

YIQ 모델을 사용한 프랙탈 기반 칼라 영상의 압축률에 관한 연구

김성종[†] · 신인철[†]

요 약

프랙탈을 기반으로 한 칼라 영상 부호화는 영상을 RGB, YIQ나 CMYK 와 같은 기본적인 채널로 분리한 후, 각각의 채널을 독립적으로 프랙탈 이진 영상 부호화 기법에 적용함으로써 쉽게 부호화할 수 있다. 그러나 이 방법은 각각의 채널에 대해 부호화를 반복해야 하기 때문에 많은 계산 시간이 필요하다는 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 개선하기 위하여 국부적 지역 탐색법을 사용하였으며, 압축률 향상을 위해 각 채널마다 사람의 눈에 느껴지는 민감성의 정도가 다른 YIQ 모델을 사용하여 I나 Q 채널보다 Y 채널에 더 많은 비트를 할당하였다. 각각의 치역 블록에 대하여 Y 채널에 가장 잘 매칭이 되는 정의역 블록을 찾았으며, I와 Q 채널을 위해서는 잘 매칭이 되는 대응 블록을 이용하였다. 따라서 각각의 YIQ 채널을 위한 최적의 변환식을 계산하는 과정에서 단지 하나의 기하학적인 변환식 (변환과 선택된 정의역 블록의 주소) 만이 필요할 뿐이다. 이러한 접근 방법은 기존의 부호화 방법들과 비교해 볼 때 부호화 시간의 단축과 압축률 향상을 동시에 얻을 수 있다.

A Study on the Compression Ratio of Fractal-based Color Image Using YIQ Model

Seongjong Kim[†] · Inchul Shin[†]

ABSTRACT

Fractal-based monochrome image coding method can be easily applied for color image compression by splitting the color image into different primary spectral channels such as RGB, YIQ or CMYK and encoding each channel independently. According to this method, it needs to repeat the fractal coding for each channel with much higher computational requirement. In this paper, local area search method was used to solve this problem and YIQ model was also used to increase compression ratio. Human eye is differently sensitive to Y, I and Q channels and more bits were assigned to Y than I and Q. For each range block, the best-matching domain block was found for Y channel and the corresponding blocks were found for I and Q channels respectively. Therefore, only one geometric transformation (the isometry and the address of the selected domain block) is required to compute the optimal transformation for each YIQ channels. This approach can save both encoding time and increase the compression ratio compared to the other encoding methods.

※본 논문은 단국대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

† 정 회 원: 단국대학교 전자공학과

논문접수: 1997년 9월 27일, 심사완료: 1997년 11월 17일

1. 서 론

현대사회는 컴퓨터의 정보처리 능력과 통신망을 이용하여 정보 교환을 수행하는 국제적 정보화 사회의 시대이며, 이에 따라 정보 매체의 서비스를 중심으로 전자 업계가 재편되고 있다. 이러한 변화의 예로는 고품질 텔레비전(HDTV; High Definition Television), 주문형비디오(VOD; Video On Demand), 대화식 텔레비전(Interactive TV), 멀티미디어 시스템(Multimedia System), 영상 회의 시스템(Video Conferencing System), 동영상 전화기 등을 들 수 있다. 이러한 새로운 응용 분야의 창출을 가능하게 한 핵심 기술은 신호처리 기술과 초고집적 반도체 소자 기술이 혼합된 영상 압축 기술이라고 할 수 있다.^[1, 3, 14]

영상을 디지털 형태로 표현하기 위해서는 많은 양의 데이터가 필요하므로 디지털 영상을 저장하거나 전송하기 위해서는 데이터 압축이 필수적이다. 지금까지의 영상 데이터의 압축 기법은 주로 Shannon의 정보 이론에 근거를 둔 방법들로서, 영상을 이루는 각 화소 간의 상관관계를 주파수 영역으로 변환하여 압축하는 변환 부호화 방법들이 주종을 이루어 왔다. 그러나 많은 기존의 변환 부호화 기법들은 영상 데이터가 가지고 있는 신호의 공간 영역 및 시간 영역에서의 중복성만을 줄이는 기술들로 어느 정도의 압축비(그레이 영상의 경우 약 10:1) 이상에서는 복원 영상의 왜곡 정도가 심하게 나타나며, 특히 DCT(Discrete Cosine Transform)를 근간으로 하는 대부분의 표준화 방법들은 높은 압축률에서 블록경 효과(Blocking Effect)가 두드러지게 나타나는 것으로 알려져 있다.^[3, 5-8, 12]

최근에 이르러 Barnsely가 제안하고 Fisher, Jacquin 등에 의해 구현된 프랙탈을 이용한 영상 압축 방법이 높은 압축률에서도 복원 영상의 화질을 일정 수준 이상으로 유지할 수 있는 부호화 알고리즘으로 보고되고 있다.^[1, 3, 13] 프랙탈 영상 압축 방법은 기존의 방법들과는 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 영상 압축이란 영상에서 자기 유사성을 발

견하여, 수 개의 아핀(affine) 변환으로 기술함으로써 매우 높은 압축률을 얻는 새로운 개념의 압축 방법이다. 칼라 영상의 프랙탈 부호화는 영상을 RGB, YIQ나 CMYK와 같은 기본적인 채널로 분리한 후, 각각의 채널을 독립적으로 프랙탈 이진 영상 부호화 기법에 적용함으로써 쉽게 부호화할 수 있다.

본 논문에서는 각 채널마다 사람의 눈에 느껴지는 민감성의 정도가 다른 YIQ 모델을 사용하여, I나 Q 채널보다 Y 채널에 더 많은 비트를 할당하는 방법으로 압축률을 높였다. 또한 각각의 치역 블록에 대한 정의역 블록의 탐색 과정을 줄이므로써 부호화에 필요한 계산 시간을 줄일 수 있는 알고리즘을 사용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 II 장에서는 프랙탈 부호화 이론의 배경을, III 장에서는 칼라 영상을 위한 프랙탈 압축 알고리즘에 대해서 살펴보고, IV 장에서는 본 논문에서 사용한 알고리즘을 적용한 실험 결과와, 결론 및 추후 연구과제에 대하여 기술하였다.

2. 프랙탈 부호화 이론

프랙탈 부호화 이론의 기본 배경은 원 영상을 블록 단위로 분할하고 각 블록마다 자기 유사성을 지니는 변환을 이용하여 부호화하는 것이다. 부호화된 영상의 복원은 임의의 초기 영상에 변환식을 반복적으로 적용하는 고정점 정리(fixed point theorem)에 근거한다.^[1, 2, 5, 6, 12, 17]

2.1 축소 변환(Contractive Transformation)

어떤 집합 X 에 각 원소들 간의 거리를 정의하는 거리 함수가 존재할 때 그 집합을 측도 공간(metric space)이라 한다. 이 때 자기 공간에서 자기 공간으로의 변환 W_i ($W_i: X \rightarrow X$)가 있어서 집합 X 에 포함되는 임의의 두 원소에 대하여 변환을 취했을 때, 변환된 두 원소 간의 거리가 원래 원소 사이의 거리에 비해 줄어드는 성질을 가지면 이러한 변환 W_i 를 축소 변환이라고 한다. 즉 측도 공간(metric space) (X, d) 상에서 정의되는 변환에 대하여 변환 W_i 가 0 보다 크고 1 보다 작은 양수 s 에 대하여 식 (1)을 만족하면 이 변환 W_i 를 축소 변환이라 한다.

$$x, y \in X$$

$$d(W_i(x), W_i(y)) \leq s \cdot d(x, y) \quad (1)$$

여기서 d 는 왜곡을 측정하는 측도(metric)이며, 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 된다는 것이다. 이러한 정리를 고정점 정리(fixed point theorem)라고 한다. 즉, 변환 W_i 들의 집합을 W 라고 하면 전체 변환 W 도 축소 변환이 되며 고정점 정리에 따라 유일한 고정점 $|W_f|$ 에 수렴하는 성질을 갖는다.

$$W(|W_f|) = |W_f| = \lim_{n \rightarrow \infty} W^n(x) \quad (2)$$

여기서 $W^n(x)$ 는 영상 블록 x 에 대하여 변환 W_i 를 n 번 반복 적용함을 의미한다.

2.2 아핀 변환(Affine Transformation)

자기 자신에서 자기 자신의 공간으로 사상(mapping)되는 변환에는 여러 가지가 있으나, 영상 압축 시스템에서는 주로 회전(Rotation), 스케일링(Scaling), 투영(Reflection) 및 평행이동(Translation)의 조합을 나타내는 아핀 변환을 사용하며 계조 영상 표현에 사용되는 식을 (3)에 표현하였다.

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = W \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & 0 \\ c & d & 0 \\ 0 & 0 & S_i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \\ O_i \end{pmatrix} \quad (3)$$

2.3 반복 변환 시스템(Iterative Function System: IFS)

자기 자신의 공간으로 대응되는 수축 변환들로만 이루어진 집합을 IFS라고 하며 식 (4)에 표현하였다.

$$W(X) = W_1(X) \cup W_2(X) \cup \dots \cup W_n(X) \quad (4)$$

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.

2.4 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 해결할 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 W_f 라 하면 콜라지 정리라 부르는 식 (5)를 만족한다.

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

부호화하고자 하는 영상 블록에 대하여 콜라지 정리를 만족하는 콜라지를 형성하게 하는 일련의 변환 관계들을 기술하여 부호화하는 과정을 흔히 역변환 문제라고 하며, 이 IFS의 끌개를 이용하여 원 영상을 복호화 하게 된다

3. 칼라 영상을 위한 프랙탈 압축 알고리즘

3.1 칼라 영상의 표현

칼라 영상은 하나의 공간좌표 상에서 3 차원의 벡터로 표시된다. 이에 따라 칼라 영상은 RGB, YIQ, HSV 등 3 개의 축을 갖는 좌표계로 표현될 수 있으며, 이는 사람 눈 구조의 특성에 따른 것으로, 즉 3 가지 종류의 빛에 반응하는 감광세포를 통해 색상을 구별하기 때문이며, 이들 좌표계들 사이에는 상호변환을 행할 수도 있다.^[15] YIQ 좌표계와 RGB 좌표계 사이의 상호변환 식은 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.144 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (6)$$

3.2 칼라 영상을 위한 프랙탈 부호화

프랙탈을 기반으로 한 칼라 영상 부호화는 영상을 RGB, YIQ나 CMYK와 같은 기본적인 채널로 분리한 후, 각각의 채널을 독립적으로 프랙탈 이진 영상 부호화 기법에 적용함으로써 쉽게 부호화할 수 있다.^[16,18]

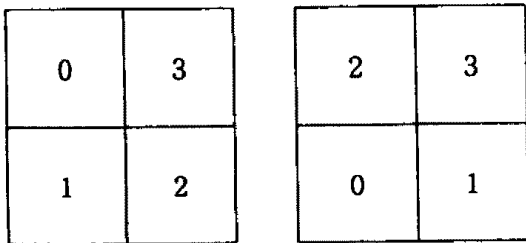
그러나 이 방법은 각각의 채널에 대해 부호화를 반복해야 하기 때문에 부호화에 필요한 계산 시간이 많이 필요하다는 단점이 있다. 본 논문에서는 각각의 지역 블록에 매칭이 되는 정의역 블록의 탐색 시간을 단축하기 위한 방법으로 기존의 방법인 전역 탐색법 대신 국부적 지역 탐색법을 이용하였다. 또한 압축률을 향상시키기 위하여 칼라 영상을 구성하고 있는 각각의 채널에 대해 동일한 비트를 부여하는 것이 아니라 본 논문에서 채택한 YIQ 모델 중 사람의 눈에 가장 민감한 Y 채널에 더 많은 비트를 부여함으로써 높은 압축률에서도 우수한 복원 화질을 가질 수 있도록 하였다.

3.3 Isometry 예측법

Isometry 예측법은 블록들을 미리 분류하기 위한 방법으로, 먼저 블록을 네 부분으로 분할하고 각 부분의 밝기가 분포되어 있는 모양에 따라 배열을 만들면 모두 24 개의 부류로 나누어진다. 이제 지역 블록과 정의역 블록을 비교할 때 각 블록들이 어떤 배열에 속하는 지는 미리 정해진 하나의 변환만을 검사하면 되므로 탐색과정을 줄일 수 있게 된다.

$$\text{Array\#} = \text{inv}(x1) \cdot 3! + \text{inv}(x2) \cdot 2! + \text{inv}(x3) \cdot 1! + \text{inv}(x4) \cdot 0! \quad (7)$$

블록 배열을 만들기 위한 변환은 식 (7)과 같으며, (그림 1)에 예를 보였다. 여기서 $\text{inv}(xi)$ 의 값은 i 번째 블록들 간의 밝기 차이를 나타내는 절대값으로 정의되며, 좌측 상단을 기준으로 반시계 방향으로 나타냈다.



B(0, 1, 2, 3) B(2, 0, 1, 3)

B() : 블록의 밝기

$$\text{Array\#} = (2-0) \times 3! + (1-0) \times 2! + (2-1) \times 1! + (3-3) \times 0! = 15$$

(그림 1) 블록 배열의 예

(Fig. 1) Example of block array

3.4 국부적 지역 탐색법

선택된 지역 블록에 매칭이 되는 정의역 블록을 찾는 방법으로는 전역 탐색법이 있는데 이는 지역 블록을 모든 정의역 블록과 비교하는 방법으로 매우 느리다. 전역 탐색의 단점을 줄이면서 효율적인 부호화를 하기 위해, (그림 2)에 보인 바와 같이 탐색되는 블록의 간격을 크게 잡아 1 차 탐색한 후, 탐색된 블록 중 가장 잘 매칭이 되는 블록을 중심으로 그 주변 블록들을 대상으로 2 차 탐색을 행하는 국부적 지역 탐색법으로 탐색과정에서의 탐색시간을 줄일 수 있다.

T			T			T	
	S	S	S	S	S		
	S	S	S	S	S		
T	S	S	T ₀	S	S	T	
	S	S	S	S	S		
	S	S	S	S	S		
T			T			T	

	스킵되는 블록
T	1 차 검색되는 블록
T ₀	가장 잘 매칭이 되는 블록
S	2 차 검색되는 블록

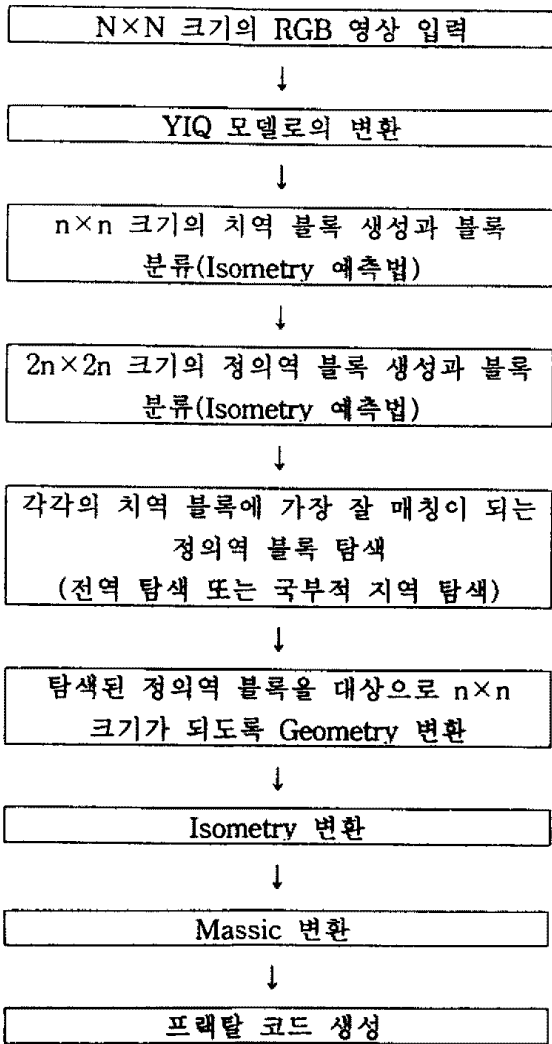
(그림 2) 국부적 지역 탐색 (Fig. 2) Local area search

3.5 부호화 알고리즘

본 논문에서는 $N \times N \times 16M$ bmp RGB 칼라 영상을 YIQ 모델로 변환한 후 블록 분류 방법으로 Isometry 예측 방법을 사용하였으며, 정의역 블록을 탐색하기 위해 국부적 지역 탐색법을 사용하였다. 알고리즘의 구성은 다음과 같다. 먼저 입력 영상을 $n \times n$ 화소를 갖는 지역 블록(Range Block)으로 분리하고, 각각의 지역 블록에 가장 잘 매칭이 되는 정의역 블록(Domain Block; 지역 블록의 2 배 크기)을 영상에서 찾아 변환식을 만들었다. 지역 블록을 분할할 때 지나치게 많은 블록이 생겨나지 않도록 영상의 에지 성분을 추출한 다음 이 에지 데이터들에 대해 블록을 잡아 각 블록마다 합을 내서 이 값이 크면 복잡한 부분으로 판별하여 잘게 나누고 그렇지 않은 부분은 크게 나누는 2 단계 퀴드 트리 방법을 사용하였다.

프랙탈 부호화에 필요한 지역 블록과 정의역 블록의 근사화 방법은 식 (8)과 같다.

$$r(x, y) = s \cdot w(x, y) + o \quad (8)$$



(그림 3) 부호화 과정
(Fig 3) Process of encoding

여기서 $w(x, y) = I[G(d)]$ 이며, $I[]$ 는 지역 블록과 정의역 블록 사이의 기하학적인 왜곡을 극복하기 위한 Isometry 변환, $G()$ 는 축소 변환으로 지역 블록의 두 배 크기인 정의역 블록으로부터 4 개의 화소의 평균을 구하여 지역 블록 크기로 축소된 블록을 만드는 Geometry 변환을 뜻한다. 그리고 식 (8)에서 지역 블록과 정의역 블록의 밝기 차이는 o 로, 콘트라스트 차이는 s 로 지역 블록과 정의역 블록이 서로 유사하도

록 근사화하는데 이를 Massic 변환이라고 한다. 본 논문에서 사용한 부호화 과정의 흐름을 (그림 3)에 나타내었다.

3.6 영상의 복원

부호화된 영상의 복원은 안정된 영상에 수렴할 때까지 IFS 에 따라 임의의 초기 영상에 반복 적용하면 된다. 영상 복원을 위한 반복 횟수는 변환을 통한 영상이 변화가 없을 때 멈추면 되며, 실험 결과에서는 6~8 회 정도 반복 적용하였다.

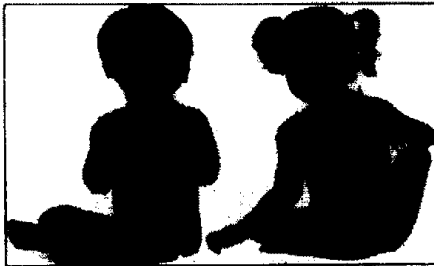
4. 실험 결과 및 결론

본 논문에서 제안한 알고리즘은 IBM-PC(66MHz)에서 동작되도록 윈도우즈용 32 비트 프로그램으로 구현하여 실험하였다. 실험에 사용된 영상들은 다양한 응용 분야에의 적용 가능성을 타진하기 위하여 다음과 같은 사항을 고려하여 선택하였다. 영상 1은 영상의 복잡도를 고려하여 비교적 단순한 영상을, 영상 2는 문자가 포함되어 있는 영상을, 영상 3은 자연 영상, 영상 4는 애니메이션 영상을 선택하였으며 그 크기는 각기 다르게 하였다.

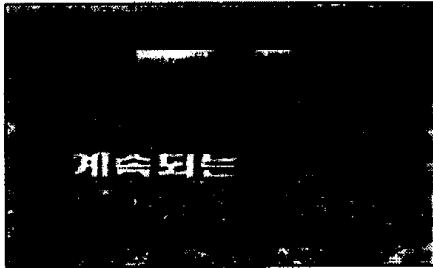
(그림 4)에 실험에 사용된 영상들을 보였으며 편의상 같은 크기로 나타내었다. 실험 결과는 <표 1>에 보였으며, 전역 탐색법과 국부적 지역 탐색법 사이에 압축률의 차이는 없으므로 국부적 지역 탐색법의 경우 부호화에 필요한 시간 만을 나타내었다.

먼저 부호화에 필요한 시간(본 논문에서의 부호화 시간은 영상 데이터가 입력되는 시점에서부터 변환식이 만들어져 출력 파일이 생성될 때 까지의 시간을 의미한다.)을 고려해 보면 기존의 전역 탐색법 보다 본 논문에서 제안한 국부적 지역 탐색법이 영상에 따라 약 2.77%~13.48% 정도 더 빨라짐을 알 수 있었다. 부호화에 필요한 시간은 영상의 크기가 커질수록 비례적으로 더 커졌으나, 영상의 내용이 얼마만큼 복잡한가에 따라서도 달라진다는 것을 확인할 수 있었다. 즉 실험 영상 1에서처럼 단순한 영상의 경우 약 13.48% 정도 빨라졌으나, 복잡한 실험 영상이라 할 수 있는 영상 2~4의 경우 약 6%에서 2.77% 정도만 빨라졌다.

다음으로 압축률의 변화를 살펴보기 위하여 각 채널에 동일한 비트를 부여한 경우와, I나 Q 채널보다



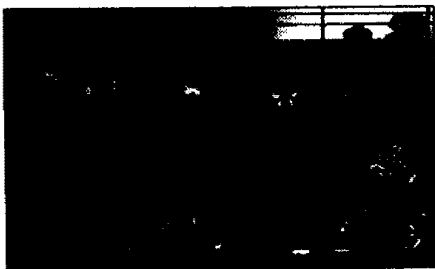
(a)영상 1(354×239×16M bmp);
비교적 단순한 영상



(b)영상 2(268×349×16M bmp);
문자가 포함되어 있는 영상



(c)영상 3(537×453×16M bmp);
자연 영상



(d)영상 4(606×508×16M bmp);
애니메이션 영상

(그림 4) 입력 영상들
(Fig. 4) Input images

〈표 1〉 실험 결과

〈Table 1〉 Simulation results

	Y, I, Q	부호화 시간	압축률	bpp
전역 탐색	8, 8, 8	89 sec	23.14:1	0.3457
	8, 6, 6	89 sec	26.39:1	0.3032
	8, 4, 4	89 sec	30.70:1	0.2606
국부적 지역 탐색법: 77 sec (13.48%)				

(a) 영상 1

	Y, I, Q	부호화 시간	압축률	bpp
전역 탐색	8, 8, 8	100 sec	23.08:1	0.3465
	8, 6, 6	100 sec	26.32:1	0.3039
	8, 4, 4	100 sec	30.62:1	0.2612
국부적 지역 탐색법: 94 sec (6.00%)				

(b) 영상 2

	Y, I, Q	부호화 시간	압축률	bpp
전역 탐색	8, 8, 8	263 sec	23.17:1	0.3452
	8, 6, 6	263 sec	26.43:1	0.3027
	8, 4, 4	263 sec	30.74:1	0.2603
국부적 지역 탐색법: 248 sec (5.70%)				

(c) 영상 3

	Y, I, Q	부호화 시간	압축률	bpp
전역 탐색	8, 8, 8	325 sec	23.37:1	0.3423
	8, 6, 6	325 sec	26.65:1	0.3002
	8, 4, 4	325 sec	31.00:1	0.2581
국부적 지역 탐색법: 316 sec (2.77%)				

(d) 영상 4

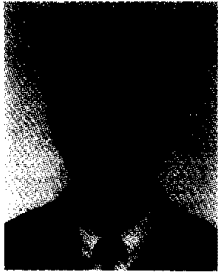
Y 채널에 더 많은 비트를 할당한 결과를 비교해 보았다. 실험 결과 Y 채널 보다 I나 Q 채널에 대한 비트 수를 3/4로 할 경우, 영상의 종류와 크기에 별차이 없이 약 0.043 bpp(Bits Per Pixel) 정도, 1/2로 할 경우 약 0.085 bpp 정도 향상된 압축효과를 보았으며 복원 영상에서의 화질 차이는 거의 없음을 확인할 수 있었다.

국부적 지역 탐색법을 사용하여 찾아낸 가장 잘 매칭이 되는 정의역 블록은, 물론 전역 탐색법으로 찾

아닌 정의역 블록과 같을 수도 있으나 다를 수도 있으므로 복원된 영상에서 약간의 화질 차이가 생겨날 수도 있다. 그리고 국부적 지역 탐색법에서 스킵되는 블록의 수와 부호화에 필요한 시간과의 관계 분석과 복원 영상에 부분적으로 나타나는 구역화 현상을 없애기 위한 후처리 기법에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

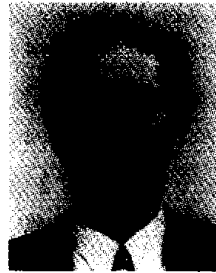
- [1] A. E. Jacquin, "Fractal image coding: a review", Proc. IEEE, vol. 81, no. 10, pp. 1451-1465, Oct. 1993.
- [2] B. B. Mandelbrot, "The Fractal Geometry of Nature", W. H. Freeman and Company, New York, 1977.
- [3] D. M. Monro and F. Dudbridge, "Fractal Approximation of Image Block", ICASSP-92, vol. 3, pp. 485-488, 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, Jurgen, 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.
- [14] 정현민, 김용규, 윤택현, 김현철, 이병래, 박규태, "블럭 단위의 프랙탈 근사화를 이용한 영상 코딩", 전자공학회 논문집 제31권 B편 제2호, 1994, pp. 45-55.
- [15] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1992.
- [16] B. Hurtgen, P. Mols, S. F. Simon, "Fractal transform coding of color images", Visual Comm. and Image Processing, SPIE '94, Chicago, pp. 1683-1691, 1994.
- [17] Y. Fisher, *Fractal Image Compression: Theory and Application to Digital Images*, Springer Verlag, New York, 1995.
- [18] L. M. Po, W. T. Tan and W. B. Wong, "Quadtree based colour quantisation image compression," ELECTRONICS LETTERS, vol. 31, no. 23, pp. 1988-1990, 1995.



김 성 종

- 1987년 2월 단국대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 1989년 2월 단국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1996년 2월 단국대학교 대학원 전자공학과(박사과정 수료)

관심분야: 영상처리, 병렬처리



신 인 철

- 1973년 고려대학교 전자공학과(공학사)
- 1978년 고려대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1986년 고려대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1984년 미국 미시간 주립대학교 교환교수

1979년~현재 단국대학교 전자공학과 교수

관심분야: 다중처리시스템, 컴퓨터 네트워크, 퍼지제어, 신경회로망