

# SAS 기법을 이용한 웨이브릿 변환 기반 프랙탈 영상 압축

## The Fractal Image Compression Based on the Wavelet Transform Using the SAS Techniques

정 태일, 강 경원, 문 광석, 권 기룡, 류 권열

Tae-il Jeong, Kyung-won Kang, Kwang-seok Moon,  
Ki-ryong Kwon, Kwon-yeol Ryu

### 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) 기법을 이용한 웨이브릿 변환 기반 프랙탈 영상 압축 방법을 제안한다. 웨이브릿 변환영역에서 정의역과 치역을 구성하고, 각각의 정의역과 치역에 대해 모든 블록을 탐색하는 것이 아니라, 공간적으로 같은 위치에 있는 블록을 정의역으로 선택한다. 이와 같이 웨이브릿 변환 영역에 정의역 탐색과정이 필요 없는 SAS 기법을 도입하여 부호화 과정에서 곱셈 계산량을 감소시켜 고속 부호화를 가능하게 하였다. 그리고 복호화 과정에서 각 레벨과 서브-트리 별로 서로 다른 스케일 인자를 사용하여 압축률과 화질을 조절할 수 있다.

### Abstract

The conventional fractal image compression based on wavelet transform has the disadvantage that the encoding takes many time, since it finds the optimum domain for all the range blocks. In this paper, we propose the fractal image compression based on wavelet transform using the SAS(Self Affine System) techniques. It consists of the range and domain blocks in the wavelet transform, and the range blocks select the domain which is located the relatively same position. In the encoding process, the proposed methods introduce SAS techniques that the searching process of the domains blocks is not required. Therefore, it can perform a fast encoding by reducing the computational complexity. And, the image quality is improved using the different scale factors for each level and the sub-tree in the decoding. As a result, the image quality and the compression ratio are adjustable by the scale factors.

**Keywords** : Wavelet transform, the fractal image compression, SAS techniques

### I. 서론

멀티미디어 정보 중에서 전달 효과가 가장 큰 영상정보는 정보량이 방대하므로, 이를 제한된 전송채널이나 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 떨어

지는 단점이 있다. DCT의 단점을 해결하기 위해, 이산 웨이브릿 변환(DWT : Discrete Wavelet Transform) 영역에서의 영상압축 방법이 제안되었다<sup>[1-3]</sup>. 이 방법은 기저벡터로 분할한 다해상도 영상에서 부호화함으로서 높은 압축률에서도 복원된 영상의 블록킹 현상을 제거시킨다.

프랙탈 영상압축은 원 영상을 치역 블록과 정의역 블록으로 분할한다. 그래서 이 블록을 가장 잘 근사화 하는 정의역 블록의 축소변환 계수를

부호화 한다<sup>[4-9]</sup>. 이러한 부호화 과정에서 치역 블록내의 계수들을 가장 잘 근사화하는 정의역 블록을 찾는 탐색과정에서 많은 시간이 필요하여, 실시간 부호화가 어려우며, 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<sup>[9]</sup>.

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<sup>[10]</sup>이 제안한 웨이브릿 기반 프랙탈 영상압축 방법들은 부호화과정에서 최적의 정의역을 찾기 위하여 탐색과정이 필요하므로 부호화 과정에 많은 시간이 소요되는 단점이 있다.

본 논문에서는 프랙탈 부호화 과정에서 정의역 블록 탐색과정에 소요되는 시간을 개선하기 위해, 웨이브릿 변환영역에서 SAS 기법을 이용한 웨이브릿 변환 기반 프랙탈 영상압축 방법을 제안한다. 웨이브릿 변환영역에서 정의역과 치역을 구성하고, 각각의 정의역과 치역에 대해 모든 블록을 탐색하는 것이 아니라, 각 대역별로 공간적으로 같은 위치에 있는 블록을 정의역으로 선택한다. 이와 같이 SAS 프랙탈 영상 압축 방법을 도입하여, 부호화 과정에서 곱셈 계산량을 감소시켜 고속 부호화를 가능하게 하고, 복호화 과정에서 레벨과 서브-트리별로 다른 스케일 인자를 사용하여 SAS 기법의 단점인 화질 개선이 가능한 알고리즘을 제안한다.

## II. 이론적 배경

### 2.1 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

$$Wf(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dx \quad (2)$$

로 정의한다. 여기서 매개변수  $a, b$ 가 정수일 때 이산 웨이브릿 변환이라고 한다.

### 2.2 프랙탈 영상 압축

프랙탈 영상의 부호화 과정은 부호화 하고자 하는 영상과 동일한 영상을 치역 및 정의역으로 각각 설정한 후 전체와 부분과의 유사성을 잘 반영할 수 있도록 먼저 영상을 분할하여야 한다. 일반적으로 치역 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 치역 블록의 4배이므로 공간 영역에서의 축소율은 1/4로 결정된다. 하나의 치역 블록에 대한 변환 계수를 구하는 과정은 임의의 정의역 블록에 대해서 계조도 변화량  $s$  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 계조도 변화량  $s$ , 밝기 조절값  $o$ 를 구하는 과정은 식 (3)과 같이 평균자승오차  $E$ 가 주어지며,  $\frac{\partial E}{\partial s} = 0$  과  $\frac{\partial E}{\partial o} = 0$  를 만족하는  $s, o$  를 구한다. 이 식을 정리하면 식 (4), (5)과 같다.

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

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

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

여기서  $r_k$  및  $d_k$ 는 치역 및 축소 정의역 블록내의 화소값이며,  $n$ 은 블록내의 화소들 수이다. 이러한 과정을 매 치역 블록마다 모든 정의역 블록에 대하여 수행한 다음, 오차가 가장 작은 정의역 블록의 인덱스와 그 때의 변환 계수들을 구함

으로써 부호화가 이루어진다

Monro 등<sup>[9]</sup>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 떨어진다는 것이다.

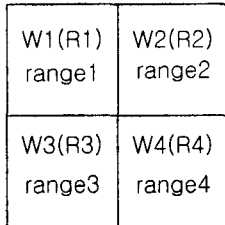


그림 1. SAS 기법  
Fig. 1. SAS techniques.

2.3 기존의 웨이브릿 변환 기반 프랙탈 영상압축

Krupnik 등<sup>[10]</sup>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 부호화함으로서 DWT 영역에서 자기 유사성을 찾아 부호화 하는 방법을 제안하였다.

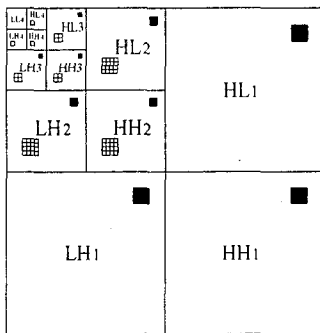


그림 2. 웨이브릿 변환 기반 프랙탈 영상 압축(분할횟수=4)

Fig. 2. The fractal image compression based on the wavelet transform(partition=4).

그림 2는 4회 분할했을 때, DWT 공간영역에서 정의역 블록(□)과 치역 블록(■)을 나타내었다. 정의역 블록은 LL4를 제외한 LH4, HH4, HL4에

서부터 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 분할 횟수는  $L+1$ 회 분할한다.  $B$ 는 정의역 블록과 치역 블록의 크기이며, 이들 블록들은 공간적으로 같은 위치에 존재하고, 이 AC계수들을 묶은 블록 ( $B \times B$ )을 그림 3에 나타내었다. 여기서 분할 횟수가 3회이면  $B$ 는 4, 4회이면  $B$ 는 8, 5회이면  $B$ 는 16이 된다.

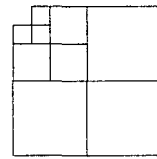


그림 3. DWT영역에서  $B \times B$  크기를 갖는 정의역 및 치역 블록

Fig. 3. The range and domain blocks with  $B \times B$  size in the DWT.

구체적으로 DWT 영역에서 정의역과 치역 블록의 분류 및 구성 예를 그림 4, 5에서 보충 설명하였다. (그림에서 글자의 크기관계상 3회 분할하였음). 정의역의 구성은 레벨 3부터 레벨 2까지 공간적으로 같은 위치에 있는 1개의 AC 계수 값(1개의 화소에 해당 함)들을 모으면 그림 5(a)와 같은  $4 \times 4$  정의역 블록이 만들어진다.

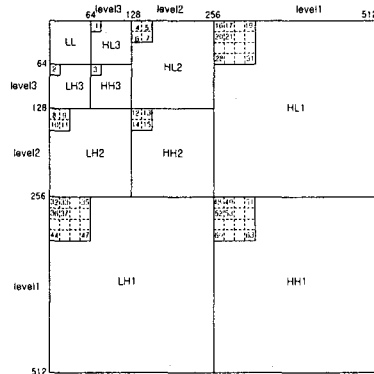


그림 4. 정의역 및 치역 블록의 분류  
Fig. 4. Classification domain and range blocks.

치역 블록의 구성은 레벨 2부터 레벨 1까지 정의역과 마찬가지로 공간적으로 같은 위치에 있는 1개의 AC 계수 값(1개의 화소에 해당 함)들을 모으면 그림 5(b)와 같은  $4 \times 4$  치역 블록이 만들어진다. 여기서 분할횟수가 3회이므로 정의역 및 치역 블록의 크기는  $4 \times 4$ 가 된다.

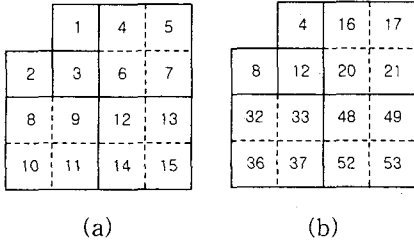


그림 5. 정의역 블록과 치역 블록의 구성  
(a)정의역 블록 (b)치역 블록

Fig. 5. Construction of domain and range blocks (a)domain block (b)range block.

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

$$d^2(\hat{R}_i, R_i) = \sum_{\text{for all } i} (r_i - s_i \cdot d_i)^2 \quad (6)$$

$r_i \in R_i, d_i \in D_i$

과 같고, DWT 영역에서 치역과 정의역 블록의 AC 성분에 해당하는 고주파 부대역의 DWT 계수들에 대한 프랙탈 코드는 수식 (6)을 최소화하는 스케일 인자  $s$ 와 정의역 블록의 위치 정보이다. 여기서  $r_i$ 와  $d_i$ 는 각각 치역 및 정의역 블록의 AC 계수 값을 나타낸다.

### III. 제안한 압축 방법

본 논문에서는 웨이브릿 변환 상태에서 동일한 공간 위치에 대응되는 서로 다른 부대역간의 DWT 계수들을 묶은 다음, 치역 블록과 정의역 블록을 구성한다. 각각의 치역 블록과 정의역 블록에 대하여 모든 정의역 블록을 탐색하는 것이 아니라, SAS 기법을 이용하여 정의역 블록 탐색 없이, 각 대역별로 공간적으로 같은 위치에 있는 블록을 정의역으로 선택한다. 그래서 부호화 과정에서 곱셈 계산량을 감소시켜 고속 부호화를 가능하게 하고, 복호화 과정에서 각 레벨과 서브-트리별로 서로 다른 스케일을 사용하여 화질이 개선되는 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법은 3가지이며, 첫 번째 방법은 DWT 영역에서 SAS 기법만을 도입하여 부호화 과정에서의 곱셈 계산량을 개선한 방법이고, 두 번째 방법은 SAS 기법의 단점인 화질을 개선하기 위해, 첫 번째 방법에서 레벨별로  $s$ 를 구한 방법이다. 세 번째 방법은 화질을 더욱 개선하기 위해, 두 번째 방법에서 서브-트리별로  $s$ 를 구하는 것을 추가한 방법이다. 이와 같이 두 번째, 세 번째 방법을 통해 압축률과

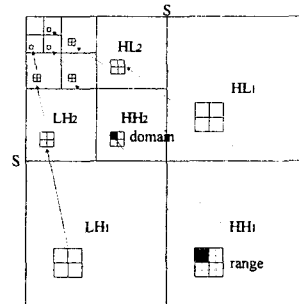
화질을 스케일 인자로서 조절 가능함을 보인다.

#### 3.1 제안한 방법 1

제안한 방법의 첫 번째 부호화 과정은 DWT 계수에 절대값을 취한 후, 기존의 방법처럼  $B \times B$  크기 블록 단위로 치역 블록과 정의역 블록을 구성한다. 정의역 블록과 치역 블록은 공간적으로 같은 위치에 존재하므로, 4개의 치역 블록들이 축소된 정의역 블록 1개에 선택하여  $s$ 를 구함으로써 부호화가 이루어진다.  $s$ 를 구하는 방법은 수식 (6)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  $d(d^2(\hat{R}_i^H, R_i^H))/ds = 2d_i^2 \cdot s - 2d_i \cdot r_i = 0$ 에서 구하고자하는  $s$ 는 수식 (7)과 같다. 여기서  $R_i$ 와  $D_i$ 는 각각 치역 및 정의역 블록을 나타낸다.

$$s = \frac{\sum_{\text{for all } i} r_i \cdot d_i}{\sum_{\text{for all } i} d_i^2} \quad r_i \in R_i, d_i \in D_i \quad (7)$$

그림 6(a)는  $B \times B$  블록 단위로 SAS 기법을 이용하여 상위 레벨의 축소된 정의역 블록을 선택하는 과정을 나타내었다.(큰 그림 영역에서 설명하기 위해, HH1과 HH2 레벨에 나타내었음). 제안한 첫 번째 방법의 복호화 과정은 정의역과 치역이 공간적으로 같은 위치에 있으므로, 정의역 정보로부터 하위의 치역 블록들을  $B \times B$  블록 단위로 복원한다. 즉, 그림 6(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 화질이 떨어지는 현상이 나타났다. 그래서 화질을 개선하기 위하여 두 번째 방법을 제안한다.



(a) encoding

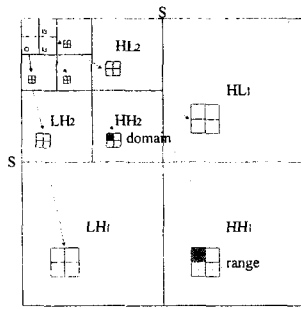


그림 6. 제안한 방법 1의 부호화 및 복호화 (a)부호화 (b)복호화

Fig. 6. The encoding and decoding of the proposed method 1 (a)encoding (b)decoding.

3.2 제안한 방법 2

두 번째 방법은 첫 번째 방법에서처럼  $B \times B$  블록 단위로  $s$ 를 구하는 것이 아니라, 각 레벨별로 프랙탈 부호화한다. 이때 정의역 및 치역 블록의 구성은 각 레벨별로 이루어진다. 그림 7에서 레벨 3의 치역 블록에 대한 정의역 블록은 공간적으로 같은 위치에 있는 레벨 4의 축소된 블록이 된다. 같은 방법으로 레벨 2의 치역 블록에 대한 정의역 블록은 레벨 3의 축소된 블록이, 레벨 1의 치역 블록에 대한 정의역 블록은 레벨 2의 축소된 블록이 된다. 그림 7과 같이 정의역 및 치역 블록을 구성한 후, 부호화 과정은 그림 8(a)에 설명하였다. 그림 8(a)에서 레벨 3 치역(LH3, HH3, HL3)에 대한 정의역은 공간적으로 같은 위치의 상위 레벨인 레벨 4의 LH4, HH4, HL4 블록이고, 이들 각각의 정의역 및 치역 블록에 대해 첫 번째 스케일 인자  $s_1$ 을 구한다. 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  $s$ 를 구함으로써 부호화가 이루어진다.

제안한 두 번째 방법의 복호화 방법은 그림 8(b)에 나타내었다. 정의역은 그림 7의(a)와 같고, 치역은 그림 7의 (b)와 같으며, 복호화 방법은 첫 번째 복호화 방법과 동일하다. 다만 차이점은 저

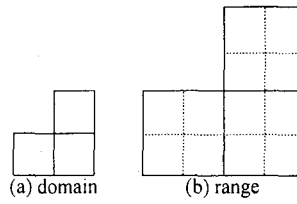
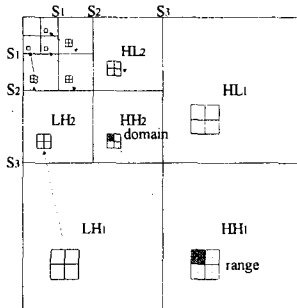


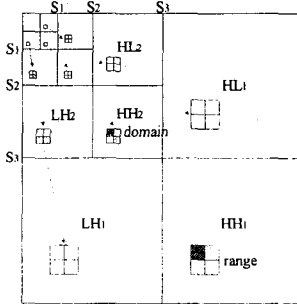
그림 7. 제안한 방법 2의 정의역 및 치역 블록 (a)정의역 (b)치역

Fig. 7. The domain and range blocks of the proposed method 2(a)domain (b)range.

주파 영역에서 고주파 영역으로의 누적오차를 줄이기 위해 각 레벨별로 서로 다른  $s$ 를 적용하는 것이 다르다. 즉, 레벨 3의 치역 블록을 복호화하기 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.



(a) encoding



(b) decoding

그림 8. 제안한 방법 2의 부호화 및 복호화 (a)부호화 (b)복호화

Fig. 8. The encoding and decoding of the proposed method 2(a)encoding(b)decoding.

3.3 제안한 방법 3

제안한 방법 3은 SAS 기법의 단점인 화질을 더욱 개선하기 위하여 레벨별로 부호화 하는 제안한 방법 2에 서브-트리별로 부호화하는 알고리즘을 추가한 방법이다. 즉, 제안한 방법 2는 레벨별로 오차는 줄였지만, 서브-트리별로는 오차를 많이 줄이지 못하였다. 그래서 DWT 영역에서 그림 9와 같이 정의역 및 치역 블록을 구성하여 레벨과 서브-트리를 동시에 고려하였다. 그림 9에서  $i$ 는 레벨을 나타낸다.

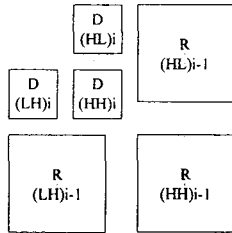


그림 9. 제안한 방법 3의 정의역 및 치역 블록  
Fig. 9. The domain and range blocks of the proposed method 3.

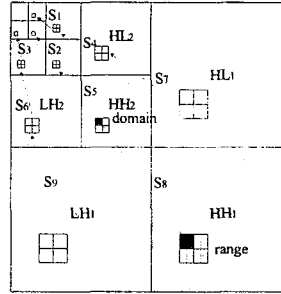
그림 10은 그림 9와 같이 정의역 및 치역 블록을 구성한 후, 각각의 치역 블록에 대해 정의역 블록 선택 과정을 설명한다. 예를 들면, 그림 9에서  $i$ 가 2일 때,  $s_8$ 은 그림 10에서 회색으로 표시된 치역 블록  $HH1$ 의 정의역은  $HH2$ 의 회색 표시된 정의역 블록을 선택한다. 복호화 과정은 방법 1,2에서처럼 부호화 과정에서 구해진  $s$ 들을 적용하여 복호화 한다.

이와 같이 DWT 영역에서 레벨과 서브-트리를 동시에 고려하여 부호화함으로써, 각 레벨과 서브-트리별로 오차를 줄여서 화질을 개선할 수 있다. 그러나 이 과정에서 사용된  $s$ 가 많아지므로 압축률(화소당 비트 수)은 높아지는 단점이 있다. 이처럼 제안한 방법 1에서처럼  $s$ 가 적어지면 압축률은 높아지지만 화질은 떨어지고, 방법 3에서처럼  $s$ 가 많아지면 압축률은 떨어지지만 화질은 좋아진다. 그래서 압축률과 화질은 스케일 인자  $s$ 로서 조절 가능하다.

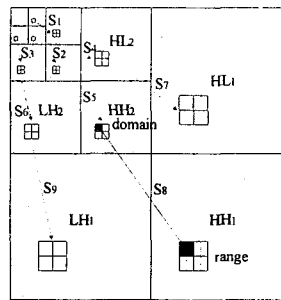
IV. 모의실험 및 결과

실험에 사용한 영상은  $512 \times 512$  8비트를 갖는 표준 영상들을 사용하였다. 그리고 기존의 방법<sup>[10]</sup>과의 원만한 비교를 위하여, 화질과 압축률에 관계되는 요소들은 기존의 방법과 같은 비트 수로

서 할당하였다.



(a) encoding



(b) decoding

그림 10. 제안한 방법 3의 부호화 및 복호화  
(a)부호화 (b)복호화

Fig. 10. The encoding and decoding of the proposed method 3(a)encoding (b)decoding.

9/7 쌍직교 웨이브릿을 사용하였고,  $LL4$  대역은 7비트/coeff,  $LH4, HH4, HL4$  대역은 6비트/coeff, 스케일 인자  $s$ 는 6비트로 모두 균등 양자화 하였다. 그리고 압축률은  $(bpp)=(\text{변환된 정보})/(\text{원 영상})$  수식을 사용하여 계산하였으며, 이 값이 작을수록 압축률은 높다. 복원 영상의 화질을 나타내기 위한  $PSNR$  (peak signal-to-noise ratio)은 식 (8)에 의해 구하였다. 식 (8)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.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[ \frac{255^2}{MSE} \right] \quad (8)$$

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

표 1은  $515 \times 512$  Lena 이미지에 대하여 분할횟수에 따른 기존의 방법과 제안한 방법들의 화소당 곱셈 계산량,  $PSNR$ , 압축률 비교를 나타내었다. 기존의 방법과 제안한 방법들의 곱셈 계산량

을 비교했을 때, 제안한 방법들의 곱셈 계산량이 크게 감소하였다. 제안한 방법 2와 3에서처럼 각 레벨과 서브-트리별로 프랙탈 압축함으로써, 큰 AC계수를 갖는 저주파 영역의 오차가 작은 계수를 갖는 고주파 영역으로 누적되는 누적오차를 줄여 화질을 개선하였다. 또, 제안한 방법 1의 압축률(bpp)이 기존의 방법보다 낮게 나오는 이유는 제안한 방법에서는 정의역과 치역 블록이 공간적으로 같은 위치에 존재하므로, 기존의 방법처럼 별도의 정의역 정보가 필요 없기 때문이다. 또, 분할 횟수가 3회일 때, 제안한 방법 2의 압축률이 기존의 방법에 비해 상대적으로 낮은 이유는 분할 횟수가 3회이면 레벨수가 2개이므로 적용된  $s$ 는  $s_1, s_2$ 밖에 없기 때문이다. 그리고 제안한 방법 2, 3에서처럼 압축률과 화질을 스케일 인자로서 조절 가능함을 알 수 있다.

그림 11은 분할횟수가 4회일 때, 각각 기존의 방법과 제안한 방법 2, 3에 의해 복원한 영상을 나타낸다. 기존의 방법은 PSNR이 32.30[dB]이었으며, 제안한 방법 2는 31.05[dB], 제안한 방법 3은 35.97[dB]로서 기존의 방법과 비교했을 때, 제안한 방법 2는 1.25[dB] 감소하였고, 제안한 방법 3은 3.67[dB] 증가하였다. 제안한 방법 2의 PSNR이 1.25[dB] 감소하였지만, 부호화 과정에서 곱셈 계산량이 기존의 방법은 화소당 2096.76회, 제안한 방법 2는 2.08회로서 약 1000배 정도 개선되었다.



(a) 32.30[dB] (b) 31.05[dB] (c) 35.97[dB]  
그림 11. 복원영상들 (a) 기존의 방법 (b) 제안한 방법 2 (c) 제안한 방법 3

Fig. 11. Reconstructed images (a)Conventional method (b)Proposed method 2 (c)Proposed method3.

그림 12는 기존의 방법과 제안한 방법들의 압축률 비교를 나타내었다. 제안한 방법 1은 별도의 정의역 정보가 필요 없기 때문에 기존의 방법보다 압축률이 낮았고, 제안한 방법 2는 기존의 방법과 비슷하였다. 그러나 제안한 방법 3은 레벨과 서브-트리별로  $s$ 가 추가됨으로서 압축률이 높아지는 단점을 보였다.

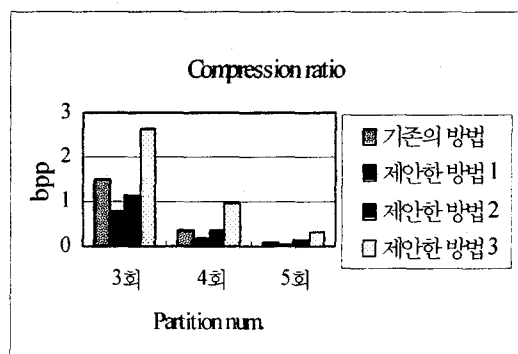


그림 12. 압축률 비교

Fig. 12. Comparison of compression ratio.

표 2는 분할 횟수가 4회일 때, 다른  $512 \times 512$  표준 영상에 대하여 기존의 방법과 제안한 방법들의 PSNR 및 부호화시의 화소당 곱셈 계산량을 비교하였다. 전체적으로 표 1에서처럼 제안한 방법들이 기존의 방법보다 곱셈 계산량이 약 1000배 정도 개선되었고, 제안한 방법들이 다른 표준 영상들에 대해서도 타당하였다. 특히 제안한 방법 3은 기존의 방법처럼  $B \times B$  크기 블록단위가 아니라, 레벨과 서브-트리별로  $s$ 를 구하기 때문에 Bridge 영상처럼 복잡한 영상에 대해 상대적으로 좋은 화질을 보였다.

## V. 결론

기존의 웨이브릿 기반 프랙탈 영상 압축은 부호화 과정에서 각각의 치역에 대해 최적의 정의역을 찾기 때문에 많은 시간이 소요되었다. 그래서 본 논문에서는 부호화 과정에서 정의역 탐색 시간이 필요 없는 SAS 기법을 이용한 웨이브릿 기반 프랙탈 영상 압축 방법을 제안하였다. 분할 횟수가 4회일 때, 부호화시 화소당 곱셈 계산량이 기존의 방법은 2096.76회, 제안한 방법 1은 2.05회, 제안한 방법 2는 2.08회, 제안한 방법 3은 2.17회로서, 곱셈 계산량을 약 1000배로 감소시켜 고속 부호화를 가능하게 하였다.

웨이브릿 변환 기반 프랙탈 압축 과정에서 저주파의 큰 AC 계수가 고주파의 작은 AC계수 쪽으로 누적되는 누적오차를 줄이기 위해, 각 레벨과 서브-트리별로 부호화함으로써 누적오차를 줄여 화질을 개선하였고, 압축률과 화질을 스케일 인자로서 조절 가능함을 제안하였다.

표 2. 영상에 따른 PSNR, 곱셈 계산량 비교(4회 분할)

Table 2. Comparison of PSNR, computational complexity for the 512×512 image (part.=4).

영 상	기존의 방법		제안한 방법 1		제안한 방법 2		제안한 방법 3	
	PSNR [dB]	곱셈 계산량 [Mul./pel]	PSNR [dB]	곱셈 계산량 [Mul./pel]	PSNR [dB]	곱셈 계산량 [Mul./pel]	PSNR [dB]	곱셈 계산량 [Mul./pel]
Boat	29.47	2096.76	26.10	2.05	27.79	2.08	33.11	2.17
Bridge	24.35	2096.76	22.78	2.05	24.17	2.08	28.05	2.17
Pepper	31.29	2096.76	27.69	2.05	29.20	2.08	33.05	2.17
Goldhill	29.29	2096.76	27.61	2.05	28.95	2.08	32.98	2.17

접수일자 : 2000. 9. 7 수정완료 : 2000. 12. 21

본 논문은 1999년도 부경대학교 기성회 연구지원 사업에 의한 결과임

참 고 문 헌

[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.





정태일(Tae Il Jeong)

準會員

1994 부경대학교 전자공학과  
(공학사)

1997 부경대학교 대학원 전자공  
학과(공학석사)

1999 8월 부경대학교 대학원  
박사과정 수료

2000~현재 동명정보대학교 정보통신과 강의전담  
교수

주관심 분야 : 영상신호처리, 멀티미디어 통신



권기룡(Ki Ryong Kwon),

正會員

1986 경북대학교 전자공학과  
(공학사)

1990 경북대학교 대학원 전자공  
학과(공학석사)

1994 경북대학교 대학원 전자공  
학과(공학박사)

1996~현재 부산외국어대학교 전자공학과 조교수

주관심 분야 : 영상신호처리, 적응신호처리  
능동잡음제거 등



강경원(Kyung Won Kang)

準會員

1996 부경대학교 전자공학과  
(공학사)

1998 부경대학교 대학원 전자공  
학과(공학석사)

1998~현재 부경대학교 대학원  
박사과정 재학중

주관심 분야 : 영상신호처리, 멀티미디어 통신



류권열(Kwon Yeol Ryu)

正會員

1982 경북대학교 전자공학과  
(공학사)

1982~1986 삼성반도체통신(주)  
시스템 개발실

1986~1995 포항공과대학교  
전자계산소

1990 경북대학교 산업대학원 컴퓨터공학과  
(공학석사)

1998 부경대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1998~현재 위덕대학교 멀티미디어공학과  
진입강사

주관심 분야 : 영상신호처리, 적응신호처리  
멀티미디어 통신 등



문광석(Kwang Seok Moon)

正會員

1979 경북대학교 전자공학과  
(공학사)

1981 경북대학교 대학원 전자공  
학과(공학석사)

1989 경북대학교 대학원 전자공  
학과(공학박사)

1988 1월~12월 일본 동경대학교 공학부 연구원

1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State  
University 객원교수

1990~현재 부경대학교 전자공학과 교수

주관심 분야 : 영상신호처리, 적응신호처리  
멀티미디어 통신 등.