

정의역 최소화 기법을 이용한 프랙탈 영상압축

정태일[†] · 권기룡^{**} · 문광석^{***}

요 약

본 논문에서는 복원시 사용될 정의역을 최소화하는 정의역 최소화 기법을 이용한 프랙탈 영상 압축방법을 제안한다. 기존의 프랙탈 영상복원은 복원하고자 하는 영상의 전체 치역블럭에 대해 반복축소변환을 적용함으로써, 복원시 많은 계산량이 요구되었다. 이를 개선하기 위해 각 치역블럭마다 정의역으로 참조된 횟수를 이용하여, 반복변환이 필요한 영역과 필요하지 않은 영역으로 구분하는 방법이 제시된 바 있다. 반복변환이 필요한 영역이 감소할수록 복원시 계산량은 감소한다. 제안한 방법은 반복변환이 필요한 영역이 최소가 되는 최소 정의역을 정의하고, 부호화시 정의역이 최소가 되도록 부호화 하는 알고리즘이다. 즉, 정의역의 탐색영역을 치역과 비슷한 영역으로 제한하여, 정의역이 더 많이 중복되거나 중첩되도록 하였다. 그 결과 프랙탈 영상 복원시 화질이나 압축율에 거의 영향을 미치지 않고, 반복변환에 필요한 계산량이 감소함으로써 고속 복원이 가능하였다.

Fractal Image Compression using the Minimizing Method of Domain Region

Tae-Il Jeong[†], Ki-Ryong Kwon^{**}, and Kwang-Seok Moon^{***}

ABSTRACT

In this paper, the fractal image compression using the minimizing method of domain region is proposed. It is minimize to domain regions in the process of decoding. Since the conventional fractal decoding applies to IFS(iterative function system) for the total range blocks of the decoded image, its computational complexity is a vast amount. In order to improve this, using the number of the referenced times to the domain blocks for the each range blocks, a classification method which divides necessary and unnecessary regions for IFS is suggested. If necessary regions for IFS are reduced, the computational complexity is reduced. The proposed method is to define the minimum domain region that a necessary region for IFS is minimized in the encoding algorithms. That is, a searched region of the domain is limited to the range regions that is similar with the domain regions. So, the domain region is more overlapped. Therefore, there is not influence on image quality or *PSNR*(peak signal-to-noise ratio). And it can be a fast decoding by reduce the computational complexity for IFS in fractal image decoding.

1. 서 론

문자, 오디오, 비디오 등의 총합체인 멀티미디어 시대에서 비디오 정보는 정보전달 효과가 매우 크기 때문에 가장 중요한 정보라 할 수 있다. DCT(discrete

이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 학술연구조성비에 의해서 연구되었습.

[†] 부경대학교 대학원 전자공학과 박사과정

^{**} 부산외국어대학교 전자공학과 조교수

^{***} 부경대학교 전자공학과 부교수

cosine transform)를 근간으로 하는 MPEG-1,2 기법으로 고압축을 했을 경우 블로킹 현상 등으로 영상의 품질이 낮아진다. 고압축 저전송이 가능한 기법으로 알려진 MPEG-4는 기존의 협대역망인 공중 교환망과 이동통신을 포함하는 64kbps이하의 저속 전송로를 통한 비디오 전화 등의 멀티미디어 서비스를 가능하게 하는데 그 목표를 두고 있다.

프랙탈 영상압축은 영상내의 자기유사성(self-similarity)에 기인하는 간단한 규칙에 의하여 복잡한

프랙탈 구조를 생성하여 영상 데이터를 반복축소변환만으로 표현한다. 그래서 공간적 중복성을 제거하여 정보량을 줄이는 방법으로 Barnsley가 처음으로 제안하였다[1,2]. Jacquin[3]은 Barnsley의 이론을 기반으로 하여, 임의의 영상을 블럭별로 분할하여 반복축소변환을 찾는 PIFS(partitioned iterated function system) 알고리즘을 제시하였다. Fisher[4,5]는 영상의 화질에 따라 블럭을 분할하는 적응적 quadtree 방법을 사용하여 부호화 과정을 개선하였다. 이러한 알고리즘들은 부호화의 성능 개선에 주력하였다.

그러나 영상 데이터의 재생이 주로 요구되는 경우에는 수신측에서의 복원속도가 더 중요하다. 그래서 Oien 등[6,7]은 내적 공간 접근법을 이용한 반복 적용이 필요 없는 복원 알고리즘을 제안하여 복원 시간을 단축하였다. 그러나 이 방법은 치역 블럭의 크기가 8×8 이하로 제한되므로 평탄블럭을 효율적으로 부호화하지 못하였다. 또한 Kang 등[8]은 정의역과 치역을 같은 영역으로 사용하여, 각 치역 블럭들의 변화가 바로 적용되어 수렴속도를 개선한 방법을 제안하였다. 복원속도를 더욱 향상시키기 위해 Hamzaoui[9]는 부호화 정보가 저장되어 있는 프랙탈 코드에서 참조된 정의역 블럭의 횡수를 기초로 복원 순서를 갖는 방법을 제안하였다. 이 방법은 복원하고자 하는 치역이 정의역에 참조된 영역은 반복변환이 필요한 영역이고, 참조되지 않은 영역은 반복변환이 필요 없는 영역이다. 참조되지 않은 영역은 복원과정에서 제외시킴으로서 반복변환에 필요한 계산량을 감소시켜 고속 복원이 가능하게 하였다.

본 논문에서는 복원시 사용되는 정의역이 최소가 되는 정의역 최소화 기법을 이용한 프랙탈 영상 압축 방법을 제안한다. 부호화 과정에서 최소 정의역을 정의하고, 최소 정의역이 만들어지도록 부호화 하는 방법과 이 최소 정의역을 이용하여 고속 복원이 가능한 알고리즘을 제안한다. 정의역 최소화 기법은 임의의 치역 블럭에 대하여 근사화 오차가 경계치 보다 작으면 $R \times R(16 \times 16)$ 영역으로 설정하고, 경계치 보다 크면 $R/2 \times R/2(8 \times 8)$ 영역으로 설정하여 정의역 탐색 영역을 제한하는 방법이다. 그래서 정의역이 더 많이 중복되거나 중첩되게 하여 복원에 필요한 정의역을 최소화한다. 최소 정의역은 반복변환이 필요한 영역이 최소가 되는 영역이다. 그래서 전체 영상에서 최소 정의역이 차지하는 비율을 감소시켜 복원시 계산

량을 감소시킨다. 이 최소 정의역만 복원된다면, 나머지 영역은 반복변환 없이 특별한 복원순서에 의해 한번의 변환으로 복원이 가능하다. 그래서 기존의 방법과 비교했을 때, 1회 반복하는데 소요되는 계산량이 감소하여 고속 복원이 가능하다.

2. 프랙탈 이론

2.1 축소변환(contractive transformation)

축소 공간(metric space) (X, d) 내에서 임의의 두 원소 x, y 에 대해 변환 w 를 적용하였을 때 변환된 두 원소 $w(x), w(y)$ 간의 거리가 원래 원소 사이의 거리에 비해 축소되는 성질을 가질 때 이러한 변환 w 를 축소변환이라 하며 식 (1)과 같다.

$$\begin{aligned} \forall x, y \in X \\ d(w(x), w(y)) \leq s \cdot d(x, y), \\ 0 \leq s < 1, \quad d: \text{축소(metric)}, \quad s: \text{변환의 축소비}. \end{aligned} \quad (1)$$

이와 같은 축소성을 만족하는 변환 w 의 모음을 W 라고 하면, 전체 변환 W 은 식 (2)와 같이 정의된다.

$$W(x) = \bigcup_{i=1}^N w_i(x), \text{ for all } x \in X. \quad (2)$$

여기서 변환 W 는 축소변환이며 고정점 정리에 따라 유일한 고정점 x_f 를 가지게 되며, 식 (3) 및 (4)와 같이 표현된다.

$$x_f = W(x_f), \quad (3)$$

$$x_0 \in X, \quad x_f = \lim_{n \rightarrow \infty} W^n(x_0) \quad (4)$$

이러한 축소변환들로 이루어지는 시스템을 IFS라 하고, 주어진 반복변환 시스템은 하나의 고정점 만이 존재하며 영상에 있어서 이러한 고정점을 끌개(attractor)라 한다. 그러나 일반적으로 원 영상에 대한 고정점을 이끌어 내는 축소변환을 정의하는 것은 쉽지 않다. 콜라지 정리는 축소변환을 정의하는 이론적 배경을 제시해 준다.

2.2 콜라지 정리(collage theorem)

축소변환 W 의 고정점을 x_f 라 하고 축소비를 s 라 할 때, 임의의 영상 x_0 에 대하여 축소변환 W 를 반복 수행하면 식 (5)와 같은 콜라지 정리를 만족한다.

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

이 식은 공간에서의 삼각 부등식을 이용하여 쉽게 증명될 수 있으며, 부호화시 원 영상 x 를 유사한 $W(x)$ 를 생성할 경우 W 의 고정점인 x_f 가 원 영상 x 에 근접함을 나타낸다. 콜라지 정리에 따라 프랙탈 영상 압축은 부호화 하고자 하는 원 영상을 겹치지 않게 분할하고, 분할된 영상의 각각에 대하여 근사화 오차가 최소가 되는 축소변환을 찾을 경우, 식 (5)의 고정점 정리에 따라 임의의 초기영상 x_0 에 대해 반복축소변환 W 를 반복적으로 적용하면 부호화 된 영상을 복원할 수 있다.

2.3 프랙탈 영상 부호화 및 복호화 방법

프랙탈 영상의 부호화 과정은 부호화 하고자 하는 영상을 치역과 정의역으로 구분한 후 각각에 대해 다음과 같이 블럭을 구성한다. 부호화 하고자 하는 치역 블럭은 $B \times B$ 크기의 블럭으로 서로 중첩되지 않게 분할하고, 정의역 블럭은 치역 블럭의 가로, 세로 각각 2배 크기의 크기를 갖는 $2B \times 2B$ 의 블럭으로 서로 중첩이 가능하게 분할한다. 임의의 R_i 에 대한 부호화 과정은 가능한 정의역 검색 영역 중 가장 유사한 정의역 D_i 을 찾아 그때의 축소변환 w_i 를 찾는 것이다. 그림 1은 일반적인 프랙탈 부호화 과정을 나타낸 것이다.

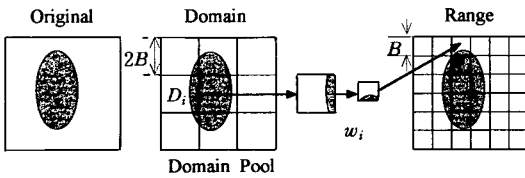


그림 1. 일반적인 프랙탈 부호화 방법

프랙탈 영상의 복호화 과정은 임의의 초기영상을 설정한 후, 모든 치역 블럭에 대해 부호화에서 구한 축소 변환을 반복 횟수만큼 반복 적용함으로써 복원 영상을 얻을 수 있다. 즉 그림 2에서처럼 i 번째 치역 블럭을 복호화하는 과정은 축소변환 계수에 따라 대응되는 정의역 블럭을 선택하여, 공간 축소한 후 그 블럭 D_j 의 각 화소에 계조도 변화량 s 를 곱하고 밝기 조절값 o 를 더하여, 치역 블럭 R_i 의 각 화소를 구하는

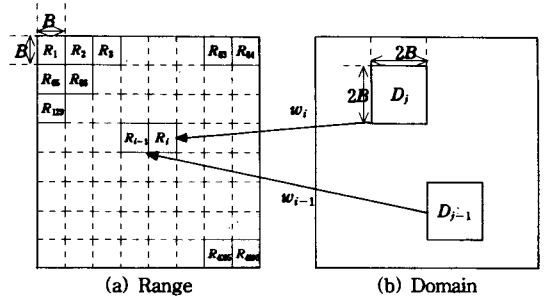


그림 2. 일반적인 프랙탈 복호화 방법

과정으로 수행된다. 이와 같은 과정을 모든 치역 블럭에 대해 수행한 후 주어진 반복 횟수만큼 반복하면 복원된 영상을 얻을 수 있다.

3. 제안한 고속 프랙탈 압축 알고리즘

3.1 정의역 최소화를 위한 부호화 알고리즘

프랙탈 복원에 필요한 모든 파라메타들은 프랙탈 코드에 저장된다. 그림 3은 프랙탈 코드로부터 참조된 치역의 횟수와 참조되지 않은 치역을 나타낸다. 이 방법은 복원시 순서를 가진다. 즉, 복원순서는 $R_{10}, R_{11}, R_{14}, R_{15}, R_3, R_4, R_7, R_8, R_1, R_2, R_5, R_6$ 로 나머지 영역은 마지막 반복변환시 단 한번만에 복원 가능하다. 이러한 치역과 정의역 영역사이의 관계를 식으로 표현하면 식 (6)과 같다.

$$\hat{R} = R(R) + R(D) \quad (6)$$

여기서 \hat{R} 은 복원하고자하는 치역이며, $R(R)$ 은 참조된 치역으로서 반복축소변환이 필요한 영역이며, $R(D)$ 는 참조되지 않은 치역으로 반복축소변환이 불필요한 영역이다.

R1 2	R2 2	R3 6	R4 6
R5 2	R6 2	R7 6	R8 6
R9 0	R10 8	R11 8	R12 0
R13 0	R14 8	R15 8	R16 0

그림 3. 참조된 치역과 참조되지 않은 치역의 구분

최소 정의역 영역은 복원에 필요한 정의역이 최소가 되는 영역으로, 식 (6)에서 참조된 치역 $R(R)$ 이 최소가 되는 영역으로 정의한다. 따라서 제안한 방법은 부호화 할 때 최소 정의역이 생성되도록 부호화함으로써 복원시 계산량이 더욱 감소하도록 구현한다. 정의역 최소화 기법은 부호화 할 때 정의역 탐색 영역을 치역과 비슷한 영역으로 제한하여, 정의역이 더 많이 중복 또는 중첩되도록 하였다. 즉, 그림 4에서처럼 임의의 치역 블록에 대하여 근사화 오차가 경계치 보다 작으면 치역 블록을 16×16 으로 설정하고, 경계치 보다 크면 치역 블록을 8×8 로 설정한다. A1영역(16×16)은 자기 영역 내에 한해서 유사한 영역을 찾더라도 크게 화질 저하를 야기 시키지 않기 때문에, 정의역 탐색 영역을 이 영역 내로 제한하여 부호화를 수행한다. 이때 정의역은 A1영역내의 32×32 블록이다. 이 영역은 반복변환이 필요한 영역으로서 반복변환에 의해 복원한다. 그리고 A1영역 중 정의역으로 참조되지 않은 나머지 영역을 B영역(16×16)이라 하면, 이 B영역의 정의역은 A1영역 내에 있기 때문에 반복 변환이 필요 없이 복원이 가능하다. A2영역(16×16)은 E1영역(8×8)에 대해 정의역이 될 수 있으므로, 참조 여부를 조사하여 참조되지 않은 C영역(8×8)과 참조된 A3영역(16×16)으로 구분한다. A3영역에 대하여 quadtree 기법을 이용하여 4개의 8×8 블록으로 분할한다. 그래서 이 8×8 블록과 A3 영역사이에 참조여부를 조사하여 참조되지 않은 D영역(8×8)과 참조된 A4영역으로 구분된다.

E1영역(8×8)은 영상이 복잡한 영역으로서, A1영역과 같은 방법으로 정의역 탐색영역을 E1영역내의 16×16 블록으로 설정한다. 그래서 정의역이 참조되는지 여부를 조사하여 참조된 E2영역(8×8)과 참조되지 않은 F영역(8×8)으로 구분할 수 있다. 이렇게 분리된 치역 영역들은 그림 5와 같다. 그림 4에서 A1, A2, A3, A4는 그림 5의 A영역과 동일한 영역으로 반복변환이 필요한 영역이다. 마찬가지로 E1과 E2도 E와 같은 영역으로 반복변환이 필요한 영역이다. 여기서 A영역은 16×16 치역으로서 정의역은 A영역내의 32×32 블록들이다. 이 영역은 그림 3에서의 참조된 치역으로 반복변환이 필요한 영역이다.

B영역은 그림 3에서의 참조되지 않은 치역으로서, A영역 중에서 16×16 치역에 대한 정의역을 A영역내의 32×32 블록으로 정의역 탐색영역을 제한함으

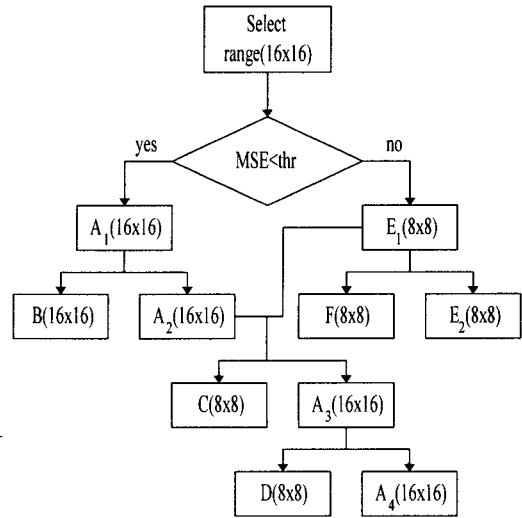


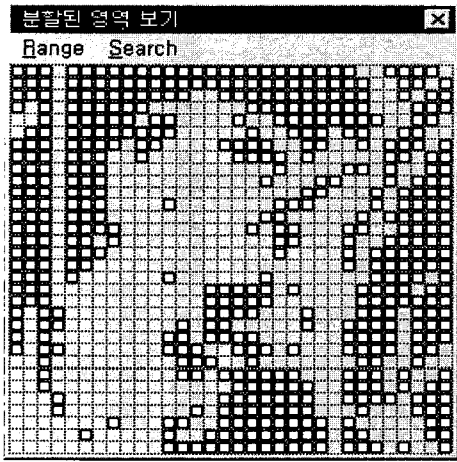
그림 4. 정의역 최소화 기법 알고리즘

로서 발생하는 반복변환이 필요 없는 영역이다. 그림 6에서 이 B영역이 생성되는 과정을 Lenna 영상에 적용하여 보충 설명하였다. C영역은 B영역과 마찬가지로 참조되지 않은 치역이다. B영역과의 차이점은 치역이 8×8 (그림 4에서 E1)이고, 정의역이 16×16 (그림 4에서 A2)이다. 그림 4에서 A3(16×16)영역을 quadtree 기법으로 분할하면 4개의 8×8 치역블록으로 분할할 수 있다. 이 분할된 8×8 치역에 대한 정의역은 16×16 (그림 4에서 A4)이다. 이때 D영역은 그림 3에서의 참조되지 않은 치역이다. E 및 F영역은 A, B영역과 동일한 알고리즘으로 적용된다. 다만 치역이 8×8 이고, 정의역이 16×16 인 점만 다르다.

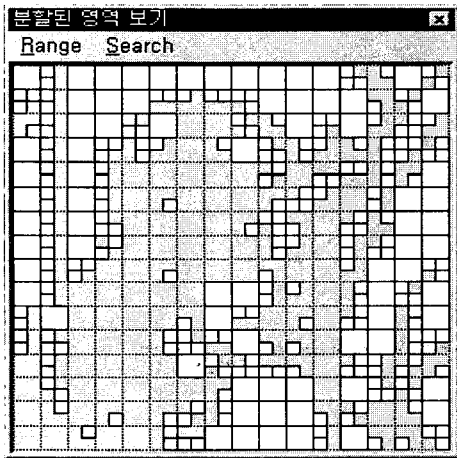
A영역 $R(16 \times 16)$	B영역 $R(16 \times 16)$
C영역 $R(8 \times 8)$	D영역 $R(8 \times 8)$
E영역 $R(8 \times 8)$	F영역 $R(8 \times 8)$

그림 5. 제안한 방법에 의해 분할된 치역

그림 6은 그림 4의 $R \times R(16 \times 16)$ 치역에 대한 정의역을 $2R \times 2R(32 \times 32)$ 로 정의역 탐색영역을 제한함으로써 그림 4,5에서의 B영역이 생성되는 과정을



(a) $R \times R(16 \times 16)$ 치역



(b) $2R \times 2R(32 \times 32)$ 정의역 및 B영역

그림 6. B영역 생성과정

512x512 Lenna 영상에 적용하여 설명하였다. 그림 6(a)의 영상에서 음영표시 없이 또렷한 사각형(□)블럭이 $R \times R$ 치역이며, 음영 표시된 나머지 블럭은 $R/2 \times R/2(8 \times 8)$ 치역 블럭들이다. 그림 6(b) 영상에서 음영표시 없는 작은 사각형(□)블럭이 $R \times R$ 로서 B영역이고, 음영표시 없는 큰 사각형(□)이 $2R \times 2R$ 블럭으로서 그림 6(a)의 $R \times R$ 치역에 대한 정의역이다. 그림 6(a)의 $R \times R$ 치역을 부호화 할 때, 해당하는 정의역은 그림 6(b)의 큰 사각형(□) $2R \times 2R$ 블럭들이다. 즉, $R \times R$ 치역을 부호화 할 때 전체 영상을 탐색하는 것이 아니라, $2R \times 2R$ 정의역 영역에 대해서만 탐색한다. 이때 치역과 정의역은 근사화 오차내

의 영역들이므로 정의역은 더 많이 중첩되거나 중복될 수 있다. 그림 6(b)의 영상에서 작은 사각형(□)이 $R \times R$ 치역에 대한 정의역을 $2R \times 2R$ 블럭 영역으로 제한함으로써 발생하는 B영역이다.

3.2 최소 정의역을 이용한 고속 복원 알고리즘

프랙탈 복원은 부호화시 만들어진 정의역 정보를 바탕으로 치역을 복원하는 것을 의미한다. 제안한 방법은 오직 A영역과 E영역만이 반복변환이 필요한 최소 정의역이 되며, 나머지 영역은 특정한 복원 순서에 의해 복원을 수행하면 특별한 화질 저하 없이 복원이 가능하다. 따라서 제안한 방법은 복원에 필요한 정의역 영역을 감소시켜, 반복축소변환에 필요한 계산량 감소에 의해 고속 복원이 가능하다.

고속 복원을 위해 각 축소변환마다 순차복원에 필요한 1비트의 부가 정보가 필요하지만, 반복이 필요한 최소 정의역은 작게 되어, 적은 계산량으로 영상을 복원할 수 있다. 전체적인 복원 과정이 그림 7에 주어졌다. 16×16 영역 중 Hamzaoui의 방법으로 정

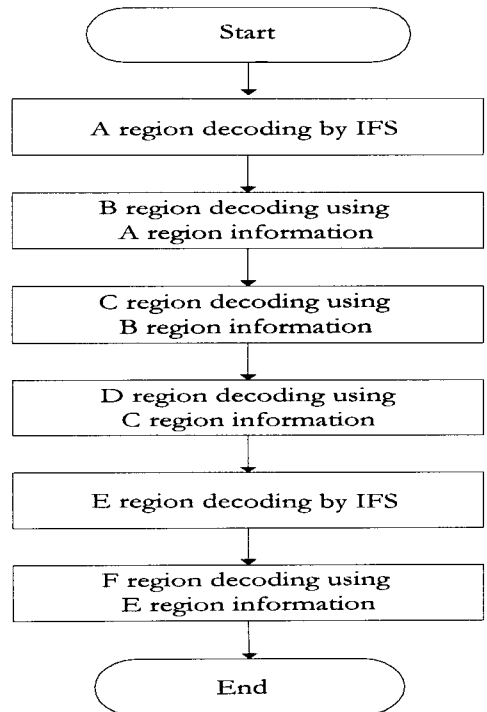


그림 7. 제안한 프랙탈 복원 순서도

의역 참조횟수가 0이 아닌 블럭에 대해 반복축소변환을 적용하여 A영역을 먼저 복원한다. 16×16 영역 중 정의역 참조횟수가 0인 B영역은 A영역을 이용하여 복원한다. 즉, B영역의 정의역은 A영역에 존재하기 때문에, A영역이 복원되면 마지막 반복변환시 한번만에 복원된다. C 및 D영역도 A,B영역이 복원되면 한번만에 복원이 가능하다. E영역은 반복변환이 필요한 영역이고, E영역이 복원되면, F영역도 한번만에 복원이 가능하다.

그림 8은 마지막 반복변환시 제안한 방법에 의해 부호화된 영상이 복원되어 가는 과정을 나타낸 것이다. 그림 8에서 (a)는 16×16 블럭의 치역 블럭들로 정의역이 자기 영역내에 있는 즉, 그림 5에서 A영역내의 치역 블럭들이다. 따라서 이 영역은 반복변환이 필요하다. 그림 8의 (b)영상에서 새로 복원된 영역은 B영역으로써 정의역이 그림 8의 (a)영역에 있는 16×16 블럭들이다. 이 영역들은 A영역이 먼저 복원되면 반복변환 없이 복원될 수 있다. 그리고 그림 8의 (c)의 블럭들 중 새로 복원된 영역은 8×8 크기를 갖는 C블럭 영역으로, 정의역이 16×16영역에 있는 블럭들이다. 따라서 16×16 치역 블럭들이 복원되면 반복변환 없이 복원된다. 그림 8의 (d)의 블럭들 중 새로 복원된 영역은 D영역으로 8×8 영역들 중 이미 복원된 C영역에 정의역을 둔 치역 블럭들이다. 이 영역 역시 순차적으로 C영역까지 복원이 되면 반복변환 없이 복원이 가능한 영역이다. 그림 8의 (e)의

블럭들 중 새로 복원된 영역인 E영역은 아직까지 복원되지 않은 영역 중 자기 내에 정의역을 갖는 영역으로 반복변환이 필요한 영역이다. 마지막으로 그림 8의 (f)의 블럭들 중 새로 복원된 영역은 E영역을 이용해 복원된다. 따라서 반복 변환이 필요한 영역은 A영역과 E영역뿐이다.

4. 실험결과 및 고찰

본 논문에서는 512×512 크기의 표준 영상에 대하여 Fisher가 제안한 적응적 quadtree 방식의 프랙탈 영상 부호화 알고리즘을 기반으로 실험하였다. 기존의 방법은 트리의 최대 깊이를 6, 최소 깊이를 5로 하여, 치역 블럭을 16×16, 8×8 크기로 가변 되게 하였다. 이때 16×16치역 블럭을 quadtree 기법을 사용하여 4개의 8×8 치역 블럭으로 분할할 때 사용되는 분할 임계값(partition threshold)은 8로 설정하였다.

복원영상의 객관적인 화질평가를 나타내는 PSNR (peak signal-to-noise ratio)은 식 (7)을 이용하였다. 여기서 $f(x, y)$ 및 $\hat{f}(x, y)$ 는 각각 원 영상의 화소 및 복원영상의 화소를 나타내며, N 은 각 영상내의 화소수이다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[\frac{255^2}{MSE} \right] \text{ [dB]} \quad (7)$$

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

여러 가지 영상에 대해 제안한 방법과 기존의 방법에 대한 PSNR과 영상 전체 영역에 대한 반복 변환이 필요한 최소 정의역이 차지하는 비율을 표 1에 나타내었다. 여기서 기존의 방법은 Fisher의 방법으로 부호화 한 후 Hamzaoui의 알고리즘을 이용하여 최소 정의역 영역을 구한 후 복원한 방법이며, 제안한 방법은 부호화 과정에서 반복변환이 필요한 정의역 영역이 최소가 되는 정의역 최소화 기법을 이용하여 부호화 한 후, 특별한 순서에 의해 순차적으로 복원을 하는 방법이다. 표 1에서와 같이 기존의 방법과 비교했을 때, 화질감소는 거의 무시할 수 있지만, 전체 영역에 대해 최소 정의역이 차지하는 비율은 4개의 표준영상에 대해 평균적으로 약 41%가 감소하여, 반복변환에 필요한 계산량이 감소하여 고속 복원이 가능함을 알 수 있었다.

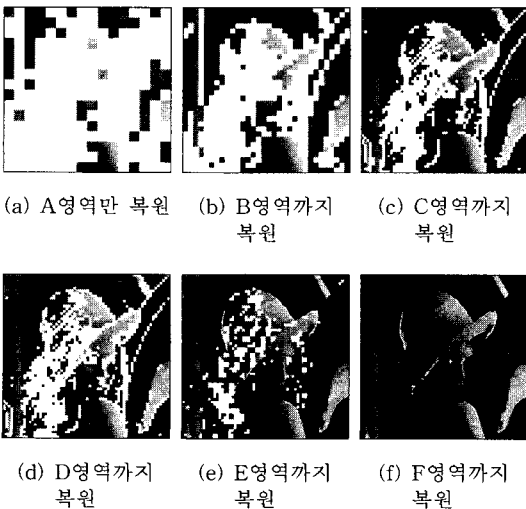


그림 8. 복원과정의 이미지들

표 1. 최소 정의역 생성율과 PSNR 비교

영상 이름	제안한 방법		기존의 방법		최소 정의역 감소율(%)
	PSNR(dB)	최소 정의역(%)	PSNR(dB)	최소 정의역(%)	
Barbara	24.17	43.11	24.48	65.82	35
Boat	28.74	50.90	29.00	75.78	33
Eltoro Airport	22.47	35.47	22.54	66.80	47
Lenna	28.44	39.82	28.87	77.54	49

표 2는 Lenna 영상에 대해 다른 분할 임계값을 적용하여 제안한 방법과 기존의 방법에 의한 최소 정의역 영역비, PSNR 그리고 압축율을 나타내었다. 제안한 방법의 압축율은 복원시 특별한 복원 순서를 위해 C,D영역에 한해서, 각 축소변환마다 1비트의 부가 정보가 필요하기 때문에 기존의 방법보다는 조금 높게 나온다.

표 2. 분할 임계값에 따른 최소 정의역 생성율, PSNR과 압축율 비교

분할 임계값	제안한 방법			기존의 방법		
	최소 정의역 영역비(%)	PSNR (dB)	압축율 (bpp)	최소 정의역 영역비(%)	PSNR (dB)	압축율 (bpp)
4	28.32	28.87	0.34	82.03	29.15	0.33
6	34.33	28.67	0.29	78.52	29.04	0.27
8	39.82	28.44	0.25	77.54	28.87	0.24
10	44.63	28.33	0.22	75.68	28.59	0.21

제안한 방법은 표 2에서와 같이 동일한 영상에 대해서도 분할 임계값을 변화시킴으로써 기존의 방법에 비해 특별한 화질 저하 없이 비슷한 압축율에서 보다 적은 최소 정의역 영역을 얻을 수 있었다. 또한 기존의 방법은 분할 임계값이 작아지면 최소 정의역 영역비가 늘어났지만, 제안한 방법은 최소 정의역 영역비가 감소하였다. 이는 기존의 방법이 전 영상내에서 오차가 가장 작은 정의역을 찾기 때문에 최소 정의역이 광범위하게 퍼지게 된다. 그러나 제안한 방법은 분할 임계값이 작을수록 처음 반복 변환을 수행해야하는 영역이 작아지고, 이 영역에 바탕을 둔 다른 치역 블럭들의 정의역이 선택되어지기 때문에 최소 정의역 영역을 줄일 수 있었다.

표 3은 각 분할 임계값에 따라 제안한 방법과 기존

표 3. 분할 임계값에 따른 계산량 감소율

분할 임계값	제안한 방법		기존의 방법		곱셈량 감소율(%)
	PSNR (dB)	총 곱셈량(회)	PSNR (dB)	총 곱셈량(회)	
4	28.87	1,266,688	29.15	2,674,688	53
6	28.67	1,424,128	29.04	2,582,528	45
8	28.44	1,568,128	28.87	2,556,928	39
10	28.33	1,694,208	28.59	2,508,288	33

의 방법으로 부호화 된 정보를 바탕으로 반복변환을 6회 수행했을 때, 복원된 영상의 PSNR과 그때의 총 곱셈 계산량을 나타낸 것이다. 비슷한 PSNR을 얻기 위해 필요한 총 누적 곱셈 계산량은 제안한 방법에서는 최소 정의역 영역이 현저히 감소하여, 반복축소변환에 필요한 계산량 감소에 의해 총 누적 곱셈 계산량을 크게 줄일 수 있었다. 특히 분할 임계값이 4인 경우에는 기존의 총 누적 계산량에 비해 약 47%의 계산량으로 복원이 가능하였다.

그림 9는 Lenna 영상에 대하여 6회 반복변환을 수행했을 때, 곱셈 계산량 비교를 나타내었다. 기존의 곱셈 계산량은 2,556,928회, 제안한 방법은 1,568,128 회로서 39% 계산량이 감소했으며, 화질은 제안한 방법이 22.47dB, 기존의 방법이 22.54dB로서 거의 변화가 없음을 알 수 있었다.

5. 결 론

기존의 프랙탈 영상 압축은 부호화시 각 치역 블럭별로 가장 자기 유사성을 가지는 정의역을 주어진 영상의 전 영역에서 찾기 때문에 정의역 영역이 골고루 분포한다. 따라서 본 논문에서는 부호화 과정에서 특별한 화질저하가 없는 범위 내에서 정의역의 선택 영역을 제한함으로써 복원에 필요한 정의역들이 최

참 고 문 헌

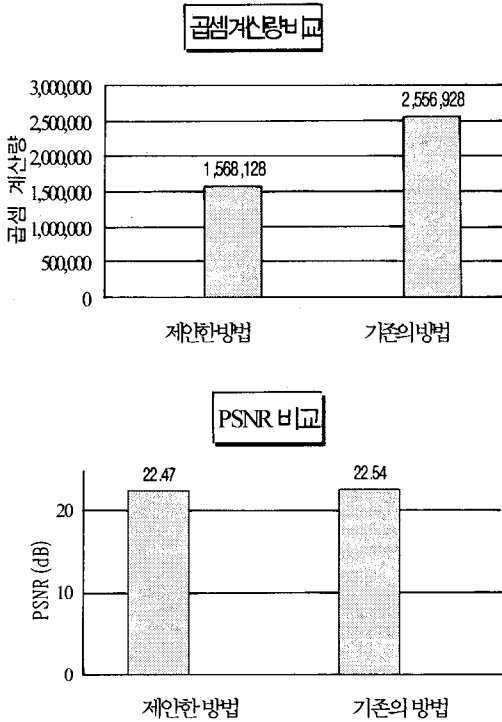


그림 9. 곱셈 계산량과 PSNR 비교

소가 되도록하는 정의역 최소화 기법을 이용하여, 반복축소변환에 따른 계산량을 감소시켜 고속 복원이 가능한 프랙탈 영상 압축법을 제안하였다. 실험결과 제안한 방법은 기존의 방법과 비교하였을 때, 분할 임계값이 8일 경우 최소 정의역 감소율이 Barbara, Boat, Eltoro Airport, Lenna 4개의 영상에 대해 평균적으로 41% 감소하였다. 또 Lenna 영상에서 6회 반복했을 때, 제안한 방법의 곱셈 계산량은 기존의 방법보다 39% 감소하였다. 현재 부호화시 특별한 복원 순서를 위한 부가정보가 필요 없이, 자동적으로 복원할 수 있는 연구가 진행 중에 있으며, 이의 결과를 제안한 방법에 적용하면 더욱 향상된 결과를 얻을 수 있을 것이다.

- [1] M. F. Barnsely, *Fractals Everywhere*, Academic Press, San Diego, 1988.
- [2] M. F. Barnsely, "Application of recurrent iterated function system to image," *SPIE Visual Communication and Image Processing*, pp. 122-131, 1988.
- [3] A. Jacquin, "Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 1, no. 1, pp. 18-30, Jan. 1992.
- [4] Y. Fisher, *Fractal Image Compression-Theory and Application*, Springer-Verlag, New York, 1994.
- [5] Y. Fisher, *Fractal Image compression with quadtree*, in: *Fractal Image Compression-Theory and Application*, Y. Fisher (ed.), Springer-Verlag, New York, 1994.
- [6] G. E. Oien, S. Lepsoy, and T. A. Ramstad, "An inner product space approach to image coding by contractive transformations," *Proc. of ICASSP'91*, pp. 2773-2776, 1991.
- [7] S. Lepsoy, D. E. Oien, and T. A. Ramstad, "Attractor image compression with a fast non-iterative algorithm," *Proc. of ICASSP'93*, vol. 5, pp. 337-340, 1993.
- [8] H.S. Kang and S.D. Kim, "Fractal decoding algorithm for fast convergence," *Optical Eng.* vol. 35, no. 11, pp. 3191-3198, Nov. 1996.
- [9] Hamzaoui, "Fast decoding algorithms for fractal image compression," *Technical Report'86*, Institut für Informatik, University of Freiburg, Mar. 1997.



정 태 일

1994년 2월 부경대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1997년 2월 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1997년 3월~현재 부경대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학 중

관심분야 : 영상신호처리



권 기 룡

1986년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1994년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1994년~현재 부산외국어대학교 전자공학과 조교수
관심분야 : 웨이브릿변환 적응신호처리, 능동잡음제거, 멀티미디어 통신



문 광 석

1979년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1981년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1989년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1988년 1월~12월 일본 동경대학교 공학부 연구원
1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State University 객원교수

1990년 3월~현재 부경대학교 전자공학과 교수
관심분야 : 영상신호처리, 적응신호처리 등