

논문-99-4-2-04

# 웨이브렛 기반 가변 블록 크기 프랙탈 영상 부호화

문 영 숙\*, 전 병 민\*

## Wavelet-Based Variable Block Size Fractal Image Coding

Young-Suk Mun\* and Byoung-Min Jun\*

### 요 약

기존의 이산 웨이브렛 변환 기반 프랙탈 영상 압축은 프랙탈 부호화시 고정된 블록 크기를 사용하므로 낮은 비트율에서 PSNR을 감소시킨다. 본 논문에서는 프랙탈 부호화시 가변 블록 크기를 사용하여 PSNR을 개선하는 이산 웨이브렛 기반 프랙탈 영상 부호화를 제안한다. 제안된 방법에서는 먼저 이산 웨이브렛 변환 계수들의 절대값을 취하고, 같은 공간 영역에 해당하는 다른 고주파 부대역의 이산 웨이브렛 변환 계수들을 묶어서 레인지 블록과 도메인 블록을 만든다. 그리고 각각의 레인지 블록 레벨의 레인지 블록에 대한 프랙탈 코드를 지정하고, 프랙탈 부호화, "0" 부호화와 스칼라 양자화중 하나를 선택하여 만든 집합인 결정 트리 C를 만들고 스칼라 양자화기의 집합 q를 선택한다. 웨이브렛 계수, 프랙탈 코드와 결정 트리를 적응적 산술 부호화기를 사용하여 엔트로피 부호화 한다. 제안된 방법은 낮은 비트율에서 PSNR을 개선하고 복원 영상의 블러킹 현상을 제거한다. 실험 결과를 통해서 제안한 방법은 기존의 프랙탈 부호화 방법과 웨이브렛 변환 부호화 방법에 비해 더 좋은 PSNR과 더 높은 압축율을 얻었다.

### Abstract

The conventional fractal image compression based on discrete wavelet transform uses the fixed block size in fractal coding and reduces PSNR at low bit rate. This paper proposes a fractal image coding based on discrete wavelet transform which improves PSNR by using variable block size in fractal coding. In the proposed method, the absolute values of discrete wavelet transform coefficients are computed, and the discrete wavelet transform coefficients of different highpass subbands corresponding to the same spatial block are assembled, and the fractal code for the range block of each range block level is assigned, and then a decision tree C, the set of choices among fractal coding, "0" encoding, and scalar quantization is generated and a set of scalar quantizers q is chosen. And then the wavelet coefficients, fractal codes, and the choice items in the decision tree are entropy coded by using an adaptive arithmetic coder. This proposed method improved PSNR at low bit rate and could achieve a blockless reconstructed image. As the results of experiment, the proposed method obtained better PSNR and higher compression ratio than the conventional fractal coding method and wavelet transform coding.

### I. 서 론

웨이브렛 변환<sup>[1][2][3][4]</sup>과 프랙탈 부호화<sup>[5][6][7][8]</sup> 영상에서 많은 관심을 끌어 왔으며, 영상 부호화 방법에서 중

요한 위치를 차지하게 되었다. 그리고 영상 압축에서 웨이브렛과 프랙탈 부호화를 결합한 웨이브렛 기반 프랙탈 부호화에 대한 접근<sup>[9][10]</sup>이 시도되었다.

웨이브렛은 하나의 함수인 원형 웨이브렛이 이동, 팽창한 웨이브렛 기저 함수들의 결합이다. Daubechies는 웨이브렛의 직교기저와 쌍직교기저를 설계하는 방법을 제공하고<sup>[2][4]</sup>, Mallat은 이산 웨이브렛 변환(DWT)과 역 이산 웨이브렛 변환(IDWT)을 계산하는 빠른 알고리즘을 제안

\* 충북대학교 컴퓨터공학과

Dept. of Computer Eng., Chungbuk National University

※ 본 논문은 98년도 정보통신부 정보통신우수대학 연구비 지원으로 수행되었음.

하였다<sup>[1]</sup>. 영상 부호화에서 DWT를 적용하는 기본적인 개념은 어떤 해상도에서 세부 신호와 함께 감소된 해상도에서 입력 영상 신호에 대해 연속적으로 근사화하는 것이다.

영상 신호를 압축하는 또 다른 기법인 프랙탈 부호화는 반복 함수 시스템(IFS)<sup>[6]</sup>에 기초해서 Barnsley에 의해 처음으로 소개되었다. Jacquin<sup>[7][8]</sup>은 IFS를 적용하여 최초로 디지털 영상에 대한 프랙탈 영상 압축 알고리즘을 제안하였다.

Krupnik<sup>[10]</sup>는 공간 영역에서 웨이브렛 영역으로의 프랙탈 부호화를 일반화하고 웨이브렛 피라미드로 분해된 영상의 계층적 데이터 구조를 이용하여 프랙탈 부호화에서와 같은 블록을 만들었다. 이 웨이브렛 계수의 블록에 기반한 프랙탈 부호화의 기본 개념은 공간 영역에서처럼 각각의 레인지 블록을 도메인 블록에 의해서 프랙탈 변환을 통해 근사화 하는 것이다. 또한 Bae<sup>[11]</sup>는 웨이브렛 계수들에 절대값을 취하여 레인지 블록과 도메인 블록의 유사성을 증가시키고 다중 해상도의 분할 수가 많아지는 경우 저해상도의 에러가 고해상도로 파급되는 단점을 보완하기 위해 가장 고해상도의 부대역을 "0"으로 두어 추정할 레인지 블록의 총 요소수를 줄이는 방법과 레인지 블록의 에너지가 작은 경우 "0"으로 부호화하는 방법을 제안하였다. 이러한 방법은 고정된 블록 크기만을 사용하고 임의의 문턱치에 의해서 제로 블록중 하나로만 부호화되기 때문에 고압축율에서 낮은 PSNR을 갖는 단점이 있다.

본 논문에서는 가변 블록 크기를 사용하고 또 "0"으로 부호화하는 블록과 무조건적인 프랙탈 부호화로 인한 낮은 비트율에서 화질의 열화를 막기 위해 웨이브렛 계수를 스칼라 양자화 하는 방법을 사용한다. 또 이 셋중 하나를 선택하는 방법을 임의의 문턱치를 선택 기준으로 하는 것이 아니라 Lagrangian 알고리즘<sup>[12]</sup>을 이용하여 Lagrangian 비용을 사용하는 방법을 제안한다.

## II. 웨이브렛 영역에서의 프랙탈 영상 압축

웨이브렛 변환시 임의의 영상  $I$  와 저역통과 필터를 콘볼루션하여  $2^2:1$  축소(downsampling)한 결과는 일반적인 프랙탈 부호화 방법에서 축소 연산자  $S$ 를 적용한 결과와 유사하다<sup>[10]</sup>. 그러므로 기존의 DWT영역에서의 프랙탈 부호화 방법<sup>[10]</sup>은 정규직교(orthonormal) 웨이브렛 필터인 HAAR QMF(quadrature mirror filter)를 사용하여 입력영상을 그림 1과 같이  $\log_2(B)+1$  분할하여 영상의 다중

해상도 표현인 DWT 영역으로 변환한다.

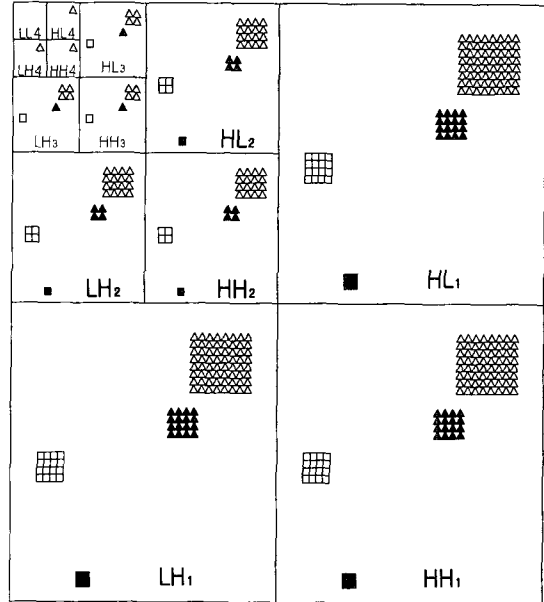


그림 1. 레인지 블록과 도메인 블록의 2차원 웨이브렛 변환 계수( $B=8, 4$ )  
Fig. 1. 2D-DWT coefficients of a domain block and a rang block( $B=8, 4$ )

그림 1에서 공간 영역의 동일한 블록에 대응되는 다른 부대역간의 웨이브렛 계수들을 묶은 블록을 레인지 블록  $R_p$ 와 도메인 블록  $D_q$ 로 정의하고,  $R_p$ 의 DC를 제외한  $R_p^H$ 는 사각형 블록으로 표시되며,  $D_q$ 의 DC를 제외한  $D_q^H$ 는  $R_p^H$ 보다 한 계층 높은 고주파 부대역의 삼각형 블록으로 표시한다. 또한 그림 1에서 한 계층 낮은 고주파 부대역에서의 어두운 블록은  $B/2$ 크기의 레인지 블록  $R_{p-1}$ 와 도메인 블록  $D_{q-1}$ 을 나타낸다. DWT영역에서의 도메인 블록에서 레인지 블록으로의 근사화는

$$\widehat{R}_p^H = s_p \cdot D_q^H \Rightarrow \widehat{r}_p^k = s_p \cdot d_q^k, \quad 2 \leq k \leq B^2 \quad (1)$$

와 같이 표현된다<sup>[10]</sup>. 여기서  $s_p$ 는 스케일 인자를  $\widehat{r}_p^k$ 는 레인지 블록  $R_p$ 내의 계수인  $r_p^k$ 의 근사화 값을  $d_q^k$ 는 도메인 블록  $D_q$ 내의 계수를 나타낸다. 또한  $\widehat{R}_p^H$ 는  $R_p$ 의 DC인  $r_p^1$ 을 제외한  $R_p^H$ 의 근사화 값을 나타낸다. 그러므로,

DWT 영역에서의 반복 함수계 코드는  $R_p^H$ 와  $\widehat{R}_p^H$ 의 자승 오차인

$$E(R_p^H, \widehat{R}_p^H) = \sum_{k_2}^H (r_p^k - s_p \cdot d_q^k)^2 \quad (2)$$

을 최소로 하는 스케일 인수, 도메인 블럭의 위치 정보와  $r_p^1$ 이 된다. 따라서, 레인지 블럭들의 DC집합("LL<sub>3</sub>" 부대역)과 입력영상의 가장 저해상도 고주파 부대역("LH<sub>4</sub>" "HL<sub>4</sub>", "HH<sub>4</sub>")의 웨이브렛 계수들을 최초의 도메인 집합으로 하여 한 계층 낮은 고주파 부대역의 웨이브렛 계수를 계층적으로 근사화한 결과를 합성함으로써, 반복 축소 변환이 없는 복호화 과정을 수행한다. 이러한 DWT영역에서의 프랙탈 영상 압축 방법은 다른 직교 QMF에도 적용되며, 대부분의 직교 QMF는 HAAR QMF보다 개선된 PSNR을 나타낸다<sup>[11]</sup>.

일반적으로 계층적 부대역 영상에서 가장 고해상도의 고역통과 부대역을 제외하고는 주어진 해상도의 고역통과 부대역에 속한 웨이브렛 계수들과 동일한 방향성을 가지는 한 계층 낮은 고역통과 부대역의 웨이브렛 계수들간에 상관성이 존재한다<sup>[3]</sup>. 따라서 영상을 4번이상 다중 해상도로 분할할 경우, 대부분의 웨이브렛 계수의 에너지가 작은 가장 고해상도의 고역통과 부대역을 프랙탈 근사화에서 제외시킨다<sup>[11]</sup>. 이러한 방법은 저해상도의 오차가 고해상도로 파급되는 것을 막아 PSNR을 개선하고, 레인지 블럭의 차원  $B^2 - 1$ 을  $B^2/4 - 1$ 로 줄여 도메인 블럭과의 정합에 고려되는 차원이 감소되어, 레인지 블럭과 도메인 블럭의 정합에 필요한 계산의 복잡성을 약 1/4로 감소시킨다.

프랙탈 영상을 부대역으로 분할하였을 때, 주어진 해상도의 고역통과 부대역의 에너지  $\sigma_k^2$ 과 한 계층 높은 고역통과 부대역의 에너지  $\sigma_{k-1}^2$ 에 대하여

$$\sigma_k^2 = C \cdot \sigma_{k-1}^2 \quad (3)$$

와 같은 관계가 있다<sup>[11]</sup>. 여기서  $C$ 는 상수를 나타내며, 식 (3)의 양변에 제곱근을 취하면 식 (4)를 추정할 수 있다.

$$|\widehat{R}_i^H| = s_i' \cdot |D_j^H| \quad (4)$$

이것은 레인지 블럭의 근사화 값에 절대치를 취한 것은

도메인 블럭에 절대치를 취한 것에 어떤 상수 값을 곱한 것으로 나타내어 질 수 있음을 의미한다. 식 (4)에서  $|\widehat{R}_i^H|$ 는  $|D_j^H|$ 에 스케일 인자  $s_i'$ 를 곱함으로써  $|R_i^H|$ 와  $|\widehat{R}_i^H|$ 의 자승오차를 감소시킬 수 있음을 알 수 있다. 그러므로 영상의 웨이브렛 계수들에 대해 절대값을 취하여 PSNR을 개선할 수 있다<sup>[11]</sup>.

웨이브렛 계수를 양자화 할 때, 고역통과 부대역의 웨이브렛 계수들 중에 "0"으로 양자화 되는 계수가 많은 DWT영역의 특성을 고려하여, "0"으로 양자화 할  $R_i^H$ 와 "0"으로 양자화 하지 않는  $R_i^H$ 로 구분하여 부호화 함으로써, 낮은 비트율에서도 PSNR을 유지하고, 부호화시 계산량도 감소시킬 수 있다<sup>[11]</sup>.

### III. 웨이브렛 영역에서의 가변 블럭 크기 프랙탈 영상 압축

본 논문에서는 기존의 웨이브렛 영역에서의 프랙탈 영상 압축 방법의 고정된 블럭 크기를 사용하는 것으로 인한 낮은 비트율에서 PSNR을 개선하고 압축율을 높이는 방법을 제안한다. 제안한 방법에서 가변 블럭 크기를 적용하고 또 프랙탈 부호화와 스칼라 양자화, 그리고 "0"으로 부호화하는 제로 블럭의 효율적인 부호화로 PSNR을 개선코자 한다.

데이터를 양자화하는 데 두 가지의 기본적인 방법이 있으며, 하나는 스칼라 양자화를 사용하여 양자화하는 저주파대역의 웨이브렛 계수들의 집합이고, 다른 하나는 도메인 블럭으로부터 얻어지는 코드워드들을 사용하여 자기-양자화되는 레인지 블럭들의 집합이다. 따라서 기존의 웨이브렛 기반 프랙탈 영상 압축을 개선하는 데 있어 기본적인 문제는 웨이브렛 계수들을 프랙탈 부호화와 스칼라 양자화의 적절한 조합을 통해 양자화하는 것이다.

제안한 방법에서 가변 블럭 크기를 적용하기 위해 이산 웨이브렛 변환 영역에서 각각의 레벨에서 시작하는 레인지 블럭에 대해서 프랙탈 부호화 한다. 즉  $j$ 를 이산 웨이브렛 변환 영역의 레벨을 나타낸다고 할 때 레인지 블럭의 최상위 레벨,  $j$ 에서 시작하는 공간 영역의 위치가  $p$ 인 레인지 블럭들  $R_p^j$ 는  $j+1$  레벨에서 시작하고 공간 영역의 위치가  $q$ 인 도메인 블럭들  $D_q^{j+1}$ 에 의해서 프랙탈 부호화 한다. 그리고 한 계층 낮은  $j-1$  레벨에서 시작하

고 공간 영역의 위치가  $p'$ 인 레인지 블럭들  $R_{p'}^{j-1}$ 는  $j$ 레벨에서 시작하고 공간 영역의 위치가  $q'$ 인 도메인 블럭들  $D_{q'}^j$ 에 의해서 프랙탈 부호화 한다. 이렇게 레인지 블럭의 최하위 레벨까지 레인지 블럭을 프랙탈 부호화 한다. 블럭의 크기는 블럭을 무엇으로 양자화 하는가에 따라 후에 결정된다.

양자화 될 웨이브렛 계수들의 집합은 트리  $T$ 를 형성하고, 트리의 각 노드인  $N_{k,l}^j$ 은 세 개의 웨이브렛 계수 " $w_{LH,k,l}^j$ ", " $w_{HL,k,l}^j$ ", " $w_{HH,k,l}^j$ "로 이루어진다. 트리의 루트 노드는  $N_{0,0}^{K-1}$ 이다. 이 때  $K = \log_2 B$ 이다. 그리고 leaf 노드는 가장 고주파대역의 계수들로 이루어진 노드  $N_{k,l}^1$ 이다. leaf 노드들을 제외한 각각의 노드들은  $N_{k,l}^j$ 와 같은 공간위치를 갖는 한 계층 낮은 고주파 대역의 웨이브렛 계수인 네 개의 자식 노드, " $N_{2k,2l}^{j-1}$ ", " $N_{2k+1,2l}^{j-1}$ ", " $N_{2k,2l-1}^{j-1}$ ", " $N_{2k+1,2l-1}^{j-1}$ "를 갖는다. 트리  $T$ 에서 어떤 노드와 그 후손들로 결합된 계수들은 프랙탈 부호화의 블럭을 구성한다. 각각의 노드에서 세 가지의 선택사항 즉, 각각의 노드를 프랙탈 부호화와 "0"으로 부호화 하는 제로 블럭을 사용한 부호화, 그리고 스칼라 양자화 중 하나를 택한 양자화이다. 이 선택들에 대한 집합은 결정 트리,  $C$ 를 만들게 된다. 또 추가적으로 다른 스케일과 다른 방향을 갖는 웨이브렛 계수들을 어떻게 스칼라 양자화 할 것인가를 결정해야 한다. 즉 각각의 부대역에 대한 스칼라 양자화기의 집합  $q$ 를 선택해야 한다.

이러한 특별한 결정 트리과 양자화기의 집합에 대해서 부호화 왜곡  $D(q, C)$ 를 최소화해야 한다. 사용되는 총 비트수는 제한되어 있기 때문에  $C$ 와  $q$ 에 의해 사용되는 총 비트수는  $R(q,C) \leq R_{max}$ 를 만족해야 한다. 여기서  $R_{max}$ 는 제한된 총 비트수를 나타낸다. Lagrange 곱셈기 [12]를 통해 이 제한된 문제를 제한되지 않은 문제로 바꿀 수 있다. 즉 Lagrangian 비용,  $J(q,C) = D(q,C) + \lambda R(q,C)$ 를 최소로 하는 것을 찾아야 한다. 여기서  $\lambda$ 는 제한 요소인  $R_{max}$ 에 의해 결정된다.

먼저  $\lambda$ 를 0으로  $C$ 는 모두 스칼라 양자화 되는 것으로 초기화 한다. 그리고 주어진  $\lambda$ 에 대한 비용이  $R_{max}$ 보다 크지 않을 때까지  $\lambda$ 를 증가시켜 나가면서 다음의 두 단계를 반복적으로 수행하게 된다. 하나는 Lagrangian 알고리즘을 이용하여  $q$ 를 얻는 것이며 다른 하나는 결정 트리  $C$ 를 얻는 것이다. 그다음 얻어진  $\lambda$ 와 이전  $\lambda$ 의 중간 값을

취해 가면서  $\lambda$ 의 세부값을 구하게 된다. 제안한 부호화기의 전체 흐름도는 그림 2와 같다.

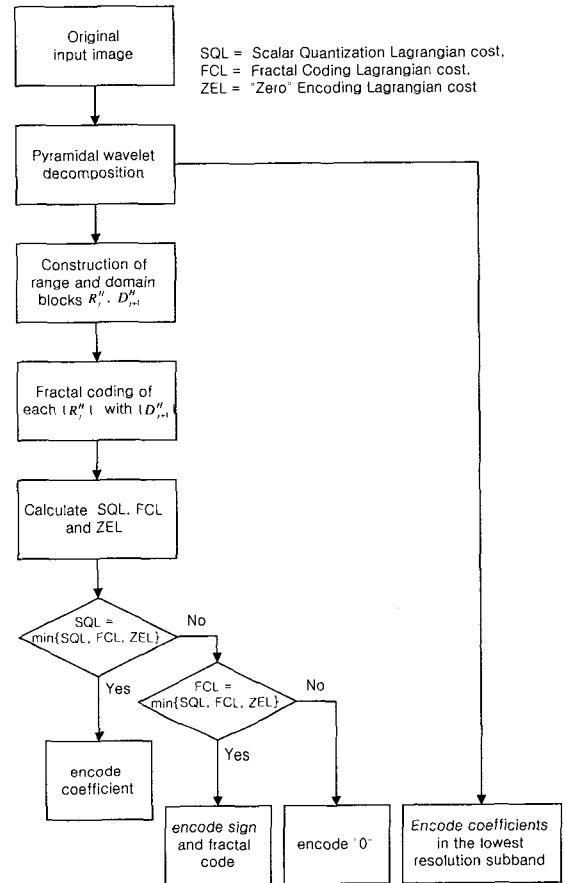


그림 2. 부호화기의 처리 흐름도  
Fig. 3. The flow chart of encoder

#### IV. 실험결과 및 고찰

제안한 방법에서 레인지 블럭의 크기를  $4 \times 4$ 에서  $64 \times 64$ 까지의 가변 블럭을 적용하여 부호화 하였다. 각각의 부대역별로 선택된 양자화 구간으로 양자화 한 후 적응적 산술 부호화를 하였으며, 스케일링 인자  $s_i'$ 를 5비트로 양자화 한 후 다른 프랙탈 코드, 그리고 결정 트리와 함께 적응적 산술 부호화를 했다.

실험 영상으로는  $512 \times 512$  해상도, 256 계조도를 갖는 양자화 된 서로 다른 주파수 특성의 Lena, Baboon 표준 영상을 사용하였고, 웨이브렛 변환시 변환 필터로는

Antonini<sup>[4]</sup>를 사용하였다. 그리고 화질 평가를 위해서는 PSNR을, 압축율의 평가를 위해서는 원영상과 압축 영상과의 비트수를 비교하는 CR(Compression Ratio)를 사용하였다.

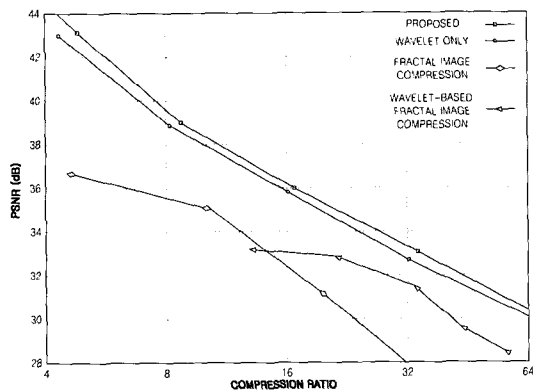


그림 3. 제안한 부호화 방법의 성능비교  
Fig. 3. Comparison with the proposed method

그림 3은 프랙탈과 웨이브렛 각각을 사용한 것과 비교하기 위해, 공간 영역에서 도메인 블럭과 레인지 블럭의 형태를 72가지로 분류하고, 레인지 블럭의 크기를 4×4에서 64×64까지 가변 블럭을 적용하여 부호화하는 가장 대표적인 고속 프랙탈 부호화 방법인 Fisher의 방법, 웨이브렛 계수에 스칼라 양자화만 적용한 웨이브렛 변환 부호화 방법 즉 결정 트리 C가 모두 스칼라 양자화로만 선택된 방법으로 Lagrangian 알고리즘을 이용하여 q를 얻어 부호화 하는 방법과 Bae의 방법에서와 같이 고정된 블럭 크기인 8×8를 사용한 이산 웨이브렛 기반 프랙탈 영상 압축 방법과 제안한 방법의 압축율에 따른 PSNR을 나타낸다. Fisher의 방법은 참고 문헌[8]의 부록에 수록된 알고리즘에 대하여 "enc -t (1-20) -m 3 -M 7 -h 512 -w 512 input.dat output.trn"와 "dec output.trn output.dat"를 수행한 결과를 나타내었다. 그림 3의 결과로부터 고압축율의 경우뿐만 아니라 저압축율에서도 제안한 방법이 다른 압축 방법보다 PSNR이 우수한 것을 알 수 있다. 그리고 스칼라 양자화만 사용한 웨이브렛 변환 부호화 방법에 비해 제안한 방법이 더 우수한 결과를 나타내는 것은 모든 웨이브렛 계수를 개별적으로 저장함으로써 인해 작은 값을 갖는 계수에 대해서도 비트가 할당되고, 또 프랙탈 부호화와 비교하여 동일한 개수의 웨이브렛 계수를 저장하는 데 있어 더 많은 비트를 할당해야 하기 때문이다.



그림 4. Lena 복원 영상 (a) 프랙탈 영상 압축 방법에 의한 복원 영상(압축율 : 21.168, PSNR : 31.442) (b) 제안한 방법에 의한 복원 영상(압축율 : 33.895, PSNR : 33.09)  
Fig. 4. Lena reconstructed images (a)Reconstructed image using fractal image compression method(compression ratio :21.168, PSNR:31.442) (b) Reconstructed image using proposed method(compression ratio:33.895, PSNR:33.09)

그림 4는 Fisher의 방법과 제안한 방법에 의한 복원 영상을 나타낸다. 그림 4에서 알 수 있듯이 비슷한 PSNR에 대해 제안한 방법이 Fisher의 방법에서 나타나는 블러킹 현상을 제거하여 주관적 화질이 개선되는 것을 알 수 있다.



그림 5. 제안한 방법에 의한 복원 영상 (a) Lena 원 영상 (b) Lena 복원 영상(압축율 : 33.895, PSNR : 33.09dB)  
Fig. 5. Reconstructed images using proposed method (a) Lena original image (b) Lena reconstructed image(compression ratio:33.895, PSNR:33.09dB)

그림 5는 저주파와 고주파가 고르게 분포한 Lena영상에 대한 원 영상과 제안한 방법에 의한 복원된 영상을 나타낸다. 그림 5에서 영상의 고주파부분은 부호화시 많은 열화가 있어도 복원된 영상은 큰 화질의 열화가 없음을 알 수 있다.

반면에 영상의 저주파 부분은 부호화시 적은 열화에도

불구하고 인간의 시각체계가 저주파에 민감하기 때문에 복원된 영상의 화질의 열화를 느낄 수 있다.

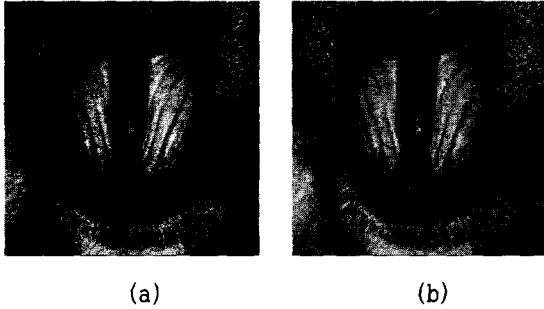


그림 6. 제안한 방법에 의한 복원 영상 (a) Baboon 원 영상 (b) Baboon 복원 영상(압축율 : 16.564, PSNR : 25.167dB)  
Fig. 6. Reconstructed images using proposed method (a) Baboon original image (b) Baboon reconstructed image (compression ratio:16.564, PSNR:25.167dB)

그림 6은 고주파가 많은 Baboon 표준 영상에 대한 원 영상과 제안한 방법에 의한 복원된 영상을 나타낸다. 이 Baboon 영상은 웨이브렛 변환을 수행했을 때 고주파 부분에 큰 계수들이 많이 발생하기 때문에 제로 블럭으로 부호화되는 계수의 수가 적어지고, 웨이브렛 계수 하나 하나를 스칼라 양자화해야 되기 때문에 부호화에 많은 비트를 요구하며, 또한 많은 고주파 부분 영상의 손상으로 인해 PSNR은 낮은 값을 얻게 된다. 그러나 복원된 영상은 인간의 시각 체계가 고주파에는 덜 민감한 특성으로 인해 낮은 PSNR에 비해서 화질의 열화를 크게 느끼지는 않는다.

실험을 통하여 제안한 방법이 공간 영역에서의 프랙탈 영상 압축 방법과 이산 웨이브렛 변환 영역의 특성을 이용하여 개선된 Krupnik의 방법, 그리고 기존의 웨이브렛 변환 부호화 방법보다 동일한 비트율에서 PSNR이 개선되고, 압축율이 더 높은 결과를 얻었다.

## V. 결 론

본 논문은 이산 웨이브렛 변환 영역에서 가변 블록 크기를 사용하는 프랙탈 영상 압축 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 먼저 레인지 블럭의 최대 레벨에서 최소 레벨까지 각각의 레인지 블럭을 도메인 블럭으로 프랙탈 부호화 한다. 그리고 각각의 부대역에 대한 스칼라 양자화

의 집합  $q$ 의 선택과 Lagrangian 비용을 최소로 하는 양자화 방법을 택하여 결정 트리  $C$ 를 생성해서 최적에 가까운 양자화를 수행한다. 그리고 선택된 방법에 따라 부호화를 행한다.

제안한 방법은 가변 블럭 크기를 사용하고 최적에 가까운 양자화를 통해서, 일반적인 프랙탈 부호화 방법보다는 동일한 압축율에서 PSNR이 최소 3.4dB이상 향상되었고, 이산 웨이브렛 변환 영역에서의 프랙탈 부호화함으로써, 블럭 기반 부호화기의 대표적인 단점인 블럭화 현상이 나타나는 것을 개선하였다. 웨이브렛 변환 부호화 방법보다는 동일한 압축율에서 PSNR이 최소 0.4dB이상 향상됨을 알 수 있었고, 기존의 이산 웨이브렛 기반 프랙탈 영상 압축 방법보다는 동일한 압축율에서 PSNR이 최소 1.6dB이상 향상됨을 알 수 있었다. 제안한 방법에서 영상별로는 저주파 성분을 많이 포함하는 영상이 고주파 성분이 많이 포함된 영상보다 비슷한 압축율에서 PSNR이 더 높은 복원 영상을 얻었다.

제안한 방법은 입력 영상의 가장 고해상도 고역통과 부대역의 에너지가 큰 영상의 경우 PSNR의 감소가 커지게 되고, "0"으로 부호화 되는 제로 블럭이 적어지고 웨이브렛 계수 하나 하나를 스칼라 양자화 하여 부호화 하는 계수들이 많아짐에 따라 부호 비트가 많아져 압축 효율이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 향후 연구 과제로는 가장 고해상도의 고역통과 부대역의 에너지의 크기를 고려하여 압축, 복원하는 부호화 방법에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다. 그리고 인간 시각 체계가 저주파에 민감한 특성을 고려하여 주관적인 화질을 개선하기 위한 연구도 병행되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] S. Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition : the wavelet representation," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 11, pp. 674-693, Jul. 1989.
- [2] I. Daubechies, "Orthonormal bases of compactly supported wavelets," *CommUN. Pure Appl. Math.*, vol. 41, pp. 909-996, 1988.
- [3] J. M. Shapiro. "Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients," *IEEE Trans. on Signal Processing*, vol. 41, no. 12, pp. 3445-3462, Dec. 1993.

[4] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image coding using wavelet transform," *IEEE Trans. on Image Proc.*, vol. 1, no. 2, pp. 205-220, Apr. 1992.

[5] M. F. Barnsely and L. P. Hurđ, "Fractal Image Compression," AK peters, Wellesley, Massachusetts, 1993.

[6] A. Jacquin, "Fractal image coding based on a theory of iterated contractive image transformations," in *Proc. SPIE Visual Comm. and Image Proc.*, vol. 1306, pp. 227-239, 1990.

[7] A. Jacquin, "Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations," *IEEE Trnas. on Image Proc.*, vol. 1, no. 1, pp. 18-30, Jan. 1992.

[8] Y. Fisher, *Fractal Image Compression : Theory and Application to Digital Images*, Y. Fisher, Ed. Springer Verlag, New York, 1994.

[9] R. Rinaldo and G. Calvagno, "Image coding by block prediction of multiresolution subimages," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 4, no. 7, pp. 909-920, Jul. 1995.

[10] H. Krupnik, D. Malah, and E. Kanrnin, "Fracta representation of images via the discrete wavelet transform," in *IEEE 18th Conf. of EE in Israel*, Tel-Aviv, Mar. 1995.

[11] 배성호, 박길흠, "이산 웨이브렛 변환 영역에 기반한 프랙탈 영상 압축", *한국 통신 학회 논문집*, vol. 21, no. 7, pp. 1654-1667, Jul. 1996.

[12] Y. Shoham and A. Gersho, "Efficient bit allocation for and arbitrary set of quantizers," *IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 36, pp. 1445-1453, Sep. 1988.

— 저 자 소 개 —



문 영 속

1997년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공과 공학사  
 1997년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정  
 주관심분야 : 영상 압축



전 병 민

1976년 2월 : 한국항공대학교 전자공과 공학사  
 1978년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 공학석사  
 1978년 8월 ~ 1982년 3월 : 공군사관학교 교수부 전자공학과 전임강사  
 1982년 4월 ~ 1986년 2월 : 동양공업전문대학 통신과 조교수  
 1988년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 교환교수  
 1992년 1월 ~ 1993년 1월 : 미시간대학교 교환교수  
 1986년 2월 ~ 현재 : 충북대학교 공과대학 컴퓨터공학과 교수  
 주관심분야 : 패턴 인식, 디지털 신호처리 및 영상 처리