

## Fractal Image Coding for Improve the Quality of Medical Images

Jaehong Park\*, Cheolwoo park\*\*, Wonseok Yang\*\*\*

*Dept. Radiological Technology, Choonhae College of Health Science\*,  
Dept. of Electronic Information Communication, Dong-Pusan College\*\*,  
Dept. of Radiology, Dong-A University Hospita\*\*\**

## 의료영상의 화질개선을 위한 프랙탈 영상 부호화

박재홍\*, 박철우\*\*, 양원석\*\*\*

춘해보건대학교 방사선과\*, 동부산대학교 전자정보통신과\*\*, 동아대학교 의료원 영상의학실\*\*\*

### Abstract

This paper suggests techniques to enhance coding time which is a problem in traditional fractal compression and to improve fidelity of reconstructed images by determining fractal coefficient through adaptive selection of block approximation formula. First, to reduce coding time, we construct a linear list of domain blocks of which characteristics is given by their luminance and variance and then we control block searching time according to the first permissible threshold value. Next, when employing three-level block partition, if a range block of minimum partition level cannot find a domain block which has a satisfying approximation error, we choose new approximation coefficients using a non-linear approximation of luminance term. This boosts the fidelity. Our experiment employing the above methods shows enhancement in the coding time more than two times over traditional coding methods and shows improvement in PSNR value by about 1-3dB at the same compression rate.

Key words : Fractal, Quadtree, Compression rate, PSNR

### 요 약

본 논문에서는 프랙탈 부호화시 변환식의 계수를 찾는 과정에서 블럭의 탐색영역을 줄이기 위해 탐색영역인 도메인 블럭의 특성을 화소의 밝기의 평균에 의한 클래스와 분산에 의한 클래스로 분류하여 리스트를 구성한 후 레인지 블럭과 같은 클래스를 가지는 도메인 블럭만 검색하도록 하면서 도메인 블럭 탐색시 1차 허용 오차 한계값을 제어하여 리스트 탐색시 RMS값에 일정 허용오차 이내의 값을 가지면 리스트를 끝까지 탐색하지 않고 변환값을 결정하도록 하여 부호화 시간을 향상시켰다. 또한 쿼드트리 분할법으로 레인지 블럭의 크기를 가변시켜 변환( $w_i$ )의 수를 줄임으로서 압축효율을 높이고 도메인 레인지 블럭의 크기에 따라 탐색 영역의 탐색 밀도와 허용오차를 변화시켰을 때 화질 개선 여부를 검토하였다. 제안된 방법으로 부호화한 결과 부호화 시간은 허용오차의 범위에 따라 향상되며 압축효과는 높아졌고 PSNR값은 다소 떨어졌으나 거의 무시할 수 있을 정도의 변화가 있었다.

중심단어 : 프랙탈, 쿼드트리, 압축율, PSNR

## I. 서론

21세기를 정보화 사회라 일컬으며 사회의 여러 분야에서 가치창조의 중요한 요소가 되어가면서, 영상 데이터의 디지털전송, 저장 및 처리에 대한 요구가 급격히 증가되면서 대량의 영상 데이터를 제한된 대역폭을 갖는 전송로도 전송되거나 디지털영상매체에 효율적으로 저장하기 위해 영상신호압축 기법이 연구되어 왔다. 1977년 Benoit B.Mandelbrot는 프랙탈 기하학을 도입하여 유클리드 기하학으로 표현할 수 없는 자연의 복잡한 영상을 나타내기 위한 수학적인 모델을 제시하였다<sup>[1]</sup>. 프랙탈 기하학이 갖는 특징은 크기와 관계없이 작은 부분이 전체와 같아지는 자기유사성(self similarity)<sup>[2]</sup>과 복잡한 자연 형상을 자연스럽게 묘사할 수 있는 순환성(recursiveness)이 있고 차원을 유리수로 표현할 수 있다는 데 있다. Voss는 프랙탈 변환식을 이용하여 자연의 영상을 만들어 내었다. 이후 Michael Barnsley는 Voss와는 역과정으로 자연의 영상에서 프랙탈 변환식을 찾아낼 수 있는 알고리즘을 만들어내는 역변환 문제(inverse problem)를 제안하고 Iterated Function System 모델의 수학적 근거를 제시하였으며 IFS가 영상을 얼마나 충실히 복원해 내는가를 측정할 수 있는 Collage이론을 증명하였다<sup>[3]</sup>. 그러나 Barnsley가 제안한 IFS로 복잡한 영상을 압축할 경우 부호화시간과 복원시간이 길어지고 자동화 알고리즘 구현이 불가능하였다. 그의 제자 Arnaud Jacquin이 IFS 부호화 방법을 변경한 PIFS(partitioned IFS)방법을 제안하고 역변환 문제(inverse problem)<sup>[4]</sup>를 해결하여 프랙탈 영상 압축을 시작하였다<sup>[5]</sup>. 프랙탈 영상 압축에서의 가장 큰 문제점은 복원시의 시간은 짧은 데 비해 부호화 시간이 오래 걸리며 또 부호화 시간을 짧게 했을 경우 화질이 떨어지는 문제점이 있다. 최근 이러한 문제를 해결하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다<sup>[6],[7]</sup>.

본 논문에서는 영상을 분할한 도메인 블록 특성을 밝기의 평균과 분산으로 분류하여 리스트를 구성한 후 레인지 블록과 같은 특성을 가지는 도메인블록만 검색하도록 하고 같은 클래스에 속하는 리스트 탐색시 허용 오차가 일정 임계치에 도달하면 Affine 변환값<sup>[3]</sup>을 결정하도록 하여 탐색 시간을 단축하였다. 또한

쿼드트리 분할법<sup>[8]</sup>으로 레인지 블록의 크기를 가변시켜 변환( $w_i$ )의 수를 줄임으로서 압축효율을 높이고 레인지 블록의 크기에 따라 탐색 영역의 탐색 밀도를 변화시켜 화질 개선을 시도하였다.

## II. 이론적 배경

### 1. 축소 변환 (contractive transformation)

완전 척도 공간(complete metric space)  $(F, d)$ 에서 정의되는 변환  $W : F \rightarrow F$ 가 모든  $x, y \in F$ 와  $s < 1$  인 양의 실수에 대해서 다음 식을 만족하면 그 때 변환  $w$ 를 축소 변환(Contractive transformation)이라고 한다.

$$d(w(x), w(y)) < s d(x, y) \dots \dots \dots (1)$$

여기서  $d$ 는 척도(metric)이며,  $s$ 는 변환  $W$ 의 수축도(contractivity)를 나타낸다. 이러한 수축 변환으로 이루어진 계를 IFS(iterated function system)라 하며 이때 수축도  $s$ 를 만족하는 변환  $w_i$ 들의 모음  $\bigcup w_i$ 를  $W$ 라 하면, 전체 변환  $W$ 도 수축 변환이 되어 유일한 고정점이 존재한다. 수축 변환  $W$ 가 식(2)와 같은 유일한 고정점  $x_W \in F$ 을 가질 때 부동점  $x_W$ 를 IFS의 끌개(attractor)라 한다.

$$x_W = W(x_W) = \bigcup_{i=1}^n W_i(x_W)$$

$$x_W \equiv S_\infty = \lim_{n \rightarrow \infty} W^n(S_0)$$

$$\forall S_0 \in F \dots \dots \dots (2)$$

$n$ 은 반복횟수를 의미하며 임의의 초기 영상  $S_0$ 에 대해 반복적으로 변환  $W(f_0), W(W(f_0)), \dots$ 를 적용하면  $W$ 의 고정점  $x_W$ 에 수렴하여 원하는 영상이 된다는 것을 의미한다. 임의의 영상을 유한수의 자체 변환만으로 원 영상  $f$ 에 정확하게 일치시키는 것은 일반적으로 불가능하다. Barnsley는 collage이론으로 임의의 영상 집합이 원영상과 닮은 정도를 설명하였다.

**2. Collage 이론**

IFS  $\{w_i | i = 1, 2, 3, \dots, n\}$ 의 변환  $W$ 의 고정점을  $x_W$ 라 하고 수축비를  $s$ 라 할 때, 변환  $W$ 는 임의의  $f \in F$ 에 대하여 다음 식을 만족한다.

$$\delta(x_W, f) \leq (1-s)^{-1} \delta(W(f), F) \dots \dots \dots (3)$$

이 식은 자신의 변환(covering)  $W(f)$ 가 원영상  $f$ 과 차이가 작을수록 고정점  $x_W$ 는 원영상  $f$ 과 유사하다는 것을 의미하며 특히 변환  $W$ 가 수축가능(contractive)하다면 정확하게 일치한다. 여기서 수축비(contractivity factor)  $s$ 는 수렴 속도를 나타내며 값이 작을수록 고정점에 빠르게 수렴한다. 식 (3)을 만족하는 IFS를 구하고, 임의의 초기 영상에 대해 IFS변환  $W$ 를 반복적으로 적용해 가면 고정점 정리에 따라  $x_W$ 으로 수렴하므로 원영상을 복원할 수 있다. 이와 같은 과정을 역변환 문제(inverse problem)라고 한다.

**3. 반복함수계 (Iterated Function System)**

프랙탈 압축은 원영상을 나타낼 수 있는 IFS를 구성하는 것이다. IFS란 자기 자신의 공간으로 사상(map)되는 축소 변환의 집합으로 단위 블록 영상간의 자기 유사성을 회전, 이동, 축소, 대칭변환이 가능한 Affine 변환의 계수들로 표현한 후 임의의 초기 영상으로 부터 이들을 반복 사용하여 원영상을 복원하는 것이다.

영상 평면  $(x,y)$ 에서 밝기값  $I(x,y)$ 를 갖는 3차원 공간에서의 축소 매핑형태는 2차원 Affine 변환식에 그래디언트를 추가한 것으로 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ J(x,y) \end{bmatrix} = w_i \begin{bmatrix} x \\ y \\ I(x,y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_i & b_i & 0 \\ c_i & d_i & 0 \\ 0 & 0 & s_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ I(x,y) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_i \\ f_i \\ o_i \end{bmatrix} \dots (4)$$

여기서  $I(x,y)$ 와  $J(x',y')$ 는 레인지와 도메인 블록내의 화소 밝기값을 나타낸다

이 식은 두 영상간의 유사성을 표현하며 다시 기하 변환(geometric transformation)과 suffle변환, 수치변환(massic transformation)으로 구분된다.

기하 변환은 도메인 블록이 레인지 블록에 매핑되는 방법을 결정하며 다음과 같은 2차원 Affine변환 형식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_i & b_i \\ c_i & d_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_i \\ f_i \end{bmatrix} \dots (5)$$

$a_i, b_i, c_i, d_i$ 는 기하 변환과 suffle 변환을 나타내고  $e_i$ 와  $f_i$ 는 레인지 블록과 정합될 수 있는 도메인 블록의 좌표를 표시한다. 이 때 기하변환은 도메인 블록을 레인지 블록의 크기로 축소시키기 때문에 축소 가능해야 한다. 크기를 축소시키는 방법으로 화소들의 평균값을 하나의 화소로 대응시키는 방법이 있다. 축소된 도메인 블록을 레인지 블록으로 정합하는 suffle 변환은 미리 정해진 8가지 변환을 사용한다.(5) 라서 가능한 suffle 변환의 개수만큼 도메인 블록이 증가되는 것과 같다. 수치변환은 기하 변환이 이루어진 도메인 블록이 레인지 블록과 유사성을 가지도록 화소값을 변경시킨다.

$$J(x',y') = o_i(x,y) + s_i [I(x,y)] \dots \dots \dots (6)$$

식 (6)은 화소값에 대한 두 영역의 유사성을 표시하며  $s_i$ 은 contrast scaling를  $o_i$ 은 레인지영역과 도메인 영역의 평균 화소값의 차인 오프셋을 나타낸다. 영상 부호화는 식(4)의 변환  $w_i$ 의 각 계수를 구하는 과정으로 볼 수 있다. 실제 전송할 매개 변수는 레인지 블록과 가장 잘 매칭 되는 도메인 블록의 좌표와 suffle값, 스�কে링값과 오프셋값이 된다.

**Ⅲ. 프랙탈 영상 부호화**

영상을 부호화하기 위해서는 영상을 반복 변환 시스템으로 구성해야 하고 IFS를 구성하기 위해서 영상 영역을 분할하고 분할된 각 영역에 대한 변환을 결정해야 한다. 즉 영상의 부호화는 부호화하고자 하는

영상  $f$ 가 주어져 있을 때 고정점  $W = \bigcup_{i=1}^N w_i$ 를 가지

는 변환의 집합  $w_1, w_2, \dots, w_N$ 과 끝개  $f = x_W$ 를 구한다는 것을 의미한다. 영상  $f$ 는 변환  $W$ 의 고정점이 되며 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f = W(f) = w_1(f) \cup w_2(f) \cup \dots \cup w_N(f)$$

일반적으로 임의의 곳에 있는 영상과 정확하게 일치하는 조각 영상을 찾아내는 것은 어려우므로 평균 자승오차  $d_{rms}(f', f)$ 가 작은 고정점  $f' = x_W$ 를 구한다.

$$\begin{aligned} f &\approx f' = W(f') \approx W(f) \\ &= w_1(f) \cup w_2(f) \cup \dots \cup w_N(f) \end{aligned}$$

$w_i$ 는 도메인영역을 축소 변환 조건을 만족하면서 레인지영역을 만들어 내므로 도메인영역이 레인지영역보다 커야 한다. 여기서 크기의 비를 2:1로 한 것은 절대적인 것은 아니며 이론적으로는 부호화와 복원시의 효율이 향상될 수만 있다면 임의로 크기의 비를 조정할 수 있다.

먼저 부호화할 영상을  $B \times B$ 크기의 겹치지 않는 레인지 블록  $R_1, R_2, \dots, R_n$ 의 집합으로 분할하고 각 레인지 블록에 대해 탐색하게 될  $2B \times 2B$ 크기의 도메인블록  $D$ 를 수평, 수직으로 이동하면서 겹침이 있게 결정한다. 최적의 도메인 블록  $D_i \in D$ 를 찾기 위해 각 레인지 블록에 대해  $D$ 전체를 검색하며 이 때 레인지 블록과 가장 닮은 도메인 블록은 평균 제곱오차

$d_{rms}(f \cup (R_i \times I), w_i(f)) \quad i = 1, \dots, N. \dots (6)$ 가 최소가 되는 블록이며 그 때의 변환 계수값( $s_i, o_i$ )과 도메인영역의 위치에 의해  $w_i$ 가 결정된다. 실제로는 rms 척도로 도메인과 레인지를 비교하여 식 (6)의  $s_i$ 와  $o_i$ 의 최적값을 계산할 수 있다.

$n$ 개의 화소 밝기가  $D_i$ 에 대해  $a_1, \dots, a_n, R_i$ 에 대해  $b_1, \dots, b_n$ 인 두개의 블록이 있다고 할 때 다음 식을 최소로 하면  $s$ 와  $o$ 를 구할 수 있다.

$$R = \sum_{i=1}^n (s \cdot a_i + o - b_i)^2$$

위 식을  $s$ 와  $o$ 에 대해 편미분하고 각각을 0으로 두면

$$s = \frac{\left[ n \sum_{i=1}^n a_i b_i - \sum_{i=1}^n a_i \sum_{i=1}^n b_i \right]}{\left[ n \sum_{i=1}^n a_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n a_i \right)^2 \right]}$$

$$o = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n b_i - s \sum_{i=1}^n a_i \right] \quad \text{가 되고}$$

$$R = \frac{1}{n} \left[ \sum_{i=1}^n b_i^2 + s \left( s \sum_{i=1}^n a_i^2 - 2 \sum_{i=1}^n a_i b_i + 2o \sum_{i=1}^n a_i \right) + o \left( n o - 2 \sum_{i=1}^n b_i \right) \right]$$

가 된다.

만약  $n \sum_{i=1}^n a_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n a_i \right)^2 = 0$ 이면  $s=0$ 이 되고

$o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n b_i$ 이 된다. 이 때 rms 오차는  $\sqrt{R}$ 이다. 이

러한 평균 자승 오차  $\sqrt{R}$ 가 최소가 될 때의  $s, o$ 와 함께  $D_i$ 를 선택하면 식 (4)형태의 변환을 결정할 수 있고 일단 변환 집합  $w_1, w_2, \dots, w_N$ 가 구해지면  $x_W$ 를 추정하여 영상을 복원할 수 있다.

#### IV. 적용된 알고리즘

부호화 과정은 전체 영상을 레인지 블록과 도메인 블록으로 나누고 각 레인지 블록에 대해서 가장 작은 근사화 오차를 갖는 도메인 블록의 좌표와 그 때의 변환 계수를 부호화하는 과정이다. 닮은 블록 탐색시 많은 양의 계산이 필요하므로 비교되는 도메인수를 줄이기 위해 Fig. 1과 같이 부모노드가 4개의 서브노드를 가지는 트리 구조된 쿼드트리 분할법을 사용한다.

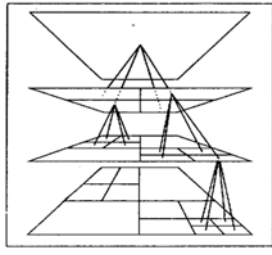


Fig. 1. Fractal image coding based on Quadtree partition of image.

부호화 시간을 줄이기 위해 부호화하기 전에 도메인 풀에 있는 모든 도메인을 쿼드트리 분할한다. 분할된 블록들은 밝기값의 평균과 분산이 배열되는 순서를 이용하여 특성이 결정된다. 즉 분할된 한 개의 블록을 크기가 1/4이 되는 4분면으로 나누고 각 4분면의 밝기값의 평균과 분산을 다음과 같이 구한다.

$$A_i = \sum_{j=1}^n r_j^i, \quad V_i = (r_j^i) - A_i^2$$

( r<sub>j</sub> : 화소값 , i=1,2,3,4 ) .....(7)

이 때 가장 밝은 A<sub>i</sub>를 왼쪽 상단에 오도록 배열하고 배열 순서에 따라 3가지 Major 클래스로 분류한다.

0(A <sub>1</sub> )	1(A <sub>2</sub> )
2(A <sub>3</sub> )	3(A <sub>4</sub> )

Major 클래스 1  
A<sub>1</sub> ≥ A<sub>2</sub> ≥ A<sub>3</sub> ≥ A<sub>4</sub>

0(A <sub>1</sub> )	1(A <sub>2</sub> )
3(A <sub>3</sub> )	2(A <sub>4</sub> )

Major 클래스 2  
A<sub>1</sub> ≥ A<sub>2</sub> ≥ A<sub>4</sub> ≥ A<sub>3</sub>

0(A <sub>1</sub> )	2(A <sub>2</sub> )
3(A <sub>3</sub> )	1(A <sub>4</sub> )

Major 클래스 3  
A<sub>1</sub> ≥ A<sub>4</sub> ≥ A<sub>2</sub> ≥ A<sub>3</sub>

$$A_i = \sum_{j=1}^n r_j^i$$

또 각 Major 클래스는 식 (7)에 따라 24가지의 서브클래스로 분류된다. 이 때 분산의 서브클래스는 스켈링값이 양수일 때와 음수일 때 각각 다르게 배열된다. 기준 클래스가 결정되면 모든 도메인 풀에 있는 분할된 블록들은 노드별로 기준 클래스와 비교되고 동일한 클래스를 가지는 노드들은 블록의 크기에 따라 방향성과 도메인의 위치를 포함한 linked 리스트로 구성되어 배열에 저장된다. 최초의 트리깊이(32×32 블록)으로 분할된 레인지 블록의 클래스가 결정되면 도메인 풀에서 같은 클래스를 갖는 블록과 비교되며 화소값의 Affine 변환값(스켈링과 오프셋값)은 식 (7)의 rms값을 최소로 하면 구할 수 있다. 이 때 한 개의 레인지 블록이 같은 클래스를 가지는 모든 도메인 블록의 리스트에서 탐색의 마지막을 노드의 포인트가 NULL이 되도록 제어하면 최적의 rms값을 구할 수는 있으나 만약 리스트 탐색시 초기나 중간에서 최적의 rms값이 결정 될 경우 부호화 시간의 손실이 생길 수 있다. 따라서 본 알고리즘에서는 1차 허용 오차 임계치와 2차 허용 오차 임계치를 지정하여 도메인 풀의 탐색의 끝을 1차 허용 오차 임계치를 지정하여 rms값이 그 이하가 되면 리스트의 탐색을 중단하고 Affine 변환 값을 결정하도록 하고 일정 임계치를 만족하지 못할 경우 2차 허용 오차와 비교하여 변환값을 결정하도록 하였다. 만약 1,2차 허용 오차 이내의 rms값이 구해지지 않을 경우 레인지는 쿼드트리 분할되고 같은 과정이 반복된다. 부호화 과정에서 전달되는 매개 변수의 비트 할당 구조는 평탄 영역과 에지 영역에 따라 표 1과 같이 할당된다.

Table 1. The bit/block allocation of linear approximation

	Split	Cont rast	lumin ance	Domain x-coordinate	Domain y-coordinate	Flip	Total bits
Basic Area	1		6				7
Edge Area	1	5	6	6	6	3	27

제안된 알고리즘에 대한 부호화 과정은 Fig. 2와 같다.

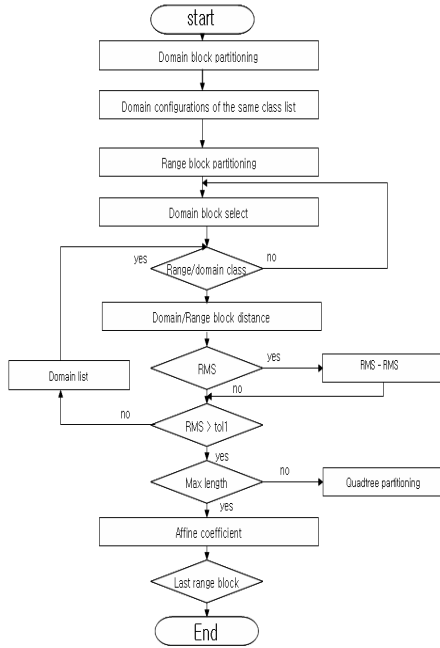


Fig. 2. Flowchart of the algorithm for fast encoding.

### V. 실험 결과 및 검토

본 연구의 실험은 그레이레벨 영상은 512×512크기의 Lenna영상이며 레인지 블록의 크기는 32×32, 16×16, 8×8로 도메인 블록의 크기는 64×64, 32×32, 16×16로 쿼드트리 분할 하였다. 탐색량을 줄이기 위해 부호화에 앞서 부호화하기 전에 도메인 풀에 있는 모든 도메인을 쿼드트리 분할하고 분할된 블록을 화소의 밝기값에 따라 3 클래스, 분산값에 따라 24 클래스로 분류하여 블록 크기별로 리스트를 구성하였다. 레인지 블록과 가장 닳은 도메인 블록을 리스트에서 탐색할 때 허용 오차 임계치를 1차, 2차로 구분하여 리스트의 탐색 중간에 1차 허용 오차 한계내에 들면 리스트를 끝까지 탐색하지 않고 한 개의  $w_i$ 를 구성하는 최적의 도메인 위치와 Affine 변환값을 결정한다. 이때 1차 허용 오차 한계가 만족되지 않으면 2차 허용 오차 한계 및 트리의 깊이를 판단한 후 쿼드트리 분할 여부 및 변환값 결정을 하고 다음 레인지 블록으로 이

동하며 이러한 모든 변환의 집합  $W = \cup w_i$ 가 부호화를 구성한다. Table 3은 1차 허용 오차의 임계치와 도메인 풀의 밀도를 변화시켰을 때 압축률, 부호화시간, PSNR값을 비교한 결과이다. 레인지 블록과 가장 닳은 도메인 블록을 탐색할 때 리스트의 노드 포인트가 NULL이 될 때 까지 탐색하지 않고 탐색 도중 2차 허용 임계치를 넘지 않는 한도 내에서 1차 허용 임계치를 두어 1차 허용오차 범위에 들 때 변환값을 결정한 결과, 화질을 거의 유지하면서 부호화 시간을 향상시킬 수 있었으며 압축 효과도 얻을 수 있었다. 도메인의 밀도의 변화에 따른 PSNR값은 Table 3의 범위 외에 각 블록의 스텝을 1로 하여 전역 탐색을 하면 화질은 어느 정도 개선되나 화질의 개선 효과에 비해 부호화 시간은 비능률적으로 늘어나게 된다. Fig. 3은 원영상을 나타내고, Fig. 4는 쿼드트리 분할된 영역을 나타내며, Fig. 5는 복원된 영상이다.

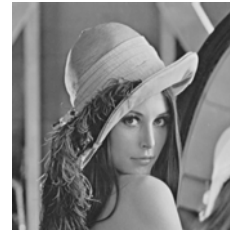


Fig. 3. Original image. (512 × 512)

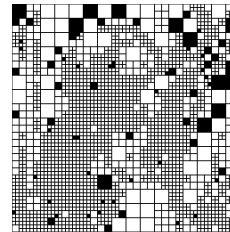


Fig. 4. Quadtree partition of original image.

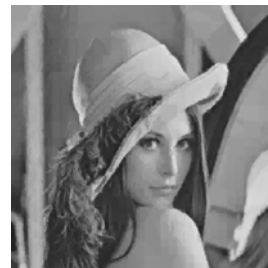


Fig. 5. The decoded image.

앞에서 언급한 프랙탈의 적용된 가변크기블록 부호화 알고리즘을 이용하여 실제 의료영상의 하나인 CT 영상에 적용하여 보았다.

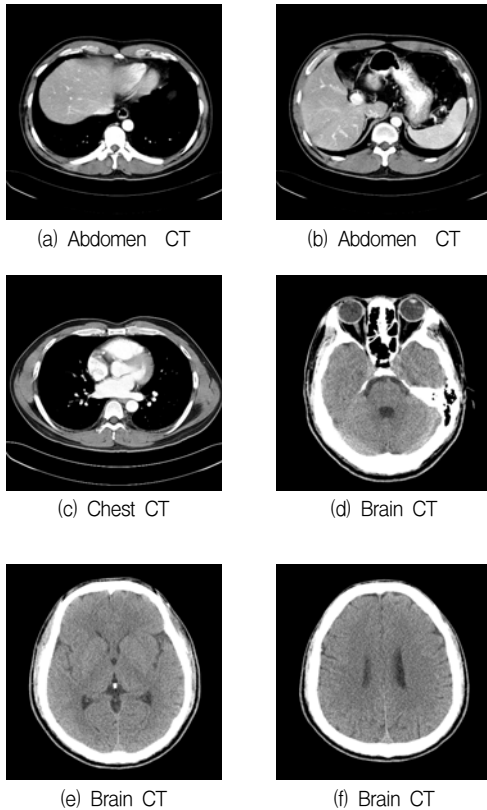


Fig. 6. Model of CT images.

Fig. 6은 Somatom Sensation 16 (제작사: Siemens / 독일) CT장비로 (a)는 복부의 간상엽을 5mm 두께로 찍었으며 Stander(B30s) 알고리즘 적용하였다. (b)는 복부의 간하엽을 5mm 두께로 찍었으며 Stander(B30s) 알고리즘 적용하였다. (c)는 흉부 중간을 5mm 두께로 찍었으며 Lung (B50f) 알고리즘 적용하였다. (d)는 제4뇌실 부위를 5mm 두께로 찍었으며 Stander(H40s medium) 알고리즘 적용하였다. (e)는 시상부위를 5mm 두께로 찍었으며 Stander(H40s medium) 알고리즘 적용하였다. (f)는 측뇌실 부위를 5mm 두께로 찍었으며 Stander(H40s medium) 알고리즘 적용하여 찍은 영상이다.

Table 3. Range region due to changes in the size and density of the domain of medical image compression performance compared ( threshold values = 6.0 & 14.0 )

Type	Compression Rate (%)	Decoding Time (sec)	PSNR (dB)		
Thres hold values 6.0	1	6131	43	5	26
	2	6546	40	20	27
	4(32)	6891	38	64	28
	1	22591	12	14	32
Thres hold values 14.0	2	23600	11	52	27
	4(64)	24549	11	198	34
	1	4778	55	10	25
	2	4967	53	40	27
Thres hold values 14.0	4(32)	4972	53	132	28
	1	12531	21	31	30
	2	11610	23	100	27
	4(64)	10654	25	336	31

Table 3은 영상의 임계치 허용오차 6.0과 14.0 변화에 따른 레인지 영역의 크기와 도메인 밀도변화에 따른 압축률, 부호화시간(초), PSNR(dB)이다.

## VI. 결론

프랙탈 부호화시 최적의 변환 계수를 찾기 위해 많은 계산량을 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 부호화시간을 줄이고 압축률을 높이기 위해 쿼드트리 분할기법을 사용하여 변환  $w_i$  수를 줄이고, 부호화 시간을 줄이기 위해 도메인 영역을 화소 밝기값의 평균과 분산으로 블록의 특성을 정하여 탐색 영역을 제한하는 기법을 이용하였고 또 도메인영역에서의 1차 허용오차 임계치를 사용하여 탐색 영역의 리스트를 제어함으로써의 부호화 시간의 개선을 시도한 결과 화질에 영향을 미치지 않으면서 압축률과 부호화 시간의 이득을 얻을 수 있었다. 또한 도메인 폴의 밀도를 변화시켜 화질의 개선 여부를 검토해 본 결과 전역 탐색을 한 경우에도 획기적 화질 개선은 없었고 상대적으로 부호화 시간이 비효율적으로 길어졌다. 이 문제를 해결하기 위한 방안으로 전체의 영상을 4등분, 또는 그 이상으로 분할하여 독립적으로 부호화하면 부호화 시간은 향상시킬 수 있으나 저해상도 영상일 경우 화질의 열화는 피할 수 없으므로 이에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것으로 본다.

## 감 사 의 글

“이 논문은 2013년도 춘해보건대학교 학술연구비  
지원에 의한 것임”

## 참 고 문 헌

- [1] Benoit.b.Mandelbrot, "The Fractal Geometry of Nature", W.H Freeman and Company, New York, 1977.
- [2] A.E. Jacquin, "Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations," IEEE Trans. Image Process., Vol. IP-1, pp.18-30, Jan. 1992.
- [3] M. Barnsley, "Fractals Everywhere", San Diego:Academeic Press, 1988.
- [4] M.F. Barnsley, V. Ervin, D. Hardin, J. Lancaster, "Solution of an inverse problem for fractals and other Sets", Proceedings of the National Academy of Science U.S.A, Vol. 83, pp. 1975-1977, 1985.
- [5] A. Jacquin, "A Fractal Theory of Iterated Markov Operators with Application to Digital Image Coding", PhD thesis, Georgia Institute of Technology, August 1989.
- [6] A.J. Crilly, R.A. Earnshaw, H. Jones, "Fractals and chaos", Springer-verlag, New York, 1991.
- [7] M.G. Alkhansari, T.S. husang, "A fractal-based image Block-coding algorithm", in Proc. Int. Cont. Acoust., Speech, Signal Processing 93, Vol. 5, pp. 345-348, Minneapolis, Minnesota, Apr.1993.
- [8] Y. Fisher, E.W. Jacobs, R.D. Boss, "Fractal Image Compression Using Iterated Transforms," Technical Report, Naval Ocean Systems Center, San Diego, CA92142-5000.