의 4단계로 하였으며 계산한 상관계수가 각 기준치 이상이 되는  $S_i$ 의 좌표로부터 적용되는 천이 값은 각각 8, 4, 2, 1 픽셀씩을 적용하였다.

부호화된 영상의 복호화에는 반복 횟수에 따른 오차를 최소로 하기 위하여 복호화의 반복 횟수는 모두 16회로 같게 하였으며, 복원영상의 화질은 PSNR을 구하여 비교하였다. 이때  $f(x, y)$  및  $\hat{f}(x, y)$ 는 각각 원 영상의 픽셀 및 복원 영상의 좌표  $(x, y)$ 에서의 픽셀의 밝기를 나타내며,  $N^2$ 은 영상 내의 픽셀의 수이다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[ \frac{255^2}{MSE} \right] \quad (2)$$

$$MSE = \frac{1}{N^2} \sum_{y=1}^N \sum_{x=1}^N [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2 \quad (3)$$

다음은 본 논문에서 사용한 세 가지 방법으로 각각 수행한 실험의 결과이다. 여기에서 사용된 시간은 Pentium cpu-time[sec]이고, PSNR의 단위는 [dB]이다. 실험결과에서 나타난 바와 같이, 제안하는 방법으로 부호화를 수행할 때 [512×512] 영상에 대해서 전

영역 탐색한 PIFS 방법에 비해 약 1/58의 시간으로 부호화를 수행할 수 있었으며, Jacquin의 PIFS 방법에 비해서는 각각 Lena 영상과 Goldhill 영상에 대해서 약 1/1.3과 1/2.8의 시간으로 부호화를 수행하였고, 이때 PSNR이 31[dB] 이상으로 확인되었다. 이것은 제안한 방법이 각 지역 블록에 대해 유사성이 가장 큰 정의역 블록 풀을 지정해 주어, 프랙탈 부호화를 위한 탐색에 소요되는 시간을 크게 줄였음을 나타낸다.

표 1. 각 방법에 따른 512×512 영상의 프랙탈 부호화의 부호화 시간과 PSNR의 비교

방법 \ 영상		LENA	PEPPER	GOLDHILL
전 영역 탐색	부호화시간 [sec]	100,396	100,509	100,448
	PSNR [dB]	37.220	35.256	35.016
Jacquin의 PIFS	부호화시간 [sec]	2,352	2,667	4,787
	PSNR [dB]	31.692	30.0053	30.730
제안한 방법	부호화시간 [sec] (상관계수 계산시간)	1,760 (131)	1,704 (77)	1,695 (73)
	PSNR [dB]	34.476	31.196	31.664

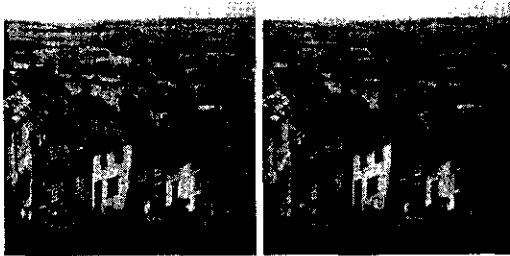


a) 원 영상 Lena

b) 복원 영상 Lena



c) 원 영상 Pepper      d) 복원 영상 Pepper



c) 원 영상 Goldhill      f) 복원 영상 Goldhill

그림 2. 실험 영상에 사용된 원 영상들과 이의 복원된 영상들

#### IV. 결론

전 영역 탐색 PIFS 방법이 영상의 화질은 우수하나 부호화에 소요되는 시간이 길어 실제로 적용되기 어렵다는 문제점을 보완하기 위하여 본 논문에서는 프랙탈 부호화 수행시 입력 영상의 서브블록들과 입력 영상을 1/2로 축소한 영상의 서브블록들 사이의 상관 계수에 근거하여 탐색하였다. 즉, 지역 블록에 대하여 유사성이 가장 큰 정의역 영역을 구분하여, 구분된 정의역 영역 내에서의 탐색을 수행함으로써 부호화하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 부호화 이전에 상관계수를 구하기 위한 처리를 선행하였으며, 그 값을 토대로 각 지역 블록에 대한 정의역 영역의 블록들을 밝기값의 변화량과 isometry를 적용하여 부호화하였다. 제안한 방법의 효율성을 조사하기 위하여 Fisher 등이 제안한 전 영역 탐색 PIFS 방법 및 Jacquin의 PIFS 방법과 성능을 비교 분석하였다. 실험 결과 제안한 방법은 전 영역 탐색 PIFS 방법의 결과와 비교했을 때, 복원된 영상의 화질에는 큰 열화 없이 부호화 시간이 약 1/58로 감소됨을 알 수 있었다. 또한 Jacquin의 PIFS 방법과 비교하였을 때, Lena 영상의 경우에는 부호화 시간은 약 1/1.3로 감소하고

PSNR이 약 2.8[dB]가량 향상된 것을 확인할 수 있었다.

#### 참고문헌

- [1] M. F. Barnsley and L. P. Hurd, "Fractal Image Compression", AK Peters, 1993.
- [2] M. F. Barnsley and A. D. Sloan, "Fractal Image Compression", Proceeding of the Scientific Data Compression Workshop, pp.351-365, 1988.
- [3] G. Lu, "Fractal Image Compression", Signal Processing: Image Comm., vol.5, no.4, pp. 327-343, 1993.
- [4] A. E. Jacquin, "A Novel Fractal Block-Coding Technique for Digital Images", Proc. ICASSP-90, pp.2225-2228, 1990.
- [5] A. E. Jacquin, "Image coding Based on a Fractal Theory of Iterated Contractive Image Transformations", IEEE Trans. Image Process., vol.1, no.1, pp.18-30, 1992.
- [6] A. E. Jacquin, "A fractal theory of iterated Markov operators with applications to digital image coding", Ph.D. dissertation, Georgia Tech., Atlanta, 1989.
- [7] A. E. Jacquin, "Fractal Image Coding: A Review", Proceedings of the IEEE, vol.81, no.10, pp.1451-1465, 1993.
- [8] B. Ramamurthi and A. Gersho, "Classified vector quantization of image", IEEE Trans. Commun., vol.34, Nov. 1986.
- [9] Y. Fisher, "Fractal Image Compression: Theory and Application", Springer-Verlag, 1994.
- [10] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, 1992.
- [11] W. K. Pratt, "Digital Image Processing", John Wiley and Sons, Inc., 1991.
- [12] N. Lu "Fractal Coding", Academic Press, 1997.
- [13] D. M. Monro and F. Dudbridge, "Fractal Approximation of Image Blocks", Proc. ICASSP-92, vol.3, pp.485-488, 1993.
- [14] H. Lin and A. N. Venetsanopoulos, "Fast Pyramid Search for Perceptually Based Fractal Image Compression", Proc. ICIP, vol.1, pp. 173-176, 1996.