

# 이미지 인증 및 변형 검출을 위한 DWT기반 워터마킹

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

장호현, 강태환, 김동서, 주낙근  
동신대학교

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

### 요약

본 논문에서는 이미지 인증 및 변형 검출을 목적으로 한 DWT(Discrete Wavelet Transform)기반 워터마킹 방법이 제안되었다. 제안된 알고리즘은 원 영상을 1-단계 웨이블릿 변환한 후 고주파 부분의 계수교환을 통해 워터마크를 삽입하고, 워터마크가 삽입되기 이전의 고주파 영역의 특성값들을 워터마크가 삽입된 영상의 LSB(Least Significant Bit)부분에 추가한다.

이에 따라 워터마크가 삽입된 영상의 LSB(Least Significant Bit)값들과 고주파 계수부분에 삽입된 워터마크 정보를 추출하여 이들의 변형유무에 따라 영상의 인증 및 변형위치를 검출할 수 있다.

### Abstract

In this paper, the DWT(Discrete Wavelet Transform) based watermarking method for authentication and detection of image modification was proposed. The proposed algorithm inserts watermark into high frequency domain after 1-level wavelet transform by exchanging wavelet coefficients and embeds the characteristic values of high frequency domain of original image into the LSB part of watermarked image.

Therefore, By extracting LSB values and watermark in the high frequency domain from the watermarked image, we can authenticate the image and detect modified positions.

## I. 서론

최근 컴퓨터의 발달과 인터넷의 대중화로 디지털 영상 등 디지털 콘텐츠의 불법적인 복제나 유통으로 인한 저작권 문제가 크게 대두 되고 있다. 디지털 이미지는 복제가 용이하고 원본과 복사본을 구별할 수 없으며 편집이 가능하다는 이점이 있으나 악의적인 목적으로 손쉽게 위·변조를 할 수 있다. 따라서 디지털 영상의 소유권 주장, 인증 및 변형 검출을 위한 효율적인 방법이 요구되고 있으며 그 중 한 가지 기술이 디지털 워터마킹이다.

디지털 워터마킹이란 원 영상에 시각적으로 거슬리

지 않도록 저작권 정보를 삽입함으로써 그 영상의 저작권 확인 및 증명에 이용되는 기술로서 용도에 따라 강성 워터마킹(robust watermarking)과 연성 워터마킹(fragile watermarking)으로 나뉜다. 강성 워터마킹은 저작권 보호 및 소유권 증명에 사용되고 연성 워터마킹은 인증과 변형 검출을 목적으로 사용된다.

본 논문에서는 이미지 인증 및 변형 검출을 위한 연성 워터마킹 기법을 제안한다. 연성 워터마킹 기법은 약간의 변형에도 쉽게 깨지는 워터마킹 기법으로 영상의 조작 유·무와 변형위치를 검출할 수 있다. 즉 영상의 위·변조가 발생하는 경우 영상 내부에 삽

입되어 있는 워터마크가 변형됨으로써 위·변조 여부 및 변형을 검출하는 것이다. 일반적으로 워터마크가 인증 및 변형검출을 수행하기 위해서는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

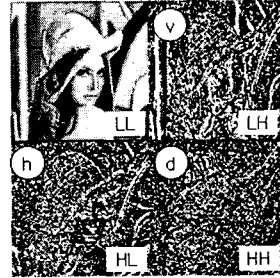
- 영상의 변형 여부를 판단할 수 있어야 한다.
- 영상의 조작 위치를 검출 할 수 있어야 한다.
- 원 영상 없이도 검출이 가능해야 한다.
- 삽입된 워터마크는 비가시적이어야 한다.

본 논문에서는 원 영상을 1-단계 웨이블릿 변환 후 고주파 부분의 계수교환을 통해 워터마크를 삽입하고, 워터마크가 삽입되기 이전의 고주파 영역의 특성값들을 워터마크가 삽입된 영상의 LSB(Least Significant Bit)부분에 추가한다. 이를 위해 본 논문은 2장에서 연성 워터마킹 관련 연구들을 소개하고 3장에서 제안하는 워터마킹 알고리즘을 소개하고 4장에서 실험 및 고찰을 통해 제안하고 있는 알고리즘의 특성을 살펴본 후 마지막으로 5장에서 결론을 제시한다.

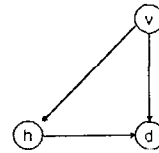
## II. 관련연구

기존의 연성 워터마킹에 대한 연구를 살펴보면, Wong은 해쉬 함수와 공개키 암호화 시스템을 이용하여 영상의 변조 위치를 파악하였으나 매 블록마다 MD5와 RSA 알고리즘을 수행하므로 속도면에서 효율적이지 못하며 블록 cut-and-paste 공격 및 counterfeiting 공격에 취약하다는 문제점을 가지고 있다[1]. Chien 등은 웨이블릿 변환을 기반으로 하는 연성 워터마킹을 제안 하였으나 이미지가 변경되었을 경우에는 블록의 핑거프린트 자체를 생성할 수 없어 변경의 유무를 파악할 수 없다는 문제가 있다[2].

## III. DWT기반 워터마킹



▶▶ 그림 1. 1-단계 웨이블릿 변환의 주파수 밴드



▶▶ 그림 2. 인덱스 이행적 순서 그래프

영상을 1-단계 웨이블릿 변환한 후 HL, LH, HH 밴드들의 각 대응되는 위치에 있는 웨이블릿 계수 값의 절대치를 [그림 1]과 같이  $h, v, d$ 라고 가정한다. 이  $h, v, d$  값을 정점으로 갖고, 이들의 대소 관계에 따른 방향그래프  $G$ 를 다음과 같은 정점 집합  $V$ 와 간선 집합  $E$ 로 정의한다.

$$G = \{V, E\}$$

$$V = \{h, v, d\}$$

$$E = \{ \langle u_i, u_j \rangle \mid u_i, u_j \in V, u_i < u_j \}$$

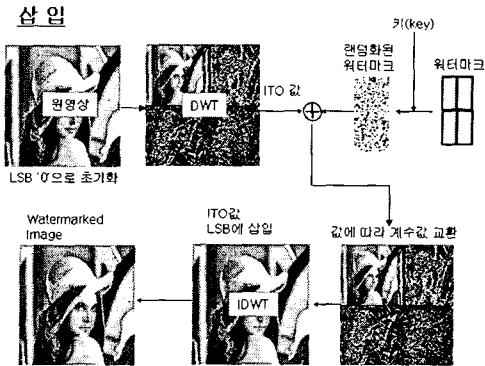
그리고 [그림 2]의 그래프  $G$ 를 인덱스 이행적 순서(index transitive order) 그래프라고 정의 한다[2].

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

또한 인덱스 이행적 순서 부합 여부에 따라 부합할 경우 1로 부합하지 않을 경우에는 0으로 나타낸 비트열을 ITO 값이라 정의 한다.

본 논문에서 제안하는 워터마킹 알고리즘에서 워터

마크 삽입은 먼저 원 영상의 LSB 부분을 0 으로 초기화 한다. 그리고 초기화된 영상을 1-단계 웨이블릿 변환 후 고주파 밴드들의 대응되는 위치에 있는 계수들의 인덱스 이행적 순서(index transitive order)값을 판별하여 ITO 값을 구하고 그 값과 워터 마크 이진 값을 exclusive-or 연산한 결과에 따라 계수들의 대소 관계값을 조정하여 워터 마크를 삽입한다. 그리고 역웨이블릿 변환을 한 후 ITO값을 LSB(Least Significant Bit)에 삽입한다. [그림 3]은 이러한 과정을 개념적으로 나타낸 것이다.



▶▶ 그림 3. 워터마크 삽입 개념도

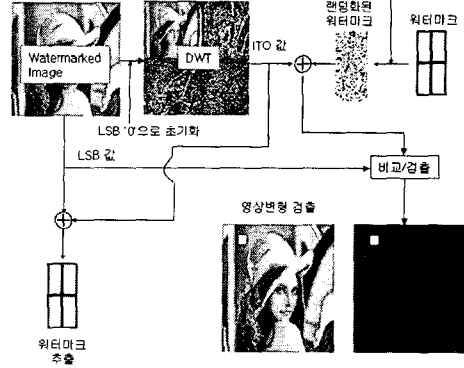
추출은 먼저 워터마크가 삽입된 영상으로부터 LSB 부분을 추출하고 난 다음에, LSB부분을 0 으로 초기화 한다. 그리고 워터마크된 이미지를 1-단계 웨이블릿 변환 후 ITO 값과 워터마크의 이진값을 exclusive-or 연산하고 그 값과 LSB의 값을 비교함으로써 변형된 부분을 찾은 후 영상과 마스크 연산을 하여 영상에서의 변형된 위치를 찾는다. [그림 4]는 이러한 과정을 개념적으로 나타낸 것이다.

이러한 워터마크 삽입과 추출 및 변형검출 알고리즘을 요약하면 다음과 같다.

워터마크 삽입과정

[1단계] : 원 영상의 LSB부분을 0 으로 초기화 한다.

추출 및 변형검출



▶▶ 그림 4. 워터마크 추출 및 이미지 변형 검출 개념도

- 원 영상을 1-단계 웨이블릿 변환한다.
- 고주파 밴드의 계수값을 비교하여 인덱스 이행적 순서의 부합 여부를 비트로 표현한 ITO 값을 구한다.(1:부합, 0: 부합하지 않음.)

[2단계] : 이진화된 워터마크 영상과 ITO 값을 exclusive-or 연산하여 결과에 따라 고주파 밴드의 계수를 교환한다.

[3단계] : 조정된 영상을 역 웨이블릿 변환한다.  
 • 1단계에서 구한 ITO 값을 LSB에 삽입한다.

워터마크 추출 및 변형 검출 과정

[1단계] : 워터마크된 영상에서 LSB 값을 추출하고 영상을 1-단계 웨이블릿 변환 한다.

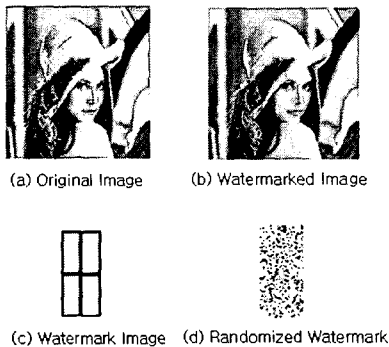
[2단계] : 웨이블릿 변환된 영상에서 고주파 밴드의 계수값을 비교하여 인덱스 이행적 순서의 부합 여부를 비트로 표현한 ITO 값을 구한다.

• ITO 값과 LSB 값을 exclusive-or 연산을 통해 워터마크를 추출한다.

[3단계] : 이진화된 워터마크 영상과 ITO 값을 exclusive-or 연산하여 그 결과와 LSB 값을 비교하여 영상의 변형 위치를 검출한다.

## IV. 실험결과

본 논문에서 사용한 웨이블릿 필터로는 가장 기본적인 필터 이면서 이웃 화소간의 평균을 기저 대역으로 하는 Haar 필터이다. 실험 영상으로는 [그림 5] (a)와 같은 256×256크기의 Lena 영상을 사용한다. 그리고 삽입할 워터마크는 (c)와 같은 64×32 크기의 임의의 영상을 사용한다. (d)는 랜덤화된 워터마크이며 (b)는 워터마크가 삽입된 영상으로 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)은 37.2dB로 비가시성을 갖는다.



▶▶ 그림 5. 워터마킹 결과

[그림 6]의 (a)는 워터마크가 삽입된 영상의 얼굴 부분이 조작된 영상이며 (b)는 변형위치를 검출한 영상으로 변형위치를 정확히 검출하였다. (c)는 변형 후 추출된 워터마크 이미지로 NC(Normalized Correlation) 값은 0.99이다.



▶▶ 그림 6. 영상의 변형 공격



(a) 블록 cut-and-paste (b) Extracted Watermark

▶▶ 그림 7. 블록 cut-and-paste 공격

[그림 7]은 블록 cut-and-paste 공격된 영상에서 공격 위치를 정확히 검출해 냈다. 계수 교환을 이용한 삽입 및 추출 방법으로 인해 Wong의 블록단위로 처리되는 방식에 비해 더욱 정확하게 위·변조 위치를 찾을 수 있었으며 블록 cut-and-paste 공격에서도 정확하게 공격위치를 검출해 냈다. 또한 암호화 관련 처리가 없어 삽입 및 검출 속도가 빠르다.

## V. 결론

본문에서는 디지털 영상의 인증 및 변형 검출을 위한 DWT기반 연성 워터마킹 방법을 제안하였다. 제안한 워터마킹 알고리즘은 원 영상을 웨이블릿 변환하여 고주파영역의 각 대응하는 계수값 사이의 대소관계를 조정하여 워터마크의 삽입과 추출이 행해진다.

워터마크 삽입은 인덱스 이행적 순서에 부합 여부를 비트로 나타낸 ITO 값과 이진화된 워터마크 비트를 exclusive-or 연산하여 그 결과에 따라 계수값을 조정하였고 역웨이블릿 변환 후 LSB에 ITO 값을 삽입하여 처리한다. 워터마크 추출은 워터마크 된 영상을 웨이블릿 변환 후 ITO 값과 LSB값에 저장된 원래 영상의 ITO값을 exclusive-or 연산을 통해 추출하며 원 워터마크를 대입하여 영상의 변형위치를 검출한다. 실험 결과 제안한 알고리즘은 변형위치를 정확히 검출해 냈으며 블록 cut-and-paste 공격에 대해서도 변형 부분을 정확히 검출하였다. 향후 연구 과제로 비 악의적인 공격에 강인성을 갖는 워터마킹 기법에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

**■ 참고 문헌 ■**

- [1] P. W. Wong, Mernon. N., "Secret and public key image watermarking schemes for image authentication and ownership verification", IEEE Transactions on Image Processing, Vol.9, pp.432-441, March 2000.
- [2] C. C. Chien, K.C. Fan, and S. W. Wang. " A wavelet-based public key image authentication watermarking" Proceedings of IEEE 37th Annual 2003 Int. Carnahan Conf. pp.321-324. 2003.
- [3] 주낙근 "웨이블릿 계수 교환을 이용한 워터마킹 기법", 정보보호학회논문지 제13권 5호, pp.49-56, 2003. 10.