

# 저주파 대역의 픽셀 상관도를 이용한 웨이블릿 기반 블라인드 워터마킹 기법

준회원 유길상\*, 종신회원 장성갑\*\*, 정회원 이원형\*

## A Wavelet-based Blind Watermarking Scheme Using Pixel Correlation of Low Sub-band

Kil-Sang Yoo\* Associate Member,

Sung-Gahb Jahng\*\* Life Member, Won-Hyung Lee\* Regular Member

### 요약

현재까지 알려진 대부분의 워터마킹 기법들은 여러 가지 공격에 대한 강인성과 워터마킹된 영상의 비가시성을 동시에 만족하기 위하여 중간주파수 영역에 워터마킹을 삽입한다. 그러나 본 논문에서는 이산 웨이블릿 분해된 영상의 저주파 대역에 가우시안 랜덤 시퀀스를 삽입함으로써 강인성을 높이고 화질 열화가 발생하는 계수에 대하여 워터마크 삽입을 생략함으로써 비가시성을 만족하도록 하였다. 제안한 방식은 최저주파 대역의 이웃픽셀과의 상관도 계산에 의하여 워터마크를 삽입함으로써 추출시에도 동일한 과정을 통하여 원영상 없이도 워터마크를 검출할 수 있도록 하였다. 벤치마킹 도구를 통한 시뮬레이션 실험결과를 통해, 제시한 방법이 기존 연구와 비교하여 우수한 강인성을 보였다

**Key Words** : watermarking; wavelet; copyright; blind; watermark.

### ABSTRACT

Most watermarking techniques embed watermarks in the middle frequency range for robustness and invisibility. In our proposed watermarking algorithms embed the gaussian sequence watermark into low frequency area of the wavelet transform domain because the histogram of low sub-band area is composed by similar coefficients. Also, our proposed scheme doesn't need the original image in extraction procedure. The experimental results show good robustness against the CheckMark benchmarking tools.

### 1. 서론

인터넷의 급속한 확산으로 디지털 콘텐츠가 손쉽게 인터넷을 통하여 보급, 유포되고 있다. 그러나 디지털화된 데이터들은 쉽게 불법적으로 복제 및 조작할 수 있고, 원본과 복사본의 구분이 불가능하여 저작권 보호 문제가 심각하게 대두되고 있다<sup>1)</sup>.

워터마킹은 보호하고자 하는 멀티미디어 콘텐츠

에 자신의 소유권 정보에 해당하는 일련의 마크를 삽입함으로써 필요시 삽입된 정보를 추출하여 소유권을 확인할 수 있는 알고리즘을 말한다. 일반적으로 사용되는 저작권 보호용 영상 워터마킹에서는 영상의 화질을 손상시키지 않는 범위 내에서 워터마크를 삽입해야 하며, 압축과 고주파/저주파 필터링과 같은 영상처리 신호에 강건하여야 한다.

워터마킹의 여러 가지 기법으로는 원 영상의

\* 중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과 영상콘텐츠보호 연구실 (lucky@ms.cau.ac.kr, whlee@cau.ac.kr),

\*\* 중앙대학교 첨단영상대학원 영상예술학과 (makefilm@cau.ac.kr)

논문번호 : 030531-1202, 접수일자 : 2003년 12월 2일

※ 본 연구는 교육부 BK21 사업의 지원으로 수행되었습니다

LSB(Least Significant Bit)들을 변화시켜 공간영역(Spatial domain)에 워터마크를 삽입하는 기법<sup>[2][3]</sup>과 JPEG 압축 알고리즘에 사용하는 DCT (Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform)을 이용하는 주파수 영역(Frequency domain)에 워터마크를 삽입하는 기법<sup>[4][5]</sup>이 있다. 최근 만들어진 JPEG2000 압축 표준은 웨이블릿을 기반으로 하고 있으며 본 논문에서 제안하는 방법도 웨이블릿을 기반으로 두고 있다. 주파수 변환된 영상의 고주파 영역에 워터마크를 삽입하는 것은 압축과 같은 공격에 워터마크가 쉽게 사라지는 단점이 있으며, 반대로 저주파 영역에 삽입하게 되면 심한 화질 열화를 가져온다는 단점이 있다. 따라서 비가시성과 강인성을 동시에 만족하기 위하여 지금까지 중간주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 방법이 많이 연구되어 왔다<sup>[1][3][6][7]</sup>.

최근 저주파 영역에 워터마크를 삽입하고 강인성과 비가시성을 만족하는 연구가 되고 있는데 대표적으로 주상현 등이 최근 발표한 논문은 강인성을 위하여 최저주파수 대역에 워터마크를 삽입하고 화질 개선을 위하여 화질열화를 가져오는 부분에 대하여 워터마크를 삽입하지 않는 기법<sup>[8][9]</sup>을 제안하였다. 이 방법은 최저주파수 대역 LLn과 이에 해당하는 Wiener 필터링을 거친 LLn'과의 크기를 비교하여 워터마크를 삽입하고 추출하는 방식이다.

본 논문에서도 워터마크의 강인한 검출을 위하여 정지영상을 웨이블릿 변환한 후 가우시안 랜덤 시퀀스를 워터마크로 저주파 대역에 삽입한다. 이산 웨이블릿 변환된 영상은 저주파 대역으로 갈수록 이웃하는 계수값이 유사한 상관도를 보인다는 점에 착안하여 저주파 대역의 이웃 계수값의 평균값과의 상대적인 값으로 워터마크를 삽입한다. 추출시에는 원영상 없이도 워터마크를 검출할 수 있도록 하는 블라인드(blind) 워터마킹 방식이다. 블라인드 방식은 널블라인드 방식에 비해 공격에 대한 강인성 측면에서는 불리하나 원본영상의 보관이 불필요하고 사용이 용이하여 많은 분야에서 적용될 수 있다.

또한, 슈도랜덤 위치 발생기(pseudo random permutation)<sup>[10]</sup>에 의해 생성된 순서에 따라 발생된 랜덤 수열을 이용하여 삽입 위치를 정함으로써 함수에 사용된 Seed 키 값을 알고 있는 사용자만이 워터마크를 추출할 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안한 알고리즘의 구성과 삽입, 추출과정을 기술하고, 3장에서는 제안한 워터마킹 알고리즘의 압축 및 여러

가지 주파수 공격에 대한 강인성을 기존 블라인드 워터마킹 기법 논문과 비교 실험하고 4장에서는 제안한 실험결과를 통하여 이에 대한 문제점과 향후 과제에 대하여 기술하고 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. 제안 알고리즘

본 논문에서는 영상의 최저주파 부분에 워터마크를 삽입하기 위해 워터마크 삽입 과정에서 웨이블릿 변환을 이용하였다.

### 2.1 워터마크 삽입 알고리즘

Wavelet 변환은 수학, 전기, 의료, 통신 등 다양한 분야에서 독립적으로 발전되어 왔다. 특히, 이미지 압축에 있어서 wavelet 변환을 이용하면 높은 이미지 압축률과 고화질을 제공함이 알려져 있다. 현재 Wavelet은 JPEG2000에 사용되고 있는데 기존 JPEG보다 평균적으로 약 20%의 압축률 향상이 보고 되었다. 웨이블릿은 단일 원형 함수에 기반을 둔 뛰어난 time-scale 국부성으로 데이터를 다중해상도 표현 및 분석이 가능한데, 영상을 1단계 분할하면 네 개의 분할 영상을 얻을 수 있다. 각 부 영상들은 저주파 대역으로부터 고주파 대역으로의 계층적 정보를 가지고 있으며, 저주파 대역은 다음 단계로의 분할에 이용된다. 2단계 이상 웨이블릿 변환된 각 대역별(sub-band) 구조를 살펴보면 그림 1과 같다. 웨이블릿의 기저 함수는 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

$$(W_{\psi} f)(a, b) = \frac{1}{|a|^{1/2}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (1)$$

결국 DWT를 2차원적으로 적용할 때 image size가  $N \times N$  이라면, 최종적으로 4개의  $N/2 \times N/2$  size의 분할 영상(LL, LH, HL, HH)이 분석 결과로 나온다. 여기서 LL은 저주파 성분, LH는 영상의 수평 고주파 성분을 나타내고, HL은 수직 성분, HH는 대각선 고주파 성분을 담고 있다. 제안 알고리즘에서 워터마크의 삽입은 웨이블릿 변환된 저주파 LL 대역에서 이루어지며, 검출시 비밀성(Security)을 강화하기 위하여 슈도 랜덤 위치 순열 생성기를 이용하여 생성한 순열을 이용하여 삽입 위치를 결정한다.

삽입할 워터마크로는 가우시안 시퀀스를 사용한



그림 1. 2-Level 웨이블릿 변환

다. 가우시안 시퀀스는 가장 보편적이고, 많이 쓰이는 확률분포를 갖는다. 특 실험오차에 대한 측정 은 일반적으로 이 확률분포를 따른다. 가우시안 분포는 다음과 같이 주어지는 밀도를 이용한 연속적이면서도 대칭적인 분포이다.

$$P(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\delta^2}\right) \quad (2)$$

여기서 두 매개변수 평균 식(3)과 분산 식(4)는 다음과 같이 표현된다.

$$\mu = E[x] = \int xP(x) dx \quad (3)$$

$$\delta^2 = E[(x-\mu)^2] = \int (x-\mu)^2 P(x) dx \quad (4)$$

Cox et al.<sup>[3]</sup>이 제안한 대역확산스펙트럼 기법을 이용한 워터마크 삽입 알고리즘은 워터마크를 제거하기 위하여 의도적으로 시도하는 다양한 공격에 강한 특성을 가지고 워터마크 추출시 원본 영상이 필요한 눈블라인드(non-blind) 워터마킹기법이다. Cox는 식(5)의 공식을 이용하여 워터마크를 삽입하였다.

$$Y'_i = Y_i \cdot (1 + \alpha \cdot w_i) \quad (5)$$

여기에서  $Y'_i$ 는 워터마크가 삽입된 DCT계수,  $Y_i$ 는 원본 이미지의 DCT계수,  $\alpha$ 는 워터마크의 삽입강도를 조절하기 위한 파라메트값이고,  $w_i$ 는 워터마크 시퀀스이다.

본 논문에서는 Cox의 식을 개선하여 저주파 대역의 이웃 계수간의 상관도를 이용하여 인간 시각적으로 화질의 손상을 주는 부분에 워터마크를 삽입하고 검출시 원본 영상 없이도 워터마크 검출이 가능하도록 아래 식을 적용한다. 식(6)과 식(7)에서,  $w_i$ 는 삽입하고자 하는 LL 저주파 대역의 원래 계수 값이고,  $\alpha$ 는 삽입강도(scale factor),  $x_i$ 는 가



그림 2. 화질열화를 고려하지 않고 저주파대역에 워터마크 삽입 후 영상(좌)과 화질열화를 고려하여 임계치에 따라 저주파대역에 워터마크를 삽입 후 결과영상(우)

우시안 분포  $N(0,1)$ 을 갖는 워터마크 시퀀스(sequence)를 나타낸다. 이하 본 논문에서 표기된 식은 1차원 배열을 기준으로 기술한다.

$$m_i = \left| w_i - \frac{w_{i-1} + w_{i+1}}{2} \right| \quad (6)$$

$$w'_i = (w_{i-1} + w_{i+1})/2 \cdot (1 + \alpha \cdot x_i), \text{ if } m_i < \text{Threshold}$$

$$w'_i = w_i, \text{ Otherwise} \quad (7)$$

삽입 과정은, 먼저 식(6)을 이용하여 삽입하고자 하는 저주파 대역의 픽셀값과 그 이웃하는 픽셀과의 평균값의 차를 구하여 절대값  $m_i$ 를 구한다. 삽입 위치의 계수 값  $w_i$ 와의 절대값  $m_i$ 의 차가 임계값(threshold)을 초과하면 영상의 화질 열화를 고려하여 워터마크를 삽입하지 않고 임계값의 범위에 있으면 식(7)을 이용하여 워터마크를 삽입한다. 식(6)(7)에서 첨자  $i$ 는 랜덤순열에 의해 발생된 삽입위치 순열이다. 임계값은 워터마크된 영상의 비가시성을 만족하기 위하여 사용하는 것으로, 2단계 웨이블릿 분해된 256\*256 영상의 경우 Threshold = 40, 삽입강도  $\alpha = 0.02$ 를 사용하고 3단계 분해된 512\*512 영상에서는 웨이블릿 특성상 40의 배수 Threshold = 80으로 설정함으로써 비가시성을 만족할 수 있다. 그림 2에서 왼쪽의 영상은 화질열화를 고려하지 않고 워터마크를 삽입한 결과이고, 오른쪽 영상은 화질열화를 고려하여 임계치를 설정하여 워터마크가 삽입된 후의 결과이다.

이웃픽셀과의 상관도를 계산하여 화질열화를 고려하지 않고 워터마크를 삽입하였을 경우 그림2에서처럼 화질열화를 보인다. 그림 3에서 보듯이 삽입 후 LL대역의 계수값이 삽입전 계수 값보다

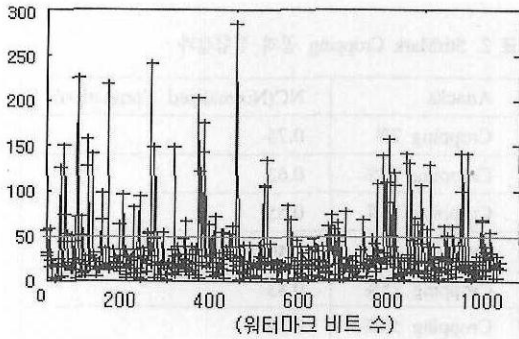


그림 3. 영상의 화질열화를 고려하지 않고 워터마크 삽입 후 저주파 계수값의 증가치(그림 2의 좌측영상 분석). X축-워터마크 비트수, Y축-워터마크 삽입 후 LL대역의 증가치

Threshold=40을 초과하는 경우 그림 2의 왼쪽그림처럼 화질 열화가 발생한다. 따라서 화질열화가 발생하는 40이상의 워터마크에 대하여 삽입을 생략함으로써 그림 2의 오른쪽 영상과 같이 비가시적인(invisible) 워터마크된 영상을 얻을 수 있다.

마지막으로 워터마크 삽입 알고리즘에 의하여 주파수 공간에 워터마크가 삽입된 영상을 다시 웨이블릿 역변환(IDWT: Inverse DWT)하게 되면 워터마크가 삽입된 영상을 얻게 된다. 원영상과 워터마크가 삽입된 영상은 비가시성 42[dB]로 원본영상과 워터마크된 영상간의 시각적으로 차이를 느낄 수 없음을 확인하였다.

### 2.2 워터마크 검출 알고리즘

본 논문에서 제안된 워터마크 검출 알고리즘은 워터마크 검출을 위해서 원영상을 필요로 하지 않는다. 먼저, 워터마킹된 영상으로부터 삽입된 워터마크를 추출하기 위하여 워터마킹된 영상을 이산 웨이블릿 변환을 수행한다. 다음으로 삽입 시에 사용한 seed 값을 이용하여 랜덤 삽입 위치 수열을 발생시키고 이들 순서를 이용하여 워터마크가 삽입된 위치를 찾는다. 워터마크 수열  $X_i$ 를 추출하기 위해서는 아래 식 (8)을 이용한다. 즉, 현재의 계수값과 이웃 계수들의 평균값과의 차가 임계치를 초과하거나 0에 가까운 신호일 경우 워터마크가 없거나 삽입과정에서 영상의 심각한 화질 열화발생 영역으로 삽입되지 않은 부분으로 판별하고 그렇지 않은 경우 워터마크 추출 역공식을 이용하여 원 워터마크 신호  $x'$ 를 검출하게 된다.

$$x'_i = 0, |w_i - (w_{i-1} + w_{i+1}) / 2| > Threshold$$

$$x'_i = \frac{w_i - (w_{i-1} + w_{i+1}) / 2}{((w_{i-1} + w_{i+1}) / 2) \cdot \alpha}, Otherwise$$
(8)

추출된 워터마크 수열은 삽입시에 사용한 레퍼런스 워터마크 수열 집합과의 상관도를 비교하여 특정 기준치를 넘는 피크가 뜨는 경우, 워터마크가 있다고 판단한다.

$$sim(x, x') = \frac{x \cdot x'}{x' \cdot x'}$$
(9)

원 워터마크와 검출된 워터마크와의 유사도 측정은 일반적으로 사용되는 Cox<sup>[3]</sup>의 공식 (9)을 사용한다. 원 워터마크 신호  $x$ 와 추출된 워터마크 신호  $x'$ 의 상관도 값들에 대한 표준편차의 6배에 해당하는 값을 유효성 판정의 기준으로 하며, 식(11)은 0에서 1의 범위내에서 결과 값이 1로 수렴할수록 두 워터마크 사이의 유사도가 높음을 나타낸다. 식 (11)을 이용한 상관도로 측정할 경우  $6\sigma = 0.193$  정도이다.

### III. 실험결과 및 평가

본 논문에서 제안하는 워터마크 삽입 및 추출 방법은 MATLAB 6.1에서 구현되었다. 본 실험은 512\*512\*8bit gray 영상을 사용하였고, 이산 웨이블릿 변환으로 Haar-wavelet을 적용하여 영상을 주파수 분할하고, 워터마크를 삽입하였다. 제안된 방식에 의해 생성된 영상은 원영상과 시각적으로 구별되지 않았으며, 위변조 확인 기능 및 Lossy compression(손실 압축), Low/High filtering(저/고주파 필터링), Noise addition(잡음추가), Cropping, 복합공격 등의 다양한 영상처리와 변형에 대해서 워터마크를 추출할 수 있는지 실험하였다.

본 실험에 사용된 영상들은 디지털 워터마크 이미지로 널리 사용되고 있는 영상들<sup>[11]</sup>을 이용하였고, 다른 워터마킹 알고리즘과의 비교는 Checkmark<sup>[12]</sup>에서 제공되는 5가지 실험영상을 이용하였으며, 대표적인 실험 결과값은 Lena 영상을 이용한 결과이다.

#### 3.1 여러 영상에서의 비가시성 평가

워터마킹 알고리즘에 의해 삽입된 영상과 원영상과의 비가시성(Invisibility)을 평가하기 위한 척도로

서 다음 식(10)을 사용하여 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 구하였고, 원본 워터마크와 추출된 워터마크 사이의 상관도(Correlation)를 평가하기 위한 방법으로는 Normalized Correlation을 구하였다<sup>[13]</sup>. 평가된 결과는 소수 셋째 자리에서 반올림한 값을 기록하였다

$$PSNR = 20 * \log_{10} \frac{255 * 255}{\sum (f(x) - f'(x))^2} \quad (10)$$

$$NC = \sum_{r_1} \frac{w_{r_1} \cdot w'_{r_1}}{w_{r_1}^2} = \sum_{r_1} \frac{w \cdot w'}{w^2} \quad (11)$$

워터마킹 비가시성을 만족하기 위하여 최소한 -30[dB]이상이어야 한다<sup>[14]</sup>. 표 1 에서 보는 것처럼 서로 다른 주파수 분포를 가지는 실험영상<sup>[14]</sup>에 대한 실험결과에서 42[dB] ±1 의 차이값의 범위 내에서 비슷한 결과값을 보임으로서 고주파 성분이나 저주파성분의 분포가 다른 어느 영상에나 관계없이 본 알고리즘은 동일한 비가시성을 만족함을 알 수 있다.

표 1 다양한 실험영상에서 비가시성 측정

영상	PSNR	영상	PSNR
F-16	41.03[dB]	Lena	42.72[dB]
Pentagon	41.65[dB]	Bridge	42.27[dB]
Peppers	42.41[dB]	Couple	41.70[dB]
Boat	41.84[dB]	Baboon	41.78[dB]

### 3.2 영상의 잘림(Cropping) 및 확대/축소(Scaling) 실험

StirMark 3.1<sup>[15]</sup>를 사용한 클로핑 실험결과, 영상 어느 부분을 제거하더라도 남은 25%만 있어도 완전한 워터마크를 추출할 수 있음을 알 수 있다. (StirMark를 이용한 50% 클로핑은 영상의 가로세로 비율을 50% 잘라냄으로서 실제 가장자리에 남겨진 영상은 25%이다.) 영상을 StirMark 75% 클로핑하여 검출하였을 경우에는 워터마크 검출이 되지 않았지만, 전반적으로 제안한 알고리즘이 클로핑 공격에 강인함을 알 수 있었다. 이러한 이유는 워터마크 비트를 전 영상에 걸쳐 랜덤하게 삽입하였기 때문으로 일부만 남아 있어도 상관도 검출이 가능하였다

StirMark를 사용한 Scaling 0.5 ~ 2.0 실험결과에서도, 영상의 줄임이나 확장 후에도 워터마크가 검출됨을 확인하였다. 스케일링 후 NC값은 0.84로 측

정되었다.

표 2 StirMark Cropping 공격 실험결과

Attacks	NC(Normalized Correlation)
Cropping 2%	0.75
Cropping 10%	0.62
Cropping 15%	0.55
Cropping 20%	0.49
Cropping 25%	0.43
Cropping 50%	0.19
Cropping 75%	0.04

### 3.3 압축 및 CheckMark 공격 실험

그림 4는 Lena 실험영상들에 대하여 JPEG압축 100 Quality에서 10% Quality씩 압축해 가며 압축에 대한 워터마크 추출 강인성을 실험한 결과이다. 실험에서 나타난 결과와 같이 10% Quality 압축하여도 워터마크가 완벽 검출됨을 확인하였다. 다른 영상을 통하여 압축실험을 한 결과에도 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 본 알고리즘은 특정 영상에 의존적이지 않고 영상에 따라 약간의 차이

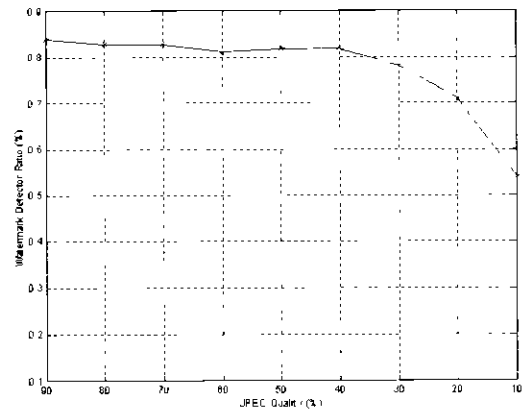


그림 4 JPEG 압축에 따른 워터마크 검출률 실험

를 보이지만 전체적으로 대부분의 영상에 대하여 적합한 알고리즘임을 알 수 있다.

특, 그림 5에서 보여 주듯이 영상을 6% Quality 까지 압축 후에도 워터마크가 검출되어 JPEG압축에 강인함을 알 수 있다.

### 3.4 기존 워터마킹 알고리즘과 비교 실험

표 3은 CheckMark에서 평가를 위해 매트랩으로 제공된 소스코드를 이용하여 기존방식과 비교 실험

표 3 CheckMark 공격실험에 대한 검출성능 비교

실험영상 공격종류(공격수)	im1	im2	im3	im4	im5	계
MAP (6)	6	6	6	6	6	30
JPEG (12)	11	12	12	12	12	59
Filtering (3)	3	3	3	3	3	15
Wavelet (10)	3	8	9	8	7	35
ML (7)	6	7	7	7	7	34
Remodulation (4)	4	4	4	4	4	20
reSample (2)	2	2	2	2	2	10
Copy(1)	0	0	0	0	0	0
ColorReduce(2)	0	1	1	1	0	3
검출 합계	35	43	44	43	41	206

한 결과이다. 결과치는 5가지 실험영상(im1, im2, im3, im4, im5)에 가해진 47가지 공격에 대하여 검출된 수를 나타낸다. 결과에서 알 수 있듯이 주상현 등<sup>[8]</sup>이 제안한 알고리즘은 JPEG 10% Quality 압축에서 워터마크 검출이 되지 않았지만 본 알고리즘은 모든 압축 테스트에서 완벽 검출됨을 확인하였다. 마찬가지로 Wavelet (JPEG2000)압축에서도 보다 강건함을 알 수 있다. 전체적으로 볼 때 제안한 알고리즘은 235번의 총 공격수에서 206번 워터마크가 검출되어 88% 검출율을 보여, 제안하는 기법이 우수한 편에 속함을 알 수 있다.

표 4 다른 블라인드 워터마킹과의 검출성능 비교

기법	Non-geometric 검출율(%) (5 images, 235 attacks)
frid2 <sup>[16]</sup>	70%
Dugad <sup>[17]</sup>	88%
Bruyn <sup>[18]</sup>	61%
Xie <sup>[19]</sup>	93%
Unige2000 <sup>[20]</sup>	61%
Joo <sup>[8]</sup>	84%
Proposed	88%

#### IV. 결론

본 논문에서 제안된 워터마킹 기법은 웨이블릿 저주파 대역의 특성을 이용하여 Cox의 널블라인드 워터마크 삽입공식을 개선하여 추출시 원영상 없이도 워터마크를 검출할 수 있는 블라인드 워터마킹

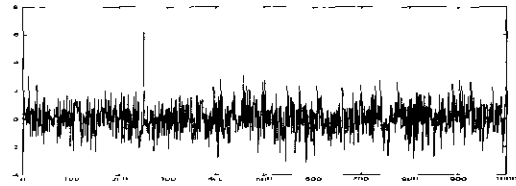


그림 5 JPEG 6% Quality 압축 후 워터마크 검출

기법을 제안하였다. 이산웨이블릿 변환된 영상은 저주파 대역으로 갈수록 이웃 계수값의 유사도가 높다는 특성을 이용하여 원영상을 이산 웨이블릿 주파수 공간으로 변환한 뒤 저주파 대역의 주변픽셀과의 상관도를 계산하여 워터마크를 삽입하였다. 실험결과, 제안한 방식은 다양한 영상에 대하여 동일한 결과를 나타내었고 워터마크 신호를 파괴하기 위한 다양한 공격에서 기존 논문에서 제안한<sup>[8]</sup> 저주파 대역에서의 블라인드 워터마킹 삽입방법과 비교하여 보다 우수함을 확인하였다.

앞으로의 연구과제로는 제안한 워터마킹 기법을 기반으로 공간영역에서의 기하학적인 변형에 대한 강인성이 강화된 디지털 워터마킹 알고리즘의 연구가 진행되어야 할 것이다.

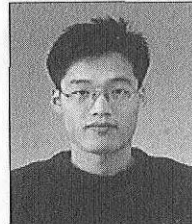
#### 참고 문헌

- [1] Chiou-Ting Hsu, Ja-Ling Wu, "Hidden digital watermarks in images", *Image Processing, IEEE Transactions on*, Volume. 8 Issue: 1 pp58-68, Jan 1999
- [2] Ioannis Pitas, "A method for watermark casting on digital image", *Circuits and Systems for Video Technology*, *IEEE Transactions on*, Volume: 8, Issue: 6, pp775 -780, Oct 1998
- [3] Cox, I.J. Kilian, J. Leighton, F.T. Shamoan, T., "Secure spread spectrum watermarking for multimedia", *Image Processing, IEEE Transactions on*, Vol 6, Issue: 12, pp1673-1687, Dec. 1997
- [4] Podilchuk, C.I.; Wenjun Zeng, "Image-adaptive watermarking using visual models", *Selected Areas in Communications*, *IEEE Journal on*, Volume: 16, Issue: 4, pp 525-539, May 1998
- [5] Kundur, D ; Hatzinakos, D. "A robust digital image watermarking method using

- wavelet-based fusion, "Image Processing", 1997. *Proceedings., International Conference on* , Vol 1 , pp544 -547, 1997
- [6] M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, A. Lippi, A. Piva, "A DWT-based technique for spatio frequency masking of digital signatures", *Proceedings of the SPIE/IS&T International 20 Conference on Securitz and Watermarking of Multimedia Contents*, vol. 3657, San Jose, CA, January 25-27, 1999.
- [7] Mauro Barni, Franco Bartolini, Alessandro Piva, "Improved Wavelet-Based Watermarking Through Pixel-Wise Masking", *IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING*, VOL. 10, NO. 5, pp783-791, MAY 2001
- [8] 주상현, 서용석, 상관도 기반의 강인한 블라인드 워터마킹 "한국정보처리학회 논문지 B, VOL.10, NO. 05 , pp.0479-0484, 2003.08
- [9] Sanghyun Joo , Youngho Suh , Jaeho Shin , Hisakazu Kikuchi and Sung-Joon Cho, A New Robust Watermark Embedding into Wavelet DC Components", *ETRI Journal*, vol.24, no.5, pp.401-404., Oct. 2002
- [10] Chiou-Ting Hsu; Ja-Ling Wu, "Hidden digital watermarks in images", *Image Processing, IEEE Transactions on* , Volume: 8, Issue: 1, pp58-68, Jan. 1999
- [11] fabien a. p. petitcolass Home, [http://www.cl.cam.ac.uk/~fapp2/watermarking/image\\_database/index.html](http://www.cl.cam.ac.uk/~fapp2/watermarking/image_database/index.html)
- [12] <http://www.watermarkingworld.org/checkmark/checkmark.html>
- [13] Stefan Katzenbeisser and Fabien A. P. Peticolas, "Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking", *ARTECH HOUSE INC*, pp 111-112, 2000
- [14] Petitcolas, F.A.P, "Watermarking schemes evaluation", *IEEE Signal Processing Maga ine* , Volume: 17 Issue: 5, pp58-64, Sep 2000.
- [15] [http://ww.cl.cam.ca.uk/~fapp2/watermarking/image\\_watermarking/stirmark/](http://ww.cl.cam.ca.uk/~fapp2/watermarking/image_watermarking/stirmark/)
- [16] J. Fridrich, "Combining low-frequency and spread spectrum watermarking," *Proc. SPIE Int. Szmposium on Optical Science, Engineering, and Instrumentation*, San Diego, USA, 1998.
- [17] R. Dugad, K. Ratakenda and N. Ahuja, "A new wavelet-based scheme for watermaking images," *Proc. IEEE Int. Conf. On Image Processing*, Vol. II, TA10.07, Oct., 1998.
- [18] V. Darmastaedter, J. F. Delaigle, J. J. Quisquater and B. M. Macq, "Low cost spatial watermarking," *Computer & Graphics, Elsevier Science Ltd., Great Britain*, Vol. 22, No. 4, pp.417-424, 1998.
- [19] L. Xie and G. Arce, "Joint wavelet compresion and authentication watermarking," *Proc. IEEE Int. Conference on Image Processing*, Chicago, Illinois, Vol.2, pp.427-431, Oct. 1998.
- [20] S. Pereira, S. Voloshynovskiy and T. Pun, "Optimal transform domain watermark embedding via linear programing," *Signal Processing, Special Issue: Information Theoretic Issues in Digital Watermarking*, May, 2001.

유 길 상(Kil-Sang Yoo)

준회원



2003년 8월 : 중앙대학교 영상공학과 석사 졸업  
2003년 9월~현재 : 중앙대학교 영상공학과 박사과정

<관심분야> 디지털 영상처리, 디지털 워터마킹, 콘텐츠 보호

장 성 갑(Sung-Gahb Jahng)

중신회원



중앙대 / 전자공학과 학사  
중앙대 / 정보제어공학 석사  
중앙대 / 영상정보공학 박사  
현재 중앙대 첨단영상대학원 영상예술학과 교수

<관심분야> 영상특수효과, 영상합성, 특수효과기술

이 원 형(Won-Hyung Lee)

정회원



현재 중앙대 첨단영상대학원 영  
상공학과 교수

<관심분야> 인공지능, 디지털 영상 콘텐츠 보호, 게  
임 렌더링