

# 멀티미디어 데이터 저작권 보호를 위한 워터마킹 시스템 구현

## Development of Watermarking System for Copyright Protection for Multimedia Data

이충훈\*, 박현중\*, 오황석\*\*, 이흥규\*

한국과학기술원 전산학과 및 첨단정보기술 연구센터(AITrc)\*  
{chlee,hjpark,hklee}@casaturn.kaist.ac.kr

전자통신연구원 가상현실연구개발센터 시각정보연구팀\*\*  
hsoh@etri.re.kr

### 요 약

본 논문에서는 멀티미디어 저작권의 보호를 위한 워터마킹 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 영상, 동영상, 그리고 오디오 데이터에 워터마크를 삽입하고 추출할 수 있는 시스템으로, 영상에 대한 워터마킹 기법은 영상의 국부적인 특성을 이용하기 위하여 영상을 복잡도에 따라 다양한 크기의 블록으로 나누고 복잡도에 따라 워터마크 삽입 강도를 조절함으로써, 워터마크 삽입으로 인한 화질 저하를 최소화 하였으며, 동영상에 대한 워터마킹은 정지영상 워터마킹 기법을 동영상의 각 프레임에 적용하여 사용하였다. 그리고 오디오 워터마킹은 최하위 비트를 변환시키는 방법을 이용하여 구현하였다.

### 1. 서 론<sup>†</sup>

컴퓨터의 발달과 네트워크 기술의 발달은 사람들로 하여금 멀티미디어 데이터의 사용을 보다 용이하도록 하였다. 이해의 용이성과 처리의 용이성이라는 특징 때문에 멀티미디어는 많은 각광을 받고 있고, 최근에는 기존에는 아날로그 형태로 유포되던 영화나 음악 등이 디지털화 되어 배포되고 있다[2][3].

디지털 데이터는 데이터를 품질의 손상 없이 쉽게 복사할 수 있기 때문에 불법복제와 데이터의 저작권에 대한 문제가 심각히 대두되고 있다. DVD 나 CD 등 고용량의 데이터를 저장할 수 있는 미디어들이 발달하고, 네트워크의 발달로 인하여 데이터의 배포가 용이해졌으며,

멀티미디어 처리기술의 발달로 인하여 쉽게 데이터를 위조 및 변조할 수도 있기 때문이다. 멀티미디어 산업의 크기를 고려할 때, 이러한 저작권 침해문제 및 불법복제가 초래하는 산업적 손실은 막대하여 심각한 문제가 아닐 수 없다[4][7].

데이터의 저작권 보호나 복제방지 및 위조를 방지하기 위한 기술에는 암호화와 같이 처음부터 데이터에 대한 접근권한이 없는 사용자가 데이터를 참조할 수 없도록 막는 방법과, 저작권 분쟁이 일어났을 때 그것을 해결하는 방법이 있다. 디지털 워터마킹 기술은 두 번째 범주에 해당하는 기술로써, 데이터에 특별한 신호인 워터마크 - 저작권자를 나타내거나, 데이터의 구매자 등을 나타내는 신호 - 를 삽입하고, 저작권 문제나 불법복제 문제가 발생하였을 때, 데이터로부터 워터마크를 추출하여

<sup>†</sup> 본 연구는 첨단정보기술 연구센터를 통하여 과학재단의 지원을 받았음.

문제를 해결하는 방법이다. 따라서, 암호화와 달리 권한이 없는 사람들도 임의로 데이터의 접근이 가능하다. 또한 암호화는 일단 해독된 데이터는 저작권 문제나 불법복제 문제에 대하여 무방비 상태가 되지만, 워터마크 신호는 항상 데이터 내에 존재함으로써, 문제 발생시에는 언제든지 문제를 해결할 수 있다[2]. 암호화와 워터마킹은 서로 독립적 접근방법을 취하고 있기 때문에 두 가지 방법을 같이 사용할 수도 있다.

일반적으로 워터마킹이 저작권 보호나 복제 방지를 위하여 사용되려면 몇 가지 요구조건을 만족해야만 한다. 비인식성, 견고성, 비모호성이 그것이다. 첫 번째로 데이터에 삽입된 워터마크는 눈에 보이거나 들리지 않아야 하는데 이를 비인식성이라 한다. 영상에 워터마크를 삽입하는 것을 예로 들면, 삽입된 워터마크는 눈으로 식별 불가능해야 하고, 또한 영상의 화질저하를 일으키지 않아야 한다. 볼 수 있는 형태의 워터마크로써 영상의 일부분에 회사의 로고 등을 삽입하는 경우가 있는데, 이 경우는 로고를 쉽게 제거할 수 있고, 또한 영상의 품질을 저하시킨다는 단점이 있다. 두 번째로 삽입된 워터마크는 신호처리나 임의의 워터마크를 제거하려는 공격으로 인하여 제거되지 않아야 한다. 영상이나 음성은 대부분 손실압축 기법을 통하여 압축되기 때문에, 압축을 할 경우 영상이 훼손된다. 이 외에도 다양한 형태의 필터링과 영상처리 및 신호처리는 영상과 음성의 데이터를 변형시킨다. 삽입된 워터마크는 어떤 경우에도 추출 가능해야만 하므로 이러한 공격들에 대하여 견고해야만 한다. 세 번째 요구조건은 비모호성이다. 비모호성이란 삽입된 워터마크를 추출할 때, 올바른 결과를 나타내어야 한다는 것이다. 실제로 영상이나 오디오의 저작자들 혹은 구매자들은 상당히 많을 것이며, 그에 따른 고유의 워터마크의 수도 상당할 것이다. 따라서 삽입된 워터마크를 다른 사람의 워터마크로 오인하거나 삽입되지 않은 워터마크를 삽입되었다고 판단하는 등의 문제는 발생하지 않아야 한다.

본 논문에서는 이러한 요구조건을 만족하는 멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위한 영상, 동영상, 오디오 통합 워터마킹 시스템을 구현하였다.

## 2. 멀티미디어 데이터를 위한 워터마킹 시스템 구현

본 절에서는 본 연구에서 개발한 워터마킹 시스템과 각 데이터에 대한 워터마킹 기법을 설명한다. 정지영상을 위하여, 영상의 복잡도에 따라 적응적으로 워터마크의 삽입량을 조절하는 워터마킹 기법을 제안하였고, 이를 동영상에 적용하여 구현하였다. 오디오 데이터에 대해서는 기존의 기법 중 하나인 최하위 비트 변환 법 (LSB coding)을 사용하였다.

### 2.1 시스템 구조

본 연구에서 개발한 시스템은 그림 1 과 같은 구조를 가진다.

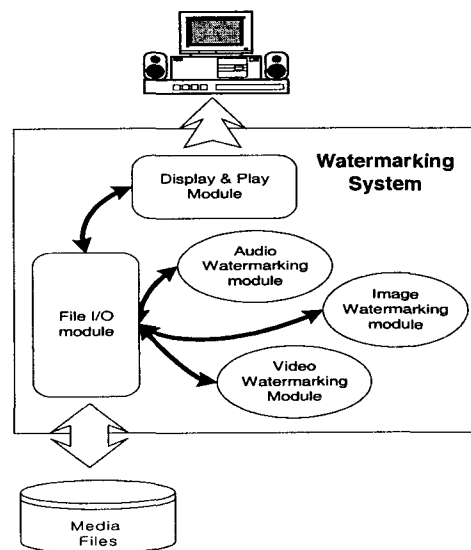


그림 1 멀티미디어 워터마킹 시스템

내부적으로 영상, 동영상, 오디오의 워터마크 삽입과 추출을 담당하는 부분이 있고, BMP, JPEG, GIF, WAV 포맷의 파일을 읽어 들이고, 포맷에 맞도록 파일에 저장하는 파일 입출력 모듈과 영상 및 동영상을 화면에 출력하고, 오디오를 출력하는 출력모듈로 구성되어 있다.

## 2.2 영상 및 동영상 워터마킹

워터마크를 영상에 삽입하는 과정은 영상을 일정한 규칙에 따라 변화 시키는 것이다. 영상을 변화 시키면서 영상의 화질을 유지한다는 것은 사람의 눈이 알아보기 어려운 부분을 변경시켜야 한다는 것을 의미한다. 영상에 워터마크를 삽입하는 방법은 크게 공간영역에서 삽입하는 방법과, 변환영역에서 삽입하는 방법으로 나눌 수 있다. 공간영역에서 워터마크를 삽입하는 방법은 영상의 화소를 사람이 알아챌 수 없을 정도만 변화 시킴으로써 삽입하는 방법이다[2][6]. 변환영역에서 워터마크를 삽입하는 방법은 DCT (Discrete Cosine Transform) 나 Fourier 변환 혹은 Wavelet 변환 등을 이용하여 영상을 변환한 후 워터마크를 삽입하는 방법이다[2][3][4][5]. 이때 변환영역에서 계수를 변경 시킴으로써 워터마크를 삽입하게 된다. DCT를 이용하여 변환영역에서 워터마크를 삽입할 경우, 대부분의 경우 워터마크를 삽입하기 위하여 고정크기 블록을 이용한다. 그러나 이러한 방법은 영상의 지역적인 특성을 잘 반영하지 못하므로 효율성이 떨어진다.

본 논문에서는 영상의 특성을 반영하여 워터마크를 삽입할 수 있도록 가변크기 블록 기반 워터마킹 기법을 제안하였고, 이를 기반으로 하여 영상 및 동영상 워터마킹 시스템을 구현하였다. 일반적으로 사람은 영상의 복잡한 부분 보다는 단순한 부분의 변화에 더욱 민감하다. 따라서 복잡한 부분과 단순한 부분에 다른 방법으로 워터마크를 삽입함으로써 워터마크의 삽입으로 인한 화질 저하를 최소화 할 수 있다. 논문에서는 영상에 워터마크를 삽입하기 위하여 DCT 변환을 이용한 변환 영역에서 삽입하는 방법을 채택하되 복잡한 부분과 단순한 부분을 서로 다른 크기의 블록으로 구분하여 워터마크를 삽입하였다. 복잡한 부분은 작은 크기의 블록으로 나누어 워터마크 삽입으로 인한 변화를 크게 하고, 단순한 부분은 큰 크기의 블록으로 나누어 워터마크 삽입으로 인한 변화를 적게 하여 워터마크 삽입으로 인한 화질 저하를 최소화 하였다.

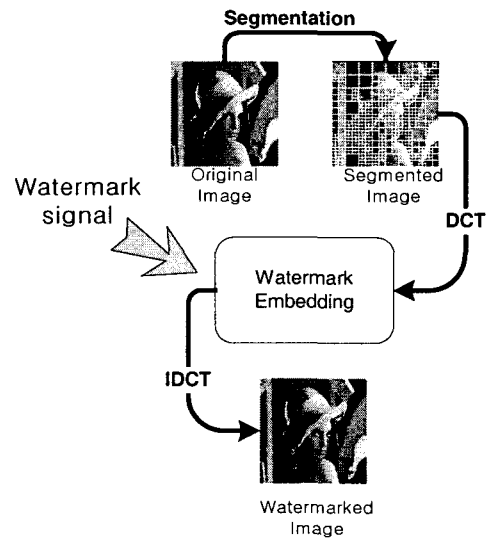


그림 2 영상 워터마킹 기법의 구조

영상에 대한 워터마킹 기법은 전체적으로 다음의 단계를 거쳐 워터마크를 삽입한다.

- 1) 영상을 복잡도에 따라 다중 크기블록으로 구분
- 2) 각 블록을 2D-DCT 를 이용하여 변환
- 3) 워터마크 신호에 따라 계수 값을 조정
- 4) 2D-IDCT 를 이용하여 역변환

영상을 분할하기 위하여 지역 분할 알고리즘[8]을 이용하였다. 지역분할 알고리즘은 다음의 과정을 거쳐 영상을 다양한 크기로 분할한다.

- 1) 해당 블록 (초기에는 전체영상) 의 복잡도를 구한다.
- 2) 복잡도가 정해진 임계점보다 크면 해당 블록을 같은 크기의 4 개의 블록으로 구분한다. 그렇지 않으면 해당 블록에 대한 블록 분할을 멈춘다.
- 3) 블록 된 각 블록에 대하여 위의 과정을 반복한다.

본 논문에서는 영상의 복잡도를 나타내는 척도로써 분산을 이용했다. 아래의 식 (1)은 분산을 나타낸다. 식 (1)에서  $\mu$  는 블록내의 화소의 평균을 나타내고,  $x_k(i)$  는 k 번째 블록의 i 번째 화소 값을 나타낸다.

$$A_k = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu - x_k(i))^2}{n-1} \quad (1)$$

그림 3은 지역 분할 알고리즘을 이용하여 lena 영상을 분할한 예이다. 그림에서 볼 수 있듯이 복잡한 부분은 작은 블록으로 단순한 부분은 큰 블록으로 구분이 되었음을 알 수 있다.

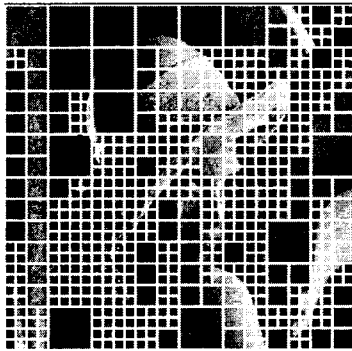


그림 3 분할된 영상

영상이 다양한 크기의 블록으로 분할된 후 각 블록을 DCT를 이용하여 변환한 후 변환된 영역에서 워터마크를 삽입하게 된다. 일반적으로 사람은 고주파 성분의 변화보다 저주파 성분의 변화에 더욱 민감하다. 따라서 영상압축과 같은 경우에도 저주파 성분에 많은 비트를 할당하여 저주파 성분을 더욱 세밀히 표현한다. 워터마킹의 경우에도 비인식성이라는 요구조건을 고려하면 고주파 성분을 변화시키는 것이 바람직 할 것이다. 그러나, 고주파 성분은 영상 압축 및 영상 처리에 약하다. 따라서 워터마크를 고주파 성분에 삽입하면, 영상 압축과 영상 처리 등에 쉽게 제거될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 워터마크를 저주파 성분에 삽입함으로써, 공격에 대한 견고성을 높였다. 또한 저주파 성분 계수를 모두 변화 시키는 것이 아니라, 값의 크기가 저주파 성분 계수들의 값의 평균보다 높은 계수들을 선정하여 변화 시키도록 하였다.

삽입하는 워터마크 신호는 0과 1로 이루어진 이진 난수 열이다. 삽입되는 비트에 따라 식 (2), (3)을 이용하여 계수를 변화 시킨다. 삽

입하고자 하는 비트가 1이면 식(2)를 이용하여 계수를 변화 시키고, 0이면 (3)에 따라 계수를 변화 시킨다. 식에서 Coeff는 변화시키기 이전의 계수이고, Coeff'는 변화된 계수를 나타낸다.  $\alpha$ 는 워터마크 삽입 강도를 나타내는데,  $\alpha$ 값이 크면 클수록 견고성은 높아지고, 화질은 떨어진다.  $A$ 는 블록의 분산으로써, 블록의 복잡도에 따라 워터마크의 삽입강도를 조절하여 워터마크의 견고성을 높이도록 하였다.

$$Coeff' = Coeff + \alpha \times Coeff \times \log A \quad (\text{when bit} = 1) \quad (2)$$

$$Coeff' = Coeff - \alpha \times Coeff \times \log A \quad (\text{when bit} = 0) \quad (3)$$

워터마크의 추출은 원영상과 워터마크가 삽입된 영상의 비교를 통하여 이루어진다. 삽입과정과 마찬가지로 두 영상을 영상의 변화도에 따라 구분하고, 각 블록의 DCT 계수를 비교함으로써 워터마크가 추출된다. 각 DCT 블록에서 각 계수를 비교함으로써 워터마크를 추출하게 되는데, 식 (4)를 이용하여 추출하게 된다. 모든 기호는 식 (2)와 (3)에서와 같은 의미이고,  $\beta$ 는 상수으로써 영상에 삽입되었을 노이즈에 대비하여  $\alpha$ 보다 작은 값을 사용한다.

$$ExtractedBit =$$

$$\begin{cases} 1 & \text{if } |Coeff'| > |Coeff| + \beta \times |Coeff| \times \log A \\ 0 & \text{if } |Coeff'| < |Coeff| - \beta \times |Coeff| \times \log A \end{cases} \quad (4)$$

동영상의 워터마킹은 영상에 대한 워터마킹 기법을 동영상에 적용하여 구현하였다. 워터마크는 동영상의 모든 프레임에 삽입을 하되, 워터마크의 삽입으로 인한 화면의 깜빡임을 최소화하기 위하여 각 프레임에 같은 워터마크를 삽입하는 방법을 취하였다.

### 2.3 오디오 워터마킹

오디오에 대한 워터마킹도 영상 워터마킹과 마찬가지로 공간영역(시간영역) 워터마킹 기법과 변환 영역 기반 워터마킹 기법으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 시간 영역 기반 워터마킹 기법을 이용하여 오디오 워터마킹 시스템을 구현하였는데, 기존의 방법인 최하위 비트 변경

방법을 이용하였다[1]. 이 방법에서는 오디오의 각 샘플의 최하위 비트를 삽입되는 워터마크에 따라 변경시킴으로써 워터마크를 삽입한다. 사람의 청각은 최하위 비트에 대하여 상당히 둔감하므로, 워터마크 삽입으로 인한 오디오 품질 저하는 적다.

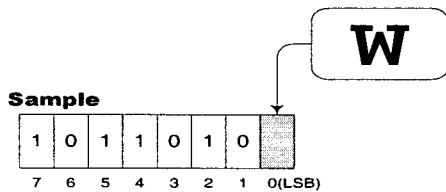


그림 4 최하위 비트 삽입 기법

### 3. 구현 및 실험 결과

본 절에서는 워터마크 시스템의 구현 결과와, 본 논문에서 제안한 다중 블록 기반 워터마크 기법의 실험 결과를 보인다.

#### 3.1 워터마크 시스템 구현

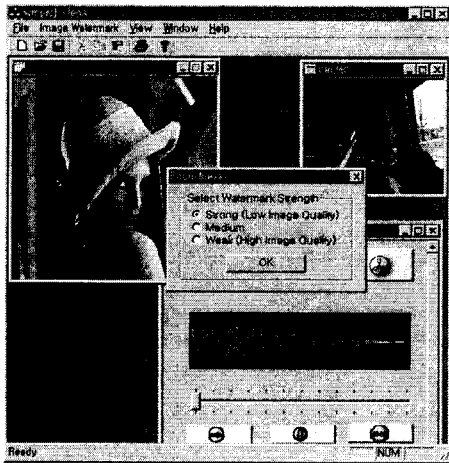


그림 5 시스템 실행 화면

본 연구에서 구현한 멀티미디어 워터마크 시스템은 PC를 기반으로 하여, Visual C++를 이용하여 구현하였다. 영상 워터마크를 위하여 BMP, GIF, JPEG 등 많이 사용하는 영상 포맷을 지원하고, 오디오는 wave 포맷을 지원한다. 그림 5는 시스템의 실행 화면이다.

#### 3.2 영상워터마크의 실험 결과

설명한 바와 같이 워터마크가 갖추어야 할 조건은 비인식성, 견고성, 비모호성이다. 본 절에서는 제안한 영상 워터마크 기법을 이 세가지 기준에 따라 실험 결과를 보인다.



그림 6 원 영상(좌)과 워터마크 삽입 영상(우)

그림 6은 본 논문에서 제안한 영상 워터마크 기법을 이용하여 워터마크를 삽입한 결과를 보인다. 좌측의 그림은 워터마크가 삽입되지 않은 원 영상을, 우측의 그림은 워터마크가 삽입된 영상을 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 눈으로는 워터마크가 삽입되었는지를 판별하기가 어렵다.

표 1은 본 논문에서 제안한 가변 크기 블록 기반 워터마크와 이전에 주로 사용되오던 고정 크기 블록 기반 워터마크를 비교한 것이다. 워터마크를 삽입한 후 가우시안 노이즈를 삽입한 후와 Sharpening, Blurring을 거친 후 그리고 JPEG 압축을 거친 후 워터마크 검출 결과를 비교하였다. 표에서 볼 수 있듯이 제안한 워터마크 기법을 이용한 것이 비슷하거나 더 나은 화질을 보이면서 워터마크의 검출률은 더 높음을 알 수 있다. 이는 비인식성이 높으면서 견고성 또한 높다는 것을 의미한다. 그림 7, 8, 9는 각각 워터마크 삽입영상과, 삽입영상에 sharpening, blurring 처리를 한 후 서로 다른 1000개의 워터마크에 대한 반응 정도를 표시한 그래프이다. 그림에서 볼 수 있듯이 삽입된 워터마크에 대해서는 높은 반응값들을 보이지만 삽입되지 않은 워터마크에 대해서는 낮은 반응치를 보여 비 모호성이 높음을 보여준다.

표 1 가변 크기 블록 워터마킹과 고정 크기 블록 워터마킹의 비교

Strength	Method	Attack				PSNR
		Noise	Sharpening	Blurring	JPEG	
1	Fixed	0.63	0.76	0.57	0.68	38.68
	Variable	0.71	0.78	0.62	0.78	39.70
2	Fixed	0.70	0.85	0.62	0.73	33.87
	Variable	0.82	0.90	0.70	0.86	33.85
3	Fixed	0.73	0.89	0.66	0.78	30.40
	Variable	0.84	0.93	0.73	0.89	31.94

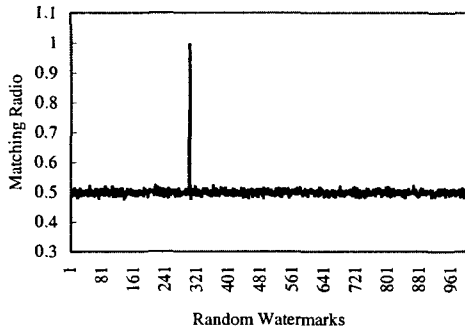


그림 7 1000 개의 워터마크에 대한 반응

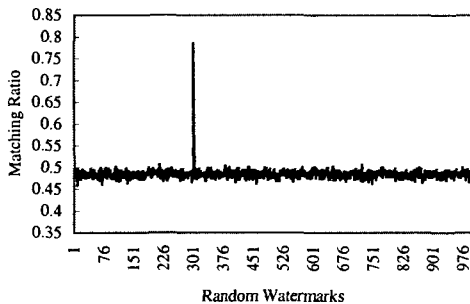


그림 8 Sharpening 후 1000 개의 워터마크에 대한 반응

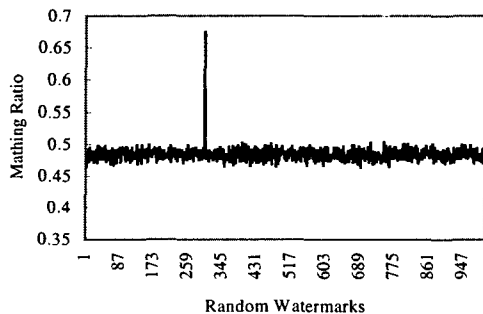


그림 9 Blurring 후 1000 개의 워터마크에 대한 반응

#### 4. 결론

본 논문에서는 멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위한 워터마킹 시스템을 구현하였다. 영상 및 동영상, 오디오데이터에 대한 워터마크의 삽입 및 추출이 가능하도록 구현하였으며, 특히 영상 및 동영상은 영상의 특성을 반영하여 워터마크를 삽입하여 견고성과 비인식성을 높였다.

#### 참고문헌

- [1] G.G.van Schyndel, A.Z.Tirkel, C.F.Osborne, "A Digital Watermark," ICIIP '94, Vol.2, pp.86-90.
- [2] J.J.K. O Ruanaidh, W.J. Dowling, F.M. Boland, "Watermarking Digital Images for Copyright Protection," Proc. Inst. Elect. Eng. Vis. Image Signal Processing, Vol. 143, No. 4, pp.250-256, Aug.1996.
- [3] C.-T. Hsu, J.-L. Wu, "Hidden Digital Watermarks in Images," IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 8, No.1, pp.58-68. Jan. 1999.
- [4] E.Koch, J.Zhao, "Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling," Proc. of 1995 IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, pp.452-455, June 1995.
- [5] X.-G Xia, C.G. Boncelet and G.R. Arce, "Wavelet transform based watermark for digital image," Optics Express, Vol.3, No.12, pp.497-511, Dec. 1998.
- [6] M. Kutter, F. Jordan, F. Bossen, "Digital Watermarking of Color Images using Amplitude Modulation," Journal of Electronic Imaging, Vol.7, No.2, pp326-332, April 1998.
- [7] I.J. Cox, J.Kilian, F.T.Leighton, T.Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 6, No.12, pp. 1673-1687, Dec. 1997.
- [8] I. Pitas, "Digital Image Processing Algorithm" Prentice Hall International Ltd., pp.254-297. 1993