

# 프랙탈 기반 저전송율 영상 압축 부호화 (Very Low Bitrate Image Compression Coding Based on Fractal)

곽 성 근\*  
(Sung-Keun Kwak)

## 요 약

일상생활에서 대부분의 정보는 시각에 의해 얻어지고 있으므로 영상 정보 처리에 관한 연구는 오래 전부터 행하여져 왔다. 영상을 디지털 정보로 표현하기 위해서는 많은 양의 데이터가 필요하며, 이를 저장하거나 전송하기 위해 데이터 압축이 필수적이다. 최근에 이르기까지 영상 압축 표준안에 채택된 대부분의 영상 압축 기법들은 영상을 이루는 각 픽셀간의 상관관계를 주파수 영역으로 변환하여 압축하는 변환 부호화 방법들이 주종을 이루어 왔다. 이 방법은 약 20:1 이상의 압축비에서는 복원 영상의 왜곡 정도가 심하게 나타나며, DCT을 근간으로 하는 경우에 화질을 열화 시키는 블록킹 현상이 두드러지게 나타나는 것으로 알려져 있다. 이에 전처리과정으로 원영상을 축소 변환 후, 쿼드트리 분할 기법을 적용함으로써 압축율을 높이고, 가변적으로 크기변환과 오프셋 비트의 크기를 적용하여 효율적인 압축율을 얻기 위한 조건에 대해 연구한다.

## ABSTRACT

Studies on image information processing have been performed since long time ago because in daily life most of information are acquired by the since of sight. Since there should be a lot of data to describe image as a digital form, data compression is required in order to store or transmit digital image. Lately among most of image compression methods adopted on image compression standards, transform coding methods have been primarily used which transforms the correlations between pixels of image on frequency domain before image compression.

It is known that the standard methods using especially DCT features blocking effect which is the major cause of degrading the quality of image at high compression rate. Fractal encoding using quadtree partition is applied after reducing original image, and we are to find a optimal encoding for the number of scaling bit and offset bit.

---

\* 정회원 : 시립인천전문대학 전자계산과 교수

논문접수 : 2002. 7. 22.

심사완료 : 2002. 8. 14.

※ 본 논문은 2001학년도 인천전문대학 연구비에 의해 연구되었음.

## 1. 서론

아날로그 방식에서 디지털 방식의 고선명텔레비전(HDTV)으로 전환되는 현 시점에서 고용량의 디지털 영상을 순간적으로 전달하기 위해서는 디지털 영상 압축 기술은 중요한 역할을 한다. 이와 같이 디지털 영상의 과다한 데이터 량으로 인하여 디지털 영상 전송을 위해서는 디지털 영상의 압축이 필연적이다 [1-5].

디지털 영상을 압축하는 방법은 크게 두 가지로 분류된다. 영상 정보를 데이터 압축 방법을 이용하여 손실 없이 압축하거나, 또는 약간의 정보 손실을 감수하며 수학적 변환을 통해 압축한다.

여기서 데이터 압축법은 개인용 컴퓨터에서 많이 사용하는 그림을 압축하는데 이용되지만 압축율이 50% 내외가 되어 용량이 큰 화상 압축에는 무리가 있다. 그리고 수학적 변환을 이용하는 JPEG 방식과 같은 이산 코사인 변환(DCT: Discrete Cosine Transform)은 높은 압축율에서 블로킹 효과(blocking effect)가 두드러지게 나타나는 것으로 알려져 있다 [3]. 이러한 변환 부호화 기법들은 영상 데이터가 가지고 있는 신호의 공간 영역 및 시간 영역에서의 중복성만을 줄이는 기술들로 어느 정도의 압축비(약 10:1) 이상에서는 복원 영상의 왜곡 정도가 심하게 나타난다. 그 외에 2차원 의사 사상으로 구성되는 반복함수계를 이용하는 프랙탈 변환 방식이 있다.

JPEG 방식은 현재 정지영상 압축의 표준 기술로 인정되고 있으며, 원래 영상과 압축 영상과의 차이 즉, 화상 정보 손실을 작게 유지하면 1/30 정도 압축되며 압축, 복원 경과 시간이 같은 대칭적 영상 처리 과정이다. 반면에 프랙탈변환 방식은 이론적으로는 1/10,000 압축이 가능하지만 정보 손실을 작게 유지하면 JPEG 방식과 거의 같은 비율로 압축이 되며, 복원이 매우 빨라 비대칭적 과정으로 빠른 복원 기능이 필요한 다중 매체 및 동영상 처리에 적용하기가 용이하다.

또한 앞서 기술한 프랙탈의 특징 중 부분을 확대 하더라도 같은 구조가 재현된다는 점에서 JPEG 방식에서는 불가능한 확대에 의한 고해상도 영상 구현이 가능하다. 이와 같은 점에서 프랙탈 변환법이 JPEG 방식보다 뛰어난 영상 압축 방법으로, 프랙탈

(fractal)을 이용한 영상 압축 방법이 높은 압축율에서도 복원 영상의 화질을 일정 수준 이상으로 유지할 수 있는 부호화 알고리즘으로 보고되고 있다[5, 7]. 초저속 영상 부호화(Very Low Bitrate Image Coding) 방법의 표준화 기구인 MPEG-IV 그룹에서는 프랙탈 부호화 방법을 Waveform-Based Coding, Object-Oriented Coding, 3-D Model-Based Coding 등과 함께 미래의 표준 부호화 방법의 하나로 검토하고 있다. 뿐만 아니라, 프랙탈 영상 압축 방법은 기존의 다른 방법과 달리 복호화 과정이 매우 빠르고 간단하므로, 근래에 다양한 형태로 요구되는 미래형 정보 서비스, 즉 VOD, CD-ROM 등과 같이 저장되어 있는 영상 정보의 재생 과정이 주로 요구되는 곳에 적합한 부호화 기술로 주목받고 있다.

프랙탈 부호화 기법을 MPEG-IV에 적용하기 위한 초기 단계로, 본 논문에서는 영상을 축소 변환시킨 후 영상의 영역 활동도에 따라서 영상을 분할하는 쿼드트리(quad-tree) 분할 기법을 제안하였다. 또한 가변적으로 스케일링(scaling)과 오프셋(offset) 비트의 크기를 적용하여 효율적인 압축율을 얻기 위한 조건들에 대해 연구하였다. 그리고 실험 결과, 복원 영상에 나타나는 블로킹 현상을 줄이기 위해 가중 평균치 방법을 이용한 후처리 필터를 사용하여 PSNR (peak to peak signal to noise ratio)의 변화를 살펴보았다.

## 2. 영상 압축을 위한 프랙탈

프랙탈 부호화 이론의 기본 배경은 입력 영상을 블록 단위로 분할하고 각 블록마다 자기유사성을 지니는 변환을 이용하여 부호화하는 것이다. 부호화된 영상의 복원은 임의의 초기 영상에 변환식을 반복적으로 적용하는 고정점 정리에 근거한다.

### 2.1 프랙탈 이론

프랙탈의 기본 전제는 기본 전제는 자연현상에 내재된 복잡성의 원인이 무작위성이 아니라 포앙카레가 주장한 예측불허성이라는 것이다. 즉, 동일한 초기 조건이 주어지면, 항상 같은 결과에 도달한다

는 결정론적 관점이 무작위적인 요인을 배제하며, 초기 조건이 조금만 달라져도 결과는 크게 바뀌어 예측이 불가능하게 된다는 것이 혼돈이론의 근본 개념이 된다. 예측이 불가능하므로 무의미한 이론이 아니라, 수많은 초기 조건 중 관심 있는 계를 특징 지어주는 결과에 항상 도달하는 초기 조건을 찾아내면 결국 복잡성 속에 숨어있는 질서를 찾아내게 되는 것이다. 즉, 비선형 사상을 반복해서 찾은 공간상의 모든 위치들을 또는 비선형 방정식의 경로를 따라 모든 점들을 추적하여 표시하면, 초기 조건 또는 매개변수 값에 따라 특별한 기하학적 구조가 나타나게 된다. 정규적인 해들은 고정점, 한계 순환, 이중 고리 등의 주기적 구조를 보이나 비정규적 해들은 기이한 끌개 구조를 만들게 된다.

비선형계에서 나타나는 기이한 끌개(strange attractor)들은 기하학적으로 볼 때 만델브로트(Mandelbrot)가 제시한 프랙탈 구조를 가지게 된다. 즉, 비선형계가 혼돈적이면 그 계의 해의 집합이 함수 공간 또는 위상 공간을 무한의 시간이 경과해도 특정 부분만을 제한적으로 채운다. 반대로 전 공간을 시간이 경과함에 따라 조밀하게 채우는 경우는 혼돈적이지 않고, 무작위적이거나 잡음이 관련된 상태이다. 특정 부분만을 차지하므로 기이한 끌개의 공간 차원은 유클리드 기하학에서와 같이 정수가 아니라 분수가 된다. 즉, 분수 차원을 가진 기하학적 구조를 프랙탈로 정의한다[2].

프랙탈의 특징은 일부분을 잘라서 확대하면 다시 전체 모양이 재현된다. 혼돈계가 프랙탈 구조의 끌개로 재현되는 이유는 계가 특정 방향으로 발산하는 경우에 주기적 또는 비주기적으로 발산 방향과 반대로 굽어져 항상 유한한 영역에만 자신의 구조를 반복해서 재구성하기 때문이다.

이와 같이 일견 무작위적으로 보이는 점들의 집합이 비선형 사상이나 방정식을 해석하는 결정론적 프랙탈 구조로 나타나는 성질은 여러 분야에 응용되고 있으며 최근에는 멀티미디어의 발전에 필수적인 디지털 정보 처리, 특히 컬러 영상을 압축하는 새로운 방법으로 미국과 일본 등 기술선진국에서 많이 연구되고 있다.

따라서 프랙탈 부호화 이론의 기본 배경은 원영상을 블록 단위로 분할하고 각 블록마다 자기 유사성(self-similarity)을 지니는 변환을 이용하여 부호화하는 것이다. 부호화된 영상의 복원은 임의의 초기

영상에 변환식을 반복적으로 적용하는 고정점 정리(fixed point theorem)에 근거한다.

### 2.2 반복 변환 시스템(IFS)

자기 자신의 공간으로 대응되는 수축 변환들로만 이루어진 집합인 IFS(Iterative Function System)는 회전(rotation), 크기 변환(scaling), 투영(reflection) 및 평행 이동(translation)의 조합을 나타내는 아핀 변환(Affine transformation)으로 구성되며, 식 (1)과 같이 표현된다[5].

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = W \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix} \quad (1)$$

식 (1)은 평면상의 좌표 (x, y)가 <표 1>과 같이 계수 a, b, c, d, e, f에 의해 새로운 점 (x', y')로 변환됨을 의미한다.

<표 1> 8방향 변환

<Table 1> 8-Directional isometry

대칭	행렬	내용
0	$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$	동일
1	$\begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$	y축에 대한 반사
2	$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$	x축에 대한 반사
3	$\begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$	180°회전
4	$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$	x=y축에 대한 반사
5	$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$	180°회전
6	$\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$	270°회전
7	$\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix}$	y=-x축에 대한 반사

IFS를 구성하는 아핀 변환은 고정점을 갖기 위해 축소 변환(contractive transformation)  $W_i$ 이어야 한다. 어떤 집합 X에 각 원소들 간의 거리를 정의하는 거리 함수가 존재할 때 그 집합을 축소 공간(metric space)이라 한다. 이때 자기 공간에서 자기 공간으로

의 변환  $W_i(W_i: X \rightarrow X)$ 가 있어서 집합  $X$ 에 포함되는 임의의 두 원소에 대하여 변환을 취했을 때, 변환된 두 원소간의 거리가 원래 원소 사이의 거리에 비해 줄어드는 성질을 가진다.

$$x, y \in X$$

$$d(W_i(x), W_i(y)) \leq s \cdot d(x, y) \quad (2)$$

여기서  $d$ 는 왜곡을 측정하는 측도이며, 변환의 축소비(contraction factor)  $s$ 는 각 변환  $W_i$ 의 축소비  $s$ 들 중 가장 큰 값으로 정의한다.

축소 변환의 중요한 특성은 변환  $W$ 를 계속하여 반복 적용시키면 최종적으로 어떤 값으로 수렴하게 된다. 이를 고정점 정리(fixed point theorem)라고 한다[8].

$$W(X) = W_1(X) \cup W_2(X) \cup \dots \cup W_n(X) \quad (3)$$

IFS를 이루는 각각의 변환  $W_i$ 들이 축소 변환인 경우, 변환  $W$ 를 반복적으로 적용해 나가면 고정점에 수렴하게 된다. 일반적으로 주어진 IFS에 대하여 항상 하나의 고정점만이 존재하며, 이러한 고정점을 끌개(attractor)라고 한다[7].

$$W(W_i) = W_i = \lim_{n \rightarrow \infty} W_i^n(x) \quad (4)$$

식 (4)는 수축 변환의 고정점은 그 변환에 대하여 불변이며, 수축 변환이 주어진 경우에 고정점은 임의의 초기점  $x$ 에 변환을 반복 적용함으로써 얻어질 수 있으며, 고정점으로서의 수렴은 이론적으로 보존되어진다. 따라서 프랙탈 영상의 복원은 전송된 수축 변환의 계수를 이용하여 임의의 초기 영상에 수축 변환을 반복하는 것이다.

### 2.3 역변환 문제(Inverse Problem)

일반적으로 변환  $W$ 가 주어질 때 끌개는 단순한 연산으로 쉽게 얻을 수 있으나, 주어진 영상에서 끌개를 갖도록 하는 변환 시스템을 구성하는 것은 어렵다. 이와 같은 변환 시스템을 구성하는 방법을 역변환 문제라 한다. 역변환 문제를 일반적으로 해결

할 수 있는 방법은 알려져 있지 않으나, 콜라지(collage) 정리는 수치적인 해를 구할 수 있는 근거를 마련해 준다.

측도 공간  $(X, d)$  상에서 축소비가  $s$ 인 변환  $W: X \rightarrow X$  와  $x \in X$ 에 대해 변환  $W$ 의 고정점을  $Wf$ 라 하면, 콜라지 정리라 부르는 식 (5)를 만족한다.

$$d(W_f, x) \leq \frac{1}{(1-s)} d(W(x), x) \quad (5)$$

콜라지 정리는 영상 블록  $x$ 와 그것의 콜라지  $W(x)$ 와의 유사성이 클수록 고정점  $W_f$ 는 원 영상의 블록  $x$ 에 근접해 간다는 것을 의미한다. 즉, 프랙탈 영상 압축 과정은 원 영상의 수축 변환과 원 영상 자신과의 오차를 최소로 하는 수축 변환을 구하는 것으로 간편화된다. 실제로 있어서, 프랙탈 영상 압축은 원 영상을 겹침이 없는 치역 블록들로 분할하고, 분할된 치역 블록 각각에 대해 최소의 오차를 가져오는 수축 변화들을 구하여 그 계수들을 부호화함으로써 전체 영상을 압축한다.

## 3. 프랙탈 영상 부호화기의 구성

### 3.1 부호화 알고리즘

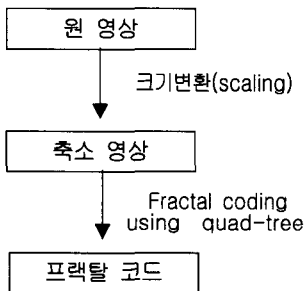
임의의 원 영상을 프랙탈 부호화하기 위해서는 먼저 원 영상을 블록별로 분할하여 각 블록들간에 존재하는 자기유사성(Self similarity)을 이용하는 방법을 사용하여야 한다. 영상을 분할하는 방법으로는 쿼드트리(Quadtree) 분할, HV 분할, Triangular 분할, Hexagonal 분할 등이 있으며, 분할 방법에 따라 블록의 수가 결정된다. 본 논문에서는 영역 활동도에 의해 영상의 블록별 영역 크기를 적용하는 쿼드트리 분할 기법을 이용하여 영상을 분할하였다. 그러나 쿼드트리 분할은 다른 분할 기법들보다 블록의 수가 많아질 수 있는 단점이 있으므로 영상을 부호화하기 전에 전처리 과정으로 원영상을 축소 변환한 후, 쿼드트리 분할 기법에 적용함으로써 압축율을 높이는 알고리즘을 제안하였다.

본 논문에서 구현한 부호화 과정을 정리하면 <표 2>와 같이 다섯 단계로 나눌 수 있다.

<표 2> 제안된 부호화 과정  
<Table 2> Step of proposed coding

단계	과정	방법
1	전처리	입력 영상을 임의의 크기로 축소 변환한다.
2	치역 블록	영상을 서로 중첩되지 않게 분할하고 이를 $R_i$ 로 나타낸다.
3	정의역 블록	영상을 치역 블록의 두 배 크기인 블록으로 분할하고 이를 $D_i$ 라 한다.
4	변환의 구성	각 치역 블록에 대해 다음과 같은 방법으로 변환을 적용하여 주어진 RMS 오차(root mean square error)에 대해 근사화 오차가 가장 작은 정의역 블록을 찾는다.
5	부호화	위의 과정을 매 치역 블록마다 모든 정의역 블록에 대해 수행한 다음 가장 근사화 오차가 작은 블록과 그 때의 변환 변수들을 찾음으로써 부호화가 이루어진다.

본 논문에서 사용한 부호화 알고리즘을 [그림 1]과 같이 간략히 나타내어 보았다.



[그림 1] 제안된 부호화 알고리즘  
[Fig. 1] Proposed coding algorithm

### 3.2 복호화 알고리즘

전송되어진 프랙탈 부호화 값을 이용하여 블록의 형태에 따라 복호화를 진행한다. 이러한 복호화는 임의의 영상에 대하여 변환  $W$ 를 반복적으로 적용하면 복원 영상을 얻을 수 있다. 즉, 각 치역 블록에 대하여 해당하는 정의역 블록을 잘라내어 공간 축소한 후, 계조도 크기 변화량  $s_i$ 를 곱하고 밝기 조절량  $o_i$ 를 더하는 과정을 모든 치역 블록에 대해 수행한다. 그리고 본 논문에서는 복원 영상에 나타날 수 있는 블록화 현상을 줄이기 위해 가중 평균치 방법을 이용한 후처리 필터를 사용하였으며, 9회 이상의 반복 이후에는 PSNR의 차이가 거의 없기 때문에 반복 회수를 9회로 제한하였다.

### 4. 실험 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘은 IBM-PC Pentium (1.7GHz)에서 C-언어로 구현하여 실험하였다. 실험은 전처리 과정을 거치지 않은 원영상과 50%로 축소된 Lenna 영상을 대상으로 하였다. 부호화 하고자 하는 영상의 크기는  $512 \times 512$ 이며 256 단계의 계조를 갖는 그레이스케일( grayscale) 영상이다. 실험에 사용된 영상을 [그림 2]에 보였다.



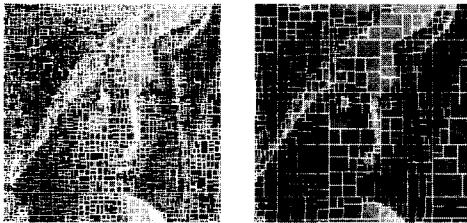
(a) Lenna 원 영상 (b) 50% 축소영상

[그림 2] 실험에 사용된 영상

[Fig. 2] Test image for simulation

(a) The original image (b)  $\frac{1}{2}$  contracted image

본 논문에서는 실험 결과를 분석하기 위해 영상의 압축율을 계산하였으며, 재구성된 영상의 화질을 평가하는 방법으로 PSNR (peak signal to noise ratio)을 사용하였다.



(a) 상세분할 (b) 쿼드분할

[그림 3] 영상의 쿼드트리 분할

[Fig. 3] Quadtree partition of image

(a) Square partition (b) Quadtree partition

<표 3>와 <표 4>에 512×512 Lenna 영상에 대한 실험 결과를 나타내었으며, 제안된 알고리즘이 압축율에서 약 2.5배 정도 향상되었다. 또한 s=4, o=6 비트일 때 가장 좋은 압축율을 얻을 수 있었으며, PSNR은 약 1.3dB 정도 개선되었다.

<표 3> 512×512 Lenna 원영상

<Table 3> Lenna original image with 512×512

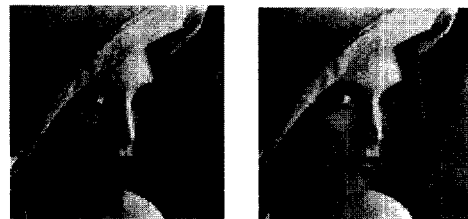
scaling bits	offset bits	압축율	PSNR
4	6	54.81	25.85
4	7	52.44	25.89
4	8	50.09	25.91
5	6	52.62	25.89
5	7	50.36	25.95
5	8	48.14	25.97
6	6	49.92	25.93
6	7	48.29	25.97
6	8	46.18	25.98

<표 4> 512×512 Lenna 50% 축소영상

<Table 4> 1/2 contracted image with 512×512

scaling bits	offset bits	압축율	PSNR
4	6	142.62	27.25
4	7	133.41	27.25
4	8	125.19	27.24
5	6	132.20	27.30
5	7	123.54	27.31
5	8	116.40	27.29
6	6	123.13	27.29
6	7	115.79	27.30
6	8	109.41	27.30

[그림 4]의 (a)에는 후처리 필터를 거치지 않은 복원 영상을, [그림 4]의 (b)는 후처리 필터를 거친 복원 영상을 각각 나타내었다.



(a) 후처리필터(무) (b) 후처리필터(유)

[그림 4] 복원 영상

[Fig. 4] Decoded image

(a) none postprocessing filter

(b) image using postprocessing filter

[그림 5]는 반복 회수에 따른 복원 영상을 나타내었다. <표 6>은 복원 영상에 대한 PSNR 값을 반복 변환을 적용한 회수에 따라 나타내었다. 반복 회수가 9회 이후에는 PSNR의 차이가 거의 없기 때문에 반복 회수를 9회로 제한하였다.

<표 5> 후처리 과정의 유무에 따른 PSNR의 변화(512×512 Lenna)

<Table 5> PSNR variables according to postprocessing filter(512×512 Lenna)

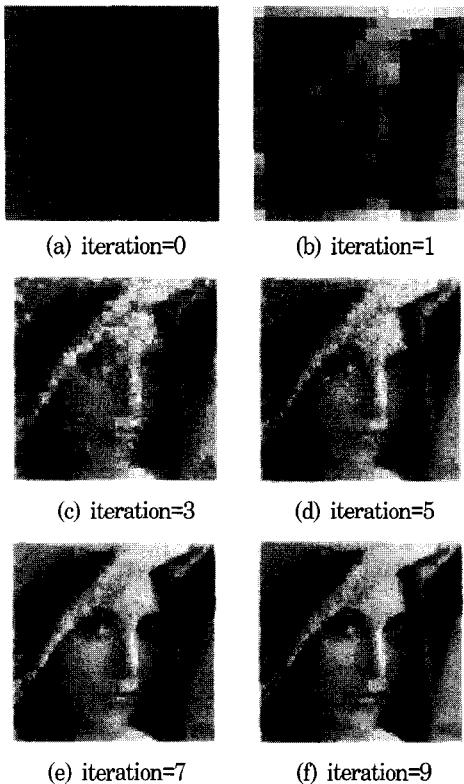
Image	유(PSNR)	무(PSNR)
Lenna	25.95	25.52
Lenna(50%)	27.31	27.10

s = 5, o = 7 bit

<표 6> 반복 회수에 따른 PSNR 값

<Table 6> PSNR values according to iteration

회수	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PSNR	10.5	14.3	17.2	20.1	23.3	27.6	29.8	32.2	32.5



[그림 5] 반복 회수에 따른 복원 영상  
[Fig. 5] Decoded image according to iteration

### 5. 결론 및 추후 과제

모의 실험 결과 전처리 과정을 거치지 않고 쿼드 트리 분할을 적용한 결과와 본 논문에서 제안한 전처리 과정을 거친 결과는 예상대로 압축율에 있어서 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 제안된 알고리즘을 적용한 결과 압축율은 약 2.5배 정도 향상되었으며, PSNR은 약 1.3dB 정도 화질이 개선되었다.

전처리 과정에서 축소률을 높일수록 압축율은 높아지나 이 경우 복원시 복원 영상에 모자이크 같은 현상이 일어날 수 있으므로 원영상의 크기에 따라 축소률을 어떻게 결정할 것인가도 복원 영상의 화질 평가에 중요한 요소로 작용할 것으로 사료된다. 그리고 scaling 비트와 offset 비트 수는 각각 4 비트와 6비트일 때 가장 높은 압축율을 가진다는 것을 알 수 있었으며, 축소률의 변화에 따라 scaling 비트와 offset 비트 수가 압축율의 변화에 민감하게 반응하게 됨을 알 수 있었다.

복원 시 후처리 필터를 사용하여 실험한 결과 후처리를 하지 않은 경우보다 전체적으로 화질이 개선됨을 알 수 있었으며, 실험 결과치로 보아 입력 영상의 크기가 작을수록 후처리 필터의 영향을 더 크게 받을 수 있다.

앞으로의 연구 과제는 새로운 영상 분할 기법에 대한 연구와 더불어 초저속 전송시 프랙탈 동영상 압축에 대한 효율적인 알고리즘 개발이 진행되어야 하겠다.

#### ※ 참고문헌

- [1] A. E. Jacquin, "Fractal image coding: a review", Proc. IEEE, vol.81, no. 10, pp. 1451-1465, Oct. 1993.
- [2] B. B. Mandelbrot, "The Fractal Geometry of Nature", W. H. Freeman and Company, New York, 1977.
- [3] D. M. Monro and F. Dudbridge, "Fractal Approximation of Image Block", ICASSP-92, vol. 3, pp. 485-IV88, San Francisco, California, Mar. 1992.

- [4] G. E. Oien, "L2-Optimal Attractor Image Coding with Fast Decoder Convergence", Ph D thesis, The Norwegian Institute of Technology, June 1993.
- [5] M. F. Barnsley, "Fractals Everywhere", 2nd Ed., Academic Press Professional, 1994.
- [6] Y. Fisher, E. W. Jacobs and R. D. Boss, "Image compression: A study of the iterated transform method", Signal Processing, Vol. 29, No. 3, December 1992.
- [7] Jacquin, A., "A Novel Fractal Block-Coding Technique for Digital Images," Proc. IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, pp. 2225-2228, 1990.
- [8] Jacquin, A., "Fractal Image Coding Based On a Theory of Iterated Contractive Image Transformations," SPIE vol. 1360 Visual Communications and Image Processing, pp. 227-239, 1990.
- [9] Monro, D. M. and Dudbridge, F., "Fractal Block Coding of Images," ELECTRONICS LETTERS, vol. 28, no. 11, pp. 1053-1055, 1992.
- [10] D. M. Monro, F. Dudbridge and A Wilson, "Deterministic rendering of self-affine fractals," IEE Colloquium on Fractal Techniques in Image Processing, London, 1990.
- [11] Oien(OIEN), G.E. ,S. Lepsoy and Ramstad, T. A., "An Inner Product Space Approach to Image Coding by Contractive Transformations", PROC. IEEE, ICASSP, pp. 2773-2776, 1991.
- [12] Peitgen, Jorgen, Saupe, "Chaos and Fractals New Frontiers of Science", Springer Verlag, New York, 1992.
- [13] Mohammad Gharavi-Alkhansari and Thomas S. Huang, "A FRACTAL BASED IMAGE BLOCK-CODING ALGORITHM," Proc. IEEE Int. Conf. on Acoustics,Speech and Signal Processing, vol. 5, pp. 345-348, 1993.

곽 성 근



1973.2 건국대학교 전자공학과  
졸업(공학사)  
1980.2 연세대학교 대학원  
졸업(공학석사)  
1998.8 아주대학교 대학원  
컴퓨터공학과(박사과정수료)  
2002.현재 시립인천전문대학  
전자계산과 교수  
관심분야 : 영상처리,  
컴퓨터그래픽스, 멀티미디어,  
애니메이션