

## Barcode Pattern Image Watermark Using Triplet

朴柄秀\* · 秋亨錫\*\* · 安鍾久†  
(Byung-Su Park · Hyung-Suk Chu · Chong-Koo An)

**Abstract** - In this paper, we proposed a robust watermark scheme for image based on the discrete wavelet transform. In the first, we use the triplet method for embedding and extraction of watermark. Triplet method uses relationship among the discrete wavelet coefficients at the same position in the three detail subband of image. In the second, we use barcode Pattern Image for watermark scheme. By using barcode Pattern Images, a user is able to make many kinds of own watermark. In the third, the proposed method for image watermark provides the invisibility which the other user can not discriminate watermark from watermarked image. The advantage of the proposed method is visibility when we extracted watermark from the image. The corresponding experimental results show that the proposed method has performance of a robustness from the noise attack.

**Key Words** : Digital Watermark, DWT, Triplet

### 1. 서 론

인터넷과 통신기술의 급격한 발전으로 인하여 디지털 콘텐츠는 쉽고 빠르게 퍼지게 되었다. 이러한 디지털 콘텐츠는 복사 및 저장에 손실이 없고, 인터넷을 통한 배포가 쉽고, 편집 및 수정이 용이하여 다량의 복사가 가능하다. 저자의 동의 없는 복사, 배포는 저작권 침해 및 불법, 복제 및 배포, 위조 등의 문제를 야기하게 된다. 이러한 문제는 저자의 사기 저하를 가져와 활발한 콘텐츠 문화 발전에 악영향을 끼치게 된다. 이를 해결하기 위하여 저작권 보호를 위한 사후적 방법으로 디지털 워터마크(Digital Watermark) 기술이 개발 되었다[1].

디지털 워터마크는 삽입 영역에 따라 공간영역(Spatial domain) 워터마크와 주파수 영역(Frequency domain) 워터마크로 나눌 수 있다. 초기 워터마크는 공간영역에서의 워터마크 삽입이 제안되었는데 이 방법은 삽입된 워터마크가 쉽게 제거 되는 단점을 갖는다. 최근에 제안되고 있는 주파수 영역에서의 워터마크 삽입은 공간영역보다 노이즈에 대한 강인성, 이미지 처리, 압축에 대해 더 뛰어난 성능을 보여준다. 이러한 주파수영역에서의 워터마크 삽입 방법은 DCT(Discrete Cosine Transform), DFT(Discrete Fourier Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform) 등이 사용되고 있다[2]. 디지털 워터마크는 추출 시 원본 이미지 사용 여부에 따라서 원본이미지 없이 추출이 가능한 블라인드

(Blind) 워터마크와 원본이미지와 워터마크가 삽입된 이미지가 있어야 추출이 가능한 넌-블라인드(Non-Blind) 워터마크로 나뉜다. 또한 삽입된 워터마크의 가시성에 따라서 시각적으로 식별 가능한 가시성(Visible) 워터마크와 삽입된 워터마크가 시각적으로 식별이 불가능한 비가시성(Invisible) 워터마크로 나눌 수 있다.

일반적으로 디지털 워터마크는 다음의 세 조건을 만족해야 한다.

- 1) 워터마크 삽입 후 삽입한 워터마크가 시각적으로 식별이 불가능해야 한다.
- 2) 저작권 소유자가 아닌 다른 사람이 삽입한 워터마크를 제거할 수 없어야 한다.
- 3) 다양한 이미지 처리에 강인성을 가져야 한다. (회전, 변환, 크롭, 압축, 필터링 등)

본 논문에서는 트리플릿(Triplet)을 이용하여 주파수 영역 삽입을 기반으로 하는 비가시성의 바코드 이미지 워터마크 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서는 이미지를 이산웨이블릿 변환 후 고주파 밴드의 유사성을 이용하여 워터마크 알고리즘을 제안하였고 제안한 워터마크 알고리즘은 워터마크 추출 후 원본의 워터마크가 없어도 가시적으로 식별이 가능하며 여러 공격(Nosise Attack) 및 크롭(Crop)에 강인성을 갖는 장점을 보였다. 또한 제안한 워터마크는 바코드 워터마크의 패턴의 변화로 사용자만의 고유한 워터마크를 생성할 수 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에 사용된 알고리즘의 관련이론을 설명하고 3장에서는 제안된 알고리즘을 설명하고자 한다. 4장에서는 제안한 알고리즘을 통한 실험의 결과들을 분석하고 마지막으로 5장에서는 결론을 맺고자 한다.

\* 學生會員 : 蔚山大 工大 電氣電子工學部 碩士課程

\*\* 正 會 員 : 과월테크윈(주) 責任研究員

† 교신저자, 終身會員 : 蔚山大 工大 電氣電子工學部 教授

E-mail : ckan@ulsan.ac.kr

接受日字 : 2008年 6月 25日

最終完了 : 2008年 10月 14日

## 2. 관련이론

### 2.1 이산 웨이블릿 변환

(DWT : Discrete Wavelet Transform)

이산 웨이블릿 변환은 저주파 통과 필터(LPF : Low Pass Filter)와 고주파 통과 필터(HPF : High Pass Filter)의 조합을 이용하여 영상을 LL(Low-Low), LH(Low-High), HL(High-Low), HH(High-High) 대역으로 분해하여 각 대역의 계수를 구한다. LL대역에 다시 웨이블릿 변환을 수행하여 1단계 웨이블릿 변환보다 한 단계 높은 2단계 웨이블릿 변환이 된 계수들을 구할 수 있으며 이러한 과정은 반복적으로 수행할 수 있다. 웨이블릿 변환을 통해 얻은 각 대역의 계수들로부터 다시 역 웨이블릿 변환하면 원 이미지를 복원 할 수 있다. LL대역 계수에 워터마크를 삽입하면 공격에는 강인성을 갖지만 원본 화질이 쉽게 손상되는 문제점이 있고 HH 대역의 계수에 워터마크를 삽입하면 원본 영상을 손상 시키지 않아 비가시성에 높은 성능을 보이지만 공격에는 약한 단점을 갖는다. 이산 웨이블릿 변환[3] 이미지의 분리와 복원 블록 다이어그램은 그림 1과 같다. 이산 웨이블릿 변환으로 변환된 각각의 대역 이미지들은 저주파 대역에서 고주파 대역으로의 계층적 정보를 가지고 있다. 그림 2와같이 2-단계 이산웨이블릿 변환을 하면 LL1 대역은 원본 이미지의 저주파 성분, LH1 대역은 원본 이미지의 수평 방향 엣지(Edge) 특성을 갖는 고주파 성분을 나타내고, HL1 대역은 원본 이미지의 수직 방향 엣지 특성을 갖는 고주파 성분을 나타내며, HH1 대역은 원본 이미지의 대각선 방향 엣지 특성을 갖는 고주파 성분을 나타낸다. LH2, HL2, HH2 대역은 LL1 성분에서 각각의 방향 엣지 특성에 대한 고주파 성분을 나타낸다.

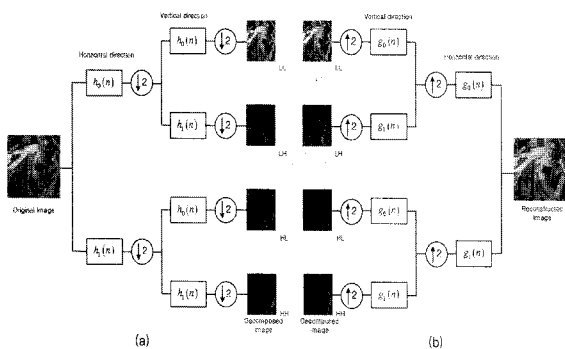


그림 1 이산 웨이블릿 변환 블록 다이어그램 : (a) 분리 (b) 복원

Fig. 1 Block Diagram of Discrete Wavelet Transform for image : (a) Decomposition (b) Reconstruction

### 2.2 트리플릿을 이용한 워터마킹 (Watermarking using the triplet)

이산 웨이블릿 변환을 하면 LL, LH, HL, HH의 대역에 대한 계수들을 구할 수 있다. 여기서 LL대역은 영상의 저주파 성분이고, LH 대역은 영상의 수평 방향 엣지 성분, HL 대역은 영상의 수직 방향 엣지 성분, HH 대역은 영상의 대

각선 방향의 엣지 성분을 나타내는 계수들로 구성되어있다. 그러므로 LH, HL, HH 대역은 서로 다른 방향에서의 엣지 성분을 나타내므로 세 대역 간에는 연관성이 존재한다[4]. 세 밴드(LH, HL, HH)는 같은 위치에 있는 계수의 크기는 서로 비슷한 크기의 계수 값을 갖는다. 그림 2의 2 단계 이산 웨이블릿 변환을 한 후 1,2 단계의 LH, HL, HH 대역을 살펴보면 원본 영상의 엣지 부분이 나타남을 확인 할 수 있다. 이 LH, HL, HH 대역의 연관성을 이용한 기법을 트리플릿(Triplet)기법이라 한다. 본 논문에서는 트리플릿을 이용하여 원본 이미지를 2단계 이산 웨이블릿 변환을 실행한 후 같은 단계에 있는 세 곳의 대역 계수들(Coefficients)을 비교하여 워터마크를 삽입하였다. 워터마크 추출 시에도 이러한 특성을 이용하여 워터마크를 추출하였다. 저주파 대역에 워터마크를 삽입하면 원본 이미지에 많은 손상을 주게 된다. 이로 인하여 고주파 대역에 여러 방법으로 워터마크를 삽입하게 된다. 본 논문에서는 엣지 성분을 포함하고 있는 LH, HL, HH 대역의 트리플릿 특성을 이용하여 같은 위치에 있는 세 대역 계수를 비교한 후 가장 큰 값에 워터마크를 삽입하였다. 엣지 부분에 계수 값이 크게 나타나므로 큰 값에 워터마크를 삽입하게 되면 노이즈 공격이 가해져도 워터마크 추출 시 강인성을 갖게 된다.

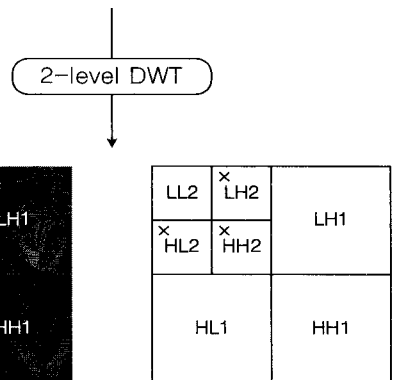


그림 2 2-단계 이산 웨이블릿 변환

Fig. 2 2-level Discrete Wavelet Transform

## 3. 제안한 알고리즘

### 3.1 워터마크 삽입 알고리즘

바코드 이미지 워터마크의 삽입을 위해 원본 이미지를 2-단계 이산 웨이블릿 변환을 하여 같은 단계, 같은 위치에 있는 세 곳의 대역(LH2, HL2, HH2) 계수들을 그림 2와 같이 선택한다. 그림 3은 바코드 이미지 워터마크 삽입 과정을 보여준다. 바코드 이미지 워터마크의 삽입 순서는 다음과 같다.

- ①  $M \times M$  원본 이미지  $I(i, j)$ 를 DWT 변환한다.
- ② 세 곳의 부대역(LH2, HL2, HH2)에서 같은 위치의 계수를 식 1과 같이 순서대로 나열한다.  

$$X = [LH2(i, j), HL2(i, j), HH2(i, j)] \quad (1)$$
 이미지가  $M \times M$  일 때  $(i, j = 1, 2, 3, \dots, \frac{M}{4})$
- ③  $X$ 의 성분 값들을 크기가 큰 순서로 재 배열한다.  

$$X = [S3, S2, S1] \quad (S3 > S2 > S1)$$
- ④  $S3$ 에 이미지 크기가  $\frac{M}{4} \times \frac{M}{4}$ 인 바코드 워터마크  $W(n, m)$ 을 식 2와 같이 삽입한다.  

$$S3' = S3 + \alpha W(n, m) \quad (2)$$
 워터마크 이미지가  $\frac{M}{4} \times \frac{M}{4}$  일 때  $(n, m = 1, 2, \dots, \frac{M}{4})$
- ⑤ 워터마크가 삽입된  $S3'$ 을  $X$ 의 본래의 위치에 삽입한다.

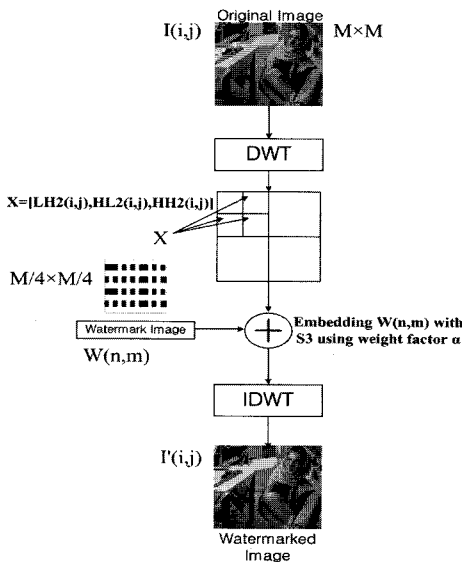


그림 3 트리플릿을 이용한 워터마크 삽입과정  
 Fig. 3 Watermark embedding algorithm using the triplet

3.2 워터마크 추출 알고리즘

삽입된 워터마크를 추출하는 과정은 그림 4와 같다. 워터마크가 삽입된 이미지를 2-단계 이산 웨이블릿 변환을 하여 같은 위치에 있는 세 개의 대역(LH2, HL2, HH2)을 선택한다. 같은 위치에서 선택한 3개의 계수를 비교하여 가장 큰 값  $S3'$ 와 원본 이미지의  $S3$ 를 이용하여 워터마크를 추출한다. 삽입한 워터마크의 추출과정은 다음과 같다.

- ① 바코드 이미지 워터마크가 삽입된 이미지  $I'(i, j)$ 를 DWT 변환한다.
- ② 세 곳의 부대역(LH2', HL2', HH2')에서 같은 위치의 계수를 식 3과 같이 순서대로 나열한다.  

$$X' = [LH2'(i, j), HL2'(i, j), HH2'(i, j)] \quad (3)$$
 이미지가  $M \times M$  일 때  $(i, j = 1, 2, 3, \dots, \frac{M}{4})$
- ③  $X'$ 의 성분 값들을 크기가 큰 순서로 재배열한다.

- ④ 원본 이미지와  $S3, S3', \alpha$ 를 이용하여 워터마크  $W'(n, m)$ 을 추출한다.

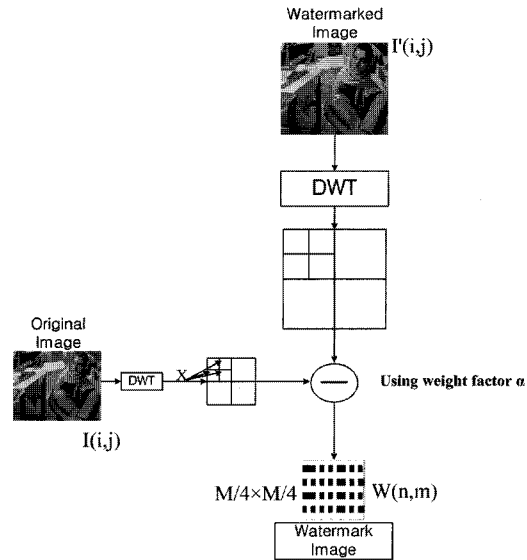


그림 4 트리플릿을 이용한 워터마크 추출과정  
 Fig. 4 Watermark extract algorithm using the triplet

4. 실험 및 결과

4.1 실험 환경

실험은 표 1과 같이 4 종류의 512x512(Pixels) 흑백 이미지를 사용하였다. 저주파 성분에 워터마크를 삽입하면 원본 영상에 손상을 주게 되며 고주파 성분에 워터마크를 삽입하면 원본 영상의 손상이 없어 비가시적으로 큰 효과를 얻을 수 있지만 고주파성분은 필터에 쉽게 제거가 되며 노이즈에 약하다. 본 논문에서는 원본 영상을 2 단계 이산 웨이블릿 변환하여 서로 연관성을 갖는 LH2, HL2, HH2의 중간 주파수 대역의 계수를 비교하여 가장 큰 계수의 위치에 워터마크를 삽입하였다. 실험을 위한 워터마크는 일정한 패턴을 갖는 바코드 이미지 워터마크를 사용하였다[5][6][7]. 삽입한 워터마크는 원 영상의 크기(512x512)의 1/4인 128x128 크기의 워터마크를 사용하였다.

4.2 비가시성 실험

표 2는 워터마크의 가중치(Weighted Factor)에 따른 영상의 비가시성 결과를 보여준다. 40dB 이상의 PSNR값을 갖는 영상은 인간의 시각으로 원본 영상과 차이점을 구분하지 못한다. 실험 결과 워터마크의 가중치가 낮아질수록 비가시성에 대한 성능은 높아짐을 알 수 있다. 하지만 워터마크의 가중치가 작아질수록 노이즈 공격에 대한 강인성이 떨어짐을 실험에서 확인하였다. 그러므로 삽입한 워터마크는 비가시성을 갖으며 노이즈 공격에 최대한 강인성을 갖도록 워터마크의 가중치를 0.03로 설정하여 실험을 하였다. 표 3은 실

험에 사용한 워터마크와 원본 영상에 워터마크를 삽입한 결과를 보여준다.

표 1 실험에 사용된 이미지

Table 1 The experimental Images





Test Image 512x512 Gray Scale			
			
Lena	Barbara	Baboon	Airplane




표 2 워터마크 가중치에 따른 PSNR

Table 2 Comparison with PSNR by weighted factors

Value of $\alpha$	PSNR
	128x128(Pixels) Watermark
0.1	33.5409 dB
0.05	39.5615 dB
0.03	43.9980 dB
0.01	53.5409 dB
0.005	59.5615 dB
0.001	73.5409 dB

표 3 바코드 이미지 워터마크와 워터마크를 삽입한 영상

Table 3 Barcode Image Watermark and Watermarked Image

		
Barcode Image Watermark	Original Image	Watermarked Image (PSNR = 53.5 dB)

### 4.3 노이즈 공격에 대한 결과

본 논문에서 제안한 워터마크 알고리즘의 강인성 확인을 위해 표 4와 같은 노이즈 공격을 가하였다. 노이즈 공격을 가한 영상에서 추출한 워터마크는 원본 워터마크와 낮은 상관도를 갖더라도 시각적으로 삽입한 워터마크를 확인할 수 있었다. 워터마크를 삽입한 영상의 노이즈 공격에 대한 결과는 다음과 같다.

표 4 노이즈 공격에 따른 실험 결과

Table 4 The experimental results of noise attacks





Attack Name	Attack Description (Weight factor=0.01)
Salt & Pepper	Noise Density = 0.005 ~ 0.01 워터마크 추출 후 식별가능
Gaussian Noise	Variance = 0.001이하 워터마크 추출 후 식별가능
Cropping	원본이미지를 25% Cropping을 하여도 워터마크 추출가능 Barcode가 일정한 Pattern을 가지면 높은 성능을 보임
Rotating	90°, 180°, 270° 회전된 이미지를 원본 이미지와 같은 방향으로 회전시킨 후 워터마크를 추출하면 높은 성능을 보임
JPEG Compression	Image Quality 80%이상 높은 성능을 보임

#### 4.3.1 Salt and Pepper 노이즈 공격

워터마크가 삽입된 이미지에 노이즈 강도를 달리하여 공격을 가한 후 추출한 워터마크는 표 5와 같다. 표 5의 PSNR은 원본영상과 노이즈 공격을 가한 영상을 비교하였다.

표 5 Salt and Pepper 노이즈 공격에 대한 결과

Table 5 The experimental result of Salt and Pepper noise attack

Noise Density = 0.005 PSNR = 28.38 dB	Noise Density = 0.01 PSNR = 25.43 dB
	
	

#### 4.3.2 Gaussian 노이즈 공격

워터마크가 삽입된 이미지에 분산 값이 다른 가우시안 노이즈 공격을 가한 후 추출한 워터마크는 표 6과 같다. 워터마크를 달리하여 공격을 가한 후 추출한 워터마크는 표 6과 같다. 분산 값이 0.001 이하면 삽입한 워터마크가 식별이 가능함을 확인할 수 있다.

표 6 Gaussian 노이즈 공격에 대한 결과

Table 6 The experimental result of Gaussian noise attack

Variance = 0.001 PSNR = 30 dB	Variance = 0.002 PSNR = 27 dB

4.3.3 크롭 공격

워터마크가 삽입된 이미지를 크기가 다르게 크롭후 워터마크를 추출한 결과는 그림 5와 같다. 삽입한 바코드 패턴 이미지워터마크의 패턴을 실험했던 워터마크보다 좀 더 짧게 하면 크롭에 대한 더 높은 성능을 보였다.

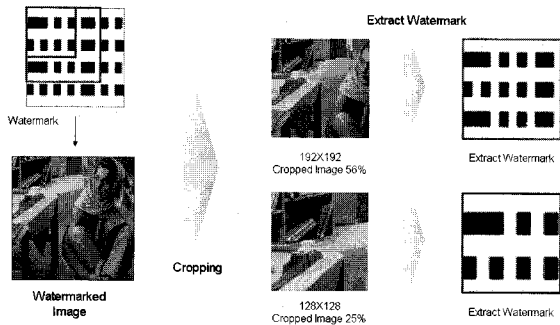


그림 5 크롭 공격에 대한 결과  
Fig. 5 The experimental result of cropping attack

4.3.4 회전 공격

영상은 회전을 하게 되면 눈에 보이지 않지만 영상에 손상을 주게 된다. 워터마크가 삽입된 영상이 회전이 되어있으면 원본 이미지와 비교하여 같은 방향으로 회전 후 워터마크를 추출 할 수 있다. 그림 6은 회전 공격에 대한 워터마크 추출과정을 보여준다.

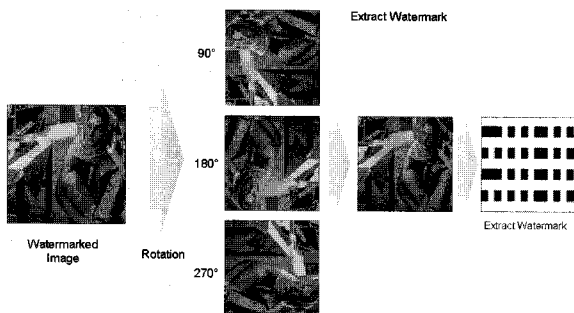


그림 6 회전 공격에 대한 결과  
Fig. 6 The experimental result of rotating attack

4.3.5 JPEG 압축 공격

그림 7은 JPEG 압축률에 따른 워터마크의 추출 결과를 나타낸다. JPEG 압축률이 70%이상 되면 삽입한 워터마크 추출 시 좋은 성능을 보임을 확인하였다.

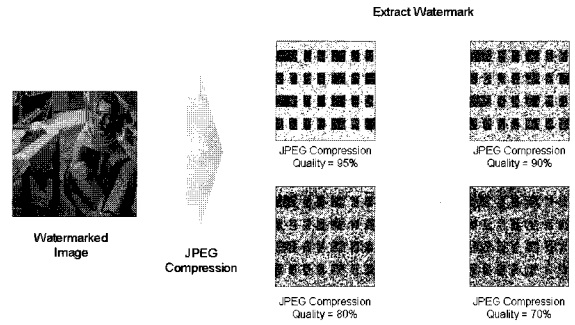


그림 6 JPEG 손실압축 공격에 대한 결과  
Fig. 6 The experimental result of JPEG lossy compression attack

5. 결론

본 논문에서는 트리플릿을 이용한 주파수 영역에서 비가시성 바코드 이미지 워터마크 삽입 방법을 제안하였다. 원본 영상을 2-단계 이산 웨이블릿 변환 후 같은 위치에 있는 세 곳의 대역(LH2, HL2, HH2)의 계수들을 각각 비교 후 가장 큰 계수에 제안한 알고리즘을 이용하여 바코드 이미지 워터마크를 삽입하였다. 워터마크의 가중치에 따라 PSNR과 노이즈 공격에 대한 강인성의 관계를 확인하였으며 본 논문에서 삽입한 워터마크의 가중치는 워터마크가 비가시성이며 노이즈에 대해 강인성을 갖도록 설정하였다. 워터마크로 사용된 바코드 이미지는 일정한 패턴을 이용하여 여러 종류의 워터마크를 만들 수 있으며 바코드 워터마크의 패턴으로 인해 워터마크가 삽입된 영상을 자르거나 회전시켜도 원본 영상을 이용하여 워터마크를 추출 시 삽입된 워터마크를 확인할 수 있었다. 워터마크가 삽입된 영상에 노이즈 공격 후 워터마크 추출결과 상관도를 구하지 않아도 삽입된 워터마크를 시각적으로 확인할 수 있었다. 또한 낮은 상관도 값에도 삽입한 워터마크의 가시적 식별이 가능한 장점을 갖는다.

참고 문헌

[1] 이정기, 허진, 이광, 이호영, 이준, "디지털 이미지 데이터의 웨이블릿 워터마킹", 한국콘텐츠 학회, vol. 3, 2005.  
[2] Victor V., Mariko., and Hector M., "Analysis of a Wavelet-based Watermarking Algorithm", Proceeding of the 14th Int.Conf. on Electronics, Communication and Computers, 2004

- [3] 서영호, 김종현, 김대경, 유지상, 김동욱, "DWT를 이용한 영상압축을 위한 경계화소의 효과적인 처리방법", 한국통신학회, vol. 27, 2002.
- [4] F. Huo and X. Gao, "A Wavelet Based Image Watermarking Scheme", Proceeding of the IEEE Int. Conf. Image Processing, pp.2573-2576, Xi'an, China, 2006.
- [5] G. Xie and H. Shen, "A New Fusion Based Blind Logo-Watermarking Algorithm", IEICE Trans. INF. & SYST., vol. E89-D, 2006.
- [6] V. Potdar, S. Han, E. Chang, and C. Wu, "Subjective and Objective Watermarking Detection using a Novel Approach Bar-code Watermarking", Digital Ecosystems and Business Intelligence Institute, Curtin University of Technology, Perth, Western Australia, 2007
- [7] J.-C. Y, H.-C. Chen, and J.-H. Juan, "Blind Watermarking Based on The Wavelet Transform", Proceedings of the Seventh International Conference on Parallel and Distributed Computing, Miaoli, Taiwan, R.O.C., 2006.



**안 종 구 (安 鍾 久)**

1953년 7월 7일생. 1977년 서울대 전기공학과 졸업. 1979년 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학석사). 1989년 University of Texas at Austin (공학박사). 1979~1980년 현대중공업주식회사 1980~현재 울산대 전기전자공학부 교수  
 Tel : 052-259-2183  
 Fax : 052-259-1686  
 E-mail : ckan@ulsan.ac.kr

저 자 소 개



**박 병 수 (朴 柄 秀)**

1981년 11월 10일생. 2007년 울산대 전기전자공학부 졸업. 2007년~현재 동 대학원 전기전자공학과 석사과정  
 Tel : 052-259-2213  
 Fax : 052-259-1686  
 E-mail : bsbd@nate.com



**추 형 석 (秋 亨 錫)**

1971년 12월 16일생. 1997년 울산대 전자공학과 졸업. 1999년 울산대대학원 전자공학과 (공학석사). 2003년 울산대 대학원 전자공학과 (공학박사). 2004~2007년 울산대 전기전자학부 강의전담교수 2007~현재 파워테크윈(주) 책임연구원  
 Tel : 052-277-5604  
 Fax : 052-277-5605  
 E-mail : hschu4@mail.ulsan.ac.kr