

FRACTAL 영상 압축 Decoder 설계

*김용배, 박형근, 임순자, 김환용

원광대학교 전자공학과

전북 익산시 신룡동 344-2

E-mail : kimyb@gaebyok.wonkwang.ac.kr

Design of FRACTAL Image Compression Decoder

*Y. B. Kim, H. G. Park, S. J. Lim, H. Y. Kim.

Dept. of Electronic Eng. Wonkwang Univ.

344-2, Shinyoung-dong, Iksan, Chun-buk, Korea

E-mail : kimyb@gaebyok.wonkwang.ac.kr

Abstract

As the information society is advanced, the needs for mass information storage and retrieval grows.

Digital image information is stored in retrieval systems, broadcasting in television transmission and exchanged over several kinds of telecommunication media. A major problem is that digital images are represented with large amount of data.

The useful feature of image compression is that transmitting rapidly a lot of data in less time. Therefore we proposed a parallel Fractal transformation unit in Fractal Image compression system.

I. 서 론

영상정보 압축 기술을 사용하는 시스템으로는 칼라, 팩시밀리, HDTV, 화상 전화, 대화형 TV 등이 있으며, 이러한 여러 디지털 매체들은 영상정보에 대한 관련 기술을 필요로 하게 되었고 그 중에서 많은 데이터 량을 사용자에게 서비스해야 하는 영상정보 시스템은 필연적으로 압축·복원하는 기술을 포함해야 한다.

이러한 영상을 압축하는 방법에는 무손실 압축 방법과 손실 압축 방법이 있는데 무손실 압축 방법은 자료를 완벽하게 암호화하고 복원하며 결과 영상이 정확하

게 원영상과 일치하게 되고 처리상에서 자료의 손실이 없으므로 영상의 질이 저하되지 않는다. 손실 압축 방법은 중복되거나 반드시 필요하지 않은 정보가 손실되는 것을 허용한다. 또한 중복성에 대해서 크게 3가지로 분류하면 시간적 중복성, 공간적 중복성, 통계적 중복성으로 나눌 수가 있다. 시간적 중복성은 연속되는 화면간의 유사성을 활용하여 화면간 상관성을 최소화하는 방법으로 MPEG에서 움직임 보상 예측 부호화가 여기에 속한다. 공간적 중복성은 유사한 데이터별로 분류, 데이터간의 유사성을 활용하여 상관관계를 최소화하는 방법으로 DCT 및 적응 양자화가 속하며, 통계적 중복성은 데이터 출현 확률 분포를 활용하여 평균 비트 수를 줄이는 방법으로 Huffman Code가 있다.

이러한 영상 압축 방법들 중에서 프랙탈 영상 압축 방법은 손실 압축 방법이며, 공간적인 중복성을 이용한 영상을 압축하는 방법으로 Mandelbrot에 의해 처음으로 정립되었고 Burnsley에 의해 실제 영상에 적용되었다. 이 프랙탈 영상 압축 방법은 높은 압축비와 상대적으로 적은 손실을 보장할 수 있는 장점이 있으나, 영상 복원시 IFS(Iterated Function System) 시스템을 구성하여야 하기 때문에 원 영상을 복원시 상당한 계산을 요구하는 단점이 있다.

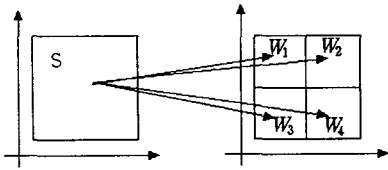
따라서 Fractal 알고리즘을 적용한 Decoder의 설계 시 단점을 보완하기 위해서 가장 많은 지연시간을 갖는 프랙탈 계수 변환 블록에 대해서 병렬 처리를 할 수 있도록 Fractal master block과 Fractal slave block으로 분할 처리함으로써 지연시간을 감소시킨 구조를 제안하였다.

II. 프랙탈 알고리즘

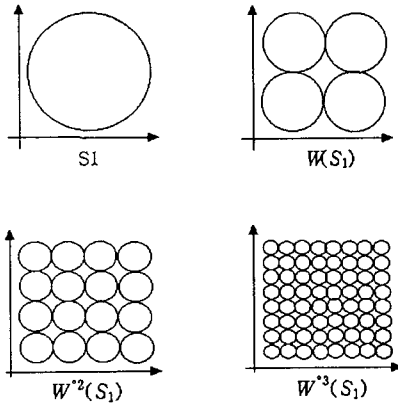
1. 반복함수 이론

X가 complete metric space이고 변환 $f: X \rightarrow X$ 가 Contractive Mapping이라고 하자.

$$x_f = f(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} f^n(x), \forall x \in X \quad (1)$$



(a) transformations W_1, W_2, W_3, W_4



(b) $W = \bigcup_{i=1}^4 W_i$ 의 3번 반복

그림 1. 축소 매핑 정리 설명도

식 (1)을 만족하는 유일한 X가 존재하면 이때의 X를 고정점(fixed point)이라고 하고 변환 f의 attractor 라고 한다. 그림 1은 축소 매핑 정리 설명도로써 반복 축소 함수의 개념을 나타낸 그림이다.

2. Collage 정리

프랙탈 영상 부호화는 부호화 하고자 하는 영상을 고정점으로 하는 축소변환 W를 찾는 과정이다 이러한 축소변환 W의 attractor를 A라 하고 이때의 축소비를 s라고 하면 다음의 Collage theorem을 만족한다.

$$d(B, A) \leq (1-s)^{-1} \cdot d\left[b, \bigcup_{i=1}^N W_i(B)\right] \quad (2)$$

여기서 Collage Theorem은 주어진 영상, 즉 B에 근접하는 IFS를 구하면, IFS의 attractor역시 주어진 영상에 근사함을 의미한다. 즉 원 영상을 정확히 복원할 수 없기 때문에 가급적 원 영상을 유사하게 복원할 수 있는 변환을 적용하는데 이용한다. 또한 이 이론은 복원된 영상과 원 영상 사이의 에러값에 대한 한계값을 설정하며, 영상의 각 블록에 대한 독립적인 축소변환을 구할 수 있다는 것을 의미한다.

따라서 이러한 프랙탈 영상 압축에서는 주어진 영상에 대하여 가장 적은 양의 비트를 가지고 가장 근접하게 영상을 기술하는 IFS의 계수를 추정하는 것으로 encoding 할 때 RMS Metric에 의해 가장 원 영상과 근사한 계수값을 정하는 것이다.

3. RMS Metric

정의역의 픽셀 세기를 a_1, a_2, \dots, a_n (Domain 영역) 그리고 치역(Range 영역)의 픽셀 세기를 b_1, b_2, \dots, b_n 이라 하면

$$\text{mean_sqrt} = \sum_{j=1}^n [(s \cdot a_j + o - b_j)^2] \quad (3)$$

식 (3)을 최소화하는 s와 o를 구한다. (s는 scale, o는 offset)

$$s = \frac{\left[n \sum_{i=1}^n a_i b_i - \sum_{i=1}^n a_i \sum_{i=1}^n b_i \right]}{\left[n \sum_{i=1}^n a_i^2 - \sum_{i=1}^n a_i^2 \right]} \quad (4)$$

$$o = \frac{\left[\sum_{i=1}^n b_i \right] - s \left[\sum_{i=1}^n a_i \right]}{n} \quad (5)$$

scale과 offset이 구해지면 위의 식 (4)와 식 (5)를 식 (3)에 대입 하면 식 (6)와 같이 산출할 수 있다.

$$\text{mean_sqrt} = \frac{\left[\sum_{i=1}^n b_i^2 \right] - \left\{ \left[\sum_{i=1}^n a_i^2 \right] - 2 \left[\sum_{i=1}^n a_i b_i \right] + 2o \sum_{i=1}^n a_i \right\} + n \cdot o^2 - 2 \sum_{i=1}^n b_i o}{n} \quad (6)$$

이렇게 해서 scale과 offset의 값을 설정하고 원영상과 분할된 영상과의 최소 오차 한계값의 범위내에서 계수값을 전송하게 된다.

이러한 scale과 offset의 값을 찾는 과정에서 영상을 분할 하는 방법이 큰 요인으로 작용하게 되는데 이에 대해 영상을 분할 하는 방법에는 Quadtree 분할, H-V 분할, Triangular분할 등이 있는데 H-V분할이나 Triangular

분할 등은 민감한 인간의 시각특성을 고려한 알고리즘이지만 하드웨어의 구현이 용이하지 않기 때문에 Quadtree분할 방법으로 원영상이 분할되는 영역의 비가 일정해서 분할 영상의 깊이 정보를 절반씩 줄일 수 있기 때문에 정의역과 치역의 연산 비를 일정하게 만들 수 있어서 하드웨어의 구성상 가장 용이하다.

III. 제안한 Decoder 구조

프랙탈 디코더는 크게 세 가지의 기능 Block으로 나눌 수 있다. 첫째, Unpack Block으로 인코딩된 입력 영상으로부터 들어오는 image stream을 전처리(preprocessing) 함으로써 인코딩된 신호에 대해서 프랙탈 변환을 할 수 있게 압축된 string을 분류해주는 Block이다. 둘째는 Unpack Block에서 나온 계수를 프랙탈 계수와 각각의 Range start 위치와 end 위치, 그리고 Domain 위치로 바꾸어주는 Fractal Coefficient Block이 있으며, 그리고 셋째는 생성된 프랙탈 계수와 각각의 위치값 들로부터 프랙탈 변환을 해서 원래 영상을 생성해주는 Block으로 나뉜다.

1. Unpack Block

Unpack Block은 영상 스트림(Encoding Cell)을 깊이 정보, scale, offset, domain_reference로 분류하는 역할을 담당한다.

설계 사양으로 깊이는 최소 1 비트, 최대 3 비트까지 가변적으로 변할 수 있고, scale은 5 비트, offset은 7 비트로, domain_reference는 가변적으로 변할 수 있는데 최소 6 비트에서 16 비트를 취할 수 있다. 인코딩 스피드를 고려할 때 모든 겹쳐지는 Block들을 검색할 수 없으므로 6~10 비트를 할당하고 그것에 맞게 domain_reference 비트를 추출한다.

2. 프랙탈 계수 변환 Block

프랙탈 계수 변환 Block은 실제 변환을 할 수 있게 계수를 생성해주는 부분인데, Unpack Block에서 나온 깊이 정보, 정의역 참조 정보, scale, 그리고 offset 정보를 치역의 위치, 정의역의 위치, 프랙탈 scale, 프랙탈 offset 정보로 변환시킨다. 치역의 위치 정보와 정의역의 위치 정보는 복원하려는 영상의 크기와 상관이 있기에 하드웨어 내부에서 할당하는 비트수는 영상에 의존적이다.

치역의 위치 정보는 변환하려는 Block의 크기도 포함해야 하므로 치역의 마지막 위치 정보도 생성한다. scale 정보와 offset 정보는 실수형 숫자이나 최적의 고정 소수점 데이터로 표시하고 내부 데이터 패스에 중요한 관련이 있으므로 offset 비트는 총 20비트로서

MSB가 부호비트이고 정수부분이 9비트 소수점이하 10 비트의 내부 데이터 패스를 가진다. scale 비트는 MSB가 부호인 1 비트 그리고 소수점이하 4 비트, 총 5 비트로 구성되어 있다.

인코딩된 신호에서 들어온 scale과 offset의 값을 프랙탈 변환 할 수 있게 생성해주는 블록으로 다음과 같이 설계되었다.

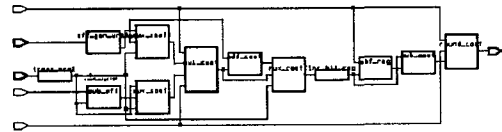


그림 2. 프랙탈 변환 계수 생성 Block

3. 프랙탈 계수 변환 Block

프랙탈 계수 변환 Block은 계수저장 메모리로부터 각 분할 영역의 프랙탈 계수 즉 복원하기 위한 scale과 offset의 변환 계수들을 가져와 프랙탈 변환을 여러 번 반복 시행함으로써 원래 영상의 픽셀값을 복원하는 기능을 담당한다.

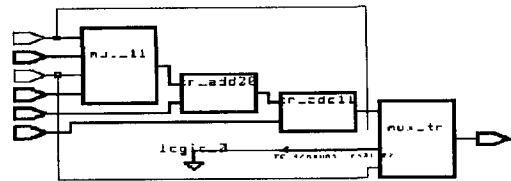


그림 3. data path

위의 그림 3은 변환Block의 data path 구조를 나타낸 것이다.

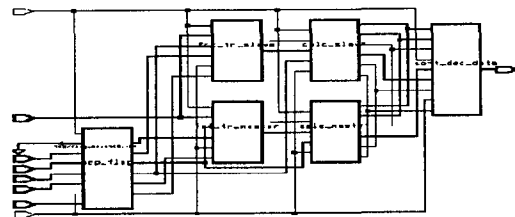


그림 4. 프랙탈 계수 변환 Block

프랙탈 변환 블록의 전체 회로로서 변환 계수들과 프랙탈 계수 생성Block에서 생성된 각각 Range Block의 start 위치와 end 위치, 그리고 Domain의 시작위치 값

들을 가지고 원 영상을 복원하는 구조로 설계하였다. 여기서 Master와 Slave의 병렬처리를 하기 위해 분리 신호와 더불어 각각의 valid 신호로써 Master Block과 Slave Block의 enable신호로써 사용하였다.

그림 5는 제안된 프랙탈 Decoder의 전체구조를 나타내었다.

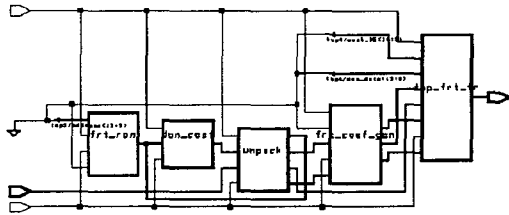


그림 5. 설계된 프랙탈 Decoder구조

IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 반복 함수 체계 이론 및 자기 유사성의 특성을 지닌 프랙탈 영상 시스템에 대해서 고속의 영상 신호를 처리할 수 있는 병렬처리 디코더를 제안하였다. 디코딩 과정에서 복원된 이미지를 확인하면서 최적의 경우에 대해서 시뮬레이션 하고 이에 대해 각각의 파라미터들이 최적의 영상을 나타낼 때 하드웨어의 Tolerance로 정하여 설계한 디코더를 가지고 테스트 이미지를 복원해 보았다.

그리고 재구성된 영상의 성능을 검증하기 위해 크기 $M \times M$ 인 원영상에 대하여 재구성 영상의 (i,j) 번째 화소와의 최소 자승오차 MSE를 식 (8)과 같이 적용함으로써 비교 검증하였다.

$$MSE = \frac{1}{M^2} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M [f(i, j) - y(i, j)]^2 \quad (7)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (8)$$

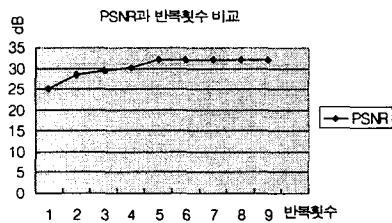


그림 6. 반복 횟수에 따른 PSNR



(a) 원 영상

(b) 2회반복영상



(c) 3회 반복 영상

(d) 6회반복 영상

그림 7. 반복횟수에 따른 Decoder의 복원 영상, Lenna image 256×256

V. 결 론

프랙탈 영상 압축의 Decoder의 구조에서 이미지의 복원시 가장 많은 지연 시간을 갖는 프랙탈 변환 Block에 대해서 변환 블록을 Master와 Slave의 병렬처리 구조를 설계하였으며 테스트 영상을 복원해 보았다.

종전의 알고리즘에 비해 2~3회의 변환만으로도 원 영상과 근사한 영상 attractor를 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 이 재 훈, "超低速 傳送을 爲한 Fractal 基盤 MPEG-4 映像 會議 System(ITU-T H.261/H.263)의 設計에 關한 研究", 성균관대학교 석사 학위 논문
- [2] 최형일 · 이근수 · 이양원, "영상처리 이론과 실제", 홍릉과학 출판사, 1997
- [3] Yuval Fisher, "Fractal Image Compression", Theory and Application, Springer Verlag, New York, 1995
- [4] Ning Lu, "Fractal Imaging", Academic Press, 1997
- [5] David Jeff Jackson and Thomas Blom, "Fractal Image Compression Using a Circulating Pipeline Computation Model". Technical Report UA-CARL-05-DJJ-01, Computer Architecture Research Laboratory, The University of Alabama, March 1995