

# 이미지 인증과 변형 검출을 위한 DWT기반 다중워터마킹

## DWT Based Multiwatermarking for Authentication and Detection of Image Modification

강태환, 장호현, 김동서, 주낙근  
동신대학교

Kang Tae-Hwan, Jang Ho-Hyun, Kim Dong-Seo,  
Joo Nak-Keun  
Dongshin University

### 요약

본 논문에서는 디지털 영상의 인증과 변형 검출 및 저작권 보호를 가능하도록 다중워터마킹 기법이 제안되었다. 원영상을 DWT(Discrete Wavelet Transform) 변환한 후 이미지의 인증과 변형된 위치를 검출하기 위하여 저주파 부분인 LL밴드의 LSB(Least Significant Bit)에 암호화된 워터마크 정보를 삽입한다. 또 저작권 보호를 위하여 고주파부분의 웨이블릿 계수들의 교환을 통해 워터마크 정보를 삽입한다. 이렇게 함으로써 저주파부분의 LSB 값 추출을 통해 인증 및 그 변형 위치를 찾을 수 있었으며, 고주파부분에 삽입된 워터마크를 추출하여 원영상의 저작권 정보를 감지할 수 있었다.

### Abstract

In this paper, the multiwatermarking method to make it possible to the authentication, modification detection and copyright protection of the digital image was proposed. After the original image is transformed by the DWT(Discrete Wavelet Transform), the encrypted watermark information is embedded into the LSB(Least Significant Bit) of LL band on the low frequency domain for authenticating and detecting modified position in the image. And watermark information is embedded by exchanging the wavelet coefficient for the copyright protection. Thereby, we can authenticate the modification and detect the modified location by extracting the values of LSB on the low frequency domain. And we can perceive the copyright information of original image by extracting the embedded watermark on the high frequency domain.

## I. 서론

인터넷 및 디지털 콘텐츠 산업의 신장으로 인해서 디지털화된 음악, 영상, 동영상 등과 같은 다양한 멀티미디어 디지털 데이터를 누구나 쉽게 복사, 저장, 변형 그리고 전송 등을 할 수 있게 되었다. 이에 따라 저작권 보호의 필요성이 절실히 대두 되고 있으며 디지털 콘텐츠 보호를 위한 방법으로 많은 기술들이 연구되고 있다. 이 중에서 가장 일반적인 방법이 디지

털워터마킹 방법이다.

디지털 워터마킹 방법은 삽입 방법에 따라 공간 영역(spatial domain)에 삽입하는 방법과 주파수 영역(frequency domain)에 삽입하는 방법으로 나눌 수 있다. 주파수 영역에서 삽입하는 방법은 DFT(Discrete Fourier Transform), DCT(Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform) 등의 변환을 이용하여 주파수 계수들을

워터마크에 따라 변경하여 워터마크를 삽입한다.

디지털 영상의 인증과 변형검출 및 저작권 보호를 보다 효율적으로 수행하기 위해서는 영상의 변조 유무, 변조 위치, 비가시성이 고려되어야 한다.

본 논문에서는 이미지 인증과 변형 검출 및 저작권 보호를 위한 웨이블릿<sup>[2]</sup> 기반 다중워터마킹 방법을 제안한다. 제안된 방법은 영상을 웨이블릿 변환한 후 이미지 인증과 변형 위치 검출을 위하여 저주파 영역인 LL 밴드의 LSB(Least Significant Bit)에 워터마크를 암호화 하여 삽입하고 저작권 주장을 위하여 고주파 영역인 HL, LH, HH 밴드의 상호 대응되는 위치에 있는 계수 값들의 대소 관계에 따라 워터마크를 삽입하는 워터마킹 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 II장에서 관련연구들을 소개하고 III장에서 제안된 알고리즘을 서술하며, IV장에서 실험 및 고찰을 통해서 제안된 알고리즘의 결과를 확인하고 마지막으로 V장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

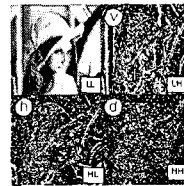
## II. 관련연구

Wong<sup>[1]</sup>은 공간 영역에서 공개키 암호화 알고리즘을 이용하여 디지털 서명 기반의 블록별 인증 워터마킹 기법을 제안하였다. 이 방법은 블록별 독립적으로 워터마킹을 수행하기 때문에 블록 cut-and-paste 공격 및 counterfeit-ing 공격에 대해 취약하다.

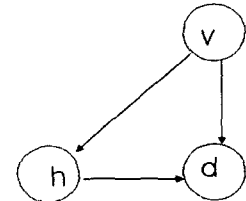
이혜란<sup>[3]</sup>은 웨이블릿 변환을 수행하여 저주파 영역에서 이미지의 특징을 추출하고 추출한 특징을 이용해 이중 워터마크를 삽입하여 이미지를 인증 워터마킹 기법을 제안하였다. 하지만 이미지의 특정 부분을 잘라내었을 경우 변환 후 저주파 영역내의 잘라진 부분에서 이미지의 특징을 추출하기 어렵다는 단점이 있다.

## III. DWT 기반 다중워터마킹

본 논문에서 제안하는 워터마킹 알고리즘은 블록별 독립적 워터마킹의 단점이 cut-and-paste 공격과 counterfeit-ing 공격에 취약한 문제를 해결하기 위하여 워터마크 삽입을 블록단위로 수행하지 않고 픽셀단위로 처리하고, 영상의 위치 정보와 주파수 정보를 동시에 표현이 가능한 웨이블릿 변환을 사용하여 워터마크를 삽입하고 나중에 삽입된 워터마크를 추출하여 인증과 변형 위치 검출을 확인한다.



▶▶ 그림 1. 1-단계 웨이블릿 변환



▶▶ 그림 2. 인덱스 이행적 순서 그래프

영상을 1-단계 웨이블릿 변환하면 [그림 1]과 같이 LL, HL, LH, HH 밴드로 나누어지고, 각각은 저주파수, 수직, 수평, 대각의 성분이며, 각 대응되는 위치의 웨이블릿 계수 값의 절대치를  $h, v, d$ 라 하고 이 값을 정점으로 갖고 이들의 대소 관계에 따른 방향그래프  $G$ 를 다음과 같은 정점의 집합  $V$ 와 간선의 집합  $E$ 로 정의한다.

$$\begin{aligned} G &= \{V, E\} \\ V &= \{h, v, d\} \\ E &= \{ \langle u_i, u_j \rangle \mid u_i, u_j \in V, u_i < u_j \} \end{aligned}$$

이러한 그래프 중에 [그림 2]의 그래프  $G$ 를 인덱스 이행적 순서(index transitive order) 그래프라고 정의한다.

$$G = \{ \{h, v, d\}, \{ \langle v, h \rangle, \langle h, d \rangle, \langle v, d \rangle \} \}$$

웨이블릿 변환 영역에서 각 성분의 주파수 특징을 이용한 인증 및 변형과 위치 검출을 위하여 LL 밴드의 LSB에 워터마크를 삽입하였으며, 그리고 저작권 주장을 위하여 LH, HL, HH 밴드들의 각 대응되는 계수 값의 절대치에 대해서 서로 다른 두개의 최소값을 갖는 계수를 선택하고 [그림 2]와 같이 인덱스 이행적 순서 그래프를 이용하여 워터마크가 0이면 인덱스 이행적 순서를 만족하도록 계수교환을 수행하고 워터마크가 1이면 인덱스 이행적 순서를 만족하지 않도록 계수교환을 하여 삽입한다.

### 3.1 워터마크 삽입

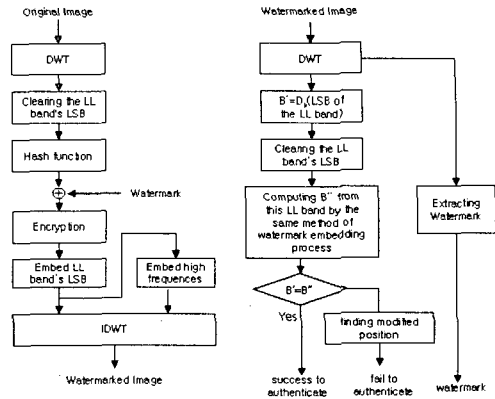
크기가  $M \times N$ 인 영상에 워터마크를 삽입하는 전체 과정은 [그림 3]과 같으며 다음 단계와 같이 수행된다. [단계 1.] 원영상을 1-단계 웨이블릿 변환을 수행한다.

[단계 2.] 저주파 영역인 LL 밴드의 LSB를 0으로 초기화한 값과 LL 밴드의 크기를 입력으로 하는 해쉬함수 값  $H = (h_1, h_2, \dots, h_l)$ 를 구한다.

[단계 3.] 식 (1)과 같이 삽입하고자 하는 워터마크의 비트 플레인  $W = (w_1, w_2, \dots, w_l)$ 과 해쉬함수의 결과 비트 플레인  $H$ 을 XOR를 수행하여  $B = (b_1, b_2, \dots, b_l)$ 를 생성한다.  $l$ 은 LL 밴드의 크기이다.

[단계 4.] 공개키암호화시스템으로  $B$ 를 암호화 하여 저주파수 영역인 LL 밴드의 LSB에 삽입하고 고주파 영역인 HL, LH, HH 밴드의 상호 대응되는 위치에 있는 계수 값들의 대소 관계와  $W$ 값에 따라 워터마크를 삽입한다.

[단계 5.] 역웨이블릿 변환을 수행하여 워터마크가 삽입된 영상을 얻는다.



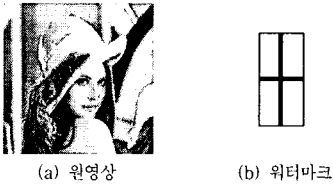
▶▶ 그림 3. 워터마크 삽입 ▶▶ 그림 4. 워터마크 추출

### 3.2 영상 인증과 워터마크 추출

먼저 영상의 변경 여부를 인증하기 위해서 워터마크가 삽입된 영상을 1-단계 웨이블릿 변환한다. 그리고 웨이블릿 변환된 영상의 LL 밴드의 LSB에 들어있는 암호화된 값을 추출하여 이 값의 복호화된 결과를  $B'$ 라 한다. 그런 다음 LL 밴드의 LSB 부분을 삭제하고, 남은 LL 밴드로부터 워터마크 삽입과정과 동일하게  $B''$ 를 구한다. 그리하여  $B'$ 와  $B''$ 가 일치하면 원영상에 변경이 발생하지 않은 것이고, 만약 일치하지 않으면 원영상이 변형된 것이 된다. 이때 변형이 발생했다면 웨이블릿 변환의 특성을 이용하여 그 변형 위치를 검색할 수 있다. 다음으로 저작권 보호를 위한 워터마크 추출은 고주파 영역인 HL, LH, HH 밴드에서 서로 다른 대응되는 위치의 계수 값의 절대치 중에서 가장 작은 두 계수를 선택하고 두 계수 값의 대소 관계가 인덱스 이행적 순서를 만족하면 0, 만족하지 않으면 1인 워터마크를 추출한다. 개략적인 워터마크 추출과정은 [그림 4]와 같으며 추출된 워터마크를 통하여 원영상에 대한 저작권 주장을 하는데 사용할 수 있다.

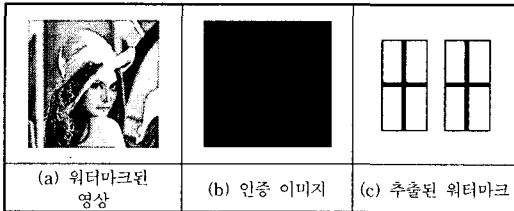
#### IV. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 이웃 화소간의 평균을 기저 대역으로 하는 Haar 웨이블릿 필터를 이용하여 [그림 5] (a)와 같은 256×256 크기의 그레이 레벨 Lena 영상과 [그림 5] (b)와 같이 64×32 크기의 임의의 영상을 워터마크로 사용하였다. 워터마크된 영상의 인증과 변형 유무를 확인하기 위하여 잘라내기, cut-and-paste, 미세변형, 노이즈 추가 등을 실험하였다.

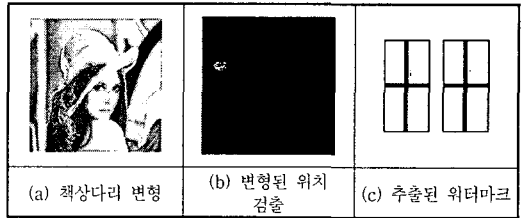


▶▶ 그림 5. 실험 영상

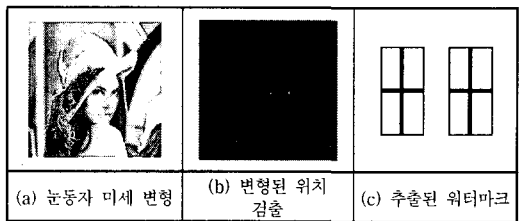
[그림 6] (a) 워터마크된 영상의 PSNR(Peak Signal to Noise Ration)은 41.36[dB]로 워터마크가 삽입되었는지를 시각적으로 감지할 수 없었고 [그림 6] (b)는 이미지 위·변조가 없는 상태를 나타내며, [그림 6] (c)는 각각 웨이블릿 변환영역에서 저주파수 영역인 LL밴드의 LSB에 삽입된 것에 대해 추출된 워터마크와 고주파수 영역에서 계수교환을 통해 삽입된 워터마크를 추출한 것이다.



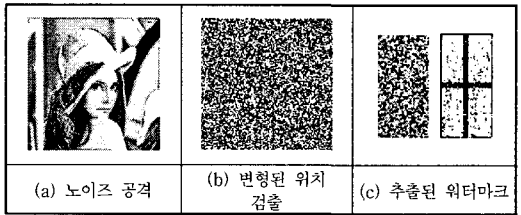
▶▶ 그림 6. 공격이 없는 경우



▶▶ 그림 7. cut-and-paste 공격



▶▶ 그림 8. 눈동자 미세변형 공격



▶▶ 그림 9. 노이즈 공격

시각적으로는 전혀 알 수 없는 cut-and-paste 공격을 [그림 7] (a)와 같이 하였지만 [그림 7] (b)와 같이 변형된 위치를 검출하고 워터마크를 추출하는 것을 확인하였다.

워터마크된 영상의 미세 변형에 대해 위·변조가 있는지를 확인하기 위해 [그림 8] (a)와 같이 공격하였다. [그림 8] (b)와 같이 미세한 변형에 대해서도 변형 위치를 검출하였으며, [그림 8] (c)와 같이 아주 미세하게 워터마크가 훼손되었지만 시각적으로는 확인할 수 없는 워터마크를 추출하는 것을 확인하였다.

[그림 9] (a)는 이미지 전체에 가우시안 노이즈를 첨가하였다. 노이즈에 대한 이미지 변형 위치는 [그림 9] (b)처럼 전체적으로 변형이 이루어지는 것을 확인할 수 있었으나 [그림 9] (c)의 왼쪽과 같이 워터

마크를 추출할 수 없었다. 하지만 고주파수 영역에서 계수교환을 통한 워터마킹 기법을 적용하였기 때문에 [그림 9] (c)의 오른쪽과 같이 시각적으로 삽입된 워터마크를 추출하는 것을 확인할 수 있었다.

## V. 결 론

본 논문에서는 이산 웨이블릿 변환의 계수를 이용하여 이미지의 인증과 변형검출 및 저작권 정보를 감지할수 있는 다중워터마킹 방법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 웨이블릿 변환 영역에서 저주파수 영역인 LL 밴드의 LSB에 암호화된 워터마크를 삽입하였고 고주파수 영역인 HL, LH, HH 밴드에서 계수교환을 통하여 삽입하였다. 실험을 통하여 이미지 인증과 변형 위치 검출 및 저작권 정보를 감지할 수 있음을 확인할 수 있었다. 제안한 워터마킹 알고리즘의 적용분야로는 이미지 위·변조가 가능하고 비악의적인 영상 처리가 가능한 디지털 사진, 의료영상, 법적인 문서 등에 적용이 가능하다. 향후 연구 과제로서 더 다양한 악의적인 공격과 이미지 처리에 견고하면서도 인증과 변형검출이 가능한 기법으로 향상이 필요하다.

### ■ 참고 문헌 ■

- [1] P. W. Wong. "A watermark for image integrity and ownership verification." Proceedings of IEEE Int. Conf. Image Processing, pp.455-459, 1998.
- [2] 주낙근, "웨이블릿 계수 교환을 이용한 워터마킹 기법", 정보보호학회논문지, 제13권, 제5호, pp. 49-57, 2003.
- [3] 이혜란, "이미지 인증을 위한 DWT 계수기반 다중 워터마킹", 정보보호학회논문지, 제15권, 제2호, pp.113-123. 2005.