

# 프랙탈 압축 기법을 이용한 워터마킹 시스템

김연희<sup>o</sup>, 김동윤, 위영철

아주대학교 정보통신 전문대학원 컴퓨터 비전 연구실

[toyhee@yahoo.com](mailto:toyhee@yahoo.com)<sup>o</sup>, [dykim@madang.ajou.ac.kr](mailto:dykim@madang.ajou.ac.kr), [ywwee@madang.ajou.ac.kr](mailto:ywwee@madang.ajou.ac.kr)

## Robust Fractal Compression Based Watermarking System

Younhee Kim<sup>o</sup>, Dongyun Kim, Youngcheul Wee

Graduate school of Information and Communication, Ajou University

### 요 약

디지털 워터마킹(Digital Watermarking)은 디지털 영상에 저작권을 증명 할 수 있는 정보를 삽입하는 방법으로써 영상의 화질 저하를 최소화 하면서 저작권 신호 추출의 정확도를 최대한 하여야 한다. 본 논문에서는 프랙탈(Fractal) 영상 압축에서 변환 함수의 계수를 디지털 워터마킹 키(Key)에 따라 제한하여 디지털 워터마킹(Digital Watermarking) 신호를 삽입하는 방법을 제안한다. 본 방법은 탐색 범위 제한에 의한 기존의 프랙탈(Fractal) 기반 디지털 워터마킹(Digital Watermarking) 방법보다 영상 변형에 강인하고 화질의 저하를 완화하는 장점을 가진다.

### 1. 서론

디지털 워터마킹(Digital Watermarking)이란 영상매체를 사람이 인식하지 못할 정도로 약간 수정하여 저작권 정보를 삽입하고 필요할 때 삽입된 정보를 추출하는 시스템이다. 디지털 영상 매체이니 만큼 배포된 이후의 여러 변형(예를 들어 또 다른 압축이나 필터링 혹은 영상 크기 조절)을 한 후에도 원래 삽입한 신호와 동일한 정보를 추출할 수 있어야 저작권 보호라는 목적을 달성할 수 있다.

워터마킹의 여러 가지 접근 기법으로는 직접 영상의 픽셀값(LSB)들을 변형하는 기법과 JPEG 압축 알고리즘(DCT 변환)을 기본으로 하는 기법, 혹은 웨이블릿(Wavelet)변환을 기본으로 하는 기법 등이 있다[1]. 그 방법들에 비해 프랙탈을 기본으로 하는 기법은 프랙탈 코드 안에 저작권 정

보가 코드처럼 함께 삽입되므로 초기 프랙탈 압축 영상 제작자만이 알고 있는 키(Key) 없이는 신호추출이 어렵다는 특징을 가지고 있다. 그러나 기존에 제시된 프랙탈 이용 워터마킹 기법은 부호화(Encoding)를 시행할 때 검색 범위를 제한하는 방법을 사용하므로 신호를 삽입한 후의 화질 저하를 많이 초래할 수 있는 약점이 있다.

본 논문에서는 변형된 프랙탈 기반 워터마킹 삽입 방식을 제안함으로써 영상 화질 저하를 완화시키고 영상을 변형한 후에도 더 확실하게 삽입한 신호를 추출할 수 있는 방법을 제안하였다. 제 2 절에서는 기존의 프랙탈 기반 워터마킹 시스템의 방법과 문제점을 살펴보고 제 3 절에서는 변형된 디지털 워터마킹 시스템을 제안하였다. 제 4 절에서는 기존의 방법과 비교한 실험

결과를 제시하여 본 논문이 제안하는 시스템의 성능을 보여주고 마지막 제 5 절에서 결론과 향후연구방향을 제시한다.

## 2. 기존 프랙탈 기반 워터마킹 시스템

### 2.1 프랙탈 기법의 개요

프랙탈 기법의 골격은 영상을 일정한 크기의 작은 블록( $N \times N$ )으로 나누어 밝기 계수(0)와 대조 계수(S)를 적용시켜 그 블록과 가장 유사한 좀 더 큰 크기의 블록(주로  $2N \times 2N$ )을 찾아 그 블록의 위치와 계수(밝기계수와 대비 계수)를 부호로 저장하는 것이다. 그러면 그 코드를 복호화(Decoding) 할 때에는 저장해 놓은 위치값과 계수를 적용하여 자신의 영상을 복구한다. 이러한 복구 과정을 여러 번 반복하면(Iterated Fuction System) 영상이 스스로 초기 자기그림과 유사하게 복구해 나간다[2,3,4].

### 2.2 기존 프랙탈 워터마킹 시스템의 예

Joan puate 와 동료 Fred Jordan 은 1996 년 위의 절(2.1)에서 언급한 프랙탈 방법을 기반으로 하여 영상에 고유의 정보를 삽입하는 방법중 하나를 제안하였다[5]. 영상에 S 라는 32-bit 의 정보를 삽입한다고 가정하자.

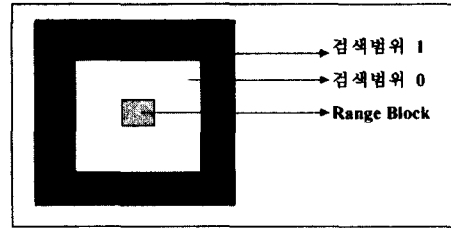
$$S = \{s_0, s_1, s_2, s_3, \dots, s_{31}\}$$

각 bit 을 삽입할 때 삽입하는 위치는 사용자만이 알고있는 값(Key)을 이용해 만들어진 임의의 숫자로 블록 위치를 선택하고 삽입할 정보의 값에 따라 검색범위를 다르게 한다.

즉 만약  $S_i=1$  이면 R 이란 블록에 대한 비슷한 블록을 찾는 범위를 아래 그림 1 의 " 검색 범위 1" 로 제한한다. 마찬가지로  $S_i=0$  이면 R 이란 블록에 대한 유사 블록을 찾는 범위를 아래 < 그림 1 >의 " 검색범위 0" 로 제한을 하여 프랙탈 코드를 생성한다. 물론 신호가 삽입되지 않는 대부분의 블록들은 검색 범위 1 과 0 모두에서 유사블록을 찾는다.

### 2.3 기존 프랙탈 워터마킹의 문제점

위의 기존 방법은 검색범위를 제한하기 때문에 Range 블록과 찾은 유사 블록과의 MSE(Mean Square Error)가 클 가능성이 크고 따라서 복호화 된 이미지의 화질 저하를 가져오게 된다. 특히 신호가 1 인 부분의 검색 범위는 신호가 0 인 검색 부분에 비해 훨씬 좁기 때문에 삽입 정보가 1 이 많은 경우는 화질 저하에 큰 영향을 미칠 수 있다.



< 그림 1 >

또한 이러한 부분적인 화질저하는 워터마크를 없애려는 공격자에게 정보를 유출하는 빌미가 될 우려도 있다. 또한 검색 범위 중에 가장자리에 해당하는 부분을 들면 Range Block 위치가 (0,0)인 경우는 검색 범위의 제한이 더 심해지기 때문에 신호를 추출할 때 오류를 증가 시킬 수 있다.

## 3. 강인한 워터마킹 시스템 제안

프랙탈 부호화하는 과정은 기존의 방법을 그대로 구현하고 신호를 삽입하는 부분을 변형하여 제안한다.

### 3.1 워터마크 삽입기

워터마크를 삽입할 블록의 위치를 소유자가 간직한 고유한 숫자를 이용해서 겹치지 않도록 임의의 블록 위치의 집합을 생성한다[5].

영상을  $8 \times 8$  의 크기로 나눈 후 처음부터 차례 차례 부호화를 한다. 부호화를 할 때는 아래 (식 1)을 적용하여 유사 블록을 찾는다.

$$R = s * R' + o \quad (0 < s < 1) \quad (\text{식 1})$$

( R:Range Block, R':유사블록  
o: 밝기 계수, s :대비 계수)

부호화 속도를 감안하여 워터마크가 없는 블록들도 s 를 0.71 과 0.5 두 값을 적용하여 검색 범위 안에서 MSE(Mean Square Error)가 가장 작은 블록을 선택한다. 프랙탈 부호로는 대비계수 s, 밝기계수 o, 그리고 유사 블록의 위치값 k, l 이 저장된다.

프랙탈로 영상을 블록 순서대로 부호화하다가 처음에 정해놓은 워터마크 삽입할 블록의 순서가 되면 적용하는 계수 대비 계수 s 값을 제한한다. 즉 삽입 신호가 0 이면 s 를 0.71 로 고정해놓고 유사블록을 찾고, 삽입신호가 1 이면 s 를 0.5 로 고정하고 유사블록을 찾아 부호화한다.

이는 기존의 검색범위를 제한하는 방법보다 결과 화질 저하를 완화하고 신호 추출 시 더 강인하게 신호를 추출할 수 있게 해 준다.

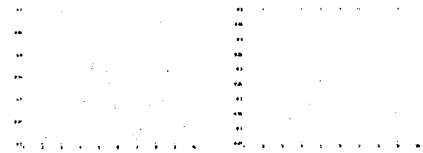
3.2 워터마크 추출기

저작권을 증명하고자 하는 영상을 프랙탈 기법으로 압축한 후 얻어진 부호에서 삽입자 만이 알고 있는 워터마크가 삽입된 해당 블록의 대비 계수를 확인하여 삽입된 정보를 추출해 낼 수 있다. 즉 삽입 순서 대로 해당 워터마크 삽입 블록의 s 값을 확인하여 0.71 이면 0 임을 0.5 이면 1 임을 알 수 있다.

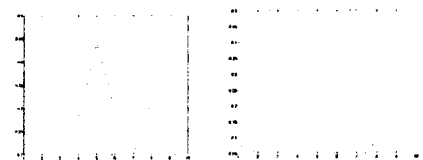
4. 실험결과

Joan Puate 와 동료들이 제안한 방법과 본 논문이 제안하는 각각의 방법으로 난수 집합 10 개중 5 번째의 신호 100 개를 Lenna(Grayscale, 256x256)에 삽입한 후 JPEG 90%, 85%, 50%로 압축한 영상에서 삽입한 워터마크를 추출한 결과 Correlation 을 구해 보았다.

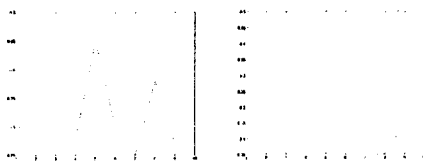
(a)가 본고에서 제안한 워터마킹 시스템의 결과이고 (b)가 Joan puate 와 동료이 제안한 방법의 결과이다.



(a) (b)  
< 그림 2 > JPEG 90% 압축 후 워터마크 추출



(a) (b)  
< 그림 3 > JPEG 75% 압축 후 워터마크 추출



(a) (b)  
< 그림 4 > JPEG 50% 압축 후 워터마크 추출

본고에서 제안한 방법이 삽입한 신호와 추출한 신호사이의 Correlation 이 기존의 방법보다 약 2 배(그림 2) ~ 3 배(그림 3)가량 큰 Correlation 을 가짐을 알 수 있다.

5. 결론과 향후 방향

결과에서 보듯이 제안한 시스템이 기존의 방법보다 더 뚜렷이 삽입한 신호를 추출해 내긴 하지만 Correlation 이 가장 높은 값이 0.45, 그 다음으로 높은 값은 0.32 로( JPEG 90% 기준, 그림 1) 그리 차이가 많이 나지 않는다. 그러므로 만약 저작권 정보를 없애기 위해 워터마킹이 한번 된 영상 위에 중복해서 신호를 삽입한다면 신호 추출의 어려움이 따를 것이다. 이를 방어하기 위한 더 강인한 워터마킹 시스템의 연구가 요구된다.

6. 참고문헌

- [1] Jean-Luc Dugelay, Stephane Roche, " A survey of current watermarking techniques", Information hiding techniques for steganography and digital watermarking, pp121-148, 2000
- [2] Jacquin A., " Image Coding Based on a fractal Theory of Iterated Contractive Image Transformations", IEEE Transactions on image processing, Vol1, pp18-30, January 1992
- [3] Fisher Y., " Fractal Image Compression: Theory and Application" Spinger Verlag Edition, New York, 1995
- [4] M.F.Barnsley, " Iterated function systems", The Mathematics Behind the Computer Graphics, American Mathematical Society, 1989.
- [5] Puate, J., F.Jordan, " Using Fractal Compression Scheme to Embed a Digital Signature into an Image", Proceedings of the SPIE 2915, Video Techniques and Software for Full-Service Networks, pp.108-118, 1996
- [6] Ingemar J.Cox, Joe Kilian, Tom Leighton, Talal Shamoon, " Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia", NEC research Institute, Technical Report 95-10.