

## 프랙탈 영상 압축

徐廷泰, 姜鉉宇, 尹大熙  
延世大學校 電子工學科

### I. 서론

영상을 디지털 형태로 표현하기 위해서는 많은 양의 데이터가 필요하다. 그러므로 디지털 영상을 저장하거나 전송하기 위해서는 데이터의 압축이 필수적이다. 지금까지의 영상 데이터 압축 기법은 주로 Shannon의 정보 이론에 근거를 둔 방법들로서, 크게 영상을 이루는 각 화소 간의 상관 관계를 줄이는 예측 부호화 기법과 공간 영역에서의 높은 상관 관계를 주파수 영역으로 변환하여 압축하는 변환 부호화 방법들이 주종을 이루어 왔다.<sup>[1,2,3]</sup> 최근에 들어서는 변환 부호화 방법의 일종인 DCT(Discrete Cosine Transform)<sup>[4]</sup>를 근간으로 하는 압축 방법이 표준화 방법으로 채택되었다. 먼저, 정지 영상의 압축 방법은 JPEG(Joint Photographic Experts Group)<sup>[5]</sup>으로 표준화가 이루어졌으며, 영상 전화나 영상 회의를 목적으로 하는 압축 기법은 CCITT H.261<sup>[6]</sup>로, 동영상 압축 기법으로는 MPEG(Moving Picture Experts Group)<sup>[7]</sup>으로 규격화가 이루어지고 있다.

이와 같은 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 나타나며, 특히 DCT를 근간으로 하는 대부분의 표준화 방법들은 높은 압축율에서 블럭킹 효과(blocking effect)가 두드러지게 나타나는 것으로 알려져 있다. 최근에 이르러 Barnsley<sup>[9,10]</sup>가 제안하고, Fisher<sup>[12,13]</sup>, Jacquin<sup>[13,14,15]</sup>에 의해 구현된 프랙탈을 이용한 영상 압축 방법이 높은 압축율에서도 복원 영상의 화질을 일정 수준 이상으로 유지할 수 있는 부호화 알

고리듬으로 평가되고 있다. 초저속 영상 부호화(very low bitrate image coding) 방법<sup>[16]</sup>의 표준화 기구인 MPEG-4 그룹에서도 다른 3개의 방법(Waveform-Based Coding, Object-Oriented Coding<sup>[17]</sup>, 3-D Model-Based Coding<sup>[18]</sup>)과 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, VOD(Video On Demand), CD-ROM 등과 같이 저장되어 있는 영상 정보의 재생 과정이 주로 요구되는 곳에 적합한 부호화 기술로 주목받고 있다. 본 기고에서는 프랙탈의 기본 개념과 영상 압축에 응용하는 방법에 대해서 기술하고자 한다.

### II. 수학적 배경

프랙탈이라는 단어는 원래 fractus dimension에서 나온 말로 의미 그대로 소수 차원을 갖는다는 뜻이다. 즉, 지금까지 다루어온 대부분의 기하학적인 형태들은 정수 차원으로 묘사가 되나, 프랙탈 도형들은 소수 차원으로 표현된다.<sup>[10]</sup> 또한 자연상에 존재하는 대부분 물체들도 정수 차원이 아닌 소수 차원을 가지고 있으며, 프랙탈 특성을 강하게 갖는 기하 형태들은 전체와 부분간에 강한 자기 닮음성(self similarity)이 존재한다. 이와 같은 사실로부터 프랙탈 이론을 이용하여 영상을 표현하려는 방법이 시도되었으며, 자기 닮음성의 성질을 이용하여 화소간의 상관 관계를 줄이는 프랙탈 영상 압축 방법이 연구되

어 왔다.<sup>[12]</sup>

#### 1. 수축 변환(contractive transformation)<sup>[10,12]</sup>

어떤 집합 S에 각 원소들 간의 거리를 정의하는 거리 함수(metric)가 존재할 때 그 집합을 측도 공간(metric space)이라 한다. 이 때 자기 공간에서 자기 공간으로의 변환 W가 있어서 S에 포함되는 임의의 두 원소에 대하여 변환을 취했을 때, 변환된 두 원소간의 거리가 원래 원소 사이의 거리에 비해 줄어드는 성질을 가지면 이러한 변환 W를 수축 변환이라 부른다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$P_1, P_2 \in S \\ d(W(P_1), W(P_2)) \leq s \times d(P_1, P_2), 0 < s < 1 \quad (1)$$

수축 변환의 중요한 특성은, 변환 W를 계속해서 반복적으로 적용하면 최종적으로 어떤 값으로 수렴하게 된다는 것이다. 이 값을 수렴점 혹은 고정점(fixed point)이라 한다.

#### 2. 아핀 변환(affine transformation)<sup>[10,12]</sup>

자기 자신의 공간으로 사상(mapping)되는 변환에는 여러가지가 있으나, 영상 압축 시스템에서는 아래와 같은 아핀 변환 W를 주로 사용한다.

$$W \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix} \quad (2)$$

아핀 변환은 2x2 행렬로 변환되는 수식을 이용하여 선형 확대·축소, 형태 변환(deformation)과 2x1의 벡터로 선형 이동 등을 구현할 수 있는 변환 방법이다.

#### 3. 반복 변환 시스템(IFS : Iterative Function System)<sup>[10,12]</sup>

자기 공간으로 대응되는 수축 변환들로만 이루어진 집합을 IFS라 한다.

$$W(S) = w_1(S) \cup w_2(S) \cup \dots \cup w_n(S) \quad (3)$$

IFS를 이루는 각각의 변환  $w_i$ 들이 수축 변환인 경우, 변환 W를 반복 적용하면 고정점으로 수렴하게 된다. 일반적으로 주어진 IFS에 대해서 항상 하나의 고정점만이 존재하며 이러한 고정점을 끌개

(attractor)라고 한다.

#### 4. 역변환 문제와 콜라지 이론(Inverse Problem and Collage Theorem)<sup>[10,12]</sup>

일반적으로 변환 W가 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 해결할 수 있는 방법은 알려져 있지 않으나, 다음의 콜라지 이론은 수치적인 해를 구할 수 있는 근거를 마련해준다.

콜라지 이론 : 주어진 영상을 I라 하고, 수축변환으로 이루어진 IFS를 C라고 할 때, I 와 C(I)사이의 하우스도르프(hausdorff) 거리가 임의의 작은 값  $\epsilon$ 보다 작다면, I와 IFS 끌개 사이의 하우스도르프 거리는  $\epsilon/(1-s)$ 보다 작아진다.

콜라지 이론은, 주어진 영상과 그것을 변환한 영상간의 오차가 충분히 작아지도록 IFS를 구성한다면, 그 IFS의 끌개가 원영상에 가깝게 수렴한다는 의미를 담고 있다. 이 때 사용되는 하우스도르프 거리는 집합과 집합 사이의 거리를 표현하는 측도로서 이 기호의 범위를 벗어나는 개념이므로 다루지 않는다.

### Ⅲ. 프랙탈 영상 압축

#### 1. 프랙탈을 이용한 영상 표현

프랙탈을 이용한 영상 압축이란 영상 데이터를 축소 변환의 변환 변수(parameter)들만으로 표현함으로써 정보량을 줄이고자 하는 방법이다. 그 방법은 다음과 같다.

주어진 영상 S를 서로 중첩되지 않으면서 각각의 합집합이 전체 집합 S가 되는 부분 집합들로 분할한다. 이 때 분할된 각각의 분할 객체들은 기하학적인 모양이나 화소값 분포의 측면에서 전체 집합 S와 어느 정도 닮음성을 가지게 마련되며, 이러한 닮음성의 관계를 변환식을 사용하여 표현한다. 즉, 주어진 축소 하에서 전체 집합 S에 어떤 변환을 적용하여 얻은 결과와 원래의 분할 객체와의 오차가 충분히 작다면, 앞에서 설명한 콜라지 이론에 의해 그 변환의 매개 변수들로 영상을 표현할 수 있게 되는 것이다. 전체

영상은 이러한 변환 객체들의 모임으로 구성되므로, 전체 영상을 표현하기 위해서는 각각의 변환 객체들에 대한 변환의 집합을 생각하면 된다. 이 때 각각의 분할 객체에 대한 변환이 수축 변환이면 개개 변환들의 집합도 수축 변환이 된다. 전체 집합  $S$ 가  $N$ 개의 중첩되지 않는 분할 객체로 나뉘어다면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$W(S) = W_1(S) \cup W_2(S) \cup \dots \cup W_N(S) \quad (4)$$

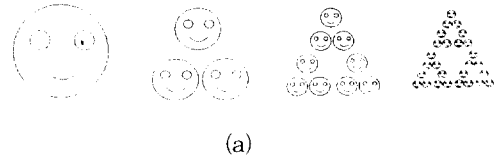
여기서  $S$ 가 완전성 (completeness)을 만족하는 측도 공간이고 변환  $W$ 가 주어진 측도에 대해 축소 변환의 특성을 가지면, 입력에 상관없이 항상 유일한 그 집합 내의 한곳으로 수렴하게 된다. 위의 개념을 좀 더 알기 쉽게 설명하기 위해 구체적인 예를 들어 본다.

그림 1의 복사기는 입력된 그림의 크기를 반으로 줄여서 평면상에 주어진 세곳의 위치에 맞게 옮기는 기능을 갖는다. 예를 들어 스마일 마크의 형태를 갖는 자료를 복사기의 입력으로 사용한다면 그림 1과 같은 형태의 출력을 갖게 된다. 이 복사기에 그림 2와 같이 세가지 형태의 그림을 계속하여 적용하면, 즉 출력을 다시 입력으로 사용하는 폐환 시스템을 구성하면 최종적으로는 대표적인 프랙탈 도형의 하나인 Sierpinski 삼각형으로 수렴함을 알 수 있다. 이로부터, 주어진 복사기의 특성에 따라 입력에 관계없이 항상 유일한 고정점으로 수렴하는 현상을 볼 수 있다. 이러한 일이 가능한 이유는 복사기가 입력 영상의 크기를 반으로 줄이는 축소 과정을 갖기 때문이다.



그림 1. 특수한 기능을 가진 복사기

이와 같은 복사기의 기능은 앞에서 설명한 아핀 변환을 사용하여 표현할 수 있으며, Sierpinski 삼각형의 경우 그림 3과 같은 3개의 아핀 변환식으로 표현할 수 있다. 그림 3은 임의의 평면에 대해 3개의 아핀 변환으로 구성되는 IFS를 사용하여 Sierpinski 삼각형을 얻는 과정을 나타낸다.



(a)



(b)



Initial Image First Copy Second Copy Third Copy

(c)

그림 2. 그림 1의 복사기에 의해 만들어진 그림

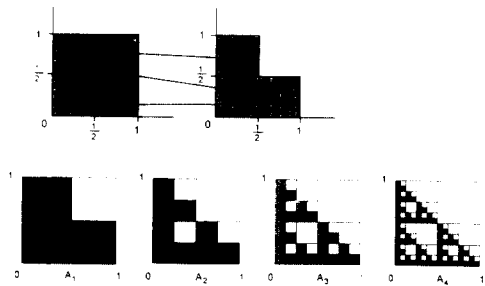


그림 3. Sierpinski 삼각형과 그 IFS 변환

일반적으로 자기 닮음성이 강한 이진 영상(binary image)에 대해 끝개가 원영상이 되도록 IFS를 구성하는 방법은, 전체 영상이 축소 변환되어 분할 객체의 어떤 점으로 매핑되는가를 잘 관찰하여 규칙을 찾고, 그 규칙을 만족하도록 아핀 변환의 변수들을 설정해 주는 것이다. 예로 든 삼각형의 경우, 원영상을

반으로 축소하므로 아핀 변환의 2x2행렬의 원소들은  $\begin{pmatrix} 0.5 & 0 \\ 0 & 0.5 \end{pmatrix}$ 로 결정되어지고, 삼각형의 꼭지점이 각각 (0, 0), (0, 0.5), (0.5, 0)으로 이동되므로 이동 벡터를 나타내는 아핀 변환의 항도 쉽게 결정될 수 있다. 512x512 크기를 갖는 Sierpinski 삼각형의 이진 영상을 3개의 IFS를 사용하여 표현하였을 때 얻는 압축의 효과는 455 : 1에 이른다.

2. 일반적인 영상 압축 방법

앞에서 다룬 영상들은 전체와 부분간의 자기 닮음성이 강하고, 이진으로 표현되는 영상이므로 적은 수의 파라미터를 사용하여 영상을 표현할 수 있었다. 그러나 자연에 존재하는 영상들은 자기 닮음성이 그리 강하지 않으며 또한 색정보(color)도 가지므로, 위에서 예로 든 것과 같은 단순한 형태의 IFS로는 표현하기 어려워 다음과 같이 확장된 형태의 변환을 생각한다.

$$W \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & 0 \\ c & d & 0 \\ 0 & 0 & s_i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \\ o_i \end{pmatrix} \quad (5)$$

여기서 x, y는 좌표, z는 화소의 밝기이며, a - f는 기하학적인 변환을 나타내는 변수들이고, s<sub>i</sub>는 contrast, o<sub>i</sub>는 brightness를 나타낸다.

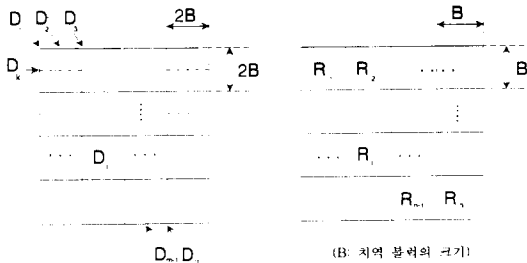


그림 4. 정의역 블록과 치역 블록으로의 분할

앞서 Sierpinski 삼각형의 예에서 본 바와 같이, IFS로 영상을 표현하기 위해서는 전체와 부분과의 닮음성을 잘 반영할 수 있도록 영상을 분할하여야 한다. 일반적으로는 영상 f의 좌표축을 구성하는 평면 공간  $I^2$  ( $I : [0, 1]$ )의 부분 집합을  $D_1, D_2, \dots, D_m$ 과  $R_1, R_2, \dots, R_n$ 으로 정의하고, 각각을 정의역(domain)과 치역(range)이라 표기한다. 치역 집합

들은 서로 중첩되지 않는다는 조건만 만족하면 임의의 모양을 가져도 무방하지만, 영상 압축 문제에 적용하기 용이하도록 그림4와 같은 사각형의 블록으로 생각한다.

또한 치역 블록의 합집합으로 전체 영상을 나타내 고자 하므로 각 블록의 합은 전체 집합이 되어야 한다. 즉,

$$R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_n = I^2 \quad (6)$$

정의역 블록  $D_i$ 들은 서로 중첩되어도 무방하며 치역 블록에 비해 크기가 큰 블록으로 분할한다. 앞서 이진 영상의 경우에는 입력 영상 전체를 정의역으로 하여 부분 집합을 생성해 내었지만, 일반적인 영상에 있어서는 전체와 부분과의 닮음 정도가 크지 않으므로, 분할된 영상의 일부분인 정의역 블록과 치역 블록 간의 닮음성을 이용하여 IFS를 구성한다. 블록간의 자기 닮음성을 판별하기 위한 측도로는 일반적으로 널리 이용되는 블록 화소간의 자승 평균 제곱 (root mean square)을 사용한다. 이와 같이 부분 집합들 간의 닮음 관계를 IFS를 사용하여 표현하는 방법을 PIFS라 한다.

3. PIFS (Partitioned IFS) 압축 알고리즘의 구현 이 절에서는 반복 변환 시스템을 이용하여 실제의 영상을 부호화하는 과정을 생각해 보도록 한다. 부호화하고자 하는 영상은 512x512 크기의 256단계의 계조를 갖는 8bpp Lena 영상으로 한다. 편의상 이 영상을 f라 하겠다.

1) 부호화

영상을 부호화하는 과정을 다음과 같은 네 단계로 나눌 수 있다.

- [1] 치역 블록(range block)의 구성 : 영상 f를 그림 4에서와 같이 8x8의 블록으로 서로 중첩되지 않게 분할하고 이를  $R_i$  ( $i=1..4096$ )로 나타낸다.
- [2] 정의역 블록(domain block)의 구성 : 영상 f를 그림 4에서와 같이 치역 블록의 두 배 크기인 16x16의 블록으로 50% 중첩 분할하고 이를  $D_j$  ( $j=1..3969$ )라 한다. 이 때 정의역 블록의 크기가 치역 블록의 두 배이므로 공간 영역에서의 축소율은 1/2로 결정된다.
- [3] 변환의 구성 : 각 치역 블록에 대해 다음과 같

은 방법으로 변환을 적용하여 주어진 지승 평균 제곱 거리 함수에 대해 가장 근사화 오차가 작은 정의역 블럭을 찾는다.

i) 치역 블럭  $R_i$ 에 대해 정의역 블럭  $D_j$ 을 선택한 다음, 공간 영역에서 평균(averaging) 과정을 통하여 치역 블럭의 크기로 축소한다.

ii) 다양한 형태의 정의역 블럭을 얻기 위해, 정해진 8가지 기하학적인 변환(isometry)을 적용하여 치역 블럭과의 근사화 오차를 줄일 수 있도록 한다.

iii) 공간 영역에서 축소된 정의역 블럭과 치역 블럭간의 오차가 최소가 되도록 하는 아핀 변환 함수의 계조도 변화 변수  $s_i$ 와 밝기 조절 변수  $o_i$ 를 구한다.

- [4] 위의 과정을 매 치역 블럭( $i=1..4096$ )마다 모든 정의역 블럭( $j=1..3969$ )에 대해 수행한 다음 가장 근사화 오차가 작은 블럭과 그 때의 변환 변수들을 찾음으로써 부호화가 이루어진다. 예를 들어 첫번째 치역 블럭에 대해 가장 작은 오차를 보이는 정의역 블럭으로 (16, 32) 좌표의 블럭이 선택되었고, 그 때의  $s_i$ 와  $o_i$ 가 0.2와 124였다면 첫번째 블럭에 대한 변환식은 다음과 같이 결정된다.

$$w_i \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 16 \\ 32 \\ 124 \end{pmatrix} \quad (1 \leq x, y \leq 8)$$

이러한 변환식을 주어진 모든 치역 블럭에 대해 구하면 부호화 과정이 완료되며, 입력 영상  $f$ 에 대한 PIFS는 다음과 같이 주어진다.

$$W = w_1 \cup w_2 \cup \dots \cup w_{4096} \quad (7)$$

즉, 변환식  $w_i$ 는  $i$ 번째 치역 블럭을 표현하는 코드이다.

2) 복호화

변환  $W$ 가 주어진 상태에서 복원 영상을 얻는 과정은 매우 단순하다. 임의의 영상  $f_0$ 에 대하여 변환  $W$ 를 반복적으로 적용하면 복원 영상  $f'$ 를 얻을 수 있다. 즉, 매 치역 블럭에 대하여 해당하는 정의역

블럭을 잘라내어 공간 축소한 후, 계조도 크기 변화량  $s_i$ 를 곱하고 밝기 조절량  $o_i$ 을 더하는 과정을 모든 치역 블럭에 대해 수행하면 된다.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} W^n(f) = W| = W(W(W(\dots W(f_0)))) \quad (8)$$

( $W| = attractor$ )

그러나 실제 세계에 존재하는 영상들은, 강한 프랙탈 특성을 갖는 예제의 기하학적 도형과는 달리 자기 닮음성이 약하므로, 유한한 수의 변환 규칙으로 완벽하게 표현될 수 없다. 즉, 프랙탈 부호화 방법은 부호화 성격의 측면에서 볼 때 손실 부호화(lossy coding) 방법이다.

IV. PIFS를 이용한 정지 영상 압축 방법

1. 전역 탐색을 통한 프랙탈 부호화기

이 방법은 Fisher 등<sup>[11,12]</sup>이 제안한 방법으로, 부호화 과정은 3장에서 예로 든 방법과 동일하게 수행된다. 즉, 각 치역 블럭에 대해 자기 닮음성이 큰 블럭을 전체 정의역 블럭 풀에 대해 모두 탐색하는 방법으로, 복원 영상의 화질은 뛰어나지만 부호화 과정에 소요되는 시간이 다른 방법에 비해 오래 걸리는 단점이 있다.

2. 정의역 블럭 분류화를 통한 프랙탈 부호화기

Jacquin<sup>[13,14,15]</sup>은 Gersho 등이 제안한 분류 벡터 양자화기<sup>[19]</sup>에서와 같은 방법을 사용하여 평탄 블럭 정의역 풀( $D_p$ ), 에지 블럭 정의역 풀( $D_e$ ), 중간 범위(mid-range) 블럭 정의역 풀( $D_r$ ) 등으로 정의역 블럭의 특성을 미리 파악하고, 같은 특성을 갖는 치역-정의역 블럭 조합의 경우에만 탐색을 행함으로써 탐색 시간을 줄였다.

$$D = D_p \cup D_e \cup D_r \quad (9)$$

평탄 영역은 화소의 계조도 값의 변화가 거의 없는 영역으로 대부분이 배경에 속하는 블럭이다. 반면에 에지 영역은 계조도의 변화가 큰 부분으로 세밀한 부호화가 필요한 블럭이고, 중간 범위 영역은 계조도의 변화가 불규칙적으로 심한 영역이나 섬세한 텍스처(texture)로서 Lena 영상의 머리카락과 같이 복잡

한 변화가 있는 부분이다.

이와 같이 분류화된 각각의 정의역 블록 풀에 대해 화소의 위치 변경을 수행하는 isometry를 적용하여 다양한 정의역 풀을 구성한다.

분할된 각각의 지역 블록에 대해 주어진 측도 (metric) 하에서 가장 작은 오차를 갖는 정의역 블록을 찾음으로써 부호화를 수행한다. Jacquin의 방법에서는 각 지역 블록의 특성을 정의역 블록의 경우와 같은 방법으로 구한 다음 각각의 클래스에 대해 각기 다른 방법으로 부호화를 수행한다.

(1) 평탄 블록의 경우

이 블록은 화소값의 변화가 거의 없는 영역이므로 정의역 블록의 탐색없이 단순히 지역 블록의 평균값으로 계조도의 균일화를 수행하는 질감 변환만 수행한다.

(2) 중간 범위 블록의 경우

일반적인 프랙탈 영상 압축의 전형적인 방법으로 지역 블록을 부호화한다. 즉, 정의역 블록을 공간 영역에서 축소 변환을 수행한 후에 지역 블록과의 변화 영역을 맞추기 위해 계조도 값  $s_i$ 를 조정한다. 그리고 두 블록의 전체적인 밝기를 맞추기 위해 오프셋  $o_i$ 를 구한다. 중간 범위 블록의 경우에는 질감 변환 중 isometry 변환은 취하지 않는다.

(3) 에지 블록의 경우

에지 블록은 영상 특성상 가장 변화가 심하게 일어나는 블록이므로 정교한 부호화가 필요한 블록이다. 에지 블록에 사용되는 변환은 식 5에 나타난 아핀 변환에서 모든 변환을 사용하여 가장 근사화 오차가 작은 정의역 블록을 선택하게 된다.

즉, 해당 지역 블록에 대해 에지 정의역 블록 풀의 한 블록을 선택하여 공간 축소 과정을 수행하여 지역 블록의 크기로 조정한다. 그리고 수축된 정의역 블록에 대해 isometry를 적용하여 에지 방향을 변경시키고 계조도 축소 과정과 밝기 차이 값인 오프셋 조정을 거친 후, 가장 근사화 오차가 작은 블록을 선택한다.

3. 정의역 블록 탐색 과정이 요구되지 않는 부호화기

PIFS 부호화기의 핵심이 되는 부분은 개개의 지역 블록에 대해 답음성이 큰 정의역 블록을 찾는 과정이 된다. 앞에서 언급한 두 방법에서는 식5와 같이 단순한 1차원 선형방정식으로 정의역 블록과 지역 블록 사이의 그레이 레벨을 조정하는 방법을 사용하고 있

다. 이와 같은 근사화가 잘 이루어지도록 하기 위해서는 두 블록의 그레이 레벨 분포가 거의 같은 형태를 가지고 있어야 한다. 그러므로 각 지역 블록의 그레이 레벨 분포에 가장 유사한 형태를 갖는 정의역 블록을 찾기 위한 탐색 과정이 요구된다.

Monro 등<sup>[20,21]</sup>은 이와 같은 답음성 탐색 과정을 수행하지 않으면서 자기 답음성을 찾을 수 있는 방법을 다음과 같이 구현하였다. 즉, 식 5의 그레이 레벨 조정식을 식 10와 같은 1차 이상의 다항식을 사용함으로써 지역 블록의 근사화 과정에서 정의역 블록 풀을 탐색하는 과정을 제거할 수 있도록 하였다. 이와 같은 방법을 SAS(Self Affine System)라 한다. SAS 방법은 그림 5과 같이 하나의 상위 블록(정의역 블록) A를 4개의 작은 하위 블록(지역 블록)으로 나누고, 상위 블록을 변환시켜서 하위 블록을 근사화시킨다.

$$z_i(x,y) = a_i x + b_i y + c_i z_i(x,y) + d_i \quad (10)$$

이 부호화기는 탐색 과정이 생략되어 부호화 시간은 빠르나, 경계면과 같이 복잡한 영역은 잘 표현하지 못하는 단점이 있다.

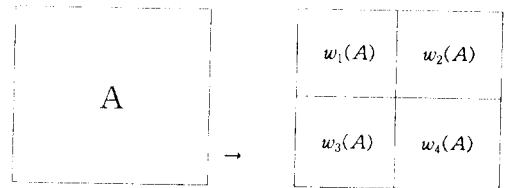


그림 5. 상위 블록을 4개의 하위 블록으로 나누는 변환

4. 블록들의 합으로 구현되는 프랙탈 부호화기

이 방식은 최근에 제안된 프랙탈 압축 방법으로 분할된 각 지역 블록을 기저 블록(basis block)의 합으로 나타내는 방법이라고 할 수 있다. 기저 블록은 입력 영상에 무관한 고정 기저 블록(FBB : Fixed Basis Block)과 입력 영상에서 만들어지는 기저 블록(IDBB : Image Dependent Basis Block)으로 나뉘어진다. 분할된 각 지역 블록들의 성분 중 고정 기저 블록에 의존적인 성분을 직교화 과정을 통해 제거하고, 나머지 잔류 성분을 IDBB 들의 선형 결합으로 나타낸다. 고정 기저 블록들은 서로 직교하는 특

성을 가지며 Alkhansari 는 다음과 같은 6개의 고정  
기저 블록으로 이차 근사식의 조합을 구성하였다.<sup>12)</sup>

$$z = a_1 + a_2x + a_3y + a_4x^2 + a_5y^2 + a_6xy \quad (11)$$

입력 영상으로부터 만들어지는 IDBB 블록들은 가  
능한 한 직교성을 만족하도록 구성하며, 해당 지역  
블록을 표현할 때 IDBB 블록의 수는 전체 정의역 풀  
중에서 기여도가 큰 순서로 몇 개의 블록을 선정하거  
나<sup>13)</sup>, 가장 기여도가 큰 하나의 정의역 블록만을 선  
택하는 방법<sup>14,15)</sup>이 있다. 이 방법은 Jacquin 등이  
제안한 정의역 블록 풀을 탐색하는 방법과 Monro 가  
제안한 다항식을 통한 근사화 방법을 결합한 방법으  
로, 복원시 반복하는 횟수가 작아 빠른 복원이 가능  
한 장점이 있다.

## V. 결론

지금까지 프랙탈에 대한 기본적인 개념과 영상 압  
축에 적용하는 방법, IFS를 사용한 여러가지 압축 기  
술에 대해서 알아보았다. 프랙탈 영상 압축 방법은  
처음 소개된 이후로 새로운 압축 기술로 많은 주목을  
받았으며, 현 단계에서의 성능보다는 앞으로의 발전  
가능성에 더 큰 비중이 두어지는 방법으로 평가 받고  
있다. 또한 프랙탈 영상 압축 기술은 복호화 과정이  
다른 압축 기술에 비해 빠르고 간단하므로 재생이 주  
로 요구되는 시스템에 적합한 기술로 각광받고 있다.

이와 같은 IFS 압축 기술의 성능을 향상시키기 위  
해서는 다음과 같은 기술들이 개발되어야 한다.

- 1) 영상을 지역 블록으로 분할함에 있어서, 고정된  
크기로 일정하게 분할하지 않고 영상의 국부적  
인 특성에 따라 분할하는 기술이 요구된다. 이  
와 같은 요구를 충족시키기 위해 quad-tree 분  
할, triangular 분할, HV (Horizontal  
Vertical) 분할 방법 등이 제시된 바 있다.<sup>12)</sup>
- 2) 원영상을 기존 방법과 같이 블록으로 분할하지  
않고, 차세대 부호화 기술 방법<sup>16)</sup>에서와 같이  
영역별로 처리할 수 있는 변환 방법의 개발이  
필요하다.
- 3) 현재까지 제안된 IFS를 이용한 압축 방법은 정  
지 영상 압축 기술에 초점이 맞추어져 있으며,

동영상 부호화 방법으로는 H.261과 유사한 압축  
방법이 제안되고 있다.<sup>25,26,27)</sup> 그러나 IFS 기반의  
동영상 부호화를 효율적으로 구현하기 위해서는  
차이 영상(difference image)에 대한 프랙탈 압  
축 기술의 개발이 이루어져야 한다.

## 參 考 文 獻

- [1] A. N. Netravali and J. O. Limb, "Picture coding: A review," *Proc. IEEE*, vol. 63, pp.366-406, Mar. 1980.
- [2] A. K. Jain, "Image data compression: A review," *Proc. IEEE*, vol. 69, pp.349-389, Mar. 1981.
- [3] N. S. Jayant and P. Noll, *Digital Coding of Waveforms*, Prentice-Hall, 1984.
- [4] J. S. Lim, *Two-dimensional Signal and Image Processing*, Prentice-Hall, 1990.
- [5] W. Pennebaker, "JPEG Technical Specification, Revision 8," Working Document No. JTC1/SC2/WG10/JPEG-8-R8, Aug. 1990.
- [6] CCITT H.261 Draft, "Video Codec for Audio-visual Services at p64 kbps," The International Telegraph and Telephone Consultative Committee, Mar. 1990.
- [7] M. Kunt, A. Ikonomopoulos and M. Kocher, "Second-generation image coding techniques," *Proc. IEEE*, vol. 73, no. 4, pp. 549-574, Apr. 1985.
- [8] D. L. Gall, "MPEG: A Video Compression Standards for Multimedia Applications," *Comm. of the ACM*, 34(4), Apr. 1991.
- [9] M. F. Barnsley and A. D. Sloan, "A Better Way to Compress Images," *Byte* 13(1), pp.215-224, 1988
- [10] M. F. Barnsley, *Fractals Everywhere*,

- New York: Academic, 1988.
- [11] Y. Fisher, E. W. Jacobs, R. D. Boss, "Iterated Transform Image Compression," NOSC TR-1408, Naval Ocean Systems Center, San Diego, CA., April 1991.
- [12] Y. Fisher, "Fractal Image Compression," *Siggraph 1992 Course Notes*.
- [13] A. E. Jacquin, "A Novel Fractal Block-Coding Technique for Digital Images," *Proc. ICASSP*, pp.2225-2228, 1990.
- [14] A. E. Jacquin, "Fractal image coding based on a theory of iterated contractive image transformations," *SPIE Visual Communications and Image Processing*, Vol.1360, pp.227-239, 1990.
- [15] A. E. Jacquin, "Image Coding Based on a Fractal Theory of Iterated Contractive Image Transformations," *IEEE Trans. on Image Proc.*, vol. 1, Jan, 1992.
- [16] M. Kunt, A. Ikonomopoulos and M. Kocher, "Second-generation image coding techniques," *Proc. IEEE*, vol. 73, no. 4, pp.549-574, Apr. 1985.
- [17] H. G. Musmann, M. Hoetter and J. Ostermann, "Object-oriented Analysis-Synthesis Coding of Moving Images," *Image Communication*, Vol. 1, No. 2, pp.117-138, Oct. 1989.
- [18] W. J. Welsh, "Model-Based Coding of Moving Images at Very Low Rates", *PCS'87*, pp.3-9, June 1987.
- [19] B. Ramamurthi, A. Gersho, "Classified Vector Quantization of Images," *IEEE Trans. Comm.* vol. 34, Nov. 1986.
- [20] D. M. Monro, F. Dudbridge, "Fractal Approximation of Image Blocks," *IEEE ICASSP*, pp III:485-488, 1992.
- [21] D. M. Monro, "A Hybrid Fractal Transform," *IEEE ICASSP*, pp.169-172, 1993.
- [22] M. G. Alkhansari, T. S. Huang, "A fractal-based image coding algorithm," *ICASSP-93*, vol.5, pp.345-348, Apr. 1993.
- [23] G. E. Oien, S. Lepsoy, "An Inner Product Space Approach to Image Coding by Contractive Transformations," *IEEE ICASSP*, pp.2773-2776, 1991.
- [24] S. Lepsoy, G. E. Oien, A. Ramstad, "Attractor image compression with a fast non-iterative decoding algorithm," *ICASSP-93*, vol.5, pp.337-340, Apr. 1993.
- [25] H. Li, M. Novak, R. Forchhimer, "Fractal-based Image Sequence Compression Scheme," *Optical Engineering*, Vol. 32, No. 7, pp. 1588-1595, July 1993.
- [26] D. L. Wilson, J. A. Nicholls, D. M. Monro, "Rate Buffered Fractal Video," *IEEE ICASSP*, pp.V505-508, 1994.
- [27] B. Huertgen, P. Buttgen, "Fractal Approach to Low-rate Video Coding," *Proc. SPIE Visual Comm. and Image Proc.* '93, Vol. 2094, pp.120-131, 1993.
- [28] 도원, "가변 블록 적용 프랙탈 영상 압축 알고리즘," 석사논문, 연세대학교 전자공학과, Dec. 1993
- [29] 김인권, 박래홍, "백터 양자화기를 이용한 프랙탈 영상 부호화," 신호처리합동학술대회 논문지, 6권 1호, 1993
- [30] 김찬성, 서진원, 이준환, "IFS 방식을 이용한 프랙탈 영상 부호화기의 비교 연구," 신호처리합동학술대회 논문지, 6권 1호, 1993
- [31] 최선영, 채수익, "프랙탈 영상 코딩의 방법에 관한 연구," 초저속 전송을 위한 영상통신 기술 워크샵 '93, 한국통신연구개발단, 1993



筆者紹介



徐廷泰

1985年 2月 연세대학교 전자공학과 졸업  
1987年 2月 연세대학교 대학원 전자공학과 공학석사  
1990年 9月 ~ 현재 연세대학교 전자공학과 박사과정

1987年 3月 ~ 1990年 8月 삼성 전자 정보 통신 연구소

주관심 분야 : 영상 압축, 음성 부호화, 비선형 시스템



姜鉉宇

1991年 2月 연세대학교 전자공학과 졸업  
1993年 2月 연세대학교 대학원 전자공학과 공학석사  
1993年 3月 ~ 현재 연세대학교 전자공학과 박사과정

주관심 분야 : 영상 압축, 비선형 시스템, 음성 부호화



尹大熙

1977年 2月 연세대학교 전자공학과 졸업  
1979年 8月 Kansas State University, Electrical Eng., 공학석사  
1982年 8月 Kansas State University, Electrical Eng., Ph. D.

1978年 9月 ~ 1979年 8月 Kansas State University, Research Assistant  
1979年 8月 ~ 1982年 8月 Kansas State University, Research Associate  
1982年 8月 ~ 1985年 6月 Kansas State University, Assistant Professor  
1985年 9月 ~ 현재 연세대학교 전자공학과 부교수

주관심 분야 : 영상 압축, 음성 부호화, 오디오 부호화, 음성인식, 적응 디지털 필터, 능동 소음 제어, 어레이 신호처리 및 응용, 실시간 신호처리 시스템, 음질 향상, 비선형 시스템