

論文2001-38SP-4-2

SAS 기법과 다중 스케일 인자를 이용한 웨이브릿 기반 프랙탈 영상압축

(Wavelet-Based Fractal Image Coding Using SAS Method and Multi-Scale Factor)

鄭 泰 一 * , 姜 競 遠 * , 文 光 碩 * 權 寄 龍 ** , 金 汶 洙 *

(Tae-Il Jeong, Kyung-Won Kang, Kwang-Seok Moon, Ki-Ryong Kwon, and Moon-Su Kim)

요 약

기존의 웨이브릿 기반 프랙탈 압축 방법은 전 영역에 대하여 최적의 정의역을 탐색하므로, 부호화 과정에서 많은 탐색시간이 소요되는 단점이 있다. 그래서 본 논문에서는 웨이브릿 변환영역에서 SAS(Self Affine System) 기법과 다중 스케일 인자를 이용한 웨이브릿 변환 기반 프랙탈 영상 압축 방법을 제안한다. 웨이브릿 기반 영역에서 정의역과 치역을 구성하고, 각각의 치역 블록에 대해 모든 정의역 블록을 탐색하는 것이 아니라, 정의역 탐색과정이 필요 없는 SAS 기법을 도입하여 공간적으로 같은 위치에 있는 상위 레벨 블록을 정의역으로 선택한다. 그래서 부호화 과정에서 곱셈 계산량을 감소시켜 고속 부호화를 가능하게 한다. 그리고 SAS 기법의 단점인 화질이 떨어지는 단점을 개선하기 위해, 각 레벨별로 서로 다른 스케일 인자를 사용하여 화질을 개선한다. 그 결과 화질에는 영향을 미치지 않고 부호화 시간과 압축률이 개선되고, 점진적 전송이 가능한 알고리즘을 제안한다.

Abstract

The conventional wavelet-based fractal image coding has the disadvantage that the encoding takes a long time, since each range block finds the best domain in the image. In this paper, we propose wavelet-based fractal image coding using SAS(Self Affine System) method and multi-scale factor. It consists of the range and domain blocks in DWT(discrete wavelet transform) region. Using SAS method, the proposed method is that the searching process of the domain block is not required, and the range block selects the domain which is relatively located the same position in the upper level. The proposed method can perform a fast encoding by reducing the computational complexity in the encoding process. In order to improve the disadvantage of SAS method which is reduced image quality, the proposed method is improved image quality using the different scale factors for each level. As a result, there is not influence on an image quality, the proposed method is enhanced the encoding time and compression ratio, and it is able to the progressive transmission.

* 正會員, 釜慶大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Eng., Pukyong National Univ.)

** 正會員, 釜山外國語大學校 電子 컴퓨터工學部

(School of Elec. and Computer Eng., Pusan Univ. of Foreign Studies)

接受日字:2001年3月27日, 수정완료일:2001年6月14日

I. 서 론

멀티미디어 정보 중에서 전달 효과가 가장 큰 영상 정보는 정보량이 많기 때문에, 이를 제한된 전송채널에 전송하거나, 저장매체에서 효율적으로 활용하기 위해서 영상 데이터 압축은 필수적이다. DCT (Discrete

Cosine Transform)를 근간으로 하는 정지영상 압축 표준인 JPEG(Joint Photographic Experts Group)은 압축률이 높을 경우, 블록킹 현상(blocking effect)등으로 영상의 화질이 떨어지는 단점이 있다. DCT의 단점을 해결하기 위해, 이산 웨이브릿 변환(DWT : Discrete Wavelet Transform) 영역에서의 영상압축 방법이 제안되었다^[1~3]. 이 방법은 기저벡터로 분할한 다해상도 영상에서 부호화함으로써 높은 압축률에서도 복원된 영상의 블록킹 현상을 제거시킨다.

프랙탈 영상압축은 원 영상을 지역 블록과 정의역 블록으로 분할한다. 그래서 각 블록을 가장 잘 근사화하는 정의역 블록의 축소변환 계수를 부호화 한다^[4~9]. 이러한 부호화 과정에서 지역 블록내의 계수들을 가장 잘 근사화하는 정의역 블록을 찾는 탐색과정에서 많은 시간이 필요하고, 블록기반으로 부호화하므로 높은 압축률에서 블록킹 현상이 발생한다. 프랙탈 부호화 방법 중에서 SAS 기법은 블록 단위의 부호화 알고리즘으로서, 정의역 탐색과정이 없기 때문에 다른 프랙탈 부호화 방법에 비해 부호화 속도가 빠르다^[9].

인간의 시각에 민감한 에지 성분을 잘 복원하고 블록킹 현상이 감소하는 웨이브릿과 프랙탈의 장점을 결합한 웨이브릿 기반의 프랙탈 부호화 방법이 연구되고 있다. 이 방법은 DWT 영역에서 서로 다른 고주파 부대역간에 유사성을 이용하여 프랙탈 부호화 한다. Krupnik 등^[10]이 제안한 웨이브릿 기반 프랙탈 영상압축 방법들은 부호화과정에서 최적의 정의역을 찾기 위하여 탐색과정이 필요하므로 부호화 과정에 많은 시간이 소요되는 단점이 있다. 또 가중치가 높은 저주파 정보와 비교할 때, 상대적으로 가중치가 낮은 고주파 영역 정보에 대해서도 동일하게 취급함으로써 부호화 효율이 낮아지고, 웨이브릿의 특징중의 하나인 점진적 전송이 불가능하다.

본 논문에서는 프랙탈 부호화 과정에서 정의역 블록 탐색과정에 소요되는 시간을 개선하기 위해, 웨이브릿 변환영역에서 SAS 기법을 이용한 웨이브릿 기반 프랙탈 영상압축 방법을 제안한다. 또한 SAS 기법의 단점인 화질을 개선하기 위하여, 각 레벨별로 다른 스케일 인자를 사용하여 화질을 개선하였다. 이와 같이 다중 스케일 인자를 사용하면 화질은 향상되나 압축률이 낮아지는 단점이 발생한다. 그래서 웨이브릿 변환영역에서 AC 계수에 대하여 임의의 임계치보다 작으면 0으로 대체하여 부호화 효율을 높이고, 점진적 전송이 가능하

고리들을 제안한다.

II. 이론적 배경

1. 웨이브릿 변환

웨이브릿 변환은 시간-주파수의 국부 윈도우 크기가 항상 다르므로, 시간 및 주파수의 국부성(localization)을 가짐으로서 웨이브릿 변환은 통계적 특성을 모르거나 시간적으로 예측할 수 없는 불확정 신호를 처리하는데 효과적으로 사용된다. 웨이브릿 변환에서의 기저함수들은 원형 웨이브릿을 천이(translation) 및 확장/수축(dilation)을 시킴으로서 만들어진다. 이에 대한 웨이브릿 기저함수들의 선형결합은

$$\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad a, b \in \mathbb{R}, a \neq 0 \quad (1)$$

이다. 여기서 a 는 원형 웨이브릿을 확장/수축시키는 스케일 변수이고, b 는 이동을 나타내는 천이변수이다. 어떤 신호 $f(t)$ 에 대한 웨이브릿 변환은

$$Wf(a, b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt, \quad a, b \in \mathbb{R}, a \neq 0 \quad (2)$$

로 정의한다. 여기서 매개변수 a, b 가 정수일 때 이산 웨이브릿 변환(DWT)이라고 한다.

2. 프랙탈 영상 압축

프랙탈 영상의 부호화 과정은 부호화 하고자 하는 영상과 동일한 영상을 지역 및 정의역으로 각각 설정한 후 전체와 부분과의 유사성을 잘 반영할 수 있도록 먼저 영상을 분할하여야 한다. 일반적으로 지역 블록은 $R \times R$ 의 크기로 서로 중첩되지 않게 분할하며, 정의역 블록은 $2R \times 2R$ 의 크기로 중첩이 가능하게 분할한다. 이 때 정의역 블록의 크기가 지역 블록의 4배이므로 공간 영역에서의 축소율은 $1/4$ 로 결정된다. 하나의 지역 블록에 대한 변환 계수를 구하는 과정은 임의의 정의역 블록에 대해서 스케일(scale) s 및 밝기 조절값 o 를 구한 후, 각각의 화소들의 오차 E 가 가장 작은 정의역 블록을 찾아, 그 때의 정의역 블록에 대한 인덱스 및 s, o 값을 변환 계수로 기록한다. 여기서 스케일과 밝기 조절값을 구하는 과정은 식 (3)과 같이 평균 자승오차 E 로 주어지며, $\frac{\partial E}{\partial s} = 0$ 과 $\frac{\partial E}{\partial o} = 0$ 를 만족하는 스케일과 밝기 조절값을 구한다. 이 식을 정리하

면 식 (4),(5)과 같다.

$$E = \sum_{k=1}^n (s \cdot d_k + o - r_k)^2 \tag{3}$$

$$s = \frac{\left[n \sum_{k=1}^n d_k r_k - \sum_{k=1}^n d_k \sum_{k=1}^n r_k \right]}{\left[n \sum_{k=1}^n d_k^2 - \left(\sum_{k=1}^n d_k \right)^2 \right]} \tag{4}$$

$$o = \frac{1}{n} \left[\sum_{k=1}^n r_k - s \sum_{k=1}^n d_k \right] \tag{5}$$

여기서 r_k 및 d_k 는 치역 및 축소 정의역 블록 내의 화소값이며, n 은 블록내의 화소들 수이다. 이러한 과정을 매 치역 블록마다 모든 정의역 블록에 대하여 수행한 다음, 오차가 가장 작은 정의역 블록의 인덱스와 그때의 변환 계수들을 구함으로써 부호화가 이루어진다.

Monro 등^[9]이 제안한 SAS 프랙탈 영상압축 기법은 정의역 탐색범위를 치역의 인접 블록으로만 제한하여 부호화 속도를 높이는 방법으로서, 4개의 치역 블록을 1개의 정의역에 대해 탐색과정 없이 정의역으로 선택한다. 즉, 그림 1에서 큰 블록이 정의역 블록이고, 작은 4개의 블록이 치역 블록이다. 각각의 치역 블록에 대한 변환 w 를 구할 때, 모든 정의역을 탐색하는 것이 아니라, 임의의 치역 블록에 대해 인접 블록으로 제한한다. 이 방법의 단점은 최적의 정의역을 선택할 수 없으므로 복원화질이 떨어진다. 화질을 개선하기 위하여 Monro가 제안한 식 (6), (7)과 같은 고차 다항식을 DWT 영역에서 사용할 경우, 고주파 영역에서 작은 DWT 계수에 비해 좌표항의 영향이 크게 미침으로서 화질이 개선되지 않았다.

$$z' = a_1x + b_1y + cz + o \tag{6}$$

$$z' = a_2x^2 + a_1x + b_2y^2 + b_1y + dxy + cz + o \tag{7}$$

여기서 x, y 는 좌표항이며, z 와 z' 은 각각 그 좌표에서의 화소의 밝기 및 근사화 된 화소의 밝기이다.

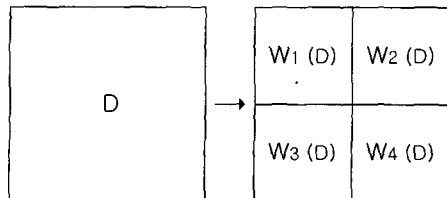


그림 1. SAS 기법
Fig. 1. SAS methods.

3. 기존의 웨이브릿 변환 기반 프랙탈 영상압축

Krupnik 등^[10]은 DWT 공간영역에서 동일 위치에 대응되는 서로 다른 부대역간의 DWT 계수들을 묶은 블록들로 치역 블록과 정의역 블록을 정의하였다. 각각의 치역 블록과 정의역 블록에 대해 프랙탈 부호화함으로써 DWT 영역에서 자기 유사성을 찾아 부호화 하는 방법을 제안하였다.

4회 분할했을 때, DWT 공간영역에서 정의역 블록과 치역 블록의 구성을 살펴보면, 정의역 블록은 LL4 영역을 제외한 LH4, HH4, HL4에서부터 LH2, HH2, HL2까지 정의역 블록을 계층적으로 구성하고, 치역 블록은 LH3, HH3, HL3에서부터 LH1, HH1, HL1까지 같은 방법으로 구성된다. 여기서 L 은 $L = \log_2(B)$ 이고, 실제 분할횟수는 $L+1$ 회 분할한다. B 는 정의역 블록과 치

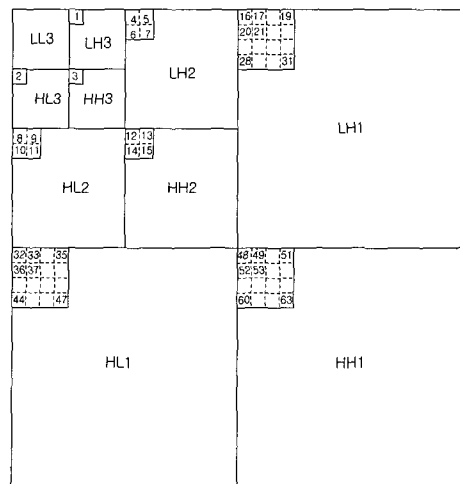
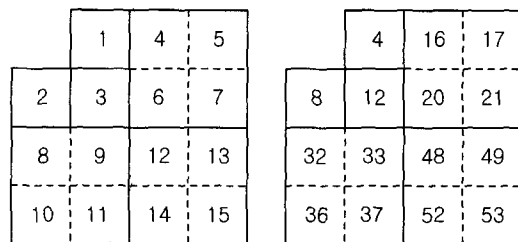


그림 2. 정의역 및 치역 블록의 분류
Fig. 2. Classification the domain and range blocks.



(a) Domain block (b) Range block
그림 3. 정의역 블록과 치역 블록의 구성(a)정의역 블록 (b)치역 블록
Fig. 3. Construction of the domain and range blocks (a)Domain (b)Range block.

역 블록의 크기이며, 이들 블록들은 공간적으로 같은 위치에 존재하고, 이 AC계수들을 묶은 블록은 $B \times B$ 가 된다. 여기서 분할횟수가 3회이면 B 는 4, 4회이면 B 는 8, 5회이면 B 는 16이 된다.

치역 블록의 구성은 레벨 2부터 레벨 1까지 정의역과 마찬가지로 공간적으로 같은 위치에 있는 1개의 AC 계수 값들을 모으면 그림 3(b)와 같은 4×4 치역 블록이 만들어진다. 여기서 분할횟수가 3회이므로 정의역 및 치역 블록의 크기는 4×4 가 된다.

DWT 영역에서 원래의 신호 R_i 와 근사화된 신호 \hat{R}_i 간의 자승 오차 $d^2(\hat{R}_i, R_i)$ 는

$$d^2(\hat{R}_i, R_i) = \sum_{p=2}^B (r_i^p - s_i \cdot d_j^p)^2, \quad r_i \in R_i, \quad d_j \in D_j \quad (8)$$

과 같고, DWT 영역에서 치역과 정의역 블록의 AC 성분해에 해당하는 고주파 부대역의 DWT 계수들에 대한 프랙탈 코드는 수식 (8)을 최소화하는 스케일 인자 s 와 정의역 블록의 위치 정보이다. 여기서 r_i 와 d_j 는 각각 치역 및 정의역 블록의 AC 계수 값을 나타내고, p 는 $B \times B$ 블록의 AC 계수의 위치를 나타낸다.

III. SAS 기법과 다중 스케일 인자를 이용한 알고리즘

기존의 DWT 영역에서 프랙탈 영상압축은 여러 가지의 문제점을 가진다. 첫째, 전체영상 대하여 정의역을 탐색함으로써 부호화시 많은 시간이 소요되었다. 둘째, 가중치가 높은 저주파 정보와 비교할 때, 상대적으로 가중치가 낮은 고주파 영역 정보에 대해서도 동일하게 취급함으로써 부호화 효율이 낮아졌다. 셋째, 분할횟수 (3, 4, 5회)에 따라 압축률과 화질등이 크게 변하고 점진적 전송이 불가능하였다.

그래서 본 논문에서는 화질에는 크게 영향을 미치지 않고 부호화 시간과 압축률을 개선할 수 있는 알고리즘을 제안한다.

1. SAS 기법을 이용한 알고리즘

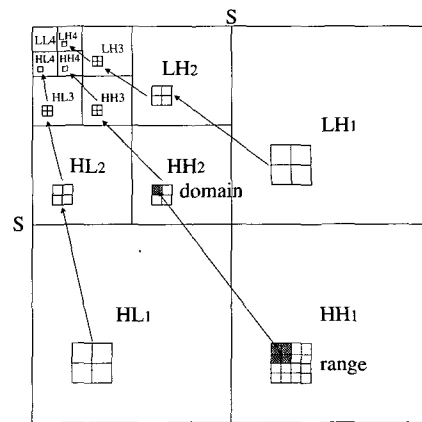
기존의 DWT 영역에서 웨이브릿 기반 프랙탈 영상압축은 전체 영상을 탐색함으로써 부호화 시간이 많이 소요되는 단점이 있었다. 그래서 제안한 방법은 웨이브릿 기반에서 SAS 기법을 도입하여 부호화 시간을 개선하였다. 제안한 방법은 먼저 LL영역을 제외한 나머

지 DWT 계수에 절대값을 취한 후, 임의의 임계치보다 작으면 그 DWT 계수값을 0으로 대체하고, 기존의 방법처럼 $B \times B$ 크기 블록 단위로 치역 블록과 정의역 블록을 구성한다. 정의역 블록과 치역 블록은 공간적으로 같은 위치에 존재하므로, SAS 기법을 이용하여 4개의 치역 블록들이 축소된 정의역 블록 1개에 선택하여 s 를 구함으로써 부호화가 이루어진다. s 를 구하는 방법은 수식 (8)에서 s 값이 최소가 될 때 근사화 오차가 최소가 되므로, $(d_i \cdot s - r_i)^2 = d_i^2 \cdot s^2 - 2d_i \cdot s \cdot r_i + r_i^2$ 에서 미분하여 0이 되는 s 를 구하면, 즉 $d(d^2(\hat{R}_i, R_i))/ds = 2d_i^2 \cdot s - 2d_i \cdot r_i = 0$ 에서 구하고자 하는 s 는 수식 (9)과 같다. 여기서 R_i 와 D_i 는 각각 치역 및 정의역 블록을 나타내며, 정의역과 치역이 공간적으로 같은 위치임을 나타낸다.

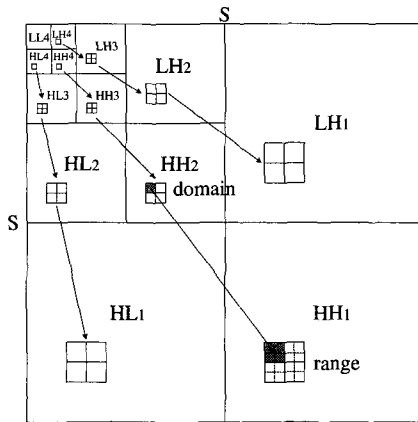
$$s = \frac{\sum_{i=2}^B r_i \cdot d_i}{\sum_{i=2}^B d_i^2}, \quad r_i \in R_i, \quad d_i \in D_i \quad (9)$$

그림 4(a)는 부호화 과정으로서 먼저 그림 3과 같이 기존의 방법으로 $B \times B$ 블록 단위로 치역 및 정의역 블록을 설정한다. 여기서 4회 분할하면 정의역과 치역은 8×8 블록이 된다. 부호화 과정은 하나의 치역 블록에 대해 전체 정의역 블록을 탐색하는 것이 아니라, SAS 기법을 이용하여 공간적으로 같은 위치에 있는 상위 레벨의 축소된 정의역 블록을 선택한다.(큰 그림 영역에서 설명하기 위해, HH1과 HH2 레벨에 나타내었음).

제안한 방법의 복호화 과정은 정의역과 치역이 공간적으로 같은 위치에 있으므로, 정의역 정보로부터 하위의 치역 블록들을 $B \times B$ 블록 단위로 복원한다. 즉, 그



(a) Encoding



(b) Decoding

그림 4. SAS기법을 이용한 알고리즘 (a)부호화 (b)복호화

Fig. 4. Algorithm using SAS method (a)Encoding (b)Decoding.

림 4(b)에서처럼 $B \times B$ 블록 단위로 정의역 블록(LH4, HH4, HL4~LH2, HH2, HL2) 정보에 부호화시 구해진 s 를 곱하여 치역 블록(LH3, HH3, HL3~LH1, HH1, HL1)을 복원한다. 이렇게 실험한 결과, SAS 기법에서처럼 부호화 속도는 개선되나 화질이 떨어지는 현상이 나타났다. 그래서 화질을 개선하기 위하여 다중 스케일 인자를 이용한 방법을 제안한다.

2. 다중 스케일 인자를 이용한 알고리즘

SAS 기법의 단점인 화질을 개선하기 위하여 각 레벨별로 다른 스케일 인자를 사용하는 알고리즘을 제안한다. 이와 같이 다중 스케일 인자를 사용함으로써 압축률이 낮아지므로, LL영역을 제외한 나머지 DWT 계수에 절대값을 취한 후, 임의의 임계치보다 작으면 그 DWT 계수 값을 0으로 대체한다. 그림 5에서처럼 4회 분할했을 때, LL4 영역은 그대로 두고, 첫 번째 정의역 D1(LH4, HH4, HL4)영역에서 DWT 계수가 0인 영역과 레벨 3(LH3, HH3, HL3)에서 0인 계수를 찾는다. 만약 레벨 3에서 DWT 계수가 0이면, 공간적으로 같은 위치에 있는 레벨 2, 레벨 1 위치에도 0을 대입한다. 그림 5에서 1, 2, 3 레벨의 ■ 표시는 DWT 계수가 0임을 의미한다.

다중 스케일 인자를 이용한 알고리즘은 $B \times B$ 블록 단위로 s 를 구하는 것이 아니라, 각 레벨별로 프랙탈 부호화한다. 이때 정의역 및 치역 블록의 구성은 각 레벨별로 이루어진다. 각 레벨별로 구성된 치역은 정의역

을 구하기 위하여 전체 정의역 블록을 탐색하는 것이 아니라, SAS 기법에서처럼 공간적으로 같은 위치에 있는 상위 레벨의 정의역을 선택한다. 그림 6에서 N-1 레벨의 치역 블록에 대한 정의역 블록은 공간적으로 같은 위치에 있는 N 레벨의 축소된 블록이 된다. 구체적으로 예를 들면, 레벨 2의 치역 블록에 대한 정의역 블록은 레벨 3의 축소된 블록이, 레벨 1의 치역 블록에 대한 정의역 블록은 레벨 2의 축소된 블록이 된다. 그림 6과 같이 정의역 및 치역 블록을 구성한 후, 부호화 과정은 그림 7(a)에 설명하였다.

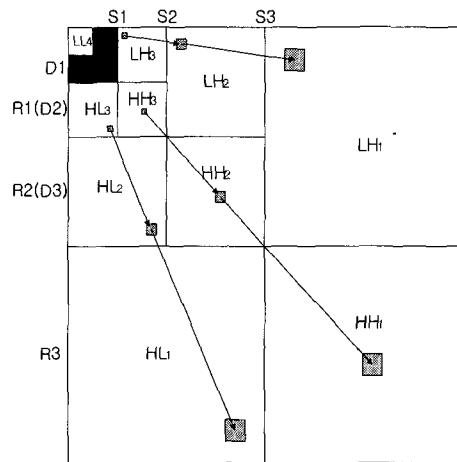
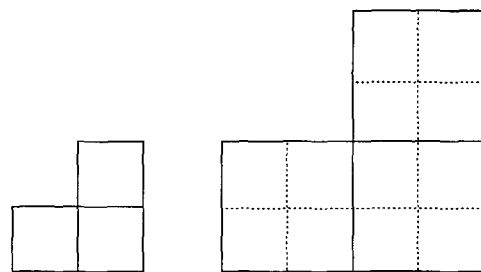


그림 5. DWT 계수가 0인 경우

Fig. 5. In the case of DWT coefficient is zero.



(a) Domain

(b) Range

그림 6. 정의역과 치역블록의 구성 (a)정의역(N 레벨) (b)치역(N-1레벨)

Fig. 6. Construct of the domain and range blocks (a)Domain(N level) (b)Range(N-1 level).

그림 7(a)에서 레벨 3의 치역(LH3, HH3, HL3)에 대한 정의역은 공간적으로 같은 위치의 상위 레벨인 레벨 4의 LH4, HH4, HL4블록이고, 이들 각각의 정의역 및 치역 블록에 대해 첫 번째 스케일 인자 s_1 을 구한

다. 같은 방법으로 레벨 2의 치역(LH2, HH2, HL2)에 대한 정의역은 상위 레벨인 레벨 3의 LH3, HH3, HL3 블록이고, 이들 각각의 정의역 및 치역 블록에 대해 두 번째 스케일 인자 s_2 을 구한다. 다음 하위의 레벨에 대해 같은 방법으로 정의역과 치역 사이의 스케일 인자 s_3 를 구함으로써 부호화가 이루어진다.

다중 스케일 인자를 이용한 알고리즘의 복호화 방법은 그림 7(b)에 나타내었고, SAS 기법을 이용한 알고리즘과 동일하다. 다만 차이점은 저주파 영역에서 고주파 영역으로의 누적오차를 줄이기 위해 각 레벨별로 서로 다른 s 를 적용하는 것이 다르다. 즉, 레벨 3의 치역 블록을 복호화 하기 위해, 부호화 과정에서 구해진

s_1 을 적용하여 레벨 3을 복원하고, 레벨 2는 s_2 , 레벨 1은 s_3 을 적용하여 복원한다. 이러한 구현의 목적은 일반적으로 DWT 영역에서 AC계수는 저주파 영역으로 갈수록 값이 크고, 고주파 영역으로 갈수록 값이 작기 때문에, 프랙탈 압축과정에서 저주파 영역에서의 오차가 고주파 영역으로 누적되는 누적오차를 감소하기 위함이다. 또 기존의 방법과의 큰 차이점은 점진적 전송이 가능하다. 즉, LL 영역이 우선적으로 전송되고, 그 다음 정의역 정보, s_1, s_2, s_3 순으로 전송이 가능하다.

만약 분할횟수가 3회이면, 스케일 인자는 s_1, s_2 로 2개, 5회 분할하면 스케일 인자는 s_1, s_2, s_3, s_4 로 4개가 된다.

IV. 모의실험 결과 및 고찰

실험에 사용한 영상은 512×512 8비트를 갖는 표준 영상들을 사용하였다. 그리고 임계치는 기존의 방법[10]과의 원만한 비교를 위하여, 기존 방법의 화질을 중심으로 15로 설정하였고, 9/7 쌍직교 웨이브릿을 사용하였다. 기존의 방법은 LL4 대역을 7비트/coeff., LH4, HH4, HL4 대역은 6비트/coeff., 스케일 인자 s 는 6비트로 모두 균등 양자화 하였다. 그러나 제안한 방법은 임계치보다 작은 0인 정보를 알기 위해, LH4, HH4, HL4 대역과 스케일 인자 s 는 7비트/coeff.로 할당하였다.

복원 영상의 화질을 나타내기 위한 PSNR(peak signal-to-noise ratio)은 식 (10)에 의해 구하였다. 식 (10)에서 $f(x, y)$ 및 $\hat{f}(x, y)$ 는 각각 원 영상의 화소 및 복원 영상의 화소를 나타내며, N^2 는 각 영상 내의 총 화소수이다.

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

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

표 1은 515×512 Lena 이미지에 대하여 임계치가 15일 때, 분할횟수에 따른 기존의 방법과 제안한 방법의 화소당 곱셈 계산량, 화질, 압축률 비교를 나타내었다. 기존의 방법과 제안한 방법의 곱셈 계산량을 비교했을 때, 제안한 방법은 탐색을 하지 않으므로 곱셈 계산량이 크게 감소하였다. 또, 각 레벨별로 다중 스케일 인자를 사용하여 프랙탈 압축함으로써, 큰 AC계수를 갖는 저주파 영역의 오차가 작은 계수를 갖는 고주파 영역

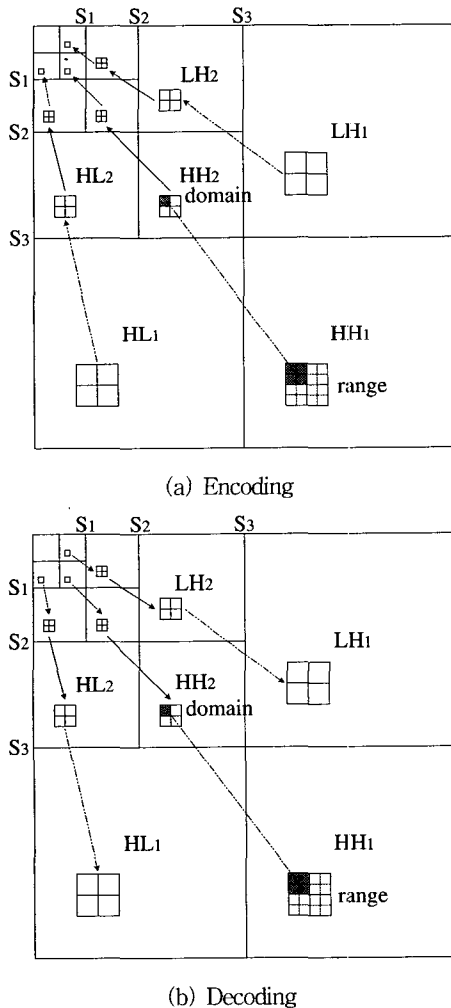


그림 7. 다중 스케일 인자를 이용한 알고리즘 (a)부호화 (b)복호화

Fig. 7. Algorithm using the multi-scale factor (a)Encoding (b)Decoding.

으로 누적되는 누적오차를 줄여 화질을 개선하였다. 또, 제안한 방법의 압축률이 기존의 방법보다 낮게 나오는 이유는 제안한 방법에서는 정의역과 치역 블록이 공간적으로 같은 위치에 존재하므로 기존의 방법처럼 별도의 정의역 정보가 필요 없고, 가중치가 높은 저주파 정보와 비교할 때 상대적으로 가중치가 낮은 고주파 영역 정보를 0으로 대체함으로써 압축률을 높였다.

분할횟수가 4회일 때, 비슷한 화질에서 제안한 방법의 화소당 곱셈 계산량은 대략 2000배, 압축률은 22.86:1에서 32.00:1로 향상되었다. 또, 분할횟수가 3회일 때, 제안한 방법의 압축률이 기존의 방법에 비해 상대적으로 낮은 이유는 분할횟수가 3회이면 레벨수가 2개이므로 적용된 s 는 s_1, s_2 밖에 없기 때문이다. 그리고 기존의 방법에서 분할횟수에 따라 화소당 곱셈 계산량, 화질, 압축률이 급격히 변화됨을 알 수 있다.

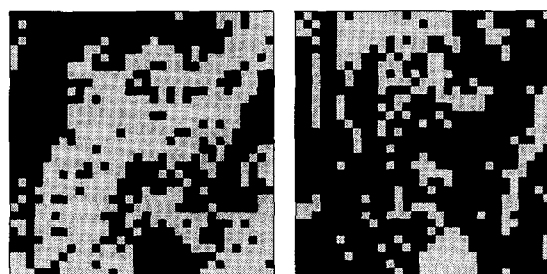
만약 표 1에서 기존의 방법처럼 분할횟수가 3회일 때 화질을 높이거나, 분할횟수가 5회일 때처럼 압축률을 높이려면 제안한 방법은 표 2에서처럼 임계치로서 조절이 가능하다. 표 2는 제안한 방법에 있어서 임계치에 따른 화질, DWT 계수가 0인 수, 압축률을 나타내었다. 임계치가 15일 때 제안한 방법의 화질이 기존의 방법과 비슷하였다. 임계치가 15일 때, 화질은 32.84dB 이었고, 첫 번째 정의역 D1(LH4, HH4, HL4-그림 5에서)의 DWT 계수가 0인 수는 1,275개, 레벨 3(LH3, HH3, HL3)에서는 2,081로 나타났으며, 압축률은 32.00:1(0.25 bpp)이었다. 임계치가 커질수록 화질은 떨어지지만, 정의역 영역과 각 레벨에서의 DWT 계수가 0인 개수가 증가하여 압축률이 높아졌다.

그럼 8은 4회 분할했을 때, 임계치가 15인 경우 Lena 이미지에 대해 그림 5에서 정의역(D1)에 대한 DWT 계수가 0인 경우를 나타내었다. 여기서 하얀 블록(□)이 DWT 계수가 0인 경우이며, HH4 영역에서는 0인 계수가 516개, HL 영역에서 279개, LH 영역에서 480개

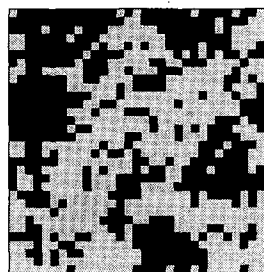
로 전체 개수는 1,275개였다.

표 2. 임계치에 따른 화질과 압축률 비교
Table 2. Comparison of PSNR and the compression ratio for the threshold.

Threshold	PSNR[dB]	Domain zero	Level zero	압축률
5	34.23	612	1,004	22.22 : 1
10	33.48	1,004	1,704	27.59 : 1
15	32.84	1,275	2,081	32.00 : 1
20	32.23	1,472	2,372	36.36 : 1
30	31.22	1,740	2,774	47.06 : 1



(a) HH4 (516 pixel) (b) LH4 (279 pixel)



(c) HLA (480 pixel)

그림 8. 정의역 DWT 계수가 0인 이미지(a)HH4 영역 (b)LH4 영역 (c)HLA 영역

Fig. 8. Image that DWT coefficient of the domain is zero (a)HH4 region (b)LH4 region (c)HLA region.

표 1. 분할횟수에 따른 곱셈 계산량, 화질, 압축률 비교

Table 1. Comparison of the computational complexity, PSNR and compression ratio for a partition number(for thr.=15).

분할 횟수	기존의 방법			제안한 방법		
	곱셈계산량 [Mul./pel]	PSNR[dB]	압축률	곱셈계산량 [Mul./pel]	PSNR[dB]	압축률
3	65,792	39.14	5.25 : 1	2.32	34.58	20.00 : 1
4	2,064	32.30	22.86 : 1	1.01	32.84	32.00 : 1
5	65	27.50	100.00 : 1	0.17	31.52	66.67 : 1

표 3은 분할횟수가 4회일 때, 다른 512×512 표준영상에 대하여 기존의 방법과 제안한 방법의 화질, 부호화시의 화소당 곱셈 계산량, 압축률 비교를 나타내었다. 전체적으로 표1에서처럼 기존의 방법보다 압축률과 곱셈 계산량이 개선되었고, 제안한 방법이 다른 표준영상들에 대해서도 타당하였다. 특히, Bridge 영상처럼 복잡한 영상에 대해 압축률은 떨어지지만 레벨별로 프랙탈 부호화함으로써 상대적으로 좋은 화질을 보였다. Bridge 영상에 대하여 임계치를 30으로 했을 때, 정의역 영역 및 각 레벨에서 DWT 계수가 0가 되는 개수는 914개와 1192개이고, 압축률은 23.53:1, PSNR은 25.62[dB]로서 제안한 방법이 더 나은 결과를 보였다.

V. 결론

기존의 웨이브릿 기반 프랙탈 영상 압축은 부호화 과정에서 각각의 치역에 대해 최적의 정의역을 찾기 때문에 많은 시간이 소요되었고, 상대적으로 가중치가 낮은 고주파 정보를 저주파와 같이 취급함으로써 부호화 효율이 낮았었다. 그래서 본 논문에서는 부호화 과정에서 정의역 탐색시간이 필요 없는 SAS 기법과 이의 단점인 화질을 개선하기 위해 각 레벨별로 다중 스케일 인자를 사용하는 알고리즘을 제안하였다. 또 가중치가 낮은 고주파 정보를 효율적으로 부호화하여 압축률을 개선하였다.

웨이브릿 변환 기반 프랙탈 압축 과정에서 저주파의 큰 AC 계수가 고주파의 작은 AC계수 쪽으로 누적되는 누적오차를 줄이기 위해, 각 레벨별로 부호화함으로써 누적오차를 줄여 화질을 개선하였고, 점진적 전송이 가능한 알고리즘을 제안하였다.

표 3. 영상에 따른 화질, 압축률, 곱셈 계산량 비교(임계치=15)

Table 3. Comparison of PSNR, compression ratio, computational complexity for the 512×512 image(thr.=15).

영상	기존의 방법			제안한 방법				
	PSNR[dB]	압축률	곱셈계산량 [Mul./pel]	PSNR[dB]	압축률	곱셈계산량 [Mul./pel]	Domain zero	Level zero
Boat	29.47	22.86:1	2,064	30.24	29.06:1	1.15	2149	1804
Bridge	24.35	22.86:1	2,064	27.85	19.00:1	1.87	493	344
Pepper	31.29	22.86:1	2,064	31.46	28.51:1	1.13	980	1839
Goldhill	29.29	22.86:1	2,064	31.20	23.19:1	1.50	899	1101

분할횟수가 4회일 때 Lena 영상에 대하여, 부호화시 화소당 곱셈 계산량이 기존의 방법은 2,064회, 제안한 방법은 1.01회로서 곱셈 계산량이 2000배정도 감소되어 고속 부호화를 가능하게 하였고, 기존의 방법과 비슷한 화질에서 압축률은 22.86:1에서 32.00:1로 향상되었다. 그리고 다른 표준영상에 대해 제안한 알고리즘이 타당성을 확인하였으며, 화질에는 영향을 미치지 않고 부호화 시간과 압축률을 개선하였다.

참고 문헌

- [1] M. Antonini, M. Barlaud and I. Daubechies, "Image coding using wavelet transform", *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 1, no. 2, pp. 244~250, Apr. 1992.
- [2] S. G. Mallat, "A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation", *IEEE Trans. of PAMI*, vol. 11, no. 7, pp. 674~693, Jul. 1989.
- [3] G. Strang and T. Nguyen, *Wavelet and Filter Banks*, Wellesley-Cambridge Press, 1996.
- [4] A. E. Jacquin, "Image Coding Based on a Fractal Theory of Iterated Contractive Image Transforms", *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 1, no. 1, pp. 18~30, Jan. 1992.
- [5] Z. Baharav, D. Malah and E. Karnin, "Hierarchical interpretation of fractal image coding and its application to fast decoding", *Proc. Digital signal Processing Conference*, Cyprus, pp. 190~195, Jul, 1993.

- [6] G. E. Oien and S. Lepsoy, "Fractal Based Image Coding with fast Decoder Convergence", *Signal Processing*, no. 40, pp. 105~117, 1994.
- [7] J. Domaszewicz and V. A. Vaishampayan, "Graph-theoretical analysis of the fractal transform", *Proc. of ICASSP '95*, vol. 4, pp. 2559~2562, 1995.
- [8] Y. Fisher, *Fractal Image Compression: Theory and Application to Digital Images*, Springer Verlag, New York, 1994.
- [9] D. M. Monro and F. Dudbridge, "Fractal Approximation of Image Blocks", *IEEE ICASSP*, pp.III-485~488, 1992.
- [10] H. Krupnik, D. Mallah and E. Karnin, "Fractal representation of Image via the Discrete Wavelet transform", in *IEEE 18th Conv. of EE Israel, in Tel-Aviv*, Mar. 1995.

저 자 소 개



鄭 泰 一(正會員)

1994년 2월 부경대학교 전자공학과 (공학사). 1997년 2월 부경대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1999년 8월 부경대학교 대학원 박사과정 수료. 2000~현재 동명정보대학교 정보통신과 전임강사(기간제), 주관심

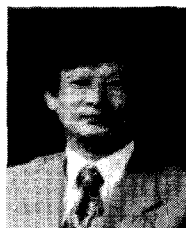
분야 : 영상신호처리, 멀티미디어 통신



姜 競 遠(正會員)

1996년 2월 부경대학교 전자공학과 (공학사). 1998년 2월 부경대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1998년~현재 부경대학교 대학원 박사과정 재학중. 1998년 3월~1999년 8월, 미국 Jackson State University 연

구원. 주관심 분야 : 영상신호처리, 멀티미디어 통신



文 光 碩(正會員)

1979년 2월 경북대학교 전자공학과 (공학사). 1981년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1989년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과(공학박사). 1988년 1월~12월 일본 동경대학교 공학부 연구원.

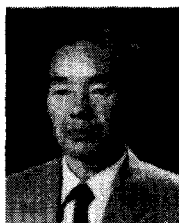
1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State University 객원교수. 1990년~현재 부경대학교 전자공학과 교수. 주관심 분야 : 영상신호처리, 적응신호처리, 멀티미디어 통신 등



權 寄 龍(正會員)

1986년 2월 경북대학교 전자공학과 (공학사). 1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1994년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사). 1996년~현재 부산외국

어대학교 전자공학과 조교수. 주관심 분야 : 영상신호처리, 적응신호처리, 능동잡음제거 등



金 汶 洙(正會員)

1963년 2월 전남대학교 공과대학 (공학사). 1981년 2월 동아대학교 대학원 전자공학과 (공학석사). 1987년 2월 동아대학교 대학원 전자공학과 (공학박사). 현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수. 주관심

분야 : 신호처리, 회로 및 통신 시스템 등