

논문 2005-42CI-3-8

# 인간시각 시스템 기반의 그레이로고 & 컬러 이미지의 워터마킹

( Watermarking of Gray Logo & Color Image based on Human  
Visual System )

노진수\*, 신광규\*, 이강현\*\*

( Jin Soo NOH, Kwang Gyu SHIN, and Kang Hyeon RHEE )

## 요약

최근 인터넷의 광범위한 보급과 연결 응용 프로그램들의 개발에 따라 디지털 멀티미디어 자료(사진, 영화, 디지털오디오)의 보급 및 사용이 쉬워지고 있다. 그렇지만, 디지털 신호는 복제가 용이하고 복제된 데이터가 원 데이터와 동일한 품질을 가질 수 있다. 이러한 문제점의 해결방안으로써 연구되거나 사용되고 있는 저작권 보호방법은 크게 암호화(encipher)에 의한 방법과 워터마킹(watermarking) 기술을 사용한 방법이 있다. 디지털 워터마킹은 지적재산권의 보호와 올바른 멀티미디어 자료의 소유권자를 인증하기 위해 사용되어진다. 본 논문은 컬러 정지영상에 웨이블릿 변환을 사용하여 256 그레이 로고 이미지와 컬러 이미지를 워터마크 시킬 수 있는 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 웨이블릿 변환 영역(LL, LH, HL, HH) 중 LH 주파수 영역에 워터마크를 삽입시켰으며, 워터마크에 데이터 통신에 사용되는 인터리빙 알고리즘을 적용시켜 워터마크 데이터량이 증가하여 PSNR이 감소하나 압축, 필터링, crop 등의 외부공격에 강인성을 가지게 된다.

## Abstract

Recently, The wide range of the Internet applications and the related technology developments enabled the ease use of the digital multimedia contents (fixed images, movies, digital audios). However, due to the replay ability which the contents may be easily duplicated and not only the duplicates are capable of providing the same original quality. There are mainly the encipher techniques and the watermarking techniques which are studied and used as solutions for the above problem in order to protect the license holders' rights. To the protection of the IP(Intellectual Property) rights of the owner, digital watermarking is the technique that authenticates the legal copyrighter. This paper proposed the watermarking algorithms to watermark the 256 gray logo image and the color image by applying the wavelet transformation to the color stand-still images. The proposed algorithms conducted the watermark insertion at the LH frequency region among the wavelet transformation regions (LL, LH, HL, HH). The interleaving algorithms which applied in data communication was applied to the watermark. the amount of watermark increased which consequently caused the PSNR to decrease but this might provide the perseverance against the external attacks such as extraction, filtering, and crop.

**Keywords :** Watermarking, Wavelet, HVS, Gray Logo & Color Image, Benchmarking

## I. 서론

\* 정회원, 조선대학교 대학원 박사과정  
(Dr. Degree, Graduate School, Chosun University)

\*\* 정회원, 조선대학교 전자정보공과대학 전자공학과  
(Dept. of Electronic Eng., College of Elec-Info  
Eng., Chosun University)

접수일자: 2005년4월13일, 수정완료일: 2005년4월28일

최근 인터넷의 광범위한 보급과 관련 기술의 발전에 따라 손쉽게 디지털 멀티미디어 콘텐츠(정지영상, 동영상, 디지털 오디오 등)를 이용할 수 있게 되었다. 그러나 디지털 신호가 가지는 뛰어난 원본 재생능력 때문에

복제가 용이하고 복제된 콘텐츠는 원래의 콘텐츠와 동일한 품질을 가질 뿐만 아니라, 추가적인 조작으로 새로운 원본 데이터를 만들어 낼 수 있으므로 원 정보 소유자의 식별이 불가능하게 된다.

이러한 문제점의 해결방안으로써 연구되거나 사용되고 있는 저작권 보호방법은 크게 암호화(encipher)에 의한 방법과 워터마킹(watermarking) 기술을 사용한 방법이 있다. 암호화에 의한 방법은 원영상 정보를 인지할 수 없도록 변형 또는 암호화하여 전송함으로써 변형을 복귀할 수 있는 키(key)를 가진 정당한 가입자들은 원영상의 내용을 볼 수 있고 그렇지 않은 수신자들은 볼 수 없도록 하여 정당한 수신자를 보호하는 방법이다. 그렇지만 일단 암호화가 풀린 영상은 불법적으로 복사, 유통될 수 있으며 또한 인터넷상의 웹 브라우저에서 JPEG 손실 압축과 같은 방식으로 인코딩된 영상을 표시하기 위해 사용하는 경우에는 암호화를 통한 접근 제어가 불가능하다. 반면에 디지털 데이터 자체에 소유권 정보를 임의의 사용자가 구분할 수 없게 삽입하는 디지털 워터마킹 방법은 디지털 데이터의 소유권자를 구별 한다는 관점에서 복호화 후의 영상의 불법적인 조작과 유통 등을 방지할 수 있다<sup>[1,2]</sup>.

정지영상에 대한 비시각적 워터마킹 방법들은 흑백 정지영상을 대상으로 공간 영역과 주파수 영역에서 많은 연구가 이루어졌으며 여러 가지 알고리즘들이 제안되었다<sup>[3~6]</sup>. 그러나 현재 디지털 멀티미디어 콘텐츠 영상의 약 90% 이상이 컬러 정보를 포함 한다는 통계를 감안할 때 흑백영상에 대한 워터마킹 방법을 그대로 적용하기보다는 컬러영상에 적합한 새로운 워터마킹 방법이 요구되고 있다. 기존의 컬러영상에 대한 워터마킹 기법은 컬러영상의 밝기(luminance)성분에 흑백영상에 대한 워터마킹 기법을 그대로 적용하거나 또는 RGB 컬러성분에 각각 적용하기 때문에 컬러영상의 특성을 충분히 고려하지 못한 단점이 있었다<sup>[7~11]</sup>.

본 논문에서는 YCbCr 컬러영역에서 저주파 영역과 휘도 성분에 시각적으로 중요한 정보가 많이 존재한다는 인간시각시스템(HVS: Human Visual Systems)의 특성<sup>[12~14]</sup>을 이용하여 원영상을 DWT (Discrete Wavelet Transform)한 후 LH 영역에 최대 원영상의 1/8 크기의 그레이 로고 이미지와 컬러 로고 이미지를 워터마크로 삽입하는 방법을 제안하며 데이터 전송시 이용되는 인터리빙(Interleaving)을 워터마크에 적용시켜 추출된 워터마크의 에러율을 감소시켰다<sup>[15]</sup>. 제안된 워터마킹 알고리즘은 강인성(robustness), 비가시성

(invisibility) 그리고 비모호성(unambiguity)에 대한 타당성 검토를 위해 Checkmark(v.1.2), Optimark(v.1.0) 그리고 Stirmark(v.4.0) 등의 공격 툴을 사용하여 워터마킹된 영상을 공격한 후 PSNR 및 상관계수를 측정하여 실험결과를 비교하였다<sup>[16~18]</sup>.

본 논문의 구성은 II장에서 컬러영역 변환, 인터리빙 및 디인터리빙 그리고 DWT의 이론적 배경을 살펴보고 III장에서는 워터마크 삽입과 추출과정의 알고리즘을 제안한다. IV장에서 Benchmark tool을 이용하여 제안한 워터마킹 알고리즘의 성능 측정을 했으며 마지막으로 V장에서는 결론과 함께 앞으로의 연구방향을 제시한다.

## II. 이론적 배경

### 1. 컬러영역 변환

각각의 색 성분을 하나의 집합 개념을 이용하여 수학적으로 표현하는 것으로 대표적인 색 좌표계로는 컴퓨터 그래픽스나 컬러 TV에 적용되는 RGB(R : Red, G : Green, B : Blue), TV 신호에 적용되는 YIQ(North American TVs(NTSC), YUV(European TVs(PAL)), YPbPr(HD Televisions), 또는 YCbCr(International Digital Standard) 그리고 마지막으로 컬러 프린터에 적용되는 CMYK 가 사용된다.

인간시각시스템(HVS)은 색상과 채도의 변화보다는 영상의 밝기 정보인 휘도의 변화에 더 민감하다. 본 논문에서는 컬러 모니터 및 비디오카메라의 기준으로 사용되어지는 RGB 영상신호를 인간시각시스템 특성을 적용시켜 워터마크를 삽입하기 위하여 YCbCr 컬러영역으로 변환한다. 식 (1) 은 RGB로부터 YCbCr 컬러영역 변환 행렬을 나타낸다.

$$\begin{pmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.168 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.418 & -0.081 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 0.000 & -0.344 & 1.772 \\ 1.402 & -0.714 & 0.000 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{pmatrix}$$

### 2. 인터리빙 및 디인터리빙

디지털 통신 시스템의 큰 장점 중의 하나는 잡음에 영향을 받더라도 0과 1의 구분만 명확히 전송된다면 내용의 왜곡이 전혀 없이 보낼 수 있다는 점인데, 역으로 순간잡음으로 인해 0과 1이 뒤바뀐다면 아날로그보다

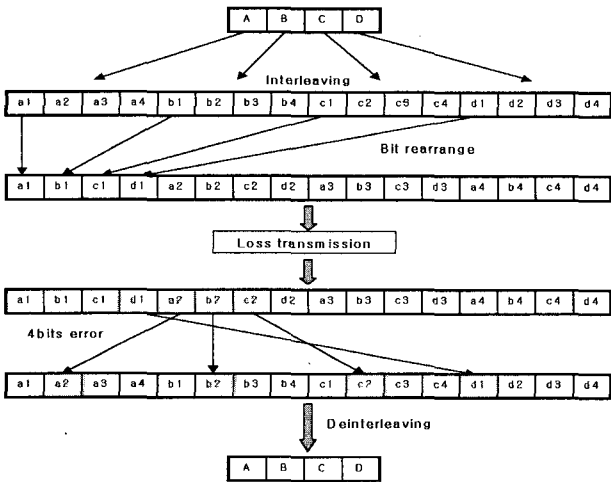


그림 1. 인터리빙과 디인터리빙 과정  
Fig. 1. The process of the interleaving and deinterleaving.

더욱 심각한 오류를 범할 수 있다는 취약점이 있다. 이러한 순간잡음에 대한 내성강화를 위해 사용되는 방법 중 하나가 인터리빙이다. 인터리빙은 데이터열의 순서를 일정단위로 재배열함으로써 순간잡음에 의해 데이터열 중간의 일부 비트가 손실되어도 복구할 수 있다. 인터리빙의 원리는 송신하는 비트열을 섞어서 재분배하는 작업으로서 인터리빙되어 비트열이 정렬되었을 때 중간 부분에 버스트에러(burst error)가 발생하였다면 수신기에서 디인터리빙(deinterleaving) 되면서 예러 비트들이 모두 분산된다. 그림 1은 인터리빙과 디인터리빙 과정을 나타낸다.

3. DWT 변환

웨이블릿 변환은 인간의 시각구조와 상당히 유사한 다중해상도 특성을 지니고 있을 뿐 아니라 영상을 공간과 주파수 영역에 효과적으로 국부화(localization)할 수 있는 특성을 지니고 있기 때문에 영상처리 분야에서 활발히 연구되고 있다. 본 논문에서는 YCbCr로 변환된 영상 데이터를 웨이블릿을 이용하여 저주파 영역과 고주파 영역으로 분해한다.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \tag{2}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi(t)|^2 dt < \infty \tag{3}$$

식 (2)와 (3)을 만족하는  $\psi$ 를 mother wavelet 이라

한다.

$$\phi = L^2 - \psi \tag{4}$$

식 (4)의  $L^2$  영역에서  $\psi$ 를 제외한 영역을 father wavelet 이라 한다.

$$\psi_{a,b}(t) \equiv \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a, b \in R \tag{5}$$

$$\psi_{a,b}(t) = 2^{\frac{j}{2}} \psi(2^j t - k) \quad i, j \in Z \tag{6}$$

식 (5)와 같이  $\psi$ 를  $\alpha$ 만큼 scaling 시키고 b 만큼 shift 시킨 것을 wavelets 이라하며 식 (6)을 DWT(Discrete Wavelet Transform)이라 한다.

식 (7), (8), (9)는 MRA(Multi Resolution Analysis) [19]로부터 유도된 DWT 분해식과 합성식이다.

-Lowpass Filter

$$C_j(n) = \sum_n H(n-2k)C_{j-1}(k) \tag{7}$$

-Highpass Filter

$$D_j(n) = \sum_n G(n-2k)C_{j-1}(k) \tag{8}$$

-Synthesis Filter

$$C(n, j) = \sum_k C(k, j+1)H'(n-2k) + \sum_l D(l, j+1)G'(n-2l) \tag{9}$$

식(10)은 웨이블릿 필터의 주파수응답특성을 나타내며 그림 2, 3과 같은 특성을 갖는다.

$$H(w) = \sum h(n)e^{-jwnk}, H(0) = 1, G(0) = 0 \tag{10}$$

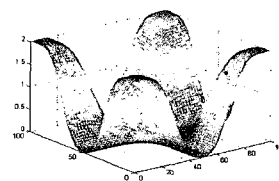


그림 2. 고주파특성  
Fig. 2. High Frequency Characteristic.

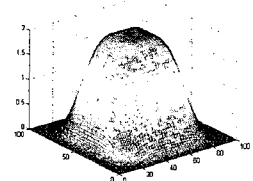


그림 3. 저주파특성  
Fig. 3. High Frequency Characteristic

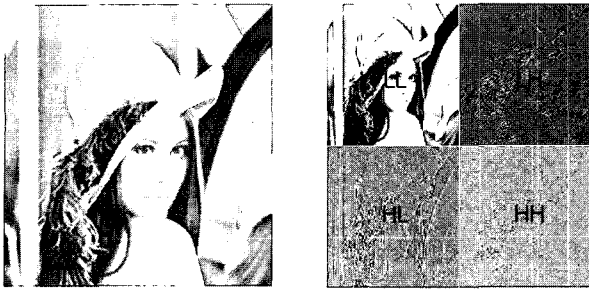


그림 4. 웨이블릿 변환 영역  
Fig. 4. The wavelet transformed region.

그림 4는 DWT에 의해 변환되는 영상의 분해영역을 보여주고 있다.

### III. 그레이로고&컬러 이미지의 워터마킹 알고리즘

본 논문에서는 컬러영상에 그레이 로고 이미지와 컬러 이미지를 워터마크로 삽입 시킬 수 있는 알고리즘을 제안하였다. ICT(Irreversible Component Transformation) 알고리즘이 적용되는 YCbCr 컬러 영역을 Daubechies 9/7 filter coefficients를 사용하여 웨이블릿 변환 시켰으며 삽입하고자 하는 컬러 이미지 또한 YCbCr 컬러 영역으로 변환 시켜 wavelet 변환 영역의 중 주파수 영역의 LSB(Least Significant Bit) 영역에 워터마크를 삽입시켰다.

#### 1. 워터마크 삽입 알고리즘

본 논문에서는 그레이 로고와 컬러 이미지에 워터마크를 삽입하기 위해 그림 5의 JPEG2000 코딩블록에서 Image Preprocessing 블록과 DWT 블록에 워터마크를 삽입 할 수 있는 알고리즘을 추가시켰다.

Image Preprocessing 블록에서 YCbCr로 변환된 영상 데이터를 Daubechies 웨이블릿 필터(9/7)를 사용하

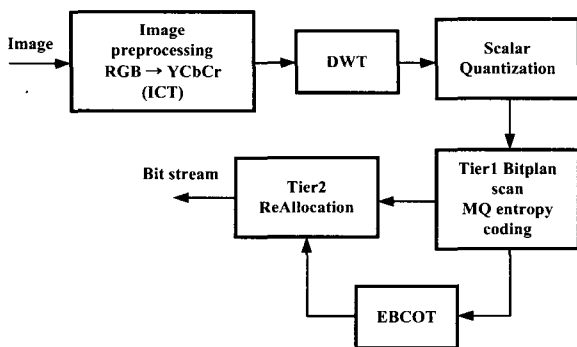


그림 5. JPEG 2000 코딩 블록도  
Fig. 5. JPEG 2000 coding block diagram.

여서 원 영상을 저주파(L) 성분과 고주파(H) 성분으로 분해시킨다. 2-D 원 영상을 수평과 수직으로 각각 웨이블릿 변화시켜서 그림 4와 같은 (LL, LH, HL, and HH denote low-low, low-high, high-low, and high-high, respectively) 성분의 데이터를 얻을 수 있다.

전체적인 워터마크 삽입 알고리즘은 식 11과 그림 6과같이 나타낼 수 있다.

$$Iw(x, y, c) = IWA \{ WA [ I(x, y, c) ]_{LH} \times P/P + IN \{ W(x, y, c) \} \} \times \frac{1}{P/P} \quad (11)$$

$Iw()$  : Watermarked Image

$x, y$  : Image Coordinate

$c$  : Color Mode(0 : YCbCr mode, 1 : Gray mode)

$IWA()$  : Inverse Wavelet Transform (Daubechies9/7)

$WA [ ]_{LH}$  : Wavelet Transform and Selection LH Region

$I()$  : Original Image

$P/P$  : Perceptual Parameter

$IN [ ]$  : Interleaving

$W()$  : Watermark Image

Image Preprocessing 블록을 통과한 이미지 데이터에 그레이 레벨의 워터마크를 삽입시키고자 할 때에는

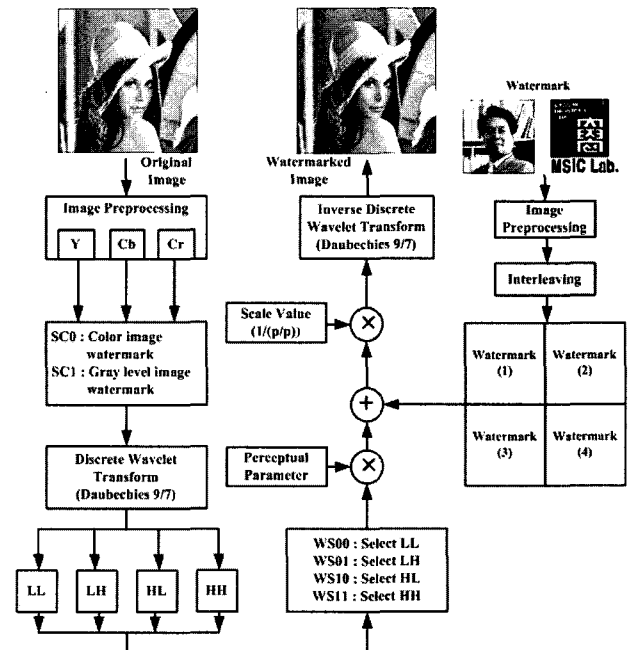


그림 6. 워터마크 삽입 알고리즘  
Fig. 6. Watermarking insertion algorithm.

휘도성분에 워터마크를 삽입시켜야 되므로 그림 6의 워터마크 삽입 알고리즘을 휘도 성분의 데이터에만 적용시키면 된다. 컬러 영상을 워터마크로 삽입시키고자 할 경우에는 Y, Cb 그리고 Cr 각각의 영역을 DWT 변환하여 4개의 영역(LL, LH, HL and HH)으로 분해한 다음 워터마크를 삽입시키고자 하는 영역(LH)을 선택하여 워터마크를 삽입시킨다. 이때 워터마크가 삽입되어지는 영역에 P/P(Perceptual Parameter)를 적용시켜서 이미지의 픽셀 값을 선형적으로 증가 시킨 후 상대적으로 작은 워터마크의 픽셀 값을 더한다. 그리고 워터마크가 삽입된 이미지의 픽셀에 P/P의 역수 값을 적용시켜서 선형적으로 축소시키므로 워터마크가 삽입되어진다. 삽입되어지는 워터마크에 데이터 통신에 사용되는 인터리빙 알고리즘을 적용시켰다.

2. 워터마크 추출 알고리즘

워터마크 추출은 워터마크를 삽입시킨 영역의 원 영상이 필요하다. 추출 과정은 식 12와 그림 7과같이 표현 된다.

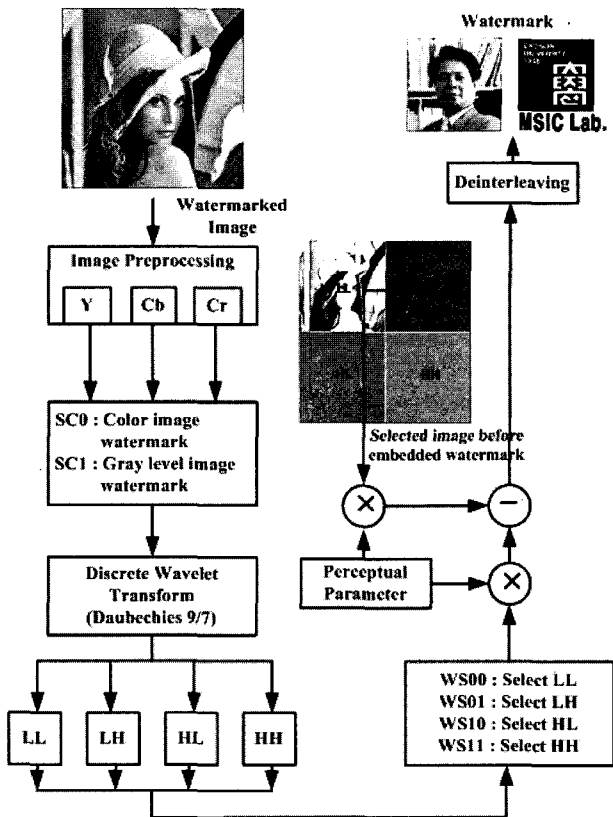


그림 7. 워터마크 추출 알고리즘  
Fig. 7. Watermarking extraction algorithm.

$$W(x, y, c) = DI\{WA[Iw(x, y, c)]_{LH} \times P/P - WA[I(x, y, c)]_{LH} \times P/P\} \quad (12)$$

$W()$  : Watermark Image

$x, y$  : Image Coordinate

$c$  : Color Mode(0 : YCbCr mode, 1 : Gray mode)

$DI[]$  : Deinterleaving

$WA[]_{LH}$  : Wavelet Transform and Selection LH Region

$Iw()$  : Watermarked Image

$P/P$  : Perceptual Parameter

$I()$  : Original Image

워터마크가 삽입된 영상을 Image Preprocessing 처리한 다음에 그레이 로고 이미지의 워터마크가 삽입되어 있는지 컬러 로고 이미지가 워터마크로 삽입되어 있는지 확인한 다음 워터마크가 삽입된 영역을 웨이블릿 변환시킨다. 4개의 영역으로 구분되어진 이미지 데이터 중 워터마크가 삽입되어 있는 영역(LH)을 선택하여서 P/P를 적용시키고 워터마크가 삽입되지 않은 웨이블릿 변환된 원 이미지에 P/P를 적용시켜 두 이미지를 이용하여 워터마크를 추출한다. 추출한 워터마크에 디인터리빙을 적용시켜서 워터마크의 에러율을 감소시킨다. 결과적으로 워터마크가 삽입된 이미지로부터 워터마크를 추출하기 위해서는 삽입되어있는 워터마크가 그레이 로고 이미지인지 컬러 이미지인지를 알고 있어야 하며 워터마크가 웨이블릿 변환 영역중 어디에 삽입되어 있는지 알고 있어야 한다. 마지막으로 워터마크가 삽입된 변환 영역의 원 데이터를 가지고 있어야 된다. 이 3가지의 조건이 충족되지 않으면 워터마크를 추출할 수 없다.

IV. 성능평가 및 강인성 고찰

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능 측정을 위해 사용된 원 이미지는 512 × 512의 Lenna와 Nkorcheer 컬러 이미지이며, 삽입되어지는 워터마크는 128 × 128 크기의 컬러 인물 사진(WM1)과 256 그레이 레벨의 chosun\_logo(WM2) 이미지를 사용하였다. 성능 측정을 위해 시뮬레이션에 사용된 웨이블릿 변환 영역은 LH 영역이며, 성능 측정을 위해 Bench marking Tool을 이용하여 Cutting, Rotation, Modify PSNR, JPEG압축 그



그림 8. 실험에 사용된 원영상과 워터마크  
Fig. 8. The original images and the watermark images used for the experiment.

리고 Median Cut 공격을 하여 강인성을 측정하였다. 또한, 워터마크가 삽입된 영상의 비가시성을 측정 하기 위하여 식 13과 14를 사용하여 원영상과의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 계산하였다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [g(i, j) - f(i, j)]^2} \quad (13)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \left( \frac{MB}{RMSE} \right)$$

*RMSE* : Root Mean Square

*M, N* : Image X, Y axis length

*g(i, j)* : Original image pixel coordinate

*f(i, j)* : Watermarked image coordinate

*MB* : Maximum brightness value of Image(255)

그림 8은 성능 측정에 사용된 원 이미지와 워터마크 이미지이다.

### 1. 컬러 로고 이미지의 워터마킹

본 논문에서 RGB 컬러 워터마크에는 5, 10, 15, 20의 인지 파라미터를, 그레이 로고 이미지 워터마크에는 10 부터 70까지의 인지 파라미터를 사용하여 실험하였다. 그림 9는 인터리빙 계수( $\beta$ ) 4, P/P가 15인 WM1 워터마크를 삽입시킨 원 영상과 여기서 추출된 워터마크이다.

표 1은 P/P 값의 변화에 따른 워터마크된 영상에서 추출한 PSNR 값이다.

측정된 결과를 보면 원 영상에 15이상의 인지파라미



그림 9. 워터마크된 영상과 추출된 워터마크(P/P:15)

Fig. 9. The watermarked images and the extracted watermark(P/P:15).

표 1. 워터마크된 영상에서 추출한 PSNR

Table 1. The PSNR extracted from the watermarked images.

Image	P/P			
	5	10	15	20
Lenna	28.1323	34.1190	37.6546	39.9927
Nkorcheer	28.5777	34.4047	37.8492	40.1363

표 2. 인터리빙 계수 변화에 따른 PSNR

Table 2. The PSNR with respect to the change in interleaving coefficients.

Image	Interleaving Coefficient( $\beta$ )			
	1	2	3	4
Lenna	43.1874	40.6857	38.8792	37.6546
Nkorcheer	43.3923	40.7888	39.0603	37.8492

터를 사용하여 워터마크를 삽입 시켰을 때 37dB 이상의 PSNR을 얻을 수 있었다 이는 인간의 시각으로 원 영상과 워터마크된 영상의 차이를 구분할 수 없는 정도이다.

표 2는 P/P가 15일 때 인터리빙 계수( $\beta$ )의 변화에 따른 워터마크된 영상에서 추출한 PSNR 값이다.

인터리빙 계수가 증가할수록 워터마크된 영상의 PSNR이 나빠짐을 알 수 있다. 원 이미지에 삽입되어지는 워터마크의 비트 수가 증가함에 따라 원 이미지의

왜곡이 심해지기 때문이다. 하지만 인터리빙 계수가 증가함에 따라 외부공격에 대한 강인성이 증대되어짐을 본 논문의 실험 결과로 알 수 있다.

2. 그레이 로고 이미지의 워터마킹

그레이 로고 이미지 워터마크를 삽입, 추출할 때에는 컬러영상 워터마크를 사용할 때와 동일하며 단지 그레이 레벨의 워터마크를 Y(취도) 성분의 LH 영역에 삽입시켰다. 그림 10은 30의 P/P를 적용시켜 그레이레벨의 WM2 워터마크를 삽입 및 추출한 결과 그림이다.

표 3은 그림 10의 PSNR값을 나타낸다.

측정된 결과를 보면 원 영상에 30이상의 인지파라미터를 사용하여 워터마크를 삽입시켰을 때 45dB 이상의 PSNR을 얻을 수 있었다. 이는 HDTV에 사용되는



그림 10. 그레이레벨의 WM2가 워터마크된 영상 (P/P:30)

Fig. 10. The WM2 of gray level watermarked image(P/P:30).

표 3. WM2가 워터마크된 영상에서 추출한 PSNR  
Table 3. The PSNR extracted from the WM2 watermarked images.

Image	P/P			
	10	30	50	70
Lenna	39.0631	46.4901	49.4782	51.6806
Nkorcheer	39.0486	47.4251	50.7411	51.1119

표 4. 인터리빙 계수 변화에 따른 PSNR

Table 4. The PSNR relative to the change in interleaving coefficient.

Image	Interleaving Coefficient(β)			
	1	2	3	4
Lenna	49.5781	47.1208	46.8712	46.4901
Nkorcheer	50.4857	48.5304	47.9248	47.4251

영상의 PSNR이 45dB정도임을 감안 할 때 원 영상과 워터마크된 영상의 차이를 구분 할 수 없을 정도이다.

표 4는 P/P가 30일 때 인터리빙 계수(β)의 변화에 따른 워터마크된 영상에서 추출한 PSNR 값이다.

표 4의 결과를 보면 그레이 로고의 워터마크는 컬러 이미지 워터마크에 비하여 인터리빙 계수의 영향을 적게 받음을 알 수 있다.

3. 워터마크의 데이터 양

식 14는 그레이스케일의 영상을 워터마크로 사용할 경우 삽입 시킬 수 있는 최대 워터마크 데이터양이다. 본 논문에서는 픽셀 당 비트수를 8bit로 제한하여 사용하였으며 웨이블릿 변환 레벨 1을 사용하였다.

$$\left[ \frac{\min(X_x, X_y)}{4^l} \right]^2 \times Wb(\text{bit/pixel})[\text{bit}] \quad (14)$$

$\min(X_x, Y_y)$  : The Minimum Length of Original Image

$l$  : Wavelet Transform Level

$Wb$  : The Number of Bit per Pixel

식 15는 RGB로 구성된 컬러영상에 컬러영상 워터마크를 삽입시킬 때 삽입 시킬 수 있는 최대 워터마크 데이터 양으로 그레이 레벨에 비해 최대 3배의 데이터를 삽입시킬 수 있다.

$$3 \times \left[ \frac{\min(X_x, X_y)}{4^l} \right]^2 \times Wb(\text{bit/pixel})[\text{bit}] \quad (15)$$

$\min(X_x, Y_y)$  : The Minimum Length of Original Image

$l$  : Wavelet Transform Level

$Wb$  : The Number of Bit per Pixel

원 영상의 데이터 비트수 :  $512 \times 512 \times 3 \times 8 = 6,291,456[\text{bit}]$

식 14 적용 시 데이터양 :  $128 \times 128 \times 8 = 131,072[\text{bit}]$

식 15 적용 시 데이터양 :  $128 \times 128 \times 3 \times 8 = 393,216[\text{bit}]$

4. 외부공격에 대한 강인성 평가

본 논문에서 제안된 워터마크 삽입 및 추출 알고리즘의 외부 공격에 대한 강인성을 검증하기 위하여 Stirmark, Checkmark, Optimark의 Benchmark tool을 사용하여 워터마크된 영상에 외부공격을 가하였다. 표 5는 컬러 로고 워터마크에 대한 PSNR 공격 변수와 공격된 영상의 PSNR을 나타낸다.

표 5. PSNR 공격 변수와 측정된 PSNR  
Table 5. PSNR attack variables and PSNR measurements.

Modify PSNR	Lenna PSNR(dB)(P/P:30)	Nkorcheer PSNR(dB)(P/P:30)
10	38.2206	38.9782
30	32.8183	33.8818
50	28.8183	29.8750
70	26.0585	27.1943
90	24.0004	25.1891

PSNR 공격을 가한 이미지에서 추출된 워터마크의 PSNR은 전체적으로 낮은 값을 가지지만 워터마크 형상의 변화가 아닌 밝기의 변화가 생기므로 워터마크를 추출하여 인식할 수 있었다.

표 6은 JPEG 압축 공격 변수와 공격된 영상의 PSNR이다.

표 6. JPEG 압축 공격 변수와 PSNR  
Table 6. JPEG compression attack variables and PSNR.

JPEG 압축	Lenna PSNR(dB)(P/P:15)	Nkorcheer PSNR(dB)(P/P:15)
20	37.0946	35.1046
40	40.9084	38.1240
60	44.3024	41.7089
80	48.8197	46.7664

JPEG 압축 공격 변수가 20일 때에도 35dB 이상의 PSNR을 유지하므로 JPEG 공격에 대한 강인성을 가짐을 알 수 있었다.

표 7은 컬러 로고 워터마크에 대한 Median filter 공격 변수와 공격된 영상의 PSNR을 나타낸다.

표 7. Median filter 공격변수 와 PSNR  
Table 7. Median filter attack variables and PSNR.

Median filter	Lenna PSNR(dB)(P/P:15)	Nkorcheer PSNR(dB)(P/P:15)
3	37.8945	36.1080
5	35.2901	34.0445
7	31.5751	31.6024
9	29.1067	29.6163

Median filter 공격에서는 공격변수 9까지 워터마크는 추출할 수 있었으나 7이상부터 영상의 PSNR이 34dB 이상을 만족시키지 못했다. 하지만 Median filter 공격의 필터 계수는 5이상을 넘지 않으므로 Median Cut 공격에도 강인성을 가진다.

5. 기존의 알고리즘과 성능 비교

본 논문에서 제안된 워터마킹 알고리즘과 기존의 알고리즘을 비교하기 위해서 Xia<sup>[20]</sup>등이 제안한 방법, Zhu<sup>[21]</sup>등이 제안한 방법, Corvi<sup>[22]</sup>등이 제안한 방법, Inoue<sup>[23]</sup>등이 제안한 방법 그리고 Wang<sup>[24]</sup>등이 제안한 방법으로 성능을 비교하였다. 그림 11에서는 JPEG 압축에 대한 강인성을 비교하였다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 저압축률에서는 다른 알고리즘보다 좋지 못한 상관관계를 가지지만 압축률이 높아져도 값의 변화가 거의 없이 일정함을 알 수 있다.

그림 12는 Median filtering에 대한 성능 비교 그래프이다. Zhu 알고리즘에 비하여 좋지 못한 성능을 가지나 인터리빙 알고리즘이 적용되어 전체적으로 인정한 값의

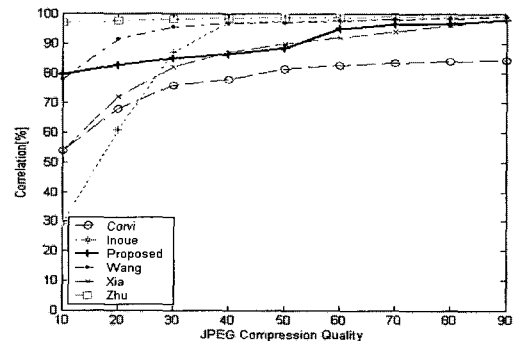


그림 11. JPEG 압축에 대한 성능 비교  
Fig. 11. The performance comparison associated with the JPEG compression.

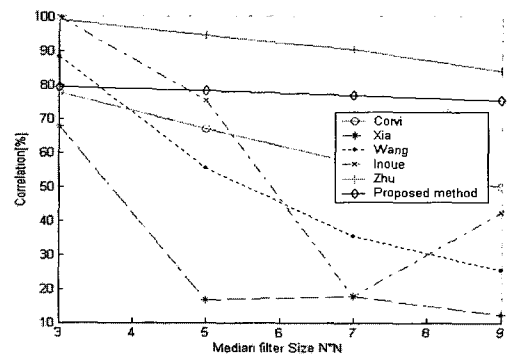


그림 12. Median filtering에 대한 성능 비교  
Fig. 12. The performance comparison associated with the median filtering.



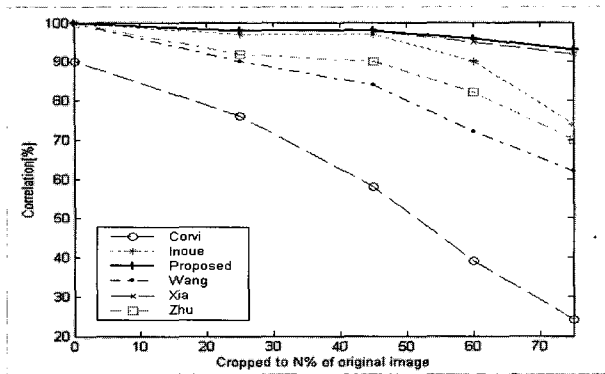


그림 13. Cropping 공격에 대한 성능비교

Fig. 13. The performance comparison associated with the cropping attacks.

상관도를 가짐을 알 수 있다.

그림 13은 Cropping 공격에 대한 강인성을 비교하였다. 워터마크를 인터리빙 시켜 삽입시키므로 데이터의 양이 증가하여 워터마크된 이미지에서 PSNR에 손실이 발생하지만 다른 알고리즘에 비해 Cropping 공격에 대한 강인성이 가장 높음을 알 수 있다.

## V. 결 론

본 논문은 컬러 정지영상에 웨이블릿 변환을 사용하여 256 그레이 로고 이미지와 컬러 이미지를 워터마크시킬 수 있는 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 웨이블릿 변환 영역(LL, LH, HL, HH) 중 LH 영역에 워터마크를 삽입시켰으며, 삽입되어지는 주파수 영역에 따라 워터마크된 영상의 PSNR 및 외부 공격에 대한 강인성이 틀려짐을 알 수 있었다. 저주파 영역에 워터마크를 삽입시키면(LL) 외부공격에 대한 강인성은 증가되나 워터마크된 영상의 PSNR이 저하됨을 알 수 있었으며 고주파 영역(HH)에 워터마크를 삽입시키면 워터마크된 영상의 PSNR은 증가하나 필터링 등의 외부공격에 취약함을 알 수 있었다.

워터마크에 데이터 통신에 사용되는 인터리빙 알고리즘을 적용시켰다. 이미지 한 픽셀을 4개의 픽셀로 확장 시켜서 워터마크에 삽입시키면 워터마크 데이터량이 증가하여 PSNR이 감소하나 압축, 필터링, crop 등의 외부공격에 강인성을 가지게 된다. 또한 선형 비트확장, 축소가 적용되므로 데이터 전송 중 발생하는 잡음에 의한 에러 정정률을 높일 수 있었다. 또한 인지파라미터의 증가에 따라 워터마크된 영상의 왜곡이 줄어들음을 확인할 수 있었으나 반대로 추출된 워터마크의 왜곡이 심

해짐을 알 수 있었다. 또한 워터마크로 컬러 영상을 사용할 때에는 삽입되어지는 워터마크 데이터량이 증가하는데도 측정되는 PSNR이 큰 차이가 없었으며 추출된 워터마크의 가시성이 그레이 레벨의 워터마크 보다 뛰어나나 압축 및 저주파 필터링에 약함을 알 수 있었다.

앞으로 제안된 알고리즘에서 손실압축 및 저역통과 필터 등의 공격에 대한 강인성을 갖는 워터마킹 방법의 연구 필요성이 있으며, 동영상에 대한 워터마킹 방법 및 원 영상 없이도 워터마크를 추출할 수 있는 방법의 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] N. F. Johnson, Z. Duric, and S. Jajodia, "Information hiding: steganography and watermarking attacks and countermeasures," Kluwer Academic Publishers, 2001.
- [2] M. D Swanson, M. Kobayashi, and A. Tewfik, "Multimedia Data Embedding and Watermarking Technologies," Proc. of IEEE, vol. 86, no. 6, pp. 1064-1097, 1998.
- [3] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamoan, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Images, Audio and Video." Proc. of IEEE, conf. on Image Processing ICIP-96, pp. 243-246, lausanne, Switzerland, Sept. 16-19, 1996.
- [4] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamoan, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," Proc. of IEEE Int. Conf. on Image Processing, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, 1997.
- [5] I. Pitas, "A Method for Signature Casting on Digital Image," IEEE Int. Conf. on Image Processing, vol. 3, pp. 219-222, 1996.
- [6] D. Kundur, D. Hatzinakos, "Digital Watermarking Using Multiresolution Wavelet Decomposition," Proc. of IEEE International Conference on Acoustics, Speech & Signal Processing, pp. 1647-1650, 1998.
- [7] Akira Shiozaki, "Improvement to a Method of Embedding Robust Watermarks into Digital Color Images," IEICE Trans. Fundamentals, vol.E81-A, no.5, May 1999.
- [8] B. Chitprasert and K. R. Rao, "Human Visual Weighted Progressive Image Transmission", ICCS '88, Int. Conf. on Commun. Sys., Singapore, no. 17, Nov. 1988.
- [9] M. Kutter, F. Jordan, and F. Bossen, "Digital Signature of Color Images Using Amplitude

- Modulation," Proc. of EI'97, pp. 518-526, 1997.
- [10] D. J. Fleet and D. J. Heeger, "Embedding Invisible Information in Color Images," Proc. of ICIIP'97, vol. 1, pp. 532-535, Santa Barbara, 1997.
- [11] K. Hashida and A. Shiozaki, "A Method of Embedding Robust Watermarks into Digital Color Images," IEICE Trans. on Fundamentals, vol. E81-A, no. 10, pp. 2133-2137, Oct. 1998.
- [12] K. Jack, Video Demystified: A Handbook for the Digital Engineer, HighText Publications, Inc., 1993.
- [13] G. Wyszecki and W. S. Stiles, Color Science, concept and Method, Quantitative Data and Formulae. Jon Wiley & Sons, 1982.
- [14] W. N. Sproson, Colour Science in Television and Display Systems. Adam Hilger, 1983.
- [15] W. Chou and M. A. Neifeld, "Interleaving and error correction in volume holographic memory systems," Appl. Opt., vol. 37, no. 29, pp. 6951-6968, October 1998.
- [16] StirMark:  
<http://www.cl.cam.ac.uk/~fapp2/watermarking/stirmark>
- [17] PictureMarc(Digimarc) : <http://www.digimarc.com>
- [18] WaterStamp : <http://www.digitreal.com>
- [19] R. Beam and R. Warming, "Multiresolution analysis and supercompact multiwavelets," SIAM Journal on Scientific Computing, 22(4):1238-1268, 2000.
- [20] X. Xia, C. G. Bonchelet, and G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," IEEE Int. Conf. on Image Processing, Vol 1, pp. 548-551, 1997.
- [21] M. D. Swanson, B. Zhu, and A. H. Tewfik, "Transparent robust image watermarking," in Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing, Lausanne, Switzerland, pp. 211-214, Sept. 1996.
- [22] Marco Corvi and Gianluca Nicchiotti. "Wavelet-based image watermarking for copyright protection," In Scandinavian Conference on Image Analysis, 1997.
- [23] H. Inoue, A. Miyazaki, A. Yamamoto, and T. Katsura. "A digital watermark based on the wavelet transform and its robustness on image compression," In IEEE International Conference in Image Processing, pages 391--395, Oct 1998.
- [24] Hounq-Jyh Wang and C.-C. Jay Kuo. "Wavelet based digital image watermarking." In Optics Express Focus Issue: Digital Watermarking, volume 3, December 1998

---

 저 자 소 개
 

---



노진수(정회원)  
 2002년 조선대학교 전자공학과  
 학사졸업.  
 2004년 조선대학교 전자공학과  
 석사졸업.  
 2005년 조선대학교 전자공학과  
 박사재학.

<주관심분야 : UWB, 생체인식, 양자컴퓨팅>



신광규(정회원)  
 1992년 조선대학교 전자공학과  
 학사졸업.  
 1999년 조선대학교 전자공학과  
 석사졸업.  
 2005년 조선대학교 전자공학과  
 박사수료.

<주관심분야 : UWB, 생체인식, DSP, 양자컴퓨팅>



이강현(정회원)  
 1979년, 1981년 조선대학교 전자  
 공학과 공학사 및 석사  
 1991년 아주대학교 대학원  
 공학박사  
 1977년~현재 조선대학교  
 전자공학과 교수

1991년, 1994년 미 스탠포드대 CRC  
 협동연구원.  
 1996년 호주 시드니대 SEDAL 객원교수  
 2002년 영국 런던대 객원 교수  
 2000년 한국 멀티미디어 기술사 협회 이사  
 2002년 대한전자공학회 멀티미디어연구회  
 전문위원장  
 2003년 한국 인터넷 방송/TV 학회 부회장  
 2004년 대한전자공학회 홍보이사  
 <주관심분야 : 멀티미디어 시스템 설계, Ubiquitous  
 convergence>