

# 웨이블릿 영역에서 근사 계수의 증감 정보를 이용한 블라인드 워터마크

윤 혜 진, 성 영 경, 최 태 선

광주과학기술원 기전공학과 신호 및 영상 처리 실험실

전화 : 062-970-2419 / 핸드폰 : 011-566-5887

## A Blind Watermarking Technique Using Difference of Approximation Coefficients in Wavelet Domain

Hye-Jin Yun, Yeong-Kyeong Seong and Tae-Sun Choi

Dept. of Mechatronics, K-JIST

E-mail: [hjinyun@hotmail.com](mailto:hjinyun@hotmail.com)

### Abstract

In this paper, we propose a new blind image watermarking method in wavelet domain. It is necessary to find out watermark insertion location in blind watermark. We use horizontal and vertical difference of LL components to select watermark insertion location, because increment or decrement of successive components is rarely changed in LL band. A pseudo-random sequence is used as a watermark. Experimental results show that the proposed method is robust to various kinds of attacks such as JPEG lossy compression, averaging, median filtering, resizing, histogram equalization, and additive Gaussian noise.

### I. 서론

디지털 콘텐츠는 아날로그 콘텐츠와는 달리 복제를 반복해도 질의 저하가 없고, 다량의 복제가 용이한 특징이 있다. 디지털 멀티미디어 기술의 발달로 누구나 쉽게 디지털 콘텐츠를 접할 수 있게 됨에 따라, 디지털 콘텐츠의 불법 복제와 조작이 성행하게 되었다. 그 결과 저작권 및 지적 소유권에 대한 보호가 자연스럽게 이슈로 떠오르게 되었고, 그에 대한 방법으로 디지털 워터마크가 활발히 연구되고 있다[4]. 디지털 워터마크란 콘텐츠에 사람이 감지할 수 없는 정보를 삽입해 콘텐츠의 위조, 변조를 막거나 진위 여부를 판단하는 기술을 말한다.

본 논문에서는 워터마크를 넣고자 하는 대상 영상을 DWT(Discrete Wavelet Transform)를 하여 근사 계수(approximation coefficient)의 증감 정보를 이용하여

워터마크를 삽입하는 방법을 제안한다. 이때 워터마크의 검출은 원본 영상이 없이 이루어진다. 여러 영상 처리를 거쳤을 때 DWT의 계수 자체는 많이 변화하지만, 이웃한 계수들간의 관계는 잘 변하지 않는다. 블라인드 워터마크의 경우 워터마크를 넣은 위치를 다시 찾아내는 것이 중요한데, 이러한 특성을 이용하여 워터마크를 삽입할 위치를 다시 찾아낼 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 제안된 방법을 사용하여 워터마크를 삽입하고 검출하는 방법에 대해 소개한다. 3장에서는 제안된 방법에 대한 여러 가지 실험 결과를 보였으며, 4장에서 논문의 결론을 맺는다.

## II. 워터마크의 삽입과 검출

C. Y. Lin과 S. F. Chang은 영상을 블록 DCT를 하였을 때 블록 간의 같은 위치에 있는 계수들간의 관계는 동일한 양자화 테이블로 양자화 한 후에도 변하지 않는다고 하였다.[1] 그 이유는 모든 DCT 계수들이 동일한 양자화 테이블로 나누어졌기 때문이다. DC 계수의 경우 여러 가지 다른 영상의 변형이 이루어지고 난 후에도 이웃한 계수간의 관계는 변하지 않는다. 그리고 3-level DWT한 영상의 근사 계수는 8x8 블록 DCT한 영상의 DC 계수와 거의 같다. 이러한 사실들을 이용하여 워터마크를 삽입할 위치를 선정하게 된다.

### 2.1 워터마크의 삽입

그림 1은 워터마크 삽입 과정을 나타낸다. LL3에서 수평과 수직 방향의 증감을 구하고 이를 각각 horizontal difference map과 vertical difference map이라 부른다. 여기서 '1'과 '0'은 각각 증가와 감소를 나타낸다. 다음, 이 map을 4-bit 단위로 나누어 이를 4-bit 이진수로 사용한다. 4-bit 이진수와 워터마크를 삽입할 위치 사이의 관계를 나타내는 테이블을 만든다 (Table 1). 이들 map은 HL3, LH3에서의 워터마크를 삽입할 위치를 나타낸다. 대각선 방향의 difference

map을 찾을 경우에는 horizontal difference map과 vertical difference map을 'OR' 연산하여 찾아낸다.

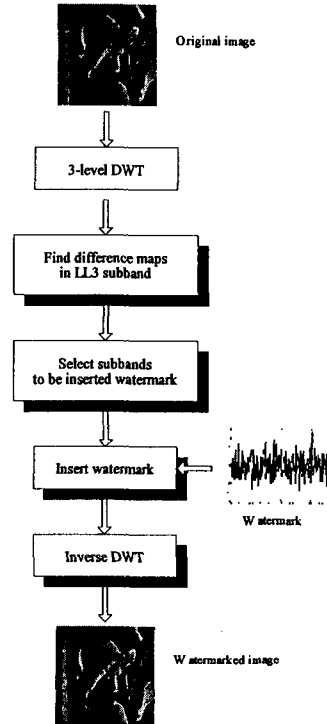


그림 1. 워터마크 삽입 과정

이렇게 찾아낸 위치 중 어느 곳이나 선택하여 워터마크를 삽입 할 수 있다. 본 논문에서는 그림 2의 (a)에 나타난 바와 같이 HH3에만 워터마크를 삽입하였다. 대각선 방향의 서브밴드의 변화는 사람의 눈에 덜 민감하게 작용하므로[2] 워터마크를 넣는 강도를 다른 서브밴드에 비해 강하게 할 수 있다. 그리고 저주파 부분에 삽입함으로써 여러 가지 공격에 강인한 특성을 가질 수 있다.[3]

HL2와 LH2의 워터마크를 삽입할 경우에는 서브밴드 간의 parent-children의 관계에 의해 워터마크를 삽입할 위치를 찾아낸다. 그림 2의 (b)는 LL3 서브밴드의 horizontal difference map의 예를 나타낸다. 여기서 검은 색으로 표시된 부분은 감소를, 흰색으로 표시된 부분은 증가를 나타낸다.

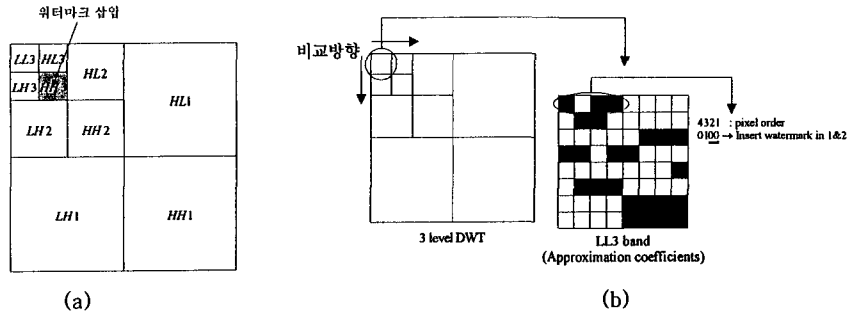


그림 2. (a) 워터마크 삽입 영역 (b) LL3 서브밴드에서의 Horizontal Difference map의 예

Index	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Location	1, 2	2, 3	3, 4	3, 4	1, 2	1, 2	1, 2	3, 4	1, 2	2, 3	1, 2	3, 4	1, 2	1, 2	1, 2	3, 4

Table 1. The relation between each index and watermark insertion location.

워터마크 삽입식은 다음과 같다.

$$V' = V + \alpha w \quad (1)$$

여기서  $V$ 와  $V'$ 는 각각 변형되기 전과 후의 DWT 계수,  $\alpha$ 는 워터마크 삽입 강도를 조절하는 파라미터,  $w$ 는 삽입될 워터마크를 의미한다. 여기서  $w$ 는 평균이 0이고 분산이 1인 Gaussian random noise이다.

### 2.2. 워터마크의 검출

워터마크를 검출하는 과정은 삽입 과정과 마찬가지로 difference map을 구하여 워터마크 삽입 위치를 찾아내서 워터마크를 추출한다. 그리고 추출된 워터마크와 원래 삽입된 워터마크 사이의 유사성을 측정한다.

워터마크 검출 시 유사성을 판단하는 식( $z$ )과 threshold( $S$ )값은 [5]에 실린 바와 같다.

$$z = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M W_i^* y_i \quad (2)$$

$$S = \frac{\alpha}{3M} \sum_i |W_i^*| \quad (3)$$

여기서  $M$ 은 워터마크의 개수,  $W^*$ 는 추출된 워터마크,  $y_i$ 는 원래의 워터마크를 나타낸다.

### III. 실험 및 결과

제안된 방법에 대해 다양한 표준 영상을 이용하여 실험하였다. 본 논문에서는 “Lenna” (512x512 pixels, 8bits/pixel) 영상을 이용하여 실험한 결과를 그림 3에 나타내었다. 실험에서  $\alpha = 13$ 으로 하였다. 그림 3은 워터마크를 삽입하기 전의 영상과 삽입 후의 영상, 그리고 공격이 없을 때의 워터마크 검출 결과이다. 워터마크 삽입 후의 PSNR은 47.02(dB)이다.



(a) (b)

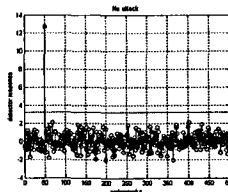


그림 3. Original image와 Watermarked image  
(a) Original image  
(b) watermarked image (PSNR = 47.02)  
(c) 워터마크 검출 결과

그림 4는 여러 가지 공격을 가한 후의 워터마크 검출

결과이다. 제안된 알고리즘이 JPEG 손실 압축, averaging by 5x5 window, median filtering by 5x5 window, resizing by half and double, additive Gaussian noise, histogram equalization, 그리고 cropping 등의 공격에도 강인함을 보여준다.

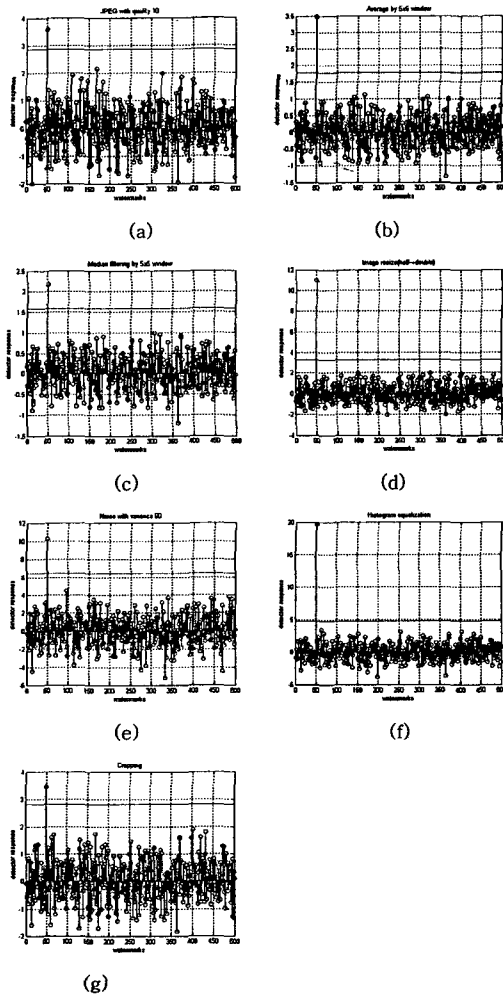


그림 4. 여러 가지 공격에 대한 워터마크 검출 실험  
 (a) JPEG 10% quality compression  
 (b) Averaging by 5x5 window  
 (c) Median filtering by 5x5 window  
 (d) Resizing by half and double  
 (e) Additive Gaussian noise (variation=60)  
 (f) Histogram equalization (g) Cropping

#### IV. 결론

본 논문에서는 영상을 DWT한 후, 근사 계수의 증감 정보를 이용하여 워터마크의 삽입 위치를 결정하는 방법을 제안하였다. 워터마크를 HH3에 삽입하였는데, 이는 인간시각시스템과 워터마크의 강인성을 모두 고려한 것이다. 실험 결과는 제안한 방법이 여러 가지 공격에도 강인함을 보여준다.

#### Reference

- [1] C. Y. Lin, and S. F. Chang, "A robust image authentication method distinguishing JPEG compression from malicious manipulation," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 11, pp. 153-168, Feb. 2001.
- [2] S. G. Kwon, S. W. Ban, I. S. Ho, K. R. Kwon, and K. I. Lee, "Highly Reliable Digital Watermarking Using Successive Subband Quantization and Human Visual System," *Industrial Electronics, 2001. Proceedings. ISIE 2001. IEEE International Symposium on*, vol.1, 2001
- [3] I. J. Cox, J. Kilian, F. T. Leighton and T. Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, Dec. 1997.
- [4] Gerhard C. Langelaar, Iwan Setyawan, and Reginald L. Lagendijk, "Watermarking digital image and video data," *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 20-46, sep. 2000.
- [5] M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini and A. Piva, "A DCT-domain system for robust image watermarking," *Signal Processing*, vol. 66, pp. 357-372, 1998.