

전송율제어를 갖는 프랙탈 비디오 코딩

(The Fractal Video Coding with Rate Control)

徐基範*, 鄭正和*

(Kim-Bum Suh and Jong-Wha Chong)

요 약

본 논문에서는 프랙탈 기반의 전송율 제어 기능을 갖는 동영상 압축 시스템을 제안한다. 기존의 프랙탈 압축방법의 부호화비트량 과다라는 단점을 극복하기 위해, 제안하는 시스템은 이미지를 배경, 움직임 보상 및 프랙탈 코딩의 3가지로 분류하여 부호화 하였다. 부호화 되는 코드의 양을 줄이기 위하여 움직임 보상부의 움직임 벡터값은 가변길이 코드를 사용하고 프랙탈 변이값(offset)은 이전 프레임으로부터의 예측값과 최소 자승 근사화(least-square approximation)법으로 구한 값의 차값(difference)을 가변 길이 코드로 부호화 하였다. 전송율 제어를 위해 현재의 비트 발생량과 밴드폭을 고려해서 화면 분할 문턱값(threshold)을 결정 하는 알고리즘을 적용하였다. 전체 시스템의 실험 결과 동일한 화질에서 기존의 시스템^[2]에 비해 압축율이 1.8배이상 향상됨을 확인하였고, 전송율이 결정되어 있을 때의 전송율 제어가 이루어짐을 확인하였다.

Abstract

This paper proposes a novel video coding system with rate control based on fractal algorithm. To overcome the demerits of excessive amounts of coded bit generated by previous fractal coding methodology, the proposed system classifies the image into three classes such as background, motion compensation, and fractal coding area. The motion vector for motion compensation, and the fractal offset value that is difference value between the predicted offset and the least-square approximated value are coded with variable length code. The decision method which determines threshold value of partitioning quadtree is applied to the bit-rate control algorithm considering the quantity of currently generated bits and fixed channel bandwidth. Experimental result shows that the proposed system enhances compression ratio 1.8 times higher than previous method^[2] for the same image quality, and performs efficient rate control for fixed channel bandwidth.

I. 서 론

영상 정보를 디지털 형태로 표현하기 위해서는 수 많은 양의 데이터가 필요하다. 그러므로 이러한 데이터를 저장하거나 전송하는 데에 있어서 보다 적은 비트

로 정보를 나타내기 위한 압축 과정은 필수적이라 할 수 있다. 또한, 최근 국제 표준화 기구인 ISO산하 WG에서 정지 영상의 표준화(JPEG)와 영상 전화나 영상 회의의 표준화(H.261, H.263), 동영상의 표준화(MPEG)로 영상 압축 분야의 발달을 더욱 가속시키고 있다. 이러한 표준안에서 공통적으로 채택하고 있는 DCT (Discrete Cosine Transform)에 의한 변환 부호화 기법은 화면 내에 있는 영상의 중복성을 제거하는 방법으로, 어느 정도의 압축비 이상에서는 복원 영상의 왜곡 정도가 심해지며, 영상의 확대에 따른 블로킹 효과

* 正會員, 漢陽大學校 電子工學科
(Dept. of Electronic Engineering Hanyang University)
接受日字: 1999年12月27日, 수정완료일: 2000年4月4日

(blocking effect)가 두드러지게 나타나는 것으로 알려져 있다. 따라서, 최근에는 더욱 높은 압축율에서도 블로킹 효과가 없고 에지 부분이 부드럽게 복원되는 등, 높은 복원 영상의 화질을 유지할 수 있고 해상도에 무관한 프랙탈(Fractal)을 이용한 영상 압축 방법이 제기되고 있다.

프랙탈 개념을 영상 압축에 적용하기 시작한 것은 Barnsley^[1]에 의해서이다. 그후 Fisher가 반복 축소 변환을 사용하는 방법을 제안하면서 프랙탈을 이용한 정지영상 압축 방법이 일반화되었고 Jacquin^[2]에 의해 이미지 블록의 특성에 따른 분류에 의한 방법이 일반화되었다. 정지영상의 압축 방법을 동영상으로 확장하기 위하여 Hurtgen과 Buttgen^[3]은 전 프레임에서 움직임이 없는 부분을 예측하고 움직임이 있는 부분만을 프랙탈로 부호화하여 전송하는 방법을 제안하였다. 그러나 이 방법으로 부호화를 할 경우 부호화 시간과 비트율을 크게 줄일 수 있으나 움직임 보상을 하지 않기 때문에 움직임이 많은 영상에서 안정된 화질을 얻을 수 없었다.

Fisher와 Rogovin^[4]들은 기존의 동영상 부호화에서 많이 사용하고 있는 움직임 추정 방법을 프랙탈에 적용하였다. 움직임 추정 방법에서는 이전 프레임으로 부터 움직임 예측에 의해 만들어진 영상과 현재 영상과의 차이가 작은 블록은 예측된 블록을 그대로 사용하고 차이가 큰 블록에 대해서는 프랙탈로 부호화 하였다. 이 방법은 이전 프레임을 정의영역으로 사용하기 때문에 반복 복호화를 할 필요가 없어 복호화 시간이 빠른 장점이 있다. 그러나 움직임이 나타나지 않은 블록에도 움직임 예측을 하기 때문에 부호화 시간이 길고 움직임이 작은 화면에서도 많은 양의 비트를 발생시키며, 전송율 제어를 지원하지 못한다. 기존의 프랙탈의 전송시에 전송율 제어를 적용한 방법은 Monro^[5]에 의한 방법이 있다. 이 방법은 Bath Transform이라는 다차원 방정식의 계수를 프랙탈 계수로 사용하며 일정한 전송율을 유지하기 위해 오차의 크기가 가장 큰 블록부터 부호화하여 보내고 비트율이 모자라는 경우에는 블록을 전송하지 않는 방법을 사용한다. 그러나 이 방법은 화면의 급격한 변화에는 대응하지 못하는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 기존의 방법보다 비트 발생량을 줄이면서 화질의 열화가 적은 프랙탈 부호화 기법과 그 부호화 기법에 기반을 둔 전송율 제어 기법을 제안한다. 제안한 방법은 기존의 움직임 보상과 프

랙탈 부호화의 분류를 3단계의 배경, 움직임 보상, 프랙탈 부호화로 나누고, 화질 개선을 위해 부호화 시에 수정 콜라지 이론^[6,7]을 적용하였다. 움직임 보상의 경우 움직임 벡터에 가변 길이 코드를 할당하고, 프랙탈 부호화의 경우 변이값(offset)을 예측을 통한 값과 최소자승 근사화(least-square approximation)를 이용해 구해진 값과의 차값을 가변 길이 부호로 할당하여 압축율을 높였다. 또한 전송율 제어를 지원하기 위한 방법을 고안하여 본 알고리즘에 적용하였으며, 실제 이것을 통하여 같은 화질에서의 압축율의 증가를 가져옴을 확인하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 프랙탈 부호화의 이론적 배경에 대하여 설명하고, 3 장에서는 제안한 부호화기와 전송율 제어에 관하여 논하며, 4 장에서는 실험 결과를 토대로 제안한 방법을 평가한다.

II. 이론적 배경

1. 정지영상의 프랙탈 영상 압축에 관한 수학적 배경
프랙탈이란 모든 축척에서 자기 유사성을 가지는 기하학적인 형태를 말한다.^[1] 이러한 자기 유사성의 성질에 기인한, 즉 부분이 전체가 될 수 있는 간단한 규칙을 이용하여 영상을 압축하는 것이 프랙탈 영상 압축이다.

완전 측도 공간(complete metric space) (X, d) 에서 정의되는 변환(transformation) $f: X \rightarrow X$ 가 모든 $x, y \in X$ 와 $0 < s < 1$ 에 대하여 다음과 같은 성질을 만족할 때 변환 X 는 축소 변환(contractive transformation)이라 한다.

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

f 는 유일한 고정점(fixed point) $x_f \in X$ 를 갖게 되며, 임의의 $x \in X$ 에 대하여 반복적으로 축소 변환 f 를 적용할 경우 x 는 고정점 x_f 에 수렴하게 된다. 즉,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} f^n(x) = x_f \text{ for each } x \in X \quad (2)$$

반복 함수계는 각각의 축소비 $s_n (n = 1, 2, \dots, N)$ 을 갖는 축소 변환 $w_n: X \rightarrow X$ 의 유한 집합체로 정의된다. 즉, w_1, w_2, \dots, w_n 이 각각 축소 변환이라 하면,

반복함수계 W 는

$$W(x) = w_1(x) \cup w_2(x) \cup \dots \cup w_N(x) \quad (3)$$

가 되며, 유일한 고정점 $|W|$ 는

$$|W| = \lim_{n \rightarrow \infty} W^n(X), \text{ for any } x \in X \quad (4)$$

$$W(|W|) = |W|$$

가 된다. 이 고정점 $|W|$ 를 반복 함수계(IFS)의 끌개(attractor)라고 부른다. $\epsilon \geq 0$ 에 대하여 $d(x, W(x)) \leq \epsilon$ 이 되도록 하는 $0 \leq s \leq 1$ 를 갖는 반복 함수계 W 를 선택한다면,

$$d(x, |W|) \leq \epsilon(1-s), \quad |W|: \text{ attractor of IFS}$$

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

가 된다. 이 이론을 콜라지 이론(collage theorem)이라 한다.

프랙탈 영상 압축은 자기 자신의 공간으로 사상(mapping)되는 변환을 사용한다. 그런 변환에는 여러 가지가 있으나 아래와 같은 아핀(Affine)변환이 주로 이용된다.

$$w \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & 0 \\ c & d & 0 \\ 0 & 0 & s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \\ f \\ o \end{bmatrix} \quad (6)$$

여기서 $z = f(x, y)$ 는 x, y 위치의 화소 밝기 값을 나타내고, s 는 명암(contrast), o 는 밝기(brightness)를 조절하는 값이다. 3×3 의 행렬은 확대, 축소, 회전, 대칭 변환을 하며, 뒤 행렬은 선형 이동을 수행하는 변환이다. 여기서 일반적인 프랙탈 부호화시에는 a, b, c, d 의 파라미터 값은 회전과 대칭을 나타내는 3bit의 Isometry 변환 계수로 부호화를 해주며, e, f 값은 domain의 위치를 부호화 하게 해준다.

프랙탈 영상 부호화는 부호화 하고자 하는 영상을 끌개(attractor)로 갖는 IFS(iterative function system)의 계수들을 구하는 것이다. 콜라지 이론(Collage theorem)을 만족하도록 반복 함수 계를 구성하고, 임의의 영상에 대해 반복 함수 계의 변환을 반복적으로 적용해 가면 부호화한 영상을 복원할 수 있다. 콜라지 이론에 의해 축소비 s 가 작을수록 빠르게 수렴하기 때문에 축소비 s 는 수렴속도를 결정한다고 볼 수 있다.

정지 영상의 부호화는 부호화 하고자 하는 영상을

고정점으로 갖는 IFS의 계수들을 구하는 역변환 문제이다. 실제 영상에 적용할 경우 영상을 일정한 규칙에 따라 분할한 후 이들 각각의 블록(치역블록) R_i 들이 변환 w_i 에 의해 원영상과 근사화 되도록 한다.

2. 기존의 동영상 Fractal Video 부호화 알고리즘

프랙탈을 이용하여 동영상을 압축하는 방법으로 크게 두가지 부류가 있다. 첫 번째는 기존 정지영상에서 사용하던 2 차원의 정지영상의 정의역(domain)영역과 치역(range)을 그대로 3 차원으로 확장하는 방법이다. 이방법은 Barthel과 Voyer^[8]에 의하여 제안되었으며, 그림 1에 보이는 것 처럼 3차원 레인지 큐브의 8배 크기의 도메인 큐브로 매칭되는 IFS의 계수값을 코딩하는 문제로 동영상의 압축문제를 풀었다. 이 부호화 방법에서는 정의역과 치역을 분할할 때 공간적(Spatial)으로 분할한 경우와 시간적(temporal)으로 분할한 경우중 오차가 적은 방법으로 분할하였다. 그러나 이방법은 3차원으로 확장하므로 인하여 생기는 프레임과 프레임 간에 블록화 현상이 크게 나타나고 부호화시 치역에 대한 정의역 탐색하는 시간이 너무 크고 복호화시 지연이 많이되는 단점이 있다. 이 방법은 시간적 복잡도가 너무 크기 때문에 실시간 부호화에 부적합하며 논의의 대상으로 한다.

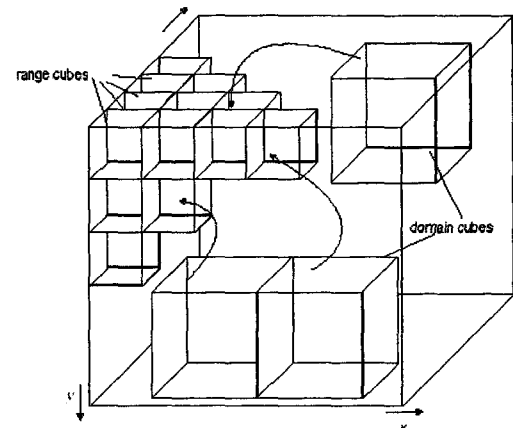


그림 1. 3차원 프랙탈 비디오 부호화 방법
Fig. 1. 3-dimensional fractal video coding method.

두 번째 부류는 정지영상의 압축방법을 동영상으로 확장하기 위하여 Hurtgen 과 Buttgen^[1]은 전 프레임에서 움직임이 없는 부분을 예측하고 움직임이 있는 부분만을 프랙탈로 부호화하여 전송하는 방법을 제안하

였다. 그러나 이방법으로 부호화를 할 경우 부호화시간과 비트율을 크게 줄일 수 있으나 움직임 보상을 하지 않기 때문에 움직임 많은 영상에서 안정된 화질을 얻을 수 없었다. 이와 유사한 방법이 Fisher와 Rogovin^[4]의 방법인데, 여기서는 움직임 추정방법과 프랙탈 부호화를 수행하였다. 이 방법은 Hurtgen^[3]의 방법에 비하여 움직임 추정을 하기 때문에 부호화 시간이 늦지만, 움직임 추정을 통해 안정된 화질을 얻을 수 있었다. 본 논문은 Fisher의 방법에 Hurtgen의 방법의 장점인 빠른 부호화를 적용시킬 수 있도록 하였다.

또한 Circular Prediction Mapping(CPM)이라는 개념을 Fractal Coding에 적용한 방법^[7]이 제안되었다. 기존의 Fractal 비디오 부호화 방법이 도메인에서 레인지 영역을 단 방향쪽으로 mapping 해주는 방법을 채택하였으나, 이방법은 그림 2에 보이는 것 같이 n 개의 frame 단위로 group을 지어 coding을 해주고 마지막 frame은 최초의 frame의 reference frame으로 사용하게 하였다. [7]의 방법이 갖는 중요한 의미는 이 부호화 방법이 복호화시에 group의 복호화가 여러번에 iteration 없이 contractivity를 만족함을 보여주므로서 빠른 복호화를 할 수 있음을 보여주었다.

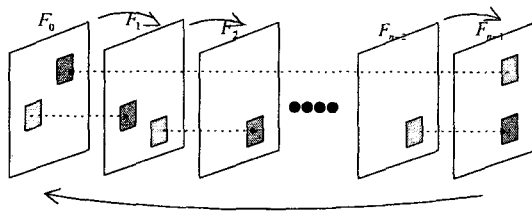


그림 2. Circular Prediction Mapping의 개념
Fig. 2. The concept of Circular Prediction Mapping.

하지만 이 CPM을 이용한 방법은 그림 3에서 보이는 것과 같이 그룹지어 놓은 Frame들중에 첫 번째 Frame을 코딩할 때 발생하는 비트수가 커지게 되어 최종 bit율이 떨어지게 된다. 그림 3은 n 값이 4 일 때 Miss America 영상을 CPM 방법으로 적용시켰을 때의 결과를 보여주며, 4 frame 마다 bpp 값이 peak치가 됨을 알 수 있었다.

따라서 CPM의 결과는 부호화 상의 비트율이 n 의 주기마다 커지게 되므로 결과적으로 부호화 비트율이 좋지 않다. 이 논문에서는 부호화시 Hurgen^[3]과 Fisher^[4]의 방법의 장점을 사용하고 화면의 부호화를 배경, 움

직임, 프랙탈 부호화의 3 단계로 나누고, 화면간의 유사성을 사용해서 IFS를 기술하는 Fractal 계수의 코딩방법을 최적화함으로써, 압축률을 높이고 PSNR을 높이는 알고리즘을 제안한다. 또한 전송을 제어기능을 갖는 부호화 알고리즘을 제안된 알고리즘에 접합시켜 채널의 환경에 따른 최적 부호화를 시킨다.

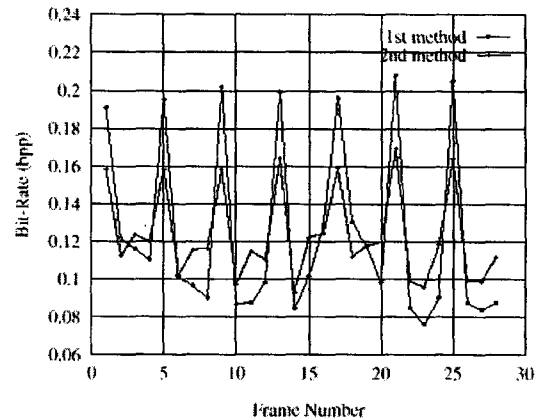


그림 3. Miss America sequence를 사용한 CPM의 실험결과([7]의 논문에서 참조)

Fig. 3. Experimental results of CPM using Miss America sequence.

III. 제안한 알고리즘

동영상에는 인접한 프레임 간에 시간적 중복성이 내재되어 있다. 이러한 시간적 중복성을 제거함으로써 단순 정지영상 압축에서 얻을 수 있는 압축율 보다 더 높은 압축율을 얻을 수 있다. 시간적 중복성을 제거하기 위하여 움직임 추정기법을 사용하였다.

제안한 알고리즘의 순서도는 그림 4와 같다. 이 순서도와 인접한 프레임 간에는 움직임이 없는 블록들이 움직임이 있는 블록보다 많으므로 움직임 추정을 시행하기 전에 먼저 움직임 없는 블록인지를 확인하고 움직임이 없는 블록일 경우에는 부호화를 하지 않고 배경이라는 블록정보로 1 bit 사용한다. 그리고 움직임이 있는 블록이면 움직임 추정을 행한다. 움직임 추정시 미리 지정된 문턱 값보다 적은 오차가 발생하는 블록에 대해서 움직임 벡터 값을 부호화하고 오차가 많으면 Fisher의 정지영상 프랙탈 부호화^[10]를 수행한다. 이때에도 정해진 문턱 값보다 오차가 크면 블록을 4개의 블록으로 분할하여 위의 방법을 다시 적용한다.

정지영상에서의 프랙탈 부호화는 복호화시 프랙탈

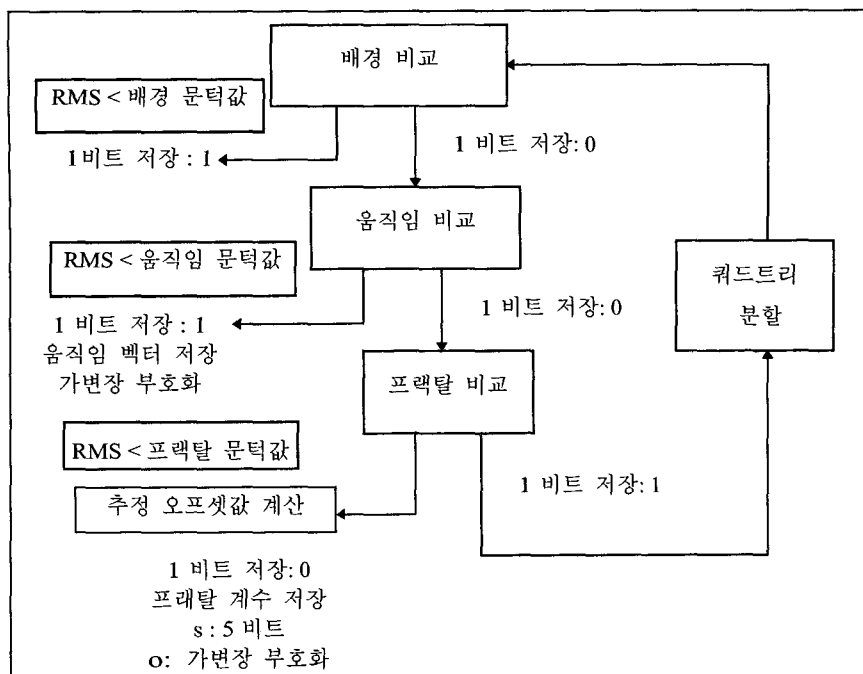


그림 4. 제안한 알고리즘의 순서도

Fig. 4. The flowchart of proposed algorithm.

계수를 반복적으로 여러 번 적용(보통 10번 정도를 반복 적용시키면 끝개로 수렴함) 시켜야 하기 때문에 복호화 시에 시간이 많이 걸리는 단점이 있다. 이런 단점은 정의역 블록들을 프레임의 이전 프레임으로 한정함으로써 해결될 수 있다. 동영상에서는 전 프레임과 현재 프레임이 유사하므로 전 프레임에서 한 번의 프랙탈 계수 적용으로 끝개를 유도 할 수 있다.

1. 움직임 추정

연속하는 프레임 사이에서 움직임이 찾아내는 방법으로 본 논문에서는 (7)식과 같은 RMS(Root Mean Square)값을 사용하여 움직임 벡터를 찾아낸다.

$$S = \sqrt{\frac{1}{R^2} \sum_{i=1}^R \sum_{j=1}^R (f(i,j) - \hat{f}(i,j))^2} \quad (7)$$

이때 블록의 크기는 이전프레임과 현재 프레임에 동일하게 현재 쿼드트리의 치역블록의 크기와 같다.

영상과 영상 사이에는 움직임이 없는 블록이 많으므로 먼저 움직임이 없는 블록인가를 확인하고 RMS값이 정해진 문턱 값보다 작으면 움직임 보상을 한다. 움직임 추정 범위는 ± 8 픽셀을 사용하였으며, 여기서 얻어

진 움직임 벡터는 허프만 부호화(Huffman coding)를 수행하였다.

2. 프랙탈 부호화

움직임 추정이 실패한 블록에 대해서 프랙탈 부호화를 한다. 이 때 참조할 정의역 영역은 이전 프레임에서 얻은 부호화 정보로 다시 복호화를 하여 얻은 복원 영상으로 한정한다. 다시 복호화된 영상으로 정의역 영역을 구성함으로써 원 영상으로 계수 값을 찾아 생기는 오차의 누적을 막을 수 있다. 이때의 정의역의 크기는 치역의 4배로 한다.

3. 제안된 offset값의 허프만(Huffman) 부호화

동영상에서 전 프레임으로 부터 배경이나 움직임을 추정하여 하여 비트 발생량을 줄이고 있으나 프랙탈 파라메타로 부호화 하는 블록이 상당히 존재하고 있다. 그러나 프랙탈 파라메타가 배경이나 움직임 추정하는 블록이 발생시키는 비트에 비해 상대적으로 많은 비트를 발생시키고 있다. 그러므로 프랙탈 파라메타의 효율적인 전송방법이 저전송율 프랙탈 부호화의 또다른 관심사로 대두되고 있다. 본 논문에서 제안하는 프랙탈 부호화 시스템에서는 복호화된 전 프레임을 부호화 하

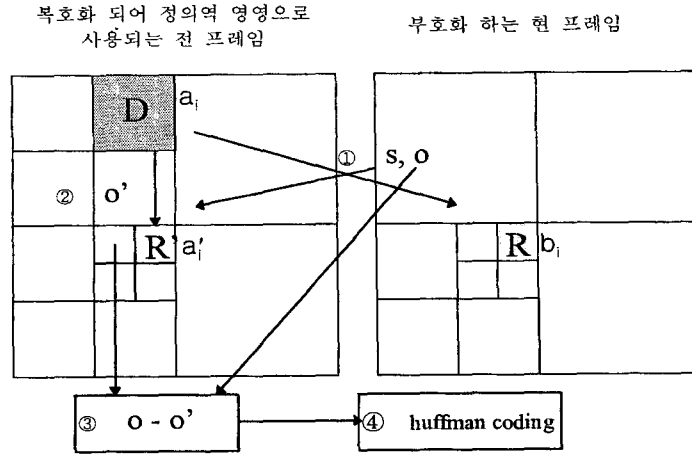


그림 5. offset 값의 가변장 부호화
Fig. 5. Variable length coding of offset value.

고자하는 현 프레임의 정의역 영역으로 이용하는 수정 콜라지 이론^[7,8]을 사용하므로 부호화시와 복호화시 정의역으로 사용되는 프레임은 동일한 이미지이다. 그러므로 정의역의 어느 일정 블록을 기준으로 차값을 전송하는 방법이 가능하다.

프랙탈 블록을 부호화 하는 방법은 다음과 같다.

$$R = s \cdot I(G(D)) + o \quad (8)$$

식 (8)에서 $G(D)$ 는 정의역 블록을 가로와 세로로 1/2 축소하는 geometry 변환이고 $I()$ 등은 회전 등의 isometry 변환이고 s 와 o 는 mass 변환을 구성하기 위한 스케일링과 그레이 평균값의 변위를 나타내는 offset 값이다. 먼저 정의역 영역을 축소하여 회전 등의 isometry 변환을 수행한 후 스케일 값을 곱하고 offset 값을 더한 값이 치역영역과 가장 유사한 정의역 영역을 찾아낸 후 이때의 스케일 값과 offset 값 그리고 정의역 위치 정보를 전송한다. 여기서 스케일 값과 offset 값은 다음과 같은 least square method를 사용해서 구하여 진다.

$$s = \frac{[n^2 (\sum_{i=1}^n a_i b_i) - (\sum_{i=1}^n a_i) (\sum_{i=1}^n b_i)]}{[n^2 \sum_{i=1}^n a_i^2 - (\sum_{i=1}^n a_i)^2]} \quad (9)$$

$$o = [\sum_{i=1}^n b_i - s \sum_{i=1}^n a_i] / n^2 \quad (10)$$

동영상의 인접 프레임 간에는 움직임의 변화가 적기 때문에 현 프레임의 치역 블록의 평균값은 현 치역의 위치와 같은 위치에 있는 정의역 블록의 평균값과 매우 유사하게 된다. 그러므로 구해진 정의역 위치정보와 스케일 값과 치역위지와 같은 위치에 있는 전 프레임의 블록을 이용하여 식 (10)과 같이 offset(o')값을 역 계산하면 이 값은 offset(o)값과 유사하게 되고 이 값들의 차를 구하면 0에 근접한 값들이 많아 가변장 부호화 하기 적합하다.

$$o' = [\sum_{i=1}^n a'_i - s \sum_{i=1}^n a_i] / n^2 \quad (11)$$

여기서 a'_i 는 정의역 영역에서 치역과 위치가 같은 블록이다.

4. 버퍼 제어

동영상의 화면을 이동 통신이나 네트워크와 같은 제한된 채널에 실어 보내려면 화질의 열화를 최소화하면서 일정한 비트율을 유지 할 수 있는 방법이 필요하다. 따라서 지정된 비트율을 만족시키면서 화질의 열화를 최소화하는 방법을 제안한 프랙탈 코딩 기법에 적용한다. 기존의 프랙탈의 전송 시에 전송율 제어를 적용한 방법은 Monro^[5]에 의한 방법이 있다. 이 방법은 일정한 전송율을 유지하기 위해 오차의 크기가 가장 큰 블록부터 코딩하여 보내고 비트율이 모자라는 경우에는 전송하지 않는 방법을 사용한다. 그러나 Monro의 방법은

화면의 급격한 변화에는 대응하지 못하는 단점이 있다.

제안한 프랙탈 알고리즘에서는 문턱 값을 조정함으로써 비트율의 제어 방법은 최악의 경우라도 최대 크기의 문턱 값을 제한하여 화질의 열화를 방지한다.

제안하는 버퍼제어 방법은 MPEG-2 Test model 5^[10]의 전송률제어 방식과 유사한 면을 가진다. MPEG-2 Test Model 5에서 제안된 전송률 방식은 전송되는 DCT 계수값을 양자화 시키는 양자화 파라미터 qscale 값을 조정해주는 mquant값을 조정하면서 target bit rate 과 현재 발생된 bit 량을 맞추어 가는 것에 비해 제안하는 전송률제어 방식은 배경에 대한 부호화 문턱값(tol_back), 움직임 부호화에의 문턱값(tol_motion), 프랙탈 부호화 문턱값(tol_fractal)을 조정함으로써 전송률을 제어한다. 즉 식 (12)와 같이 문턱 값을 조정하므로써 현재의 프레임에서 비트율을 조정한다.

$$Th_{new} = Th_{old} \times \frac{\alpha \times B + T}{B + \alpha \times T} \quad (12)$$

여기서 $T = \frac{\text{remained bits}}{\text{remained frame}}$

Th_{new} : 새로운 문턱치

Th_{old} : 현재 문턱치

T : 목적 비트의 수

B : 생성된 비트의 수

α : 임의의 factor값

임의의 factor값 α 는 실험에 의하여 구하였으며, 각

문턱 값의 종류에 따라 최적의 α 값을 따로 구하였다.

IV. 실험 결과 및 고찰

제안하는 부호화기를 다음과 같이 구현하였다. 처음 프레임은 Fisher방법을 이용한 정지 영상 프랙탈 코딩을 하였고, 다음 프레임 부터 이전 프레임을 복호화한 이미지를 정의역 영역으로 사용하여 복호화를 하였다. 영상의 분할은 쿼드트리 분할 방법을 사용하였고 16×16, 8×8, 4×4블록으로 분할하는 크기를 제한하였다. 실험의 테스트영상은 sif(360×288)과 qcif(176×144) 형식의 "Miss America" 연속 이미지를 사용하였다. 표 1 은 sif형식의 "Miss America"의 1 번 프레임에서 149 번째 프레임 까지의 시퀀스를 사용하였으며, 기존의 Fisher가 제안한 방법과 동일한 조건에서 실험한 결과이다. 이 실험의 결과는 Fisher의 논문^[2]에 제시된 결과와 비교하였으며 동일한 parameter상에서 이 실험에서 배경 부분과 움직임 추정부분의 문턱 값은 동일하게 하여 실험하였다. 여기서 움직임 보상 부분에 해당하는 문턱값이 높은 경우(실험 1,2,3) 비트 할당량이 적은 배경부분과 움직임 보상부분이 많기 때문에 비트 발생량이 상당히 적은 것을 볼 수 있다. 움직임 보상부분이 작은 경우(실험 4,5,6)에도 프랙탈 부호화의 문턱 값이 낮은 경우(실험 4) 블록을 분할하여 작은 블록 크기에서 배경 부분이나 움직임 보상부분으로 부호화 되기 때문에 상대적으로 압축율이 좋아짐을 볼 수 있다. 이 실험에 있어 부호화시간은 실제 Fisher의 방법에 비해

표 1. 기존의 Fisher 알고리즘[2]과의 성능비교
Table 1. Performance comparison with Fisher's algorithms[2].

실험 번호	t(ME)	t(fractal)	Search Class	기존의 알고리즘			제안된 알고리즘		
				PSNR	발생 byte	bpp	PSNR	발생 byte	bpp
1	8.0	3.0	1	33.79	1643	0.13	34.27	655	0.05
2	8.0	8.0	1	33.80	1312	0.10	33.85	658	0.05
3	8.0	13.0	1	32.64	1214	0.09	33.29	689	0.05
4	4.0	3.0	1	35.82	4156	0.32	36.29	2518	0.19
5	4.0	8.0	1	34.85	2777	0.21	35.27	2390	0.18
6	4.0	13.0	1	33.25	2028	0.16	33.45	1724	0.13
7	4.0	3.0	3	36.02	4159	0.32	36.45	2501	0.19
8	4.0	8.0	3	35.00	2690	0.20	35.44	2348	0.18
9	4.0	13.0	3	33.34	1878	0.14	33.57	1548	0.12

이전 프레임으로부터 offset 값의 차를 계산해야 하는 overhead를 가지나 Background 부호화를 미리 결정하였기 때문에 움직임 벡터를 찾지 않는 블록의 수가 많아 실제 부호화 시간은 감소하게 된다. 실험결과 Fisher의 방법에서 약 20~30%의 시간감소가 있음을 확인할 수 있었다.

표 1에서의 실험 번호 1은 그림 3의 결과^[7]에 비교하여 같은 화질에서 더 낮은 비트율(bpp)을 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

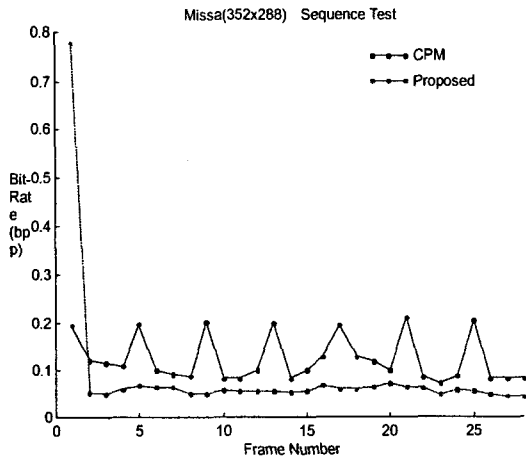


그림 6. P제한된 알고리즘과 CPM과의 결과 비교
Fig. 6. Comparison of CPM and proposed algorithm.

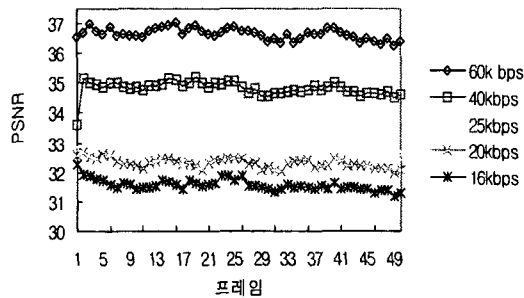


그림 7. Bit rate에 따른 PSNR
Fig. 7. PSNR for each bit rate.

그림 6은 이것을 설명하고 있는데, 같은 PSNR 상에서 측정된 CPM의 Bit rate와 제안된 알고리즘의 결과를 비교하고 있다. 제안된 알고리즘은 초기의 비트율은 크게 되나 전체적으로 CPM의 결과에 비해 작은 비트율을 갖게 된다.

그림 7 과 그림 8은 qcif형식의 “Miss America” 1

번 프레임에서 149번 프레임중 3 프레임에서 한 프레임씩 샘플링 하여 얻어진 50 프레임을 가지고 실험을 하였다.

그림 7은 각 전송율에서의 10 Hz로 샘플링된 qcif 형식의 “Miss America” 시퀀스의 PSNR값과 그림 8은 그에 해당하는 프레임당 비트 발생율을 나타낸다. 64kbps이하의 저 전송율에서 좋은 화질을 유지함을 알 수 있다.

그림 8에서 보면 중간 프레임에서 비트 발생량이 약간 커지는 것을 볼 수 있는데 이는 이 부근에서 움직임이 많이 일어났기 때문이다.

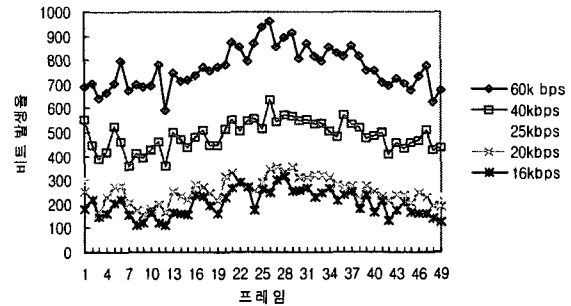


그림 8. 프레임당 byte 발생율
Fig. 8. byte generation rate for each frame.

프랙탈 파라메타의 효율적인 가변장 부호를 위해 본 논문에서 제안한 방법에 의해 구하여진 offset의 차값의 백분율을 그림 9에 나타내었다.

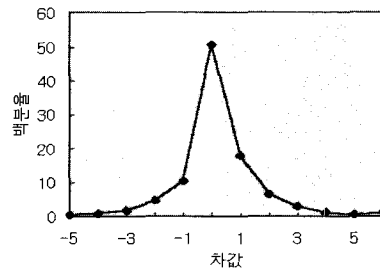


그림 9. offset값의 차의 분포
Fig. 9. The distribution of offset value difference.

그림 9에서 offset의 차 값이 0 값의 중심에서 많이 모이는 것을 볼 수 있다. 본 논문에서는 이러한 특성을 이용하여 가변장 부호화를 수행하였으며, offset 값을 그대로 부호화할때에 비하여 전체압축비가 약 5% 정도 향상됨을 확인하였다.

표 2. 여러 가지 이미지에 대한 실험 결과

Table 2. Experimental results on several images.

이미지	Image Size	Fisher's Method		제안된 알고리즘	
		Bit rate(bpp)	PSNR	Bit rate(bpp)	PSNR
football	352×240	1.03	27.32	0.85	28.87
garden	352×240	1.45	23.68	1.21	24.07
tennis	352×240	1.01	26.34	0.76	28.25
aki	176×144	0.45	30.01	0.15	31.31
mad	176×144	0.97	30.53	0.045	32.08
hall	176×144	0.49	28.01	0.36	28.46
conn	176×144	0.76	26.73	0.43	27.34

표 2는 Miss America 시퀀스 이외의 시퀀스에 대하여 1 frame에서 150 frame 까지의 frame에 대하여 부호화 하였을때의 평균 발생하는 비트량과 평균 PSNR 을 나타낸표이다. 이때 부호화기의 성능을 실험하기 위해 배경 문턱값(tol_back)과 움직임보상 문턱값(tol_mc) 그리고 프랙탈 문턱값(tol_fractal)을 8로 고정시키고 실험하였으며, 그 결과를 비교하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 프랙탈 기반의 전송률 제어기능을 갖는 동영상 압축 시스템을 제안했다. 비트 발생 량과 밴드 폭을 고려한 화면 분할 문턱 값을 결정하기 위하여, MPEG-2의 전송률 제어를 위한 알고리즘을 Fractal의 쿼드트리 분할 알고리즘에 적용하였다. 기존의 Monro의 전송률 제어의 알고리즘의 경우에는 전송률이 저하되는 상황에서는 모든 치역영역의 블록을 부호화하지 못하는 경우가 있었으나 제안하는 알고리즘은 이러한 문제점을 개선하여 모든 블록을 부호화 했기 때문에 화질의 급격한 변화현상을 제거할수 있었다.

또한 제안된 부호화 방법은 기존의 2 단계의 분류 부호화 방법을 3 단계로 나누어 적용하여 부호화시간과 압축비를 높이고, 이전영상의 치역영상과 현재영상의 치역영상은 유사한 gray scale값을 갖는다는 점을 이용하여, 이전 영상으로부터의 변이 값에 대한 예측을 수행하였으며 그 예측 방법을 사용하여 부호화 비트량을 줄일수 있었다. 전체 시스템의 실험 결과, 같은 화

질에서 기존 시스템에 비해 1.8배이상의 압축을 향상이 있었다.

따라서 본 논문의 알고리즘은 Fractal 기반의 압축 및 다른 동영상 압축 방법에 적용이 가능하다.

참 고 문 헌

- [1] M. F. Barnsley and A. D. Sloan, "A Better Way to Compress Images", *Byte* 13(1), pp. 215-224, 1988.[1]
- [2] A. E. Jacquine, "Image Coding Based on a fractal theory of Iterative Contractive Image Transformation", *IEEE Trans. on Image Processing*. Vol. 1. Jan, 1992.
- [3] B. Hurtgen and P. Buttgen, "Fractal approach to low rate video coding," in *Proceedings of the SPIE, Visual Communications and Image Processing*, vol. 2094, Cambridge, MA, Nov. 8-11, 1993, pp. 120-131.
- [4] Y. Fisher, D. Rogovin, and T. P. Shen, "Fractal (self-VQ) encoding of video sequences," in *Proceedings of the SPIE, Visual Communication and Image Processing*, Chicago, IL, Sept. 25-28, 1994.
- [5] D. L. Wilson, J. A. Nicholls, and D. M. Monro, "Rate buffered fractal video," *ICASSP-94*, pp. 505-508, 1994.

- [6] Oien, G. E., Haharav, Z., Lepsoy, S., Malha, D. and Karnin, E., "A new improved collage theorem with applications to multiresolution fractal image coding," *ICASSP* 1994.
- [7] C.S.Kim and S.U.Lee, "Fractal Coding of video sequence by circular prediction mapping", In *Fractals*. vol, suppl. issue, pp. 75-88, Apr. 1997.
- [8] Barthel, K. U., Voye, T. "Three Dimensional fractal video coding", in : Proc. ICIP95 IEEE International Conference on Image Processing, Washington, D.C., 1995.
- [9] Y. Fisher, ed., "Fractal Compression: Theory and Applications to Digital Image," Spinger Verlag 1995.
- [10] ISO/IEC SG11 MPEG-2 Video TM-5 13818-2.

 저 자 소 개

徐 基 範(正會員) 第 37卷 SP編 第 2號 參照

鄭 正 和(正會員) 第 36卷 C編 第 10號 參照