

# 주파수 영역에서 영상융합에 의한 영상 워터마킹 기법

김동현<sup>†</sup>, 안치현<sup>\*\*</sup>, 신필순<sup>\*\*\*</sup>, 황재호<sup>\*\*\*\*</sup>, 홍충선<sup>\*\*\*\*\*</sup>, 이대영<sup>\*\*\*\*\*</sup>

## 요 약

본 논문은 영상 데이터의 저작권 보호를 위하여 원영상의 DC 영역 및 각 주파수 영역에 이진 로고 영상의 주파수 계수를 삽입하는 강건한 워터마킹 방법을 제안한다. 패턴을 인식할 수 있는 인간 시각 시스템으로 인해 기호가 숫자보다 훨씬 더 설득력이 있으므로. 워터마크로 64\*64 이진 로고 영상의 1 레벨 DWT(discrete wavelet transform) 계수값을 사용한다. 제안한 워터마크 알고리즘은 로고 영상을 1 레벨 DWT하고, 이 DWT 계수값에 인간시각시스템(HVS: human visual system)을 적용하여 영상의 주파수 영역에 있어서 중요 부분(ROI: region of interest)을 기준으로 삽입한다. 따라서 본 워터마킹 기법은 워터마크 검출시 저작권을 바로 확인할 수 있고, 작은 크기의 워터마크를 HVS와 ROI를 이용해 삽입함으로써 비가시성과 견고성이 뛰어나다는 장점이 있다.

## An Image Watermarking Scheme by Image Fusion in the Frequency Domain

Dong-Hyun Kim<sup>†</sup>, Chi-Hyun Ahn<sup>\*\*</sup>, Phil-Sun Shin<sup>\*\*\*</sup>, Jae-Ho Hwang<sup>\*\*\*\*</sup>,  
Choong-Seon Hong<sup>\*\*\*\*\*</sup>, Dae-Young Lee<sup>\*\*\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

This paper presents a robust watermarking approach that the frequency coefficients of the binary logo image are inserted in the DC and each frequency area of the host image for copyright protection of image data. We use the 1 level discrete wavelet transform(DWT) coefficients of 64\*64 binary logo image as watermark because the presentation of a recognizable mark is much more convincing than numerical values and allows the opportunity to exploit the human visual system's ability to recognize a pattern. The proposed method makes use of 1-level DWT of the logo image, the DWT coefficients of the logo image are inserted by human visual system(HVS) and region of interest(ROI) in the frequency domain of the host image. Thereby, the detected logo image confirms copyright. Because small size watermark is inserted by HVS and ROI, the results confirm the superiority of the proposed method on invisibility and robustness.

**Key words:** Watermarking(워터마킹), Discrete Wavelet Transform(DWT)(이산 웨이블릿 변환), Image Fusion(영상 융합), Human Visual System(HVS)(인간 시각 시스템)

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김동현, 주소 : 경기도 용인시 기흥읍 서천리 1번지(449-701), 전화 : 031)201-2527, E-mail : dragondh@chol.com

접수일 : 2005년 5월 12일, 완료일 : 2005년 8월 30일

<sup>†</sup> 준회원, 경희대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료

<sup>\*\*</sup> 정회원, 성신여자대학교 미디어정보학부 초빙교수  
(E-mail : jfsodmes@chol.com)

<sup>\*\*\*</sup> 준회원, 루슨트테크놀로지

(E-mail : shinps@empal.com)

<sup>\*\*\*\*</sup> 정회원, 수원여자대학 컴퓨터응용학부 교수  
(E-mail : jaeho@swc.ac.kr)

<sup>\*\*\*\*\*</sup> 정회원, 경희대학교 전자정보대학 교수  
(E-mail : cshong@khu.ac.kr)

<sup>\*\*\*\*\*</sup> 정회원, 경희대학교 전자정보대학 교수  
(E-mail : dylee@khu.ac.kr)

## 1. 서론

인터넷의 급속한 성장으로 인해 많은 멀티미디어 데이터가 손쉽게 접근이 가능하도록 되었다. 컴퓨터 기술의 발달과 더불어 멀티미디어 데이터 가공 기술도 발달되어 취득한 멀티미디어 데이터들의 저작권을 쉽게 변형할 수 있게 되었다. 이와 같은 문제로 멀티미디어 데이터의 저작권 보호와 인증을 위해 디지털 워터마킹 분야에서 많은 연구들이 수행되고 있다.[5-12] 멀티미디어 데이터의 저작권을 위해 삽입되는 디지털 워터마크는 멀티미디어 데이터에 삽입된 이후에도 원본 데이터의 질적 저하를 초래해서는 안된다. 그리고 삽입된 워터마크는 제거되거나 위조되어서도 안된다. 이를 각각 비가시성(invisibility)과 견고성(robustness)이라 하며, 워터마크의 중요한 판단 기준이 된다. 하지만 이 제한 사항은 서로 상반되는 성격을 내포하고 있으므로 멀티미디어 데이터의 질적 저하를 초래하지 않는 범위 내에서 워터마크를 삽입하는 것이 중요하다.[5,6]

이전에 제안된 대부분의 웨이블릿을 이용한 워터마킹 기법은 워터마크로 랜덤 신호를 사용하였고, 상관성을 이용하여 워터마크 유무를 판단하였다. 최근에는 특정 영상을 많이 사용하고 있다. 특정 영상은 랜덤 신호보다 훨씬 더 설득력이 있어 데이터의 저작권을 보다 쉽게 판별할 수 있는 장점이 있다.[9]

본 논문에서는 특정 영상으로 이진 로고 영상을 사용하였다. 영상 데이터에 로고 영상을 삽입하는 워터마킹 기법은 주로 가시적 워터마킹에 적용된다. 비가시적으로 로고 워터마크를 삽입하는 방법을 제안한 Pitas[9]은 워터마크를 삽입하기 전에 원영상의 명암값을 변경하여 워터마크를 의사난수(pseudo-random) 비트열 형태로 삽입하였다. Knox[10]은 두 개의 8 비트 그레이스케일 영상을 하나의 8 비트 그레이스케일 영상으로 변환하는 형태로 워터마크를 삽입하였다. 하지만 Pitas[9]과 Knox[10]은 삽입 영상을 단순히 비트열로 취급하고, 워터마크를 삽입하는 데 있어 인간의 시각 특성을 고려하지 않았다. 워터마크는 인간의 시각 시스템으로부터 감추어져야 하므로 인간의 시각 시스템을 고려해야 한다. 그리고 Hsu[11]은 DWT의 다해상도를 이용하는 방법을 제안하였으나 삽입 영상 자체의 조작으로 인해 삽입 초기에 워터마크의 손실이 발생할 수 있다. Baof[12]은 DWT에서 양자화 매개변수를 모델링하여 양자화

된 값에 워터마크를 삽입하는 방식을 제안하였으나 워터마크 삽입 방식이 복잡하다.

워터마크를 영상에 삽입하는 방법은 크게 공간영역 방법과 주파수영역 방법으로 나눌 수 있다, 공간영역 방법은 영상 화소 자체를 조작하는 방법으로 계산량이 적다는 장점이 있으나 잡음이나 영상 필터 그리고 압축으로 인해 워터마크가 손상된다는 단점이 있다. 그리고 주파수 영역 방법은 영상을 주파수 영역으로 변환한 후에 워터마크를 삽입하는 방법이다. 주파수 영역으로 변환하기 위해 DCT(discrete cosine transform), DWT[3] 등을 이용한다. 이 방법은 원본 영상을 주파수 영역으로 변환하는 연산을 필요로 하지만 압축이나 영상 필터 그리고 압축에 강하다는 장점을 가지고 있다.[7]

본 논문에서는 주파수 영역 방법 중 DWT를 이용하여 워터마크를 삽입하였다. 주파수 영역에 워터마크 삽입시 비가시성을 위하여 제한된 부분에 한하여 워터마크를 삽입하였다. 하지만 이 제한된 부분이 영상에서 중요한 부분이라면 견고성 또한 유지할 수 있다. 제한된 부분의 선정 기준은 주파수 영역에서 높은 계수값은 영상에서 중요한 부분을 의미하므로, 이 값을 기준으로 선택하였다. 이 값을 ROI라 한다.[1] 그리고 대상 영상에 다른 영상을 결합하는 영상 융합(image fusion)을 이용하기 위해, 워터마크로 이진 로고 영상(64×64 pixels, 1 bit/pixel)을 1 레벨 DWT한 계수값을 사용한다. 웨이블릿 필터는 9/7 탭을 가지는 Antonini[3]가 제안한 방법을 사용하여 이진 로고 영상의 DWT 계수값은 전체 주파수 영역 기준으로 최소 -0.68에서 최대 2.19의 값을 가진다. 이 값을 대상 영상의 모든 주파수 영역에 ROI와 HVS를 이용하여 삽입한다.

본 논문의 구성은 2장에서는 이진 로고 영상을 변환하여 원영상에 삽입하는 방법 및 검출하는 방법에 대해 설명하고, 3장에서는 제안된 방법에 대한 실험 및 결과를 나타내며, 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 언급한다.

## 2. 로고 영상을 이용한 워터마크 삽입 및 검출

### 2.1 워터마크 삽입

본 논문에서 로고 영상을 워터마크로 변환하여 대상 영상에 삽입하는 개략적인 방법은 그림 1과 같다.

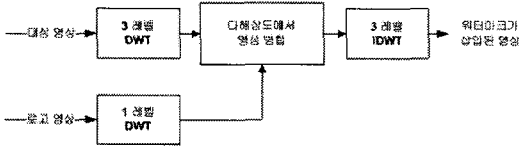


그림 1. 제안된 워터마크 삽입 방법

워터마크로 이진 로고 영상의 1 레벨 DWT 계수값을 사용하는 이유는 대상 영상의 주파수 대역에 워터마크를 삽입하고 IDWT(Inverse DWT) 하였을 때, 삽입된 워터마크도 동일하게 IDWT 되어 워터마크가 삽입된 영상에 이진 로고 영상 형태를 내재적으로 포함시키기 위해서이다. 즉 대상 영상에 원하는 영상을 융합하기 위해서이다. 크기가  $2^{n_x} \times 2^{n_y}$  영상을 3 레벨 DWT하게 되면  $2^{n_x-3} \times 2^{n_y-3}$  크기의 LL 영역을 만들고, 반대로  $2^{n_x-3} \times 2^{n_y-3}$  크기의 LL 영역을 기반으로 DWT의 MRA(multiresolution analysis)[4]의 합성 과정을 3 단계 수행하면  $2^{n_x} \times 2^{n_y}$  영상이 만들어진다. 즉 8배의 크기로 확장된다. 만약 LL 영역 내 다른 영상의 DWT 계수값을 넣고 IDWT를 수행하게 되면 LL 영역 내 다른 영상의 DWT 계수값도 동일한 영향을 받게 된다. 마찬가지로 대상 영상의 LH, HL, HH 영역에 다른 영상의 DWT 계수값을 넣고 대상 영상에 대해 IDWT를 수행하면 다른 영상의 DWT 계수값도 동일하게 영향을 받을 것이다. 그런데 대상 영상의 LL, LH, HL, HH 영역에 삽입되는 다른 영상의 DWT 계수값이 크다면 대상 영상을 통해 다른 영상의 형태를 가지적으로 보게 된다. 그래서 계수값이 작은 영상을 삽입하고, 삽입되는 위치도 제한적으로 선택하여 대상 영상에 삽입되는 영상의 형태가 가지적으로 나타나지 않도록 하였다.

대상 영상을 3 레벨 DWT하면 HL 영역과 HH 영역 그리고 LH 영역이 3개씩 생기고, 로고 영상의 HL 영역과 HH 영역 그리고 LH 영역을 대상 영상과 동일한 영역에 보다 많이 분산하여 삽입할 수 있다. 하지만 대상 영상을 4 레벨 DWT 하게 되면 대상 영상의 LL 영역의 크기가 로고 영상의 LL 영역과 동일하여 워터마크를 제한적으로 선택하여 삽입할 수 없게 된다.

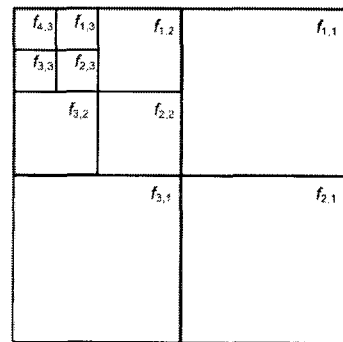
대상 영상에 대해 3 레벨의 DWT를 수행하여 크기가  $2^{n_x} \times 2^{n_y}$ 인 대상 영상  $f(m,n)$ 에 대한 각 주파수 영역과 각 해상도 레벨에 해당하는 DWT 계수값을  $f_{o,l}(m,n)$ ,  $o \in \{1,2,3,4\}$ ,  $l \in \{1,2,3\}$ 로 표시한다.  $o$ 는

수평, 대각, 수직 및 DC 성분에 대한 주파수 영역을 나타내며  $l$ 은 해상도 단계를 나타낸다.  $(m,n)$ 은 해상도내 위치를 나타낸다. 크기가  $2N_{w_x} \times 2N_{w_y}$ 인 이진 로고 영상에 대해 1 레벨 DWT를 수행하면 크기가  $N_{w_x} \times N_{w_y}$ 인 부영상  $w_{o,1}(p,q)$ ,  $o \in \{1,2,3,4\}$ 이 생성된다.  $(p,q)$ 는 부영상내 위치를 나타낸다. 그리고  $N_{w_x}$ 와  $N_{w_y}$ 는  $2^k$ 이다. 그림 2는 이것을 그림으로 나타낸 것이다.

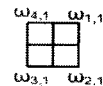
워터마크를 대상 영상에 삽입하는 방법은 대상 영상의 모든 주파수 영역을 중복되지 않게  $w_{o,1}(p,q)$ 과 동일한 크기인  $N_{w_x} \times N_{w_y}$ 크기로 분할한다.  $N_{w_x} \times N_{w_y}$ 크기로 분할된 블록을  $f_{o,l}^i(m,n)$ 로 나타낸다.  $i$ 는 각 주파수 영역에서 블록의 개수를 나타내며, 총 개수는  $2^{n_x+n_y-2(l+k)}$ 이다.  $f_{o,l}^i(m,n)$ 에  $w_{o,1}(p,q)$ 을 삽입할 때, 동일 주파수 방향으로 삽입한다. 즉  $w_{2,1}(p,q)$ 은 모든  $l$ 에 대하여  $f_{2,l}^i(m,n)$ 에 대해서만 삽입한다.

주파수 영역에서 워터마크가 삽입되는 위치에 따라 워터마크의 견고성과 비가시성 사이에 상충관계(trade-off)가 생기기 때문에, 주파수 영역에서 워터마크가 삽입되는 부분을 결정하는 것은 아주 중요하다.[5] 그리고 많은 영역에 크기가 큰 워터마크를 삽입하게 되면 견고성을 보장 받을 수 있다는 장점은 있으나 영상의 열화가 발생한다는 단점이 있다.

$f_{o,l}^i(m,n)$ 내 특정한 값에 대해서만  $w_{o,1}(p,q)$ 내 동일 위치의 값을 삽입한다. 이것은 대상 영상의 화질 저



(a)



(b)

그림 2. 영상에 대한 DWT 도식: (a) 대상 영상의 3레벨 DWT, (b) 이진 로고 영상의 1레벨 DWT.

하를 최소화시키면서 워터마크의 견고성을 유지하기 위해서이다. 영상에서 시각적으로 중요한 계수값은 큰 값을 가지며, 이 계수값들은 압축과 같은 영상 처리 후에도 변화가 적다.[1] 그래서  $f_{o,l}^i(m,n)$ 의 계수값 중 절대값이 가장 큰 값을 이용하여 임계값을 설정하고 그 임계값 이상인 부분에 대해서만  $w_{o,1}(p,q)$  내 동일 위치의 값을 더한다. 임계값을 정하는 수식은 (1)과 같다.

$$T_{o,l}^i = \frac{|\max_{\text{over all}} f_{o,l}^i(m,n)|}{d} \quad (1)$$

(1)의  $d$  값을 어떻게 설정하느냐에 따라 대상 영상의 블록  $f_{o,l}^i(m,n)$ 에 대한 워터마크의 삽입 강도가 틀려진다. 즉  $d$  값이 클수록 블록 내 워터마크가 많이 삽입되어 워터마크의 견고성이 커진다.  $d$  값은  $w_{o,1}(p,q)$ 을 대상 영상의 각 주파수 영역에 분산하여 다 삽입할 수 있는 값을 기준으로 자동 설정한다. 영상의 특성에 따라 차이가 있지만 임계값이 높을 경우  $w_{o,1}(p,q)$  값 중 삽입되지 않는 값들이 발생한다. 실험에 의해  $d$  값을 5로 정하였다.

$f_{o,l}^i(m,n)$ 내 임계값에 의해 선택된 계수값에 대해 HVS를 적용하여 워터마크를 삽입한다. HVS는 사람의 눈이 가지는 여러 가지 특성들을 고려하여 인간이 지각할 수 없는 범위에 워터마크를 삽입하기 위한 시스템이다.[2] 인간의 눈은 높은 해상도 영역과 45° 방향의 영역에 있는 잡음에 둔감하며, 영상의 밝거나 어두운 곳에 있는 잡음에도 둔감하다.

$$\theta_{o,l}^i = \begin{pmatrix} \sqrt{2}, & \text{if } o=2 \\ 1, & \text{otherwise} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1.00, & \text{if } l=1 \\ 0.32, & \text{if } l=2 \\ 0.16, & \text{if } l=3 \\ 0.10, & \text{if } l=4 \end{pmatrix} \quad (2)$$

(2)는 인간의 눈이 높은 해상도 영역과 45° 방향의 영역에 있는 잡음에 덜 민감하다는 특성을 나타낸 것이다.

$$A_{o,l}^i(m,n) = 3 + \frac{1}{256} f_{4,3}^i \left( m + \left\lfloor \frac{i}{2^{3-l}} \right\rfloor, n + \left\lfloor \frac{j}{2^{3-l}} \right\rfloor \right) \quad (3)$$

(3)은 인간의 눈이 아주 밝고 어두운 성분에 대해서 덜 민감하다는 특성을 이용한 것으로 LL 영역인  $f_{4,3}^i(m,n)$ 을 기준으로 계산한다. 이는 웨이블릿 해석의 특징을 이용한 것으로 각 레벨의 같은 위치에 있는 계수값은 서로 밀접한 연관관계가 있는 것에 근거

한다.

$$V(f_{o,l}^i(m,n)) = \theta_{o,l}^i \cdot A_{o,l}^i(m,n) \quad (4)$$

(4)는 HVS 특성을 워터마크에 적용하기 위해 (2)와 (3)을 통합한 것이다.

$$W_{o,1}^i(m,n) = \alpha \cdot V(f_{o,l}^i(m,n)) \cdot w_{o,1}^i(p,q) \quad (5)$$

(5)에서  $W_{o,1}^i(m,n)$ 는 워터마크에 매개변수  $\alpha$ 와 HVS의 특성을 결합한 값이다.  $\alpha$  값은 워터마크의 강도를 나타내는 매개변수로 이 값이 크면 워터마크의 견고성은 커지나 워터마크의 비가시성은 저해된다. LL 영역을 제외한 주파수 영역  $o \in \{1,2,3\}$ 에 대해서는,  $\alpha$  값을 2.5 이상 증가시키지 않는다.  $\alpha$  값이 2.5 이상인 경우, 워터마크를 삽입한 Airplane 영상과 Goldhill 영상을 샤프닝 하면 로고 형태가 부분적으로 나타난다. 워터마크가 삽입된 영상이 왜곡될 경우,  $\alpha$  값에 따라 워터마크 검출 정도가 달라진다. 본 논문에서는 매개변수  $\alpha$  값을 이용해, 워터마크 영상의 왜곡에 대해 워터마크가 검출되는 정도를 실험을 통하여 가시적으로 보여줄 것이다.

$$f_{o,l}^{w,i}(m,n) = f_{o,l}^i(m,n) + W_{o,1}^i(m,n) \quad (6)$$

(6)은 대상 영상에 워터마크를 삽입하는 과정을 나타낸다.  $f_{o,l}^{w,i}(m,n)$ 는 워터마크가 삽입된 DWT 계수값이다.

그림 3은  $N_{wx} \times N_{wy}$  블록별로 워터마크를 삽입하

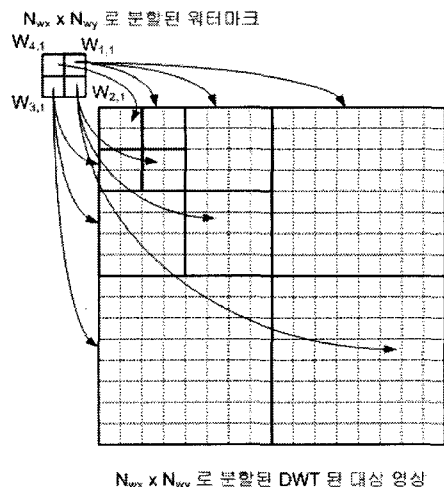


그림 3. 대상 영상의 DWT 된 영역에서 워터마크 삽입 방법

는 과정을 나타낸 그림이다. 그림 3의 왼쪽 상단에 있는  $W_{o,i}(p,q)$ 을 대상 영상의 동일 주파수 영역에 있는 블록 내 ROI 부분에 대해서만 삽입한다. 예를 들면, 워터마크의  $o=1$ 인 부분은 대상영상의  $o=1$ 인 부분에 삽입된다.

### 2.2 워터마크 검출

본 논문에서 대상 영상에 삽입된 워터마크를 검출하는 방법은 두 가지이다. 첫 번째 방법은 대상 영상의 주파수 영역에 이진 로고 영상의 1 레벨 DWT 계수값을 삽입함으로써 워터마크가 삽입된 영상에 잠재적으로 내포하고 있는 로고 형태를 검출하는 방법이다. 이 방법은 아주 간단하게 워터마크의 존재 여부를 파악할 수 있다. (7)은 첫 번째 방법(검출방법 1)을 나타낸 식이다.  $f(m,n)$ 는 원영상을 나타내며,  $f_w(m,n)$ 는 워터마크가 삽입된 영상을 나타낸다.  $d(m,n)$ 은 원영상과 워터마크가 삽입된 영상의 차영상을 나타낸다.

$$d(m,n) = f(m,n) - f_w(m,n) \tag{7}$$

이 방법은 워터마크가 삽입된 영상에 대한 왜곡 중 특히 가우시안 노이즈에 강하다.

워터마크를 검출하는 두 번째 방법(검출방법 2)은 원영상과 워터마크가 삽입된 영상을 호출하여 3 레벨 DWT한 후, 호출한 두 영상을 비교하여 이진 로고 영상을 검출하는 것이다. (8)은 검출방법 2를 나타낸 식이다.  $\tilde{f}_{o,i}^{w,i}(m,n)$ 는 워터마크를 검출하고자 하는 영상의 블록내 계수값이고,  $\tilde{w}_{o,i}^i(m,n)$ 는 워터마크를 검출하고자 하는 영상의  $o \in \{1,2,3,4\}$ 에 따라 각각 검출된 DWT 계수값이다.

$$\tilde{w}_{o,i}^i(m,n) = \frac{\tilde{f}_{o,i}^{w,i}(m,n) - f_{o,i}^i(m,n)}{\alpha \cdot V(f_{o,i}^i(m,n))} \tag{8}$$

$\tilde{w}_{o,i}^i(m,n)$ 는 워터마크를 검출하고자 하는 영상의 각 주파수 영역의 블록내에서 임계값 이상인 부분에만 검출된다.

그림 4는 검출방법 2의 워터마크 검출 과정을 나타낸 것이다.

이진 로고 영상을 삽입하는 궁극적인 목적인 워터마크 존재 여부를 시각적으로 판별하기 위해, 검출된 DWT 계수값을 1 레벨 IDWT 하여 로고 영상을 검

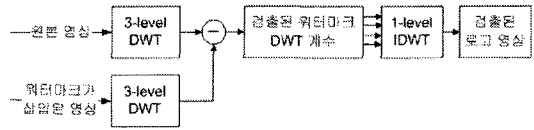


그림 4. 워터마크 검출방법 2에 대한 과정

출한다. 검출된 이진 로고 영상을 시각적으로 판별하기 위해 8 비트 그레이레벨 영상으로 변환한다.

### 3. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 워터마크 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 컴퓨터 모의실험을 행하였다. 그림 5는 본 실험에서 사용되는 이진 로고 영상(64\*64 pixels, 1 bit/pixel)으로 0과 1의 화소값을 가진 영상을 화면으로 나타내면 가시적으로 볼 수 없어 화소값 1을 255로 전환하여 나타내었다. 그리고 이진 로고 영상의 형태를 S 자로 선택한 이유는 검출방법 2가 워터마크를 잘못 검출할 경우 S자가 6이나 8 또는 9로 왜곡되어 검출될 수 있고, 이 검출 결과를 이용하여 검출방법 2의 문제점을 파악하기 위해서이다.

그림 6은 실험에 사용된 영상들(512\*512 pixels, 8 bits/pixel)에 대해 임계값의 크기를 결정하는  $d$  값에 대한 결과를 나타낸 것이다. (1)의  $d$  값에 따라  $N_{w,x} \times N_{w,y}$  크기의 워터마크를 다 삽입할 수 있는지를 조사한 것이다. 그림 6에서 Y축의 1은 워터마크를 다 삽입한 경우를 나타낸 것이다.

그림 7은 Barbara 영상의 주파수 영역에서 임계값 ( $d=5$ )에 따라 워터마크가 삽입된 위치를 흰 부분으로 나타낸 것이다. Barbara 영상의 경우, HL과 HH 그리고 LH 영역에 대해서는 (1)의  $d$  값이 3 이상인



그림 5. 실험에 사용된 로고 영상

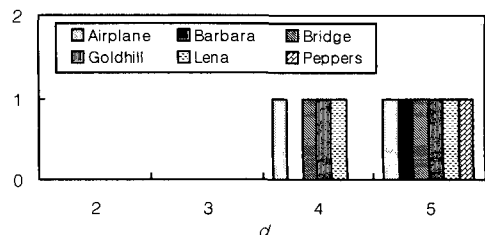


그림 6. (1)의  $d$ 값에 따른 워터마크 삽입 정도

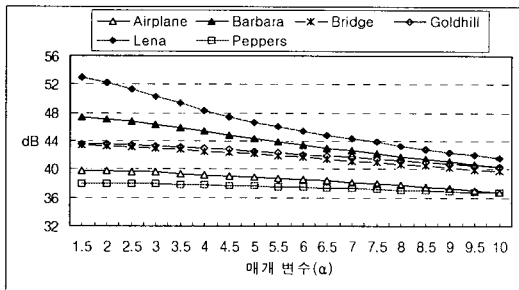


그림 7. 주파수 영역에서 워터마크 삽입 위치(Barbara,  $d=5$ )

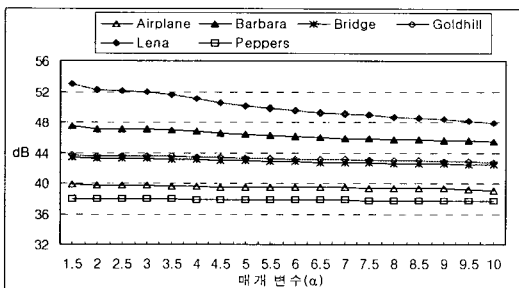
경우 워터마크를 다 삽입할 수 있으나, LL 영역은  $d$  값이 5 이상인 경우에 워터마크를 다 삽입할 수 있었다.

그림 8은 (5)에서 워터마크 강도를 나타내는 매개 변수  $\alpha$  값의 증가에 따른 각 영상들의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)를 나타낸 것이다.

그림 8 (a)은 모든 주파수 영역에 대해 동일하게  $\alpha$  값을 증가시킨 결과이고, (b)는 주파수 영역



(a)



(b)

그림 8.  $\alpha$  값에 따른 PSNR 결과: (a) 모든 주파수 영역에 대해  $\alpha$  값 동일 적용, (b) DC 영역만 증가(if  $\alpha \geq 2$  in  $\alpha \in \{1,2,3\}$ ,  $\alpha = 2$ ).

$\alpha \in \{1,2,3\}$ 에 대해서는  $\alpha$  값이 2를 초과할 경우 2로 고정시키고, LL 영역만  $\alpha$  값을 증가시킨 결과이다. 매개변수 값을 동일하게 증가시키면 워터마크의 견고성은 커지나 비가시성이 저하된다. 특히  $\alpha$  값을 동일하게 증가시킨 워터마크 영상을 샤프닝하면 영상에 로고 형태가 나타난다.

그림 9는  $\alpha$  값을 3.5로 지정하여 워터마크를 삽입한, 왜곡이 없는 Airplane 영상에 대해서 검출방법 1을 이용하여 검출한 결과이다.

그림 10에서 흰색 바탕의 S자는 LL 영역에 삽입된 워터마크로 인해 생성된 결과이고, 희미하게 보이는 에지 형태의 S 자는 다른 주파수 대역에 삽입된 워터마크로 인해 생긴 결과이다. 흰색 바탕의 S자가 부분적으로 나타나지 않은 경우는 대상 영상의 LL 영역에서 워터마크가 삽입되지 않은 부분을 나타낸다.

$$NC = \frac{\sum_p \sum_q^{N_{sc}} (w_{o,1}^i(p,q) \cdot \tilde{w}_{o,1}^i(p,q))}{\sum_p \sum_q^{N_{sc}} (w_{o,1}^i(p,q))^2} \quad (8)$$



그림 9. 검출방법 1에 의해 검출된 결과( $\alpha=3.5$ )



(a)

(b)

그림 10. Blur에 대한 검출방법 1의 결과: (a) 3x3, (b) 5x5.

검출된 워터마크를 가시적인 판별과 정규화된 상관도(Normalized Correlation)를 이용하여 비교하였다.

표 1은  $\alpha$  값을 4로 지정하여 워터마크를 삽입한 Airplane 영상에 대해, 크기가 다른 마스크를 사용한 Blur로 왜곡한 경우, PSNR 및 NC를 나타낸 것이다.

그림 10은 Blur에 대한 검출방법 1의 결과이다.

그림 11은 Blur에 대한 검출방법 2의 결과이다.

표 2는  $\alpha$  값을 6로 지정하여 워터마크를 삽입한 Lena 영상에 대해, 크기가 다른 마스크를 사용한 Median으로 왜곡한 경우, PSNR 및 NC를 나타낸 것이다.

그림 12는 Median에 대한 검출방법 1의 결과이다.

그림 14는 Bao[12]가 제안한 알고리즘으로 워터마크를 삽입한 Lena 영상에 대해, 3×3 Median한 후

표 1. 워터마크가 삽입된 Airplane 영상을 Blur한 경우의 PSNR과 NC ( $\alpha = 4$ )

Attack		PSNR	NC
Blur	3×3	30.22	0.5
	5×5	26.74	0.48



그림 11. Blur에 대한 검출방법 2의 결과: (a) 3×3, (b) 5×5.

표 2. 워터마크가 삽입된 Lena 영상을 Median한 경우의 PSNR과 NC ( $\alpha = 6$ )

Attack		PSNR	NC
Median	3×3	35.44	0.65
	5×5	31.34	0.52

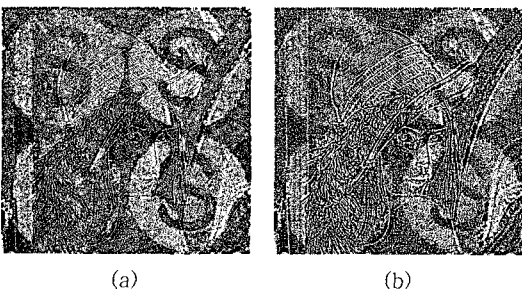


그림 12. Median에 대한 검출방법 1의 결과: (a) 3×3, (b) 5×5.

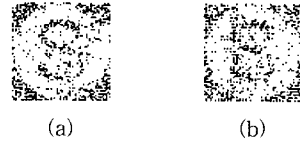


그림 13. Median에 대한 검출방법 2의 결과: (a) 3×3, (b) 5×5.



그림 14. Bao[12]의 Median 결과: (a) 사용한 로고영상, (b) 3×3 Median 결과.

검출한 결과이다.

표 3은  $\alpha$  값을 9로 지정하여 워터마크를 삽입한 Lena 영상에 대해, Sharpen과 Gaussian Noise 그리고 Cropping 한 경우, PSNR 및 NC를 나타낸 것이다.

그림 15는 표 3의 왜곡에 대한 검출방법 1의 결과이다.

Sharpen의 경우 고주파 영역을 통과시키는 특성으로 인해  $\alpha$  값이 낮을 경우 LL 영역이 반영되어 나타나는 큰 로고 영상이 검출방법 1에 의해 잘 검출되지 않는다. 그리고 Gaussian Noise의 경우,  $\alpha$  값이 1.5이며 Noise가 60% 추가된 경우만 검출방법 1에 의해 검출이 가능했으나,  $\alpha$ 이 9인 경우는 Noise가 100% 추가된 경우에도 검출이 가능하다.

Cropping은 Bao[12]와 비교하기 위해 동일한 크기로 Cropping 되었다.

그림 16은 표 3의 왜곡에 대한 검출방법 2의 결과이다.

Cropping의 경우 Bao[12]은 워터마크의 일부분이 손실되지만 그림 15의 Cropping 결과를 보면 알 수 있듯이 대상 영상의 일부분이 없더라도 삽입된 워터마크가 존재하므로 검출방법 2에 의해 워터마크의

표 3. 워터마크가 삽입된 Lena 영상을 왜곡한 경우의 PSNR과 NC ( $\alpha = 9$ )

Attack	PSNR	NC
Sharpen	28.61	0.93
Gaussian Noise 10%	29.13	0.52
Gaussian Noise 100%	11.22	0.01
Cropping	14.31	0.92

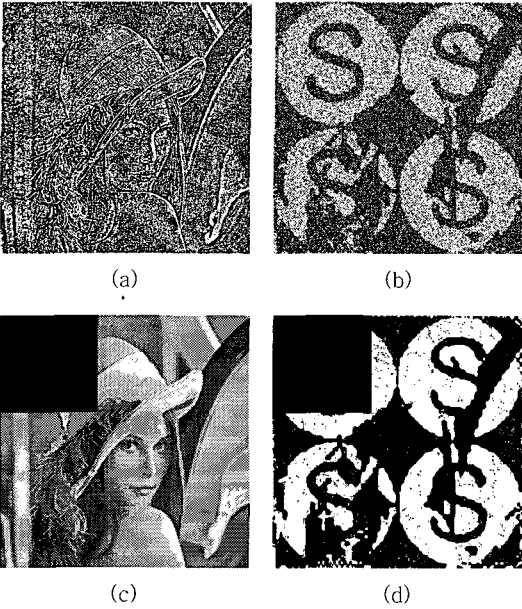


그림 15. 표 3의 왜곡에 대한 검출방법 1의 결과: (a) Sharpen, (b) Gaussian Noise 100%, (c) Cropping한 영상, (d) Cropping 검출 결과.

완전한 검출이 가능하다. Sharpen의 경우  $\alpha$  값이 증가하면 검출방법 2가 검출방법 1보다 더 좋은 결과를 나타낸다. Gaussian Noise의 경우 검출방법 1이 검출방법 2보다 더 좋은 결과를 나타낸다.

표 4는 Lena 원영상과  $\alpha$  값을 9로 지정하여 워터마크를 삽입한 Lena 영상에 대해 JPEG 압축을 한 경우, PSNR을 나타낸 것이다. 본 논문과 가장 유사한 방식인 Hsu[11]과 비교하기 위해 Lena 영상을 이용하였다.

표 4를 보면 압축률이 2.9:1 이상인 경우 원영상과 워터마크가 삽입된 영상간의 PSNR의 차이가 크지

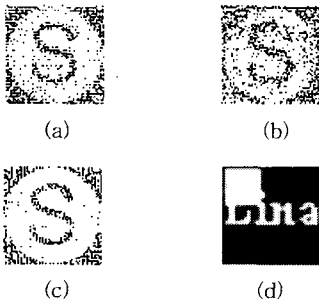


그림 16. 표 3의 왜곡에 대한 검출방법 2의 결과 및 비교: (a) Sharpen, (b) Gaussian 10%, (c) Cropping, (d) Bao[12]의 Cropping.

표 4. Lena 원영상과 워터마크가 삽입된 Lena 영상의 JPEG 압축시 PSNR ( $\alpha=9$ )

워터마크 유무	JPEG Compression ratio						
	1.5	2.9	4.7	6.9	7.8	9.8	13.5
×	53.40	43.41	39.75	38.93	36.73	34.06	32.14
○	47.69	42.39	39.29	38.56	36.50	33.93	32.06

않은 것을 알 수 있다.

그림 17은 JPEG 압축에 따른 검출방법 1의 결과이고 그림 18은 검출방법 2의 결과이다. JPEG 압축률이 6.9:1인 경우에는 로고 형태를 정확히 검출할 수 있지만 압축률이 7.8:1인 경우에는 로고 형태가 희미하게 나타난다.

표 5는 JPEG 압축에 따른 NC에 대해서 Hsu[11]와 비교한 것이다. 본 논문에서 제안한 방법이 Hsu

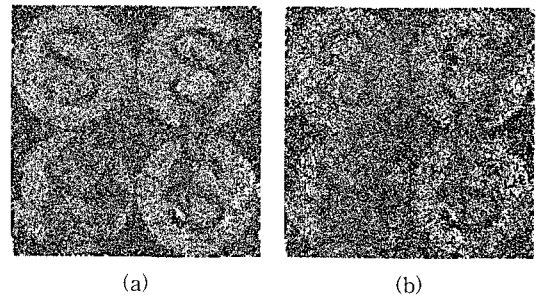


그림 17. JPEG 압축에 대한 검출방법 1의 결과: (a) 6.9:1, (b) 7.8:1.



그림 18. JPEG 압축에 대한 검출방법 2의 결과: (a) 6.9:1, (b) 7.8:1.

표 5. 워터마크가 삽입된 Lena 영상의 JPEG 압축시 NC ( $\alpha=9$ )

	본 논문에서 실험한 JPEG Compression ratio						
	1.5	2.9	4.7	6.9	7.8	9.8	13.5
NC	0.97	0.94	0.88	0.84	0.62	0.56	0.4
	Hsu[11]이 실험한 JPEG Compression ratio						
		3.48	5.26	6.68	8.04		
NC		0.78	0.68	0.61	0.56		



[11]보다 높은 압축률에서 더 좋은 결과가 나온 것을 알 수 있다. 가시적인 판별에서도 Hsu[11]이 제안한 방법은 압축률이 6.68:1 이상인 경우에는 객관적인 판별이 어렵다.

#### 4. 결 론

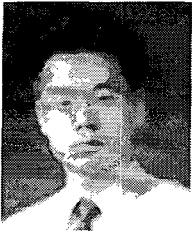
본 논문에서는 워터마크로 사용되는 값으로 단순한 난수열이 아닌 이진 로고 영상을 DWT 한 후 얻은 계수값을 이용하였다. 본 논문의 알고리즘은 대상 영상의 삽입 주파수 영역을 블록으로 분할하여 블록내 계수값간의 관계를 이용해 워터마크를 삽입하였고 워터마크 삽입 영역으로 잘 이용되지 않는 LL 영역에 워터마크를 삽입하여 주파수영역과 공간영역간의 관계를 이용하여 워터마크를 검출하였다.

본 논문에서 제안한 검출방법 중 하나인 검출방법 1에 의해 DWT된 주파수 영역에서 워터마크가 삽입되었을 때 삽입된 워터마크가 IDWT후 영상의 어떤 위치에 어떤 형태로 존재하는 지에 대해 알 수 있었다. 검출방법 2는 검출방법 1보다 저작권에 대해 보다 명확한 근거를 제공해준다. 이러한 두 가지 검출방법에 의해 워터마크 검출에 있어 서로 상호보완적인 관계를 가지게 되고, 이로 인해 검출율을 증가시킬 수 있게 된다.

본 논문에서는 원본영상을 이용하여 워터마크를 추출하는 블라인드 기법을 이용하였으나, 향후 워터마크 삽입 위치 정보를 이용하여 원본영상 없이 로고 이미지를 추출하는 방법에 대하여 연구를 진행할 예정이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] H. J. Wang and C. C. Jay Kuo, "A multi-Threshold Wavelet Coder For High Fidelity Image Compression," *IEEE Image Processing*, Vol. 1, pp. 652-655, 1997.
- [2] A. S. Lewis and G. Knowles, "Image compression using the 2-D wavelet transform," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 1, pp. 244-250, April 1992.
- [3] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image Coding using Wavelet Transform," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 1, No. 2, pp. 205-220, April 1992.
- [4] S. Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach Intel.*, Vol. 11, July 1989.
- [5] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoon, "Secure spread Spectrum watermarking for Multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 6, No. 12, pp. 1673-1687, Dec. 1997.
- [6] M. L. Miller, I. J. Cox, and JP M.G. Linnartz, "A review of watermarking principles and practices," *Published in Digital Signal Processing in Multimedia Systems*, Ed. K. K. Parhi and T. Nishitani, Marcell Dekker Inc., 461-485, 1999.
- [7] Gerhard C. Langelaar, Iwan Setyawan, and Reginald L. Lagendijk, "Watermarking digital image and video data," *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 20-46, Sep. 2000.
- [8] X. G. Xia, C. G. Boncelet, and G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," *Proc. of IEEE ICIP*, Vol. 3, pp. 548-551, 1997.
- [9] G. Voyatis and I. Pitas, "Digital image watermarking using mixing systems," *Comput. Graph.*, Vol. 22, No. 4, pp. 405-416, 1998.
- [10] K. T. Knox, "Reversible digital images," *Proc. SPIE, Security and Watermarking of Multimedia Contents*, Vol. 3637, pp. 397-401, Jan. 1999.
- [11] Chiou-Ting Hsu and Ja-Ling Wu, "Multiresolution Watermarking for Digital Images," *IEEE Transactions on circuits and systems-II: Analog and Digital Signal Processing*, Vol. 45, No. 8, pp. 1097-1101, August 1998.
- [12] Paul Bao and Xiaohu Ma, "Image Adaptive Watermarking Using Wavelet Domain Singular Value Decomposition," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 15, No. 1, pp. 96-102, Jan. 2005.



**김 동 현**

1993년 경희대학교 전자공학과 학사  
 1995년 경희대학교 전자공학과 공학석사  
 2005년 현재 경희대학교 전자공학과 박사과정 수료

관심분야 : 디지털 워터마킹, 영상처리, 멀티미디어 통신



**황 재 호**

1986년 경희대학교 전자공학과 학사  
 1991년 경희대학교 전자공학과 공학석사  
 2001년 경희대학교 전자공학과 공학박사  
 1991년~1998년 KT 전송기술 연구소 전임연구원

1998년~2000년 극동정보대학 멀티미디어과 교수  
 2001년~현재 수원여자대학 컴퓨터응용학부 교수  
 관심분야 : 디지털워터마킹, 영상압축, 영상처리



**안 치 현**

1998년 한남대학교 전자공학과 학사  
 2000년 경희대학교 전자공학과 공학석사  
 2005년 현재 경희대학교 전자공학과 박사과정 수료

2004년~현재 성신여자대학교 미디어정보학부 초빙교수  
 관심분야 : 멀티미디어 통신, Mobile Computing



**홍 충 선**

1983년 경희대학교 전자공학과 학사  
 1985년 경희대학교 전자공학과 공학석사  
 1997년 Keio University 정보통신과 공학박사

1988년~1999년 한국통신 통신망연구소 선임연구원/네트워킹 연구실장  
 1999년~현재 경희대학교 전자정보대학 교수  
 관심분야 : 인터넷 서비스 및 망 관리 구조, 네트워크 보안, Mobile Computing



**신 필 순**

1998년 충주대학교 컴퓨터공학과 학사  
 2000년 경희대학교 전자공학과 공학석사  
 2005년 현재 경희대학교 전자공학과 박사과정 수료  
 2005년~현재 루슨트테크놀로지

관심분야 : 컴퓨터네트워크, 지능형 홈네트워크



**이 대 영**

1964년 서울대학교 물리학과 학사  
 1971년 캘리포니아주립대학교 컴퓨터학과 공학석사  
 1979년 연세대학교 전자공학과 공학박사  
 1999년 한국통신학회 회장

1971년~현재 경희대학교 전자정보대학 교수  
 관심분야 : 컴퓨터네트워크, 디지털 워터마크, 지능형 홈네트워크