

---

# 지적재산권 보호를 위한 웨이블릿 기반 워터마킹 기술

송학현\* . 김윤호\*\*

## Wavelet based Watermarking Technique for the Digital Contents Protection

Hag-hyun Song\*, Yoon-ho Kim\*\*

### 요 약

디지털 콘텐츠 산업이 핵심 신성장산업으로 등장하고 있으나 디지털 콘텐츠의 제작, 유통 및 관리 상에서 디지털자료의 특성상 무한정 복제 및 해킹을 통한 손상 등의 문제가 심각하게 대두되고 있다. 이러한 문제들을 극복하기 위한 수단으로 제시되는 디지털 지적 재산권 보호를 위한 DRM(Digital Rights Management)기술의 하나인 디지털 워터마킹(Digital Watermarking)은 저작권 정보, 구입자 정보 등 저작권 보호에 필요한 정보를 디지털 콘텐츠에 몰래 숨겨놓는 기술이다. 지금까지 디지털 워터마킹 기술에 관한 연구는 주로 특정성 있는 워터마크 삽입과 검출 등의 관점에서 연구되어 왔는데 본 연구에서는 지적재산권 보호를위한 광범위한 응용이 예상되는 워터마킹의 기법을 고찰하고 주파수영역에서 응용되는 웨이블릿 기반의 워터마킹 기법을 제안한다.

### ABSTRACT

The increase of illegal usage and conflict in digital content market would diminish motivation of creators for their work, furthermore break down digital content market on cyber-space. Watermarking technology support to the legal users by the protection technique based on the digital content copyright protection method(DRM). Most of previous digital watermarking have embeded to the content. In this paper, we propose a wavelet based watermarking method which is used for implementing in the frequency domain.

### 키워드

콘텐츠, DRM, Watermarking.

### 1. 서 론

정보통신기술의 발전은 농업사회와 산업사회에서 일부 엘리트들이 통제 및 관리하여 왔던 정보들을 사용자 모두에게 시간과 공간의 구분 없이 제공할 수 있는 지식기반 정보사회를 구축하였다. 따라서 정보의 통제성, 지연성, 제한성이 사라지

고 개방성, 즉시성, 다양성 및 창의성이 사회의 기반을 이루게 되었다. 지식기반 정보사회의 기반을 이루는 네트워크 정보기술은 정보기술의 발전에 힘입어 정보기반구조인 네트워크의 속도와 용량의 개선은 이용자로 하여금 사용에 불편함을 느끼지 않게 되면서 1차적인 정보전달 및 수집보다 더욱 많은 정보의 접근이 필요하게 되면서 콘텐츠에

---

\*정보통신연구진흥원

\*\*목원대학교

대한 관심이 증가하게 되었고, 대용량의 정보가 처리되기 위해서 디지털혁명이 이루어져 대부분의 콘텐츠는 디지털형태로 제작, 유통 소비되는 단계를 거치게 되었다. 이러한 콘텐츠는 처음 생산후에 추가 생산비용이 제로에 가까워 초기 투자자본 후 매출의 대부분이 수익화 되는 특성을 가진 산업이다. IT기술과 융합되는 21C의 대표적인 가치사슬 산업 모델로 One Source Multi Use (OSMU)를 통한 다양한 가치 창출이 가능하며 Create Once Publish Everywhere(COPE) 구현 대표 산업이다[1][2][3].

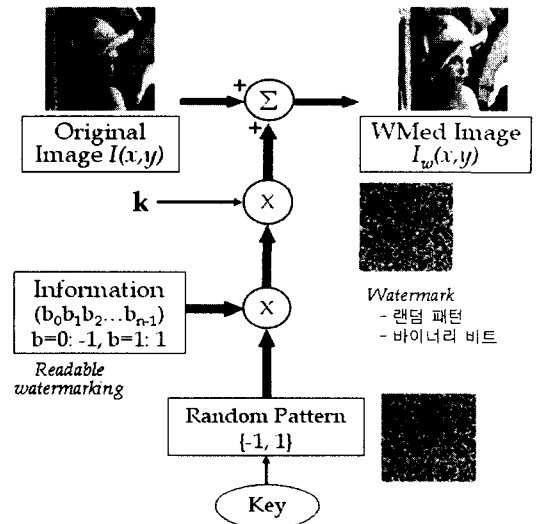
이러한 디지털콘텐츠의 특성(복사가 용이함, 복사본이 원본과 동일함, 배포가 용이함 등)에 따라 디지털콘텐츠에 대해서는 지적재산권 보호라는 문제가 대두되어 지식재산권 보호기술이 필요하다. 이러한 보호방안에 대해서 법제로는 국제저작권기구(World Intellectual Property Organization)의 저작권법(WIPO Copyright Treaty)와 WPPT(WIPO Performance and Phonogram Treaty)가 있고, 국내에서 저작권법과 온라인디지털콘텐츠 육성법 등이 있다. 본 연구에서는 지적 재산권 보호를 위한 워터마킹 기법들을 고찰하고 주파수영역에서 응용되는 웨이블릿 기반의 워터마킹 방법을 제안한다.

## II. 디지털 워터마킹기술

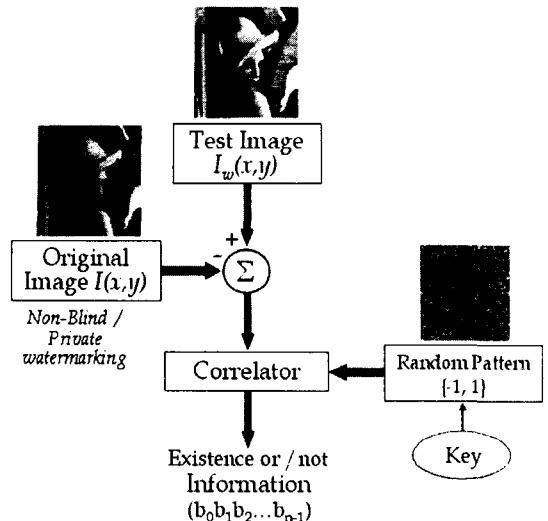
디지털 워터마킹 혹은 Data hiding, Electronic watermarking 등으로도 불리며 이 기법은 콘텐츠에 워터마크라고 하는 사용자의 ID나 자신만의 정보를 삽입시킴으로써 불법적인 복제를 막고, 지적재산권 및 저작권을 보호하며, 소유권을 주장할 수 있는 근거를 제시할 수 있도록 하는 기술이다. 워터마크의 형태는 그것을 삽입하는 방식에 따라 다르지만 주로 특정한 코드나 패턴으로 구성된다. 즉 일정한 길이의 비트열이나 임의의 수들에 대한 초기값(Random seed)으로 만들어진 실수들 혹은 특정한 로고들로 구성한다[5].

디지털 워터마킹은 다양한 특성 및 요구조건을 만족해야 한다. 즉 비가시성(Invisibility)은 삽입후에도 원본의 변화가 거의 없고, 워터마크의 삽입여부를 감지할 수 없어야 하며 강인성(Robustness)은 워터마크를 신호의 중요한 부분에 삽입하여 전송이나 저장을 위해 압축할 때 워터마크가 깨지지 않아야 한다. 그리고 전송 중에 생길 수 있는 노이즈나 여러 가지 형태의 변형이과 공격에도 추출이 가능해 추출된 워터마크가 확실한

소유권을 주장할 수 있도록 공격에 대해 정확성을 유지하는 명확성(Unambiguity)이 필요하며 관련된 키값 등을 알고 있을 경우에 워터마크의 확인이 가능해야 되는 보안성이 확보되어야 한다 [6][7]. 그림1의 (a)와 (b)는 각각 디지털 워터마킹 기법에서 워터마크를 삽입하는 방법과 원영상을 이용하여 워터마크를 검출하는 방법을 나타낸다.



(a) 워터마크를 삽입하는 과정  
(a) Block diagram of watermark embedding



(b) 워터마크를 검출하는 과정  
(b) Block diagram of watermark detection

그림 1. 워터마크의 삽입(a) 검출(b) 블록도  
Fig. 1. Watermark embedding/detection

현재 연구되고 있는 디지털 워터마킹은 워터마크의 삽입에 따른 변환식의 사용여부에 따라서 공간영역(Spatial Domain) 워터마킹과 주파수 영역(Frequency Domain) 워터마킹 및 혼합방식으로 나눌 수 있다. 공간영역 기반은 원영상에 변환식을 사용하지 않고 영상의 LSB(Least Significant Bit)등 특정 화소 값을 직접적으로 변화시켜 워터마크를 삽입함으로써 영상의 휘도세기를 직접적으로 변화시킬 수 있고 압축과 필터링 과정시 워터마크의 손실이 크며 불건전한 제 3자의 고의적 공격에 취약한 단점이 있다. 또한 주파수영역 기반 방법은 DFT(Discrete Fourier Transform), DCT(Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform) 등의 수학적 변환후 변환된 주파수 계수에 워터마크를 삽입하는 방법으로 임의의 공격에 강하지만 인간의 시각적 특성에 민감하여 워터마크가 삽입될 적절한 주파수대역을 선택하는 것이 관건이다. 그리고 워터마크 추출시 원영상의 사용 여부에 따라 원영상 없이 추출 가능한 Blind 워터마킹(혹은 Public watermarking)과 원영상과 워터마킹 영상이 모두 있어야 워터마크가 추출 가능한 Non-Blind 워터마킹(혹은 Private watermarking)기법이 있다[4].

또 삽입된 워터마크의 강인성에 따라서 소유권 증명에 주로 사용되는 Robust 워터마킹과 데이터 인증 기능등에 응용되는 Fragile 워터마킹, 그리고 영상의 일정 수준 이상에서 워터마크가 손상되는 기법으로 Semi-fragile 워터마킹 기법이 있다. 그리고 삽입된 워터마크의 시각화에 따라 보이는 Visible 워터마킹과 Invisible 워터마킹이 있다.

### III. 웨이블릿 기반의 워터마킹 기법

Ingrid Daubechies 와 Stephane Mallat 등에 의해 발표된 Wavelet transform 은 Fourier transform 과 같이 기저 함수들의 집합으로 신호를 분해하는 하나의 방법이지만 푸리에 변환과 달리 국부적으로 에너지가 집중된 대역 통과 신호인 웨이블릿들을 기저 함수로 사용한다 [8][9][10].

가우시안 함수와 같은 형태의 평활화 함수

$$\theta(x) \text{의 도함수를 } \psi(x) \text{라 할 때 } \psi(x) = \frac{d\theta(x)}{dx}$$

로 두면  $\theta(x)$ 는  $\int_{-\infty}^{\infty} \theta(x) dx = 1, \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \theta(x) = 0$ 의 성질을 가지고 있으며  $\theta(x)$ 의 도함수  $\psi(x)$

는 다음 식 (1)을 만족한다.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(x) dx = 0 \tag{1}$$

웨이블릿은 식 (2)의 성질을 만족시키는 모 웨이블릿이라 불리는 하나의 원형 웨이블릿인  $\psi(x)$ 를 신축/병진(Dilation/Translation)하여 구하며 식 (2)와 같다.

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \tag{2}$$

여기서, a는 스케일링 계수이고, b는 병진 계수이다. 그리고,  $a^{1/2}$ 는 정규화 인자(Normalization factor)이며  $a < 1$ 이면 시간축의 폭이 작은 고주파 웨이블릿이고  $a > 1$ 이면 폭이 큰 저주파 웨이블릿이다[11][12]. 웨이블릿의 형태는 제안한 사람들에 따라 형태가 다양하며 각각의 웨이블릿의 특성과 장점에 따라서 응용 분야가 다르다.

또한,  $\phi(x, y) = \phi(x)\phi(y)$ 를 2차원 스케일링 함수라 할 때 1차원 스케일링 함수  $\phi(x)$ 를 갖는 1차원 웨이블릿을  $\psi(x)$ 라고 하면 2차원 웨이블릿들은 다음 식 (3)과 같이 분리 가능한 다해상도 근사화로 설명할 수 있다.

$$\begin{aligned} \phi^A(x, y) &= \phi(x)\phi(y) \\ \phi^H(x, y) &= \phi(x)\psi(y) \\ \phi^V(x, y) &= \psi(x)\phi(y) \\ \phi^D(x, y) &= \psi(x)\psi(y) \end{aligned} \tag{3}$$

이러한 정규 직교 기저(Orthonormal basis)로 분해된 2차원 신호는 다음 식 (4)와 같이 공간적으로 방향성을 지닌 주파수 성분으로 분해된다.

$$A_{2^{j+1}}f = \sum_k \sum_l h(2m-k) h(2n-l) A_{2^j}f \tag{4-1}$$

$$H_{2^{j+1}}f = \sum_k \sum_l h(2m-k) g(2n-l) A_{2^j}f \tag{4-2}$$

$$V_{2^{j+1}}f = \sum_k \sum_l g(2m-k) h(2n-l) A_{2^j}f \tag{4-3}$$

$$D_{2^{j+1}}f = \sum_k \sum_l g(2m-k) g(2n-l) A_{2^j}f \tag{4-4}$$

식 (4-1~4)에서  $h$ 는 분해 저역 통과 필터의 전달 함수이고  $g$ 는 분해 고역 통과 필터의 전달 함수이며 이것은 다해상도로 분해된 2차원 신호의 계수 행렬을 나타낸다. 즉, 공간적으로 방향성을 지닌 주파수 성분의 패킷(Packet)들로써 2레벨 분해된 계수 행렬이며 식(4-1)은 저주파 성분의 계수 행렬을 의미하고, 식(4-3)은 1레벨 분해된 수직 고주파 성분들의 계수 행렬을 의미하고 식 (4-2), (4-4)는 각각 수평 고주파 성분과 대각 고주파 성분의 계수 행렬을 의미한다.

영상의 경우 웨이블릿 변환을 식 (4-1)에 적용하여 4개의 부분영상을 얻어 전체 영상을 7개로 분할할 수 있다. 이 과정을 한번 더 적용하면 10개의 부분영상을 얻는다. 이 과정을 다분해능 분할(Multiresolution decomposition : MRA)이라 한다. 그림 2는 2-D 웨이블릿 변환의 예를 보여준다.

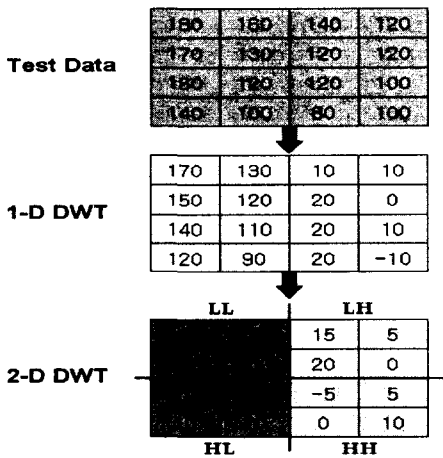


그림2. 2-D 웨이블릿 변환 예.  
Fig. 2. Example of 2-D wavelet transform

Daubechies 4차(db4)변환은 저역필터의 계수가 8개이며 Daubechies 9차(db9)변환은 분해 저역필터의 계수는 18개이다. Symlets변환의 경우 Daubechies 변환보다는 대칭적인 특징을 갖고 있다. Coiflets변환의 경우 가장 많은 vanishing moments를 갖고 있고 biorthogonal 필터의 경우 대칭적인 특징을 갖고 있다.

#### IV. 실험 및 고찰

본 연구에서는 워터마크의 비가시성, 압축에 대한 강인성 대해서 각각 실험하였다. 표준영상은 256×256 그레이 레벨의 Baboon, Lena 표준영상은

실험 영상으로 선택하였다. 그림 3은 제안한 알고리즘의 블록도이고 그림 4는 실험에 사용된 영상의 예이다. 먼저 원 영상을 2-level DWT를 수행한 후, 부분영상의 가장 큰 계수에 워터마크를 삽입하였다. 여기서 사용한 워터마크는 특정한 로고문자를 사용하였고 유사도를 정의하여 유사도의 문턱값으로 워터마크의 삽입여부를 판정하였다.

유사도 측정이란 추출된 워터마크  $S''$ 가 본래의 워터마크  $S$ 에 유사한 정도를 측정하는 것으로 이것은 추출된 워터마크  $S''$  자체로는 무의미하고 처음에 삽입했던 워터마크  $S$ 와의 비교를 통해 유사성 정도를 측정함으로써 인증 혹은 저작권을 보호하는 수단이 되는 것이다. 즉, 추출된 워터마크가 본래의 워터마크와의 유사성 정도가 클수록 소유권이 확실함을 의미한다. 유사도는 식(5)과 같이 정의한다.

$$\text{Sim}(S, S'') = \frac{S'' \cdot S}{\sqrt{S'' \cdot S''}} \quad (5)$$

여기서  $S'' \cdot S$ 는 다음 식(5-1)에 의해 계산된다.

$$S'' \cdot S = \sum_{i=1}^n s''_i s_i \quad (5-1)$$

식 (5-1)의 결과는 독립적 분포도를 가지며 따라서 식(5)는 식(6)과 같이 일반화된다.

$$N(0, \sum_{i=1}^n s_i^2) = N(0, S'' \cdot S'') \quad (6)$$

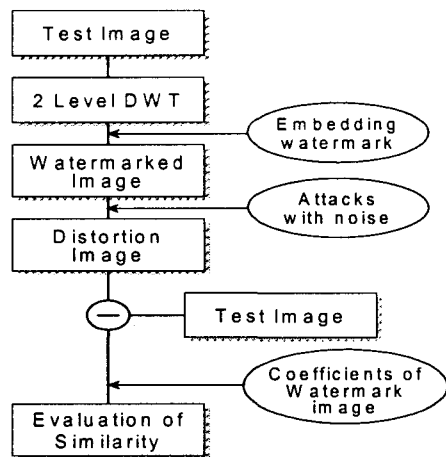
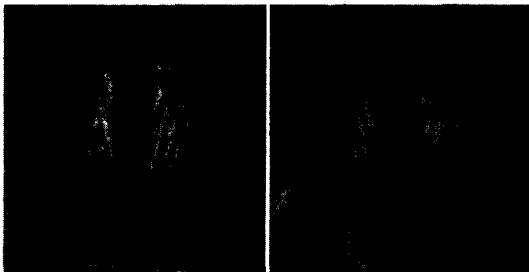


그림 3. 알고리즘 블록도  
Fig. 3. Block diagram of algorithm

비가시성 측정할 수 있는 객관적인 방법은 사실상 불가능하며 대부분의 연구에서는 PSNR을 측정하여 비가시성을 판단하고 있다. 또한 'Golden Eye'라는 특수 분야의 전문가들이 영상을 면밀히 관찰하는 방법으로 비가시성을 측정하는 방법이 있지만 본 연구의 실험에서도 다른 논문들과 마찬가지로 PSNR을 측정하였다.



(a) 실험영상 (b) 워터마크 삽입영상

그림 4. 실험에 사용된 영상  
Fig. 4. Test Image

표 1. PSNR 측정결과

압축율 (MPEG-2)	12Mbps	10Mbps	8Mbps	6Mbps
PSNR	46dB	44dB	42dB	40dB

표 1은 압축율에 따른 PSNR측정치를 나타낸다. 워터마크 삽입후에 각 압축율에 따른 PSNR을 측정한 값으로 모두 40dB이상의 높은 PSNR수치를 보였다.

본 연구에서는 압축보다는 비가시성에 더 목표를 두고 실험하였으며, 따라서 고화질을 보장하는 6Mbps까지 측정하였다. 표 2는 압축에대한 강인성을 평가한 결과이다.

표 2. 압축에 대한 강인성 결과

영상종류	실험영상 1				실험영상 2			
압축율(Mbps)	12	10	8	6	12	10	8	6
추출율(%)	98	98	95	91	97	97	90	90

## V. 결 론

워터마크 삽입기법은 일반적으로 강인성

(robustness), 무식별성(imperceptibility), 보안성(security)의 필요조건을 만족해야 한다. 공간영역 워터마킹 기법은 속도는 빠른 반면 주파수 영역 워터마킹 기법에 비해서 공격에 약하다.

본 연구에서는 주파수 영역에서 응용하는 웨이블릿 기반 워터마킹 기법을 이용하였다. 2-레벨 DWT를 수행한 후, 콘텐츠 저작권자의 개인 ID를 워터마크의 키로 사용하여 실험영상의 비가시성 및 강인성을 평가하였다. 실험 결과, 표준 영상들에 대하여 비가시성의 경우 각각의 압축율에 대하여 40 dB이상의 PSNR을 유지함을 확인 하였다. 또한 강인성평가에서는 각 압축율에 대하여 90% 이상의 추출율을 보였다.

향후, 제안한 방법이 다양한 공격 패턴으로부터 비가시성 및 강인성 평가의 우수함을 보이는 것이며 비디오 영상의 적용가능성도 연구대상이다.

## 참고문헌

- [1] 제1차 온라인디지털콘텐츠산업발전기본계획 (2003-2005) 재정경제부 등 2003.2
- [2] IT신성장동력 발전전략 정보통신부 2003. 9
- [3] DRM 기술현황 분석 및 기능규격제안 보고서 한국디지털콘텐츠 포럼 2001.12
- [4] 주요 디지털콘텐츠 기술동향 IITA 2003.8
- [5] Pitas and T. H. Kaskalis, "Signature casting on digital images", In Proc. of IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, 1995.
- [6] E. Koch and J. Zhao, "Towards robust and hidden image copyright labeling", Nonlinear Singnal Porcessing Workshop, pp. 460-463,1995.
- [7] Mitchell D. Swanson, Bin Zhu, and Ahumed. H. Tewfik, "Transparent robust image watermarking", In Proc. of IEEE ICIP96, pp. 211-214,1996.
- [8] Ikpyo Hong, Intaek Kim and Seung-soo Han, "A Blind Watermarking Technique using Wavelet Transform", ISIE2001, pp. 1946-1950, 2001.
- [9] Xu-Dong Zhang, Kwok-TungLo, Jian Feng and Desheng Wang, "A Robust Image Watermarking Using Spatial-Frequency Feature of Wavelet Transform", In Proc. of ICSP2000, pp. 1100-1105, 2000.

- [10] H. Inoue, A. Miyazaki and T. Katsura, "A digital watermark for images using the wavelet transform", appeared to IOS Press, Integrated Computer-Aided Engineering, vol.7, 2000.
- [11] Chun-Shien Lu and Hong-Yuan Mark Liao, "Multipurpose Watermarking for Image Authentication and Protection", IEEE transactions on Image Proc., pp. 1579-1592, 2001.
- [12] P. Loo and N.G. Kingsbury "Watermarking using Complex Wavelets with Resistance to Geometric Distortion", Proc. X European Signal Processing Conference, Tampere, Finland, 5-8, 2000.

저자소개



송학현(Song Hag-Hyun)

1981~1990 철도청 무선관리소  
1991~1998 정보통신부 국제협력담당  
1998 서울산업교 대학원 전자공학(공학석사)

1999~현재 정보통신연구진흥원 선임연구원  
2002~현재 목원대학교 전자 및 컴퓨터공학과 박사과정



김윤호(Yoon-Ho Kim)

1983년 : 청주대학교 공학사  
1986년 : 경희대학교 공학석사.  
1992년 : 청주대학교 공학박사  
현재 : 목원대학교 IT공학부 부교수

※관심분야: 회로 및 시스템, 영상처리