

## 트리플릿을 이용한 비가시적 이미지 패턴 워터마크

박병수, 신성욱, 추형석, 안중구  
울산대학교 전기전자정보시스템공학과

### An Invisible Image Pattern Watermark System Using Triplet

Byung-su Park, Soung-wook Shin, Hyung-suk Chu, Chong-koo An  
School of Electrical Engineering, University of Ulsan

**Abstract** - 인터넷과 통신기술의 급격한 발전으로 인한 디지털 콘텐츠의 저자 등의 없는 복사, 배포의 증가는 저작권 침해 및 불법 복제 및 배포, 위조 등의 문제를 발생시켰다. 이러한 저작권 문제를 해결하기 위한 사후적 방법으로 디지털 워터마크 기술이 개발되었다. 본 논문은 이산 웨이블릿 변환의 트리플릿 특징을 이용한 바코드 이미지 워터마크 알고리즘을 제안하였다. 바코드 이미지 워터마크에 일정한 패턴을 이용하여 여러 공격에 강인성을 갖게 하였다. 또한 워터마크 추출시 상관도를 구하지 않아도 시각적으로 워터마크의 삽입 여부를 확인할 수 있으며, 낮은 상관도에서도 워터마크를 시각적으로 확인할 수 있는 장점을 갖는다.

#### 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. 이런 특징으로 인하여 저자의 동의 없는 복사, 배포는 저작권 침해 및 불법, 복제 및 배포, 위조 등의 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제는 저자의 사기를 저하시켜 활발한 콘텐츠 문화 발전에 악영향을 끼치게 된다. 이를 해결하기 위하여 저작권 보호를 위한 사후적 방법으로 디지털 워터마크(Digital Watermark) 기술이 개발 되었다[1].

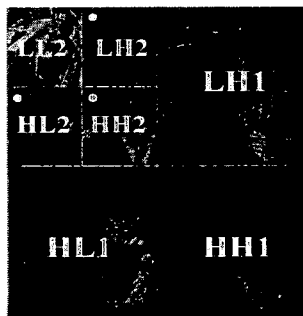
디지털 워터마크는 삽입 영역에 따라 공간영역(Spatial domain) 워터마크와 주파수 영역(Frequency domain) 워터마크로 나눌 수 있다. 그리고 워터마크 추출시 원본 이미지 사용여부에 따라서 원본이미지 없이 추출이 가능한 블라인드(Blind) 워터마크와 원본이미지와 워터마크가 삽입된 이미지가 있어야 추출이 가능한 논-블라인드(Non-Blind) 워터마크로 나뉜다. 또한 삽입된 워터마크의 가시성에 따라서 시각적으로 식별 가능한 가시성(Visible) 워터마크와 삽입된 워터마크가 시각적으로 식별이 불가능한 비가시성(Invisible) 워터마크로 나눌 수 있다.

본 논문에서는 트리플릿을 이용하여 주파수 영역 삽입을 기반으로 하는 비가시성의 바코드 이미지 워터마크 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 워터마크 알고리즘은 여러 공격(Nosise Attack) 및 크롭(Crop)에 강인성을 갖는 장점을 보였다.

#### 2. 관련 이론

##### 2.1 이산 웨이블릿 변환 (DWT : Discrete Wavelet Transform)

이산 웨이블릿 변환으로 변환된 각 부대역 이미지들은 저주파 대역에서 고주파 대역으로의 계층적 정보를 가지고 있다. 그림 1과 같이 2-단계 이산 웨이블릿 변환을 하면 LL1 부대역은 원본 이미지의 저주파 성분, LH1 부대역은 원본 이미지의 수평 방향의 에지(Edge) 특성을 갖는 고주파 성분을 나타내고, HL1 부대역은 원본 이미지의 수직 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분을 나타내며, HH1 부대역은 원본 이미지의 대각선 방향 에지 특성을 갖는 고주파 성분을 나타낸다. LH2, HL2, HH2 부대역은 각각 LL1 부대역의 각각의 에지 특성에 대한 고주파 성분을 나타낸다[2].



<그림 1> 2-단계 웨이블릿 변환

##### 2.2 트리플릿을 이용한 워터마크 (Watermark using Triplet)

이산 웨이블릿 변환을 실행한 후 같은 단계에 있는 세 곳의 부대역의 계수들(Coefficients)을 살펴보면 같은 위치에 있는 계수들 사이에 연관성이 존재함을 알 수 있다. 그림 1과 같이 같은 단계(2-단계)에 있는 세 곳의 부대역(LH2, HL2, HH2) 계수들 중 같은 위치에 있는 계수들을 살펴보면 서로 연관성이 있음을 알 수 있다[3]. 이를 이용한 기법을 트리플릿(Triplet) 기법이라 한다.

#### 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 부대역(LH2, HL2, HH2) 계수들을 그림 1과 같이 선택한다. 그림 2는 바코드 이미지 워터마크 삽입 과정을 보여준다.

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

$$X = [LH2(i, j), HL2(i, j), HH2(i, j)] \quad \dots (1)$$

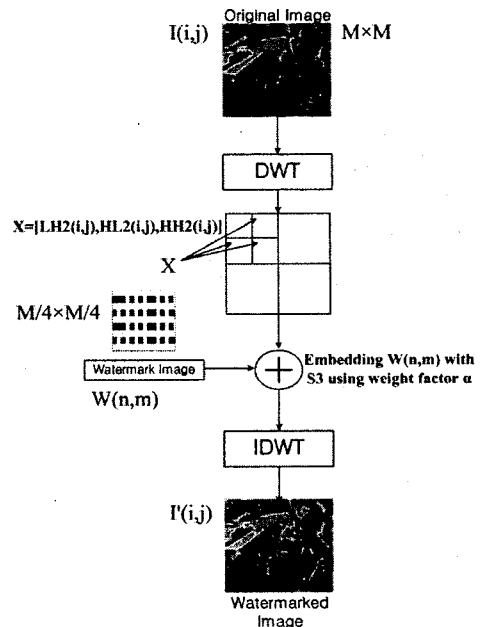
$$\text{이미지가 } M \times M \text{ 일 때 } \left( i, j = 1, 2, 3, \dots, \frac{M}{4} \right)$$

- 3) X의 성분 값들을 크기가 큰 순서로 계 배열한다.  
 $X = [S3, S2, S1] \quad (S3 > S2 > S1)$
- 4) S3에 이미지 크기가  $\frac{M}{4} \times \frac{M}{4}$ 인 바코드 워터마크  $W(n, m)$ 을 식 2와 같이 삽입한다.

$$S3' = S3 + \alpha W(n, m) \quad \dots (2)$$

워터마크 이미지가  $\frac{M}{4} \times \frac{M}{4}$ 일 때  $(n, m = 1, 2, \dots, \frac{M}{4})$

- 5) 워터마크가 삽입된  $S3'$ 을 X의 본래의 위치에 삽입한다.



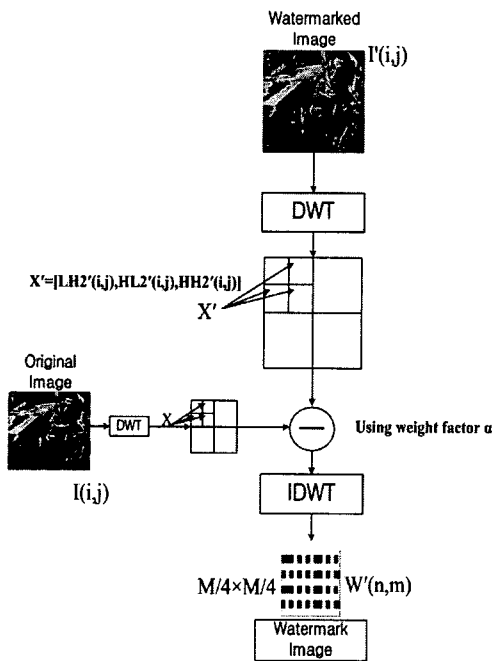
<그림 2> 트리플릿을 이용한 워터마크 삽입 과정

### 3.2 워터마크 추출 알고리즘

삽입된 워터마크를 추출하는 과정은 그림 3과 같다. 워터마크가 삽입된 이미지를 2-단계 이상 웨이블릿 변환을 하여 같은 위치에 있는 세 개의 부대역(LH2, HL2, HH2)을 선택한다. 같은 위치에서 선택한 3개의 계수를 비교하여 가장 큰 값  $S3'$ 와 원본이미지의  $S3$ 를 이용하여 워터마크를 추출한다. 그림 3은 바코드 이미지 워터마크 추출과정을 보여준다.

- 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.  

$$X' = [LH2'(i, j), HL2'(i, j), HH2'(i, j)] \quad \dots (3)$$
 이미지가  $M \times M$  일 때  $(i, j = 1, 2, 3, \dots, \frac{M}{4})$
- ③  $X'$ 의 성분 값들을 크기가 큰 순서로 재배열한다.  
 $X' = [S3', S2', S1'] \quad (S3' > S2' > S1')$
- ④ 원본 이미지와  $S3, S3', \alpha$ 를 이용하여 워터마크  $W'(n, m)$ 을 추출한다.



〈그림 3〉 트리플릿을 이용한 워터마크 추출 과정

## 4. 실험 및 결과

### 4.1 실험 환경

실험은 표 1과 같이 4 종류의 512x512(Pixels) 흑백 이미지를 사용하였다. 고주파 성분은 쉽게 제거되고 저주파 성분은 이미지 품질에 많은 영향을 주므로 중간주파수대인 LH2, HL2, HH2의 세 부대역 주파수대를 이용하였다. 같은 위치의 세 곳의 부대역 계수를 비교하여, 가장 큰 값을 갖는 위치에 워터마크를 삽입하였다. 실험을 위한 워터마크는 일정한 패턴을 갖는 워터마크를 사용하였다[4][5][6]. 본 논문에서는 패턴을 갖는 바코드형태의 워터마크(128x128 Pixels)를 삽입하였다.

〈표 1〉 실험에 사용된 이미지

Test Image 512x512 Gray Scale			
Lena	Barbara	Baboon	Airplane

### 4.2 공격(Noise Attack)에 관한 실험

패턴을 갖는 바코드형태의 워터마크가 삽입된 이미지에 표 2와 같이 여러 노이즈 공격을 가하였다. 노이즈 공격을 가한 이미지로부터 워터마크를 추출하였다. 추출된 워터마크는 노이즈의 강도에 따라 다르게 나타났다. 원본 워터마크와의 상관도 비교 시 추출된 워터마크가 낮은 상관도를 갖더라도 시각적으로 삽입한 바코드 워터마크를 확인할 수 있다. 또한 워터마크가 삽입된 이미지를 자르거나 회전 시켜도 원본이미지로 삽입된 워터마크의 추출이 가능하였다. 또한 워터마크가 삽입된 이미지를 압축시켜도 삽입된 워터마크가 추출 가능함을 확인하였다.

〈표 2〉 노이즈 공격에 따른 실험 결과

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

## 5. 결론

본 논문에서는 트리플릿을 이용한 주파수 영역에서 비가시성 바코드 이미지 워터마크 삽입 방법을 제안하였다. 워터마크로 사용된 바코드 이미지는 일정한 패턴을 취서 여러 종류의 워터마크를 만들 수 있다. 또한 바코드 워터마크의 패턴으로 인해 워터마크가 삽입된 이미지를 자르거나 회전시켜도 원본이미지를 이용하여 워터마크를 추출 시 삽입된 워터마크를 확인할 수 있었다. 원본 이미지를 2-단계 이상 웨이블릿 변환 후 같은 위치에 있는 세 곳의 부대역(LH2, HL2, HH2)의 값들을 각각 비교하여 가장 큰 값에 바코드 이미지 워터마크를 삽입하였다. 적절한 가중치( $\alpha$ )를 정하여 바코드 이미지 워터마크를 삽입하면 높은 PSNR 값을 얻을 수 있고 워터마크 추출 시 상관도를 구하지 않아도 시각적으로 삽입한 바코드 워터마크를 확인할 수 있다. 또한 낮은 상관도 값에도 삽입한 바코드 워터마크의 가시적 식별이 가능함을 확인하였다.

### [참고 문헌]

- [1] 이정기, 허진, 이광, 이호영, 이준, "디지털 이미지 데이터의 웨이블릿 워터마킹", 한국콘텐츠학회, vol. 3, 2005.
- [2] 서영호, 김종현, 김대경, 유지상, 김동욱, "DWT를 이용한 영상압축을 위한 경계화소의 효과적인 처리방법", 한국통신학회, vol. 27, 2002.
- [3] 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.
- [4] G. Xie and H. Shen, "A New Fusion Based Blind Logo-Watermarking Algorithm", IEICE Trans. INF. & SYST., vol. E89-D, 2006.
- [5] V. Potdar, S. Han, E. Chang, and C. Wu, "Subjective and Objective Watermarking Detection using a Novel Approach Barcode Watermarking", Digital Ecosystems and Business Intelligence Institute, Curtin University of Technology, Perth, Western Australia, 2007
- [6] 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.