

비축소 프레임간 변환을 이용한 컬러 동영상 프랙탈 부호화 기법

正會員 김 창 수*, 김 인 철**, 이 상 옥*

A Fractal Coding Technique For Color Image Sequence Employing Non-Contractive Interframe Mapping

Chang Su Kim*, Rin Chul Kim**, Sang Uk Lee* *Regular Members*

※본 논문은 96년도 한국학술진흥재단 연구비에 의해 수행된 결과임

요 약

본 논문에서는 순환 예측 변환과 비축소 프레임간 변환에 기반한 프랙탈 동영상 부호화 기법을 제안한다. 순환 예측 변환과 비축소 프레임간 변환에서는 각각의 레인지 블럭을 인접한 프레임에 있는 같은 크기의 도메인 블럭으로 근사한다. 또한, 본 논문에서는 이러한 이러한 프랙탈 동영상 부호화 기법의 실제적인 적용을 위한 컬러 성분 부호화 기법과 전송률 제어 기법을 제안한다. 실제 컬러 동영상에 대한 컴퓨터 모의 실험을 통하여 제안하는 알고리즘이 256 Kbps 이하의 저전송률에서 비교적 견실한 성능을 나타냄을 보인다.

ABSTRACT

This paper proposes a novel algorithm for fractal coding of image sequence, based on the CPM (Circular Prediction Mapping) and the NCIM (Non Contractive Interframe Mapping). In the CPM and the NCIM, each range block is approximated by a domain block in the adjacent frame, which is of the same size as the range block. Also, in this paper, we propose a coding scheme of color components and an algorithm for controlling the bit rate, respectively, for practical implementation of the fractal coder. The computer simulation results on real image sequences demonstrate that the proposed algorithm provides very promising performance at low bit-rate, below 256 Kbps.

*서울대학교 전기공학과

**한성대학교 정보전산학부

論文番號:97029-0122

接受日字:1997年 1月 22日

I. 서론

Barnsley에 의해 제안된 프랙탈 압축은 영상 부호화의 새로운 접근 기법이다[1]. 프랙탈 영상 압축의 기본 개념은 부호화하려는 영상을 고정점(fixed point)으로 가지는 축소 변환을 찾는 것이다. 그러면, 복호기측에서 이 변환을 임의의 초기 영상에 반복 적용하여 부호화된 영상을 복원할 수 있다. 따라서 변환이 원 영상보다 적은 비트로 표현 가능하다면 부호화 이득을 얻는다.

프랙탈 부호화에 대한 연구는 Jacquin[2]이 자동화된 프랙탈 부호화기를 제안한 이래로 이 분야에 많은 연구 결과가 발표되었다[3, 4, 5]. 그러나 동영상 프랙탈 부호화에 대한 연구는 매우 미미한 실정이다. Lazar[6]와 Li[7]는 각각 3차원 도메인 블록과 레인지 블록을 이용하여, 정지 영상 부호화 기법을 동영상 부호화 기법으로 단순 확장하였다. Lazar 알고리즘은 Jacquin의 알고리즘[2]을 확장한 것이고, Li의 알고리즘은 Monro의 알고리즘[5]을 확장한 것이다. 그러나 이 알고리즘들은 매우 복잡하여 구현하기 힘들고, 복호화된 영상에서 3차원 블록 현상이 보인다는 단점이 있다. 다른 접근 기법으로 Fisher 알고리즘[8]은 전 프레임 도메인 풀(domain pool)로 이용하여 부호화하는 방식으로서 복호기에서 반복 적용이 필요없다는 장점이 있다. 그러나 도메인 블록의 크기를 레인지 블록의 크기보다 크게 설정함으로써, 동영상에 내재하는 시간영역의 상관관계를 효율적으로 이용하지 못한다. 더구나, 현재까지 제안된 프랙탈 부호화 기법들은 컬러 부호화, 전송률 제어 등을 고려하지 않아 실제 부호화 시스템으로 적용할 수 없다는 단점이 있다.

본 논문에서는 먼저, 각 레인지 블록을 순환적 전 프레임에 있는 도메인 블록으로 축소 변환하는 순환 예측 변환(CPM:circular prediction mapping)[11]을 간략히 소개한다. 그리고, 반복 작용없이 이전 프레임에서 현재 프레임으로의 변환을 수행하는 비축소 프레임간 변환(NCIM:non-contractive interframe mapping)을 제안한다. 그런 다음, CPM을 처음 몇 개의 프레임 부호화에 사용하고, 이후 프레임들은 NCIM을 사용하여 부호화하는 새로운 프랙탈 동영상 부호화기를 제시한다. 또한, 실제 동영상 부호화기를 구성하는데 필수적인 컬러 성분 부호화 기법과 전송률 제어 기법

에 대하여 고찰한다. 본 논문에서는 복호화 복잡도를 정량적으로 분석하여 제안하는 부호화기를 실시간 구현하는 것이 용이함을 보였다. 그리고, 컴퓨터 모의 실험을 통하여 제안하는 기법이 저 전송률에서 비교적 견실한 성능을 보임을 입증하겠다.

II. CPM과 NCIM

1. CPM

CPM에서는 n 프레임이 하나의 그룹으로 부호화되며, 각 프레임은 그림 1에 제시한 바와 같이 블럭별로 순환적 전 프레임으로부터 근사화된다. 즉, k 번째 프레임 F_k 에 있는 각 레인지 블럭 R_i 는 순환적 전 프레임 F_{k-1} 에 있는 도메인 블럭 $D_{a(i)}$ 로 근사화된다. 여기서 $[k]_n$ 은 (k modulo n)을 의미한다. 도메인 블럭의 크기는 동영상에 내재하는 시간 영역의 상관관계를 최대한 활용하기 위하여 레인지 블럭의 크기와 같게 한다. 그러면, 레인지 블럭 R_i 의 근사는 다음 식으로 주어진다.

$$R_i \approx \tilde{R}_i = s_i \cdot O(D_{a(i)}) + o_i \cdot C, \quad (1)$$

여기서 $a(i)$ 는 최적 도메인 블럭의 위치를 나타내고, s_i , o_i 는 각각 상수이다. C 는 모든 화소값이 1인 상수 블럭이고, O 는 상수 블럭 C 에 대하여 도메인 블럭 $D_{a(i)}$ 를 직교화시키는 직교 연산자(orthogonalization operator)이다[4].

식 (1)에 제시된 도메인-레인지 변환은 움직임 보상 기법의 일종으로 해석할 수 있다. 그러면 $a(i)$ 는 블럭의 움직임을 표시하는 움직임 벡터이다. 블럭의 움직임이외에 블럭의 밝기와 대조(contrast)의 변화는 각각 s_i 계수와 o_i 계수로 보상한다. 대조 조절 계수 s_i 의 양자화를 -1과 1사이로 제한함으로써, CPM은 축소 변환이 된다. 복호기에서는 임의의 n 프레임에 CPM을 반복 적용함으로써 끌개 영상(attractor frames)을 얻을 수 있다.

본 논문에서 적용한 CPM에서는 $n=4$ 로 둔다. 입력 영상은 quadtree[10] 구조상에서 근사화 오차를 주어진 문턱값과 비교하여 32×32 크기에서 4×4 크기의 가변 블럭으로 나눈다. 그리고, 각 블럭에 대하여 최적의 CPM 변환 계수들을 추정한다. 이때, $a(i)$ 는

순환적 이전 프레임의 주어진 블록 근방에서 찾고, s_i 는 0.9로 고정한다. CPM에 대한 자세한 논의는 [11]에 발표되었다.

2. NCIM

CPM은 n 개의 프레임간 변환으로 이루어져 있고, 각 프레임간 변환은 복호기에서 끌개 영상을 복원하기 위해서 반드시 축소 변환이어야 한다. 그러므로 식 (1)의 대조 조절 계수 s_i 는 양자화값이 -1과 1 사이로 제한되어야 한다. 따라서, 프레임간 증가된 대조는 CPM으로 표현할 수 없으므로 프레임간 상관 관계를 충분히 이용하지 못한다는 단점이 있다.

CPM이 순환적 이전프레임을 도메인 블록으로 사용하는 것에 반해, NCIM은 이전 프레임을 도메인 블록으로 사용하여 변환을 수행하는 것이다. 그러나, NCIM은 대조 조절 계수 s_i 에 대한 제약 조건이 없다는 것을 제외하면 CPM과 같다. 즉, NCIM에서는 입력 영상을 quadtree 구조로 분할한 다음, 이전 프레임을 이용하여 현재 프레임에 대한 도메인-레인지 변환을 찾는다. 그러나, NCIM은 축소 변환일 필요가 없으므로, 대조 변화 계수의 절대값은 1 이상의 값을 가질 수 있다. 따라서, NCIM은 CPM보다 시간 영역의 상관관계를 보다 잘 활용할 수 있고, 더 높은 부호화 이득을 얻을 수 있다.

그러나, NCIM은 이전 프레임을 이용하여 부호화하므로, 첫번째 프레임이나 장면 전환시 그 성능이 저하된다는 단점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 그림 2에 제시한 바와 같이, 처음 네 프레임 $F_k (0 \leq k < 4)$ 는 CPM으로 부호화되고, 그 이후의 프레임 $F_k (k \geq 4)$ 는 NCIM으로 부호화하는 프랙탈 부호화 기법을

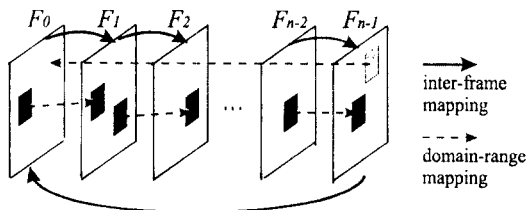


그림 1. 순환 예측 변환 (CPM)의 구조
Fig 1. The structure of the circular prediction mapping (CPM)

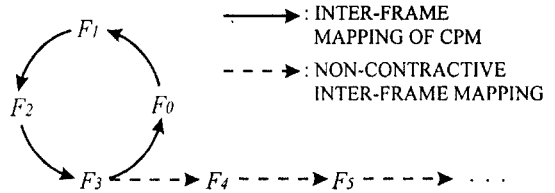


그림 2. CPM과 NCIM의 결합 구조
Fig 2. The hybrid structure of CPM and NCIM

제안한다.

그래프 이론[9]의 관점에서 CPM으로 부호화된 처음 네 프레임은 다른 프레임들이 없어도 복호화할 수 있으므로 최소 복호 가능(minimal decodable) 집합이다. 그리고 NCIM으로 부호화된 프레임들은 종속 그래프(dependence graph)상에서 최소 복호 가능 집합에 종속되어 있다. 따라서, CPM만이 전체 변환 (CPM + NCIM)의 축소도를 결정하고, NCIM은 축소 변환이 필요가 없다. 또한 NCIM으로 부호화된 프레임들은 CPM의 반복 적용으로 처음 네 프레임을 복호화한 후에 반복 적용의 필요없이 한번의 변환만으로 복호화되므로 매우 빠르게 복호화할 수 있다. 그러나, 영상열의 시작이나 장면 전환 이후에는 전 프레임에 상관없이 영상을 부호화하기 위해서 CPM을 이용하여 영상을 부호화한다. 또한, CPM으로 부호화된 프레임들은 복호화가 시작될 수 있는 접근점(access points)이므로, 랜덤 액세스의 요구 정도에 따라 적당한 주기로 CPM으로 부호화된 프레임들을 삽입하여야 한다.

3. 복호기의 복잡도

일반적으로 프랙탈 부호화에서 부호화는 한번에 이루어지는 반면에, 복호화는 여러번의 반복 작용으로 이루어지게 되므로, 프랙탈 부호화기의 구현에 있어 복호화 복잡도는 매우 중요하다. 제안하는 부호화기의 복호화 복잡도는 식 (1)을 다음과 같이 재구성함으로써 계산할 수 있다.

$$R_i \approx \tilde{R}_i = s_i \cdot (D_{a(i)} - d \cdot C) + o_i \cdot C \tag{2}$$

$$= s_i \cdot D_{a(i)} + (o_i - s_i \cdot d) \cdot C,$$

여기서 d 는 도메인 블록 $D_{a(i)}$ 의 DC값을 나타낸다.

레인지 블록의 크기를 $r \times r$ 이라 하면 식 (2)의 연산은 화소당 $(r^2 + 2)/r^2 \approx 1$ 번의 곱셈과 $2r^2/r^2 = 2$ 번의 덧셈을 요구함을 쉽게 알 수 있다. CPM이 부호화에 사용되었을 경우에는, 복호기에서 CPM을 반복 적용하여 끝개 영상을 복호화한다. CPM의 평균 반복 적용 횟수를 I 라고 하면, CPM 복호기는 화소당 $2I$ 번의 덧셈과 I 번의 곱셈을 요구한다. 실험 결과, CPM 복호기는 최대 3~5번의 반복 적용으로 충분히 수렴하는 것으로 나타나, 빠른 속도로 복호화할 수 있다. 또한, NCIM으로 부호화된 프레임의 경우에는 반복 적용의 필요가 없으므로, 화소당 1번의 곱셈과 2번의 덧셈으로 영상을 복원한다. 따라서, 제안한 부호화기는 복호화 복잡도가 매우 낮아 실시간 구현이 용이함을 알 수 있다.

III. 컬러 성분 부호화

제안하는 프랙탈 부호화는 밝기 성분(Y)뿐만 아니라, 컬러 성분(U,V)에 대해서도 각각 독립적으로 부호화할 수 있다. 그러나, 밝기 성분과 컬러 성분은 높은 상관성을 보인다는 사실을 참조하여, 부호화 효율을 향상시킬 수 있는 두가지 컬러 성분 부호화 기법을 제안한다.

- **Method 1** - 움직임 벡터의 공유: 이 방법은 밝기 성분과 컬러 성분이 유사한 특성을 보이므로, 이들에 적용되는 프랙탈 변환도 비슷하다는 점을 이용하는 것이다. 즉, 주어진 블록에 대해 밝기 및 컬러 성분들이 식 (1)의 $a(i)$ 를 공유하여 동일한 위치의 도메인 블록들로 대응된다. 이때, 주어진 블록은 하나의 움직임 벡터, 3가지 컬러 성분에 대한 개별적인 DC 값과 대조 변화값으로 표현된다.
- **Method 2** - 성분간 상관 관계: 이 방법은 밝기 성분과 컬러 성분의 유사성을 직접 이용하는 것이다. 즉, 그림 3에 보인 바와 같이, 컬러 성분의 레인지 블록은 같은 위치에 있는 밝기 성분을 도메인 블록으로 간주하고, 이를 공간 축소 변환(subsampling) 후에 근사화한다. 따라서, 컬러 성분에 대해서는 $a(i)$ 가 필요없고, 대조 변화를 나타내는 s 와 레인지 블록의 DC 값을 나타내는 o 로 표현된다. 제안하는 부호화기에서는 밝기 성분의 레인지 블

록이 quadtree 구조로 최대 32×32 블록에서 최소 4×4 블록으로 분할된다. 따라서 같은 quadtree를 사용하면 컬러 성분은 최대 16×16 블록에서 최소 2×2 블록으로 분할된다. 컴퓨터 실험 결과에 의하면 컬러 성분의 부호화에 있어 **Method 1**과 **Method 2**는 거의 같은 성능을 나타낸다. 그러나, 2×2 블록으로 분할될 때는 부호화 효율이 저하되므로, 블록의 크기에 따라 다음과 같이 컬러 성분을 부호화한다. 제안하는 알고리즘에서는 2×2 보다 큰 컬러 레인지 블록은 움직임 벡터를 공유하는 **Method 1**으로 부호화한다. 그러나, 2×2 컬러 레인지 블록은 인접한 4개의 블록을 조합한 4×4 블록 단위로 성분간 상관관계를 활용하는 **Method 2**로 부호화함으로써 부호화 효율을 높인다.

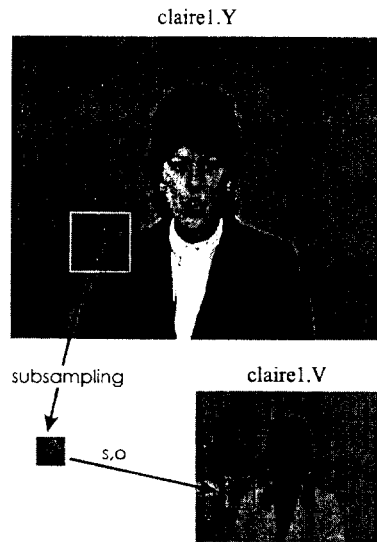


그림 3. 컬러 블록 부호화의 예
Fig 3. Illustration of color range block coding

IV. 전송률 제어

동영상 부호화기의 실제 구현을 위해서는 전송률 제어 기법이 필수적이다. 즉, 전송이나 저장을 위하여 미리 정해진 전송률에 따라 영상을 부호화 할 수 있어야 한다. 일반적으로, 전송률은 양자기의 스텝 크기를 조정함으로써 제어한다. 그러나, 제안하는 프랙탈

부호화기는 가변 크기 블록 단위로 부호화되므로, 전송률은 양자기의 스텝 크기 뿐만아니라, 블록의 갯수의 함수로 주어진다. 따라서, 부호화된 정보량에 따라 두 요소들을 동시에 조정함으로써 전송률을 제어할 수 있다.

먼저, quadtree 분할 과정에서 문턱값을 가변시킴으로써 레인지 블록의 갯수를 조정한다. quadtree 분할은 부호화 성능에 가장 큰 영향을 주므로, 프레임 내의 화질 변화를 최소화하고, 영상의 국부적인 특성을 반영할 수 있도록 프레임 단위로 문턱값을 조절한다. 만약 프레임 내에서 문턱값을 조절하면, 복잡한 영역을 부호화하고자 할 때 전송률이 높아져 큰 블록으로 분할되기 때문에 가변 크기 블록 부호화의 장점이 사라지게 된다. 실험 결과에 의하면, 문턱값의 조정에 따라 전송률이 매우 민감하게 변화하여, 전송률에 따른 문턱값의 선형적 조정은 버퍼의 overflow 혹은 underflow를 유발시킴을 알 수 있었다. 따라서, 본 논문에서는 Δ -변조와 유사하게 다음과 같이 비교적 간단한 방법으로 문턱값을 결정한다. 만약, 전 프레임까지의 전송률이 미리 정해진 값보다 1.1배 이상 크면 문턱값을 평균 제곱 오차의 의미에서 10 증가시키고, 전송률이 0.9배 이하로 적으면 문턱값을 10 감소시킨다. 이 방법은 안정 상태로 도달하는데 비교적 많은 시간이 소요되지만 안정적으로 동작한다는 장점이 있다.

표 1. 대조조절계수 양자기의 특성(MIN/MAX는 최소/최대 복원 기를 나타냄)

Table 1. The characteristics of the uniform quantizers for the s coefficients (MIN/MAX = minimum/maximum reconstruction level)

range block size	MIN	MAX	step size
32 x 32	0.8	1.1	0.1
16 x 16	0.3	1.8	0.1
8 x 8	-0.8	2.3	0.1
4 x 4	-4.2	5.1	0.3

둘째로, 프레임 내부에서는 변환 계수들을 양자화하는 양자화기를 변화시킴으로써 전송률을 제어한다. CPM 및 NCIM에서 변환 계수로는 움직임 벡터

$a(i)$, 그리고 s , o 계수가 있다. 여기서 움직임 벡터는 최적 도메인 블록의 위치를 표시하므로 손실없이 가변 길이 부호화한다. 그리고, 도메인-레인지 변환의 대조를 나타내는 s 는 실험 결과 양자화기 변화에 따라 전송률을 효율적으로 제어하지 못하는 것으로 나타났다. 또한, 블록의 크기에 따라 값의 범위가 변화하므로, 표 1에 제시한 바와 같이 블록의 크기에 따라 일정하게 양자화한 뒤, 가변길이 부호화한다. 따라서, 레인지 블록의 DC 값을 나타내는 o 를 적용적으로 양자화함으로써 전송률을 제어한다. DC 값은 이전 프레임과 비교하여 그 차이를 균일 양자화한 후 가변길이 부호화한다. 이때, 양자기의 스텝 크기는 quadtree 구조에서 가장 큰 레인지 블록인 32×32 크기 단위로 1, 2, 4, 8 등 4 값 중에서 선택한다. 스텝 크기 조정은 문턱값 조정과 마찬가지로 부호화된 정보량이 목표 정보량보다 1.1배 이상 크면, 양자화기의 스텝 크기를 한단계 크게 하고, 목표 정보량보다 0.9 배이하로 적으면 스텝 크기를 한단계 작게한다.

V. 모의 실험

제안하는 알고리즘을 그림 2와 같이 구현하였다. 즉, 처음 네 프레임은 CPM으로 부호화하고, 나머지 프레임들은 다음 장면 전환까지 NCIM으로 부호화하였다. 실험에서는 표준 SIF (352×288) 영상의 매 3번째 프레임을 256 Kbps 이하의 저 전송률에서 부호화하여(프레임율 = 8.33Hz), 제안하는 부호화기의 성능을 평가한다.

먼저, quadtree 분할의 문턱값과 양자화기의 스텝 크기를 고정시키고 제안하는 부호화기의 성능을 평가하였다. 그림 4는 “Claire” 영상에 대한 정보량과 PSNR 성능을 제시한다. 평균 정보량은 0.073bpp인데, 이는 65.3Kbps에 해당한다. “Claire” 영상은 1~80 프레임에서 장면 전환이 없으므로, 처음 4 프레임은 CPM으로, 그 이후의 프레임은 NCIM으로 각각 부호화하였다. 여기서, 전체 영상열을 CPM 만으로 부호화하면, 처음 네 프레임들과 동일한 성능이 나오게 된다. 그림 4를 참조하면, NCIM으로 부호화된 프레임이 CPM으로 부호화된 프레임보다 좋은 성능을 나타냄을 확인할 수 있다. 이는 NCIM이 대조 조절 계수 s_i 에 대한 제약 조건이 없으므로, 시간 영역의 상

관관계를 보다 잘 활용할 수 있기 때문이다. 그러나 CPM은 영상의 시작이나 장면 전환 후에 전 프레임에 상관없이 부호화하기 위하여 사용되어야 한다.

표 2에는 다양한 SIF 영상에 대하여 제안하는 알고리즘의 성능을 요약하였다. 제시된 PSNR과 정보량은 1~80 프레임에 대한 평균값이다. 약 23%의 정보량이 컬러 성분을 부호화하는데 사용되었다. 그림 5에는 각 영상에 대한 rate-distortion 성능을 나타내었다. 실험 결과에 의하면 Claire 영상열의 경우에는 15Kbps 이상에서, Foreman과 Car Phone의 영상열은 100Kbps 이상에서 각각 화상회의에 적합한 화질을 제공함을 알 수 있었다. 한편, 서론에서 설명한 바와 같이 지금까지 소개된 프랙탈 동영상 부호화기들은 컬러 부호화, 버퍼 제어등을 고려하지 않았기 때문에 제안한 방법과 성능을 단순 비교하기는 매우 어렵다. Fisher[8]는 비교적 단순한 Miss America 영상의 밝기 성분만을 초당 25Hz로 부호화하였을 때, 약 0.13bpp (압축률 63.12)에서 33.79dB의 성능을 얻었다. 그리고, Lazar[6]는 동일한 영상에 대하여 0.1~0.2bpp에서 약 32~34dB의 성능을 얻었고, CPM[11]을 적용하였을 때, 약 0.12bpp에서 36.01dB를 얻었다. 그림 4에 제시한 바와 같이 제안한 방법은 CPM 보다 우수한 성능을 보인다는 것을 참조할 때, 본 논문에서 제안한 방법은 기존의 방법의 성능을 크게 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

표 2. 제안하는 부호화기의 성능

Table 2. Performance of the proposed coder

	Bit-Rate (Kbps)	PSNR(dB)		
		Y	U	V
Carphone	116.8	29.6	37.8	37.3
	211.8	32.1	39.3	38.7
Foreman	119.8	28.9	38.2	35.8
	208.3	30.8	39.4	36.5

그림 6은 "Claire"와 "Foreman" 영상의 복호화된 영상을 제시한다. 낮은 전송률을 고려할때, 제안하는 부호화기가 매우 좋은 화질을 제공함을 확인할 수 있다. 특히, 움직임이 비교적 복잡한 "Foreman" 영상에 대해서도 사람의 모습 뿐만아니라 배경 등이 매우 잘

복원됨을 확인할 수 있다. 3차원 블럭을 이용한 기법들은 이와 같이 복잡한 영역에서는 매우 심한 블럭 현상을 나타낸다[6]. 따라서 본 실험 결과로부터 제안하는 알고리즘이 기존의 3차원 블럭 접근 기법[6]에 비해 주관적 성능 또한 우수함을 알 수 있다.

다음으로, 제안하는 부호화기에 4절에서 제안한 전송률 제어 기법을 적용하였을 때의 성능을 그림 7에 제시하였다. 그림 7에서는 50Kbps의 목표량에 대한 "Claire" 영상열에 대한 결과와 140Kbps의 목표량에 대한 "Foreman" 영상열에 대한 결과를 나타내었다. 그림 7을 참조하면, 실제 정보량이 목표 정보량을 충실히 쫓아가므로, 제안한 기법에 의해 전송률이 적절히 제어됨을 알 수 있다.

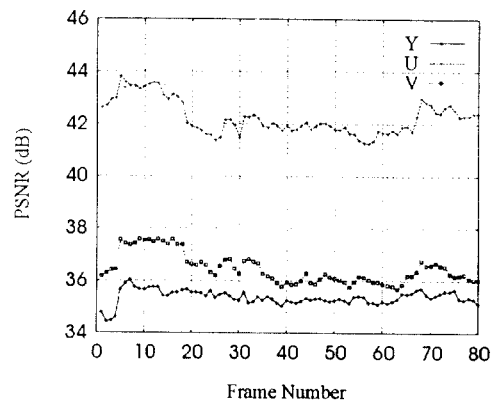
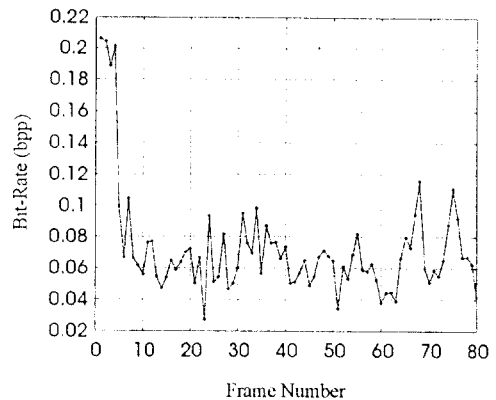


그림 4. "Claire" 영상에 대한 부호화기의 성능

Fig 4. The performance of the proposed coder on the "Claire" sequence

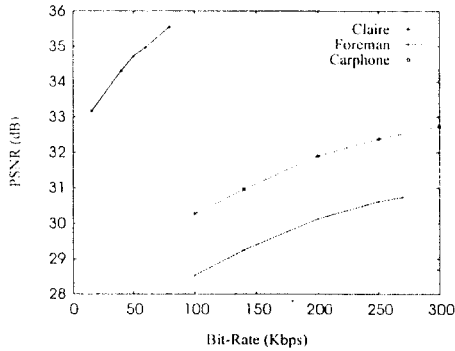


그림 5. 제안하는 부호화기의 rate-distortion 성능
 Fig 5. The rate-distortion performance of the proposed coder



그림 6. 복호화된 영상의 예("Claire" 8th: 65.3 Kbps, "Foreman" 10th: 119.8 Kbps)
 Fig 6. Examples of the reconstructed images

VI. 결 론

본 논문에서는 CPM과 NCIM에 기반한 프레임탈 동영상 기법을 제안하였다. CPM과 NCIM에서는 각각

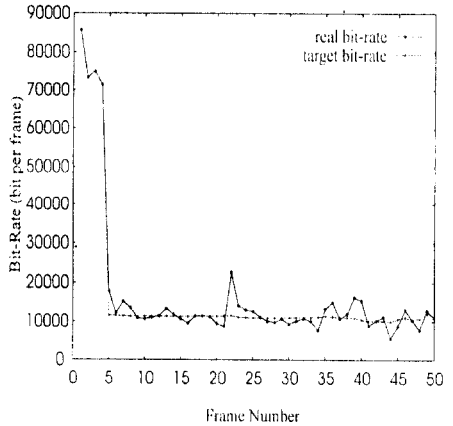
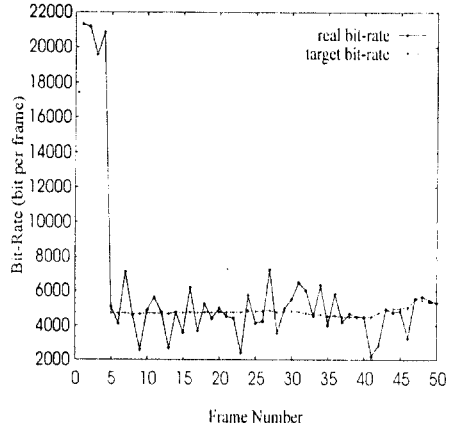


그림 7. 제안하는 부호화기의 버퍼제어("Claire": 50 Kbps, "Foreman": 140 Kbps)
 Fig 7. The performance of the proposed buffer control strategy

의 레인지 블록을 인접한 프레임에 있는 같은 크기의 도메인 블록으로 근사하므로, 제안하는 도메인-레인지 변환이 동영상에 내재하는 시간영역의 상관관계를 효율적으로 이용할 수 있음을 보였다. 또한 컬러 성분을 부호화하기 위한 알고리즘과, 전송률 제어를 위한 버퍼 제어 기법도 제시하였다. 컴퓨터 모의 실험을 통하여 제안하는 알고리즘이 256Kbps 이하의 저전송률에서 블록 현상없이 영상을 잘 복원함을 보였다. 또한 제안하는 알고리즘은 화소당 약 1번의 곱셈과 2번의 덧셈만을 요구하므로, 빠른 복호화가 가능하다. 따라서, 계수 양자화 등에 대한 최적화 작업들을 추가적으로 수행한다면, 제안하는

기법이 저전송률 동영상 부호화 기법의 새로운 대안이 될것으로 기대된다.

mous ftp to ftp.informatik. uni-freiburg.de.

참 고 문 헌

1. M.F. Barnsley, *Fractals Everywhere*, Academic Press, San Diego, 1988.
2. A.E. Jacquin, "Image coding based on a fractal theory of iterated contractive image transformations," *IEEE Trans. Image Process.*, vol.1, no.1, pp.18-30, Jan. 1992.
3. Y. Fisher(editor), *Fractal Image Compression: Theory and Application*, Springer-Verlag, New York, 1995.
4. G.E. Oien, S. Lepsoy and T.A. Ramstad, "An inner product space approach to image coding by contractive transformations," in *Proc. ICASSP*, pp.2773-2776, 1991.
5. D.M. Monro and F. Dudbridge, "Fractal approximation of image blocks," in *Proc. ICASSP*, vol.3, pp.485-488, 1992.
6. M. S. Lazar and L.T. Bruton, "Fractal block coding of digital video," *IEEE Trans. Cir. and Syst. for Video Techn.*, vol.4, no.3, pp.297-308, Jun. 1994.
7. H. Li, M. Novak, and R. Forchheimer, "Fractal-based image sequence compression scheme," *Optical Engineering*, vol.32, no.7, pp.1588-1595, 1993.
8. Y. Fisher, T.P. Shen, and D. Rogovin, "Fractal (Self-VQ) encoding of video sequences," in *Proc. SPIE:VCIP*, vol.2308, pp.1359-1370, 1994.
9. J. Domaszewicz and V.A. Vaishampayan, "Graph-theoretical analysis of the fractal transform," in *Proc. ICASSP*, vol.4, pp. 2559-2562, 1995.
10. E. Shusterman and M. Feder, "Image compression via improved quadtree decomposition algorithms," *IEEE Trans. Image Process.*, vol.3, no.2, pp.207-215, Mar. 1994.
11. C.S. Kim and S.U. Lee, "Fractal coding of video sequence by circular prediction mapping," *Journal of Fractals*, May 1997, also available via anony-

- | | |
|---|-----|
| 김 창 수(Chang Su Kim) | 정회원 |
| 현재:서울대학교 전기공학부 박사과정
한국통신학회논문지 제20권 제12호 참조 | |
| 김 인 철(Rin Chul Kim) | 정회원 |
| 현재:한성대학교 정보전산학부 조교수
한국통신학회논문지 제21권 제5호 참조 | |
| 이 상 욱(Sang Uk Lee) | 정회원 |
| 현재:서울대학교 전기공학부 교수
한국통신학회 제21권 제5호 참조 | |