

# 웨이브릿 기반의 워터마킹 영상의 비가시성 개선

김형균\* · 김용호\*\* · 이상범\*\* · 배용근\*\*

\*동강대학 컴퓨터인터넷계열

\*\*조선대학교 컴퓨터공학과

## Invisibility Improvement of Watermarking Image Based on Wavelet

Hyeong-gyun Kim\*, Yong-Ho Kim\*\*, Sang Beom Lee\*\*, Bae-Yong Guen\*\*

\*Dept. of Computer & Internet, DongKang College

\*\*Dept. of Computer, Chosun University

E-mail : multikim87@hanmail.net

### 요 약

The use of digital imaging technique and digital contents based on internet has grown rapidly for last several years, and the needs of digital image protection become more important. For the purpose of copyright protection on digital image, the verification of authentication techniques like content authentication, ownership authentication, illegal copy and etc are needed. Digital watermarking, the invisible encryption technique to insert digital watermark into image, the sophisticated perceptual information should be used for providing transparency and robustness of images on watermarking process. In this paper, we implement the algorithm for preventing forged attack, ownership protection and authentication by transforming the wavelet algorithms in frequency domain in terms of human visual system.

### 키워드

Image, Watermarking

## I. 서 론

최근에 대두된 디지털 콘텐츠에 대한 인증과 보호 기술에 이용되는 디지털 워터마크는 소유자가 만들어 낸 기술과 관련 작업에 대한 지적 재산권을 주장할 수 있는 하나의 표시로 사용된다. 디지털 워터마크가 실용화된 것은 IBM사의 디지털 바티칸 도서관 프로젝트에서 시각적인 디지털 워터마크를 사용하게 되면서부터이다.[1]

디지털 워터마크는 공간 영역을 이용한 디지털 워터마크, 주파수 영역을 이용한 디지털 워터마크, 압축 영역을 이용한 디지털 워터마크로 분류한다. 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법은 DWT(Discrete Wavelet Transform), DCT(Discrete Cosine Transform), DFT (Discrete Fourier Transform)으로 구분되며, 공간 영역에서 디지털 워터마크를 삽입하는 것보다 공격에 대해 견고하다.[2,3]

본 논문에서는 주파수 영역에서 DWT 변환을 이용해 2차원 이미지를 대역별로 각기 다른 신호로 분할한 후, 분할된 저주파 성분과 고주파 성분에 다른 값의 임계치(Threshold Value)를 적용함으로써, 조정된 계수 간에 시각 특성을 이용한 워터마킹으로 이미지의 손실을 최소화함으로써 비가시성을 개선하고자 한다.

## II. 웨이브릿 변환의 이미지-적용 워터마크 알고리즘

웨이브릿 변환을 한 이후에 손실 압축이나 필터링, 잡음 등에 크게 영향을 주는 저주파 성분과 시각 특성에 큰 의미를 갖는 명도(Brightness)와 대비(Contrast) 변화에 강한 고주파 성분에 각각 임계치를 적용하여 소유자에 대한 정보인 워터마크를 시각적으로 보이지 않게 삽입하는데 있어서 중요한 요소는 비가시성과 견고성을 어느 정도

유지할 수 있는나에 달려 있다.

본 논문에서는 인간 중심의 시각 시스템 관점에서 주파수 기반의 워터마크인 이산 코사인 변환과 이산 웨이브릿 변환보다 더욱 개선된 투명성과 견고성을 제공하기 위하여 이산 웨이브릿 변환에 이미지-적용 워터마크 알고리즘을 적용을 제안하여 워터마킹 영상의 비가시성을 개선하고자 한다.

IA-W 구조의 워터마크 encoder는 식 (1)을 이용하며, 여기서  $X_{u,v}$ 는 최초의 원본 이미지  $x_{i,j}$ 의 주파수 계수이며,  $X^*_{u,v}$ 는 워터마크된 이미지의 주파수 계수,  $W_{u,v}$ 는 워터마크 값의 순서이며,  $J_{u,v}$ 는 개개의 주파수 계수의 계산을 위해 처리된 임계값 즉 JND(just noticeable difference) 값이다.

$$\begin{cases} X^*_{u,v} = X_{u,v} + J_{u,v}W_{u,v} & (X_{u,v} > J_{u,v} \text{ 일 경우}) \\ X^*_{u,v} = X_{u,v} & (X_{u,v} \leq J_{u,v} \text{ 일 경우}) \end{cases} \quad (1)$$

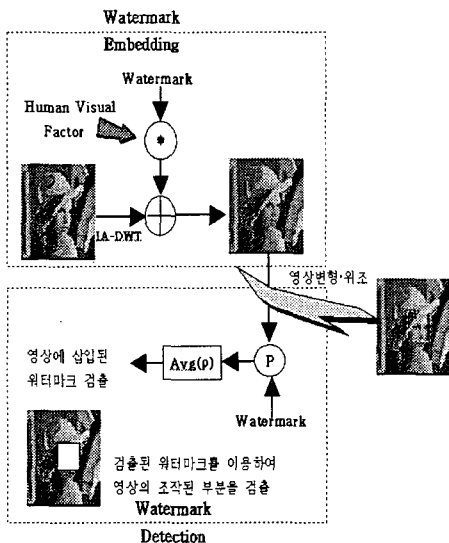


그림 1. 이미지-적용 워터마킹 구조 블록도

웨이브릿 변환을 이용한 주파수 분할에 이미지-적용 워터마킹 구조를 적용한 블록도는 그림 3과 같다. block-기반 DCT 변환을 이용한 주파수 분할에도 이미지-적용 워터마킹 구조를 도입하여 시각화할 수 있다.

IA-W 구조의 주파수 분할을 위한 임계값은 9-7 쌍직교 필터(biorthogonal filter)를 사용한 계층적인 분할에 의해 결정할 것이다. IA-W 구조를 계층적으로 분할함으로써 DCT 기반의 어떤 구조보다 여러 형태의 다양한 왜곡에 대하여 더욱 견고하고, 공간 영역에서 지역적이고 총괄적인 워터

마크가 가지는 장점을 모두 제공할 수 있도록 하였다. 지역적 공간 영역에서 지원을 받는 워터마크의 주파수 성분은 지역적인 시각 특성 효과에 알맞고, cropping과 같은 신호 처리에 견고할 뿐만 아니라 총괄적인 공간 영역에서 지원을 받는 워터마크 주파수 성분은 저역 통과 필터링에 견고하다.

본 논문에서 사용하는 웨이브릿 기반의 이미지-적용 알고리즘(IA-W)은 DCT 기반의 알고리즘보다 더 단순하게 구현된다. 웨이브릿 기반의 알고리즘에서 이용하는 임계값(JND 값, 즉  $J_{u,v}$ )은 전형적인 viewing 조건의 특성에 따라 각각의 주파수대를 결정한다. 워터마크의 견고성을 유지하기 위해서 저주파 성분의 대역에 워터마크를 삽입하는 것이 더욱 유익하다.

그림 2는 4 단계 웨이브릿 변환 구조를 나타내며, 여기서 해상도의 수준 l은 1, 2, 3, 4 로 나타내었고, 주파수의 방향 f는 1, 2, 3으로 나타내었다. 주파수의 삽입 위치는 4개의 서로 다른 주파수 성분에 삽입하게 된다. 저주파 대역의 저주파 성분(LL)과 고주파 대역의 고주파 성분(LH, HL, HH)은 각각 이미지의 행, 열, 대각선에 해당하는 고주파 성분만을 나타내기 때문에 계수의 값이 작고, 인접 계수 간의 차이도 적은 편이다.

1.1	1.2	2.2	3.2	4.2
1.1	1.3			
2.1	2.3	3.3		
4.1	4.3			

그림 2. 4 단계 웨이브릿 변환 구조

여기서 1은 수평 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분(LH) 즉 저-수평, 고-수직 주파수 성분을 나타내고, 2는 수직 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분(HL) 즉 저-수직, 고-수평 주파수 성분을 나타내었다. 또한 3은 대각선 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분(HH) 즉 고-수평, 고-수직 주파수 성분을 나타낸다. LL, LH, HL, HH 영역에 워터마크를 삽입하여 각 대역별 원본 이미지의 왜곡 정도를 비교하면 LL 대역에서는 이미지의 정보를 대부분 포함하고 있으나, 인접 계수의 변화 상태에 따라 원본 이미지의 왜곡 정도에 심한 차이를 보인다.

그림 2에서 LH의 요소는 {(1,2), (2,2), (3,2),

(4,2)이며, HL의 요소는 {(1,1), (2,1), (3,1), (4,1)}이며, HH의 요소는 {(1,3), (2,3), (3,3), (4,3)}이다.

### III. 실험 및 고찰

본 논문에서는 제안한 이미지 적응 워터마킹의 투명성과 견고성을 위해서 다양한 이미지에 DCT 프레임 워크와 웨블릿 프레임워크를 사용하여 다양한 각도에서 워터마크이미지를 대입하여 실험하였다. 실험 영상으로는 다양한 512×512 RAW 그레이, RGB 영상과 256×256 RAW 그레이 영상을 사용하였다. 실험에 사용된 기존의 웨이브릿 변환 알고리즘은 DWT 중 Walsh, Haar, Daubechines 알고리즘 이다.

본 논문에서는 그중에 이미지 적응 알고리즘을 적용하여 영상을 4 레벨 부대역으로 분할하고, 저주파 성분, 중주파 성분, 그리고 고주파 성분에 각각 워터마크를 삽입하였으며, 이미지 적응 워터마크로는 특정 정보가 담겨져 있는 로고 이미지를 사용하였다.

또한 이러한 방법으로 워터마크를 삽입 시켰을 때 원본 영상과 비교해서 볼 경우 시각적으로 잘 구별되지 않는 워터마크가 삽입된 영상이 생성되었다. 제안하는 방법에 의한 워터마크 삽입 알고리즘으로 손실 압축과 필터링, 잡음 첨가, 리샘플링 등의 영상 처리와 변형에 대해서 워터마크를 추출할 수 있는지 실험 하였고, 원본 영상에 삽입된 워터마크와 각종 영상 처리에 의해 변형된 영상에 대한 워터마크의 유사도 측정을 실험하여 워터마크를 인증하였다.

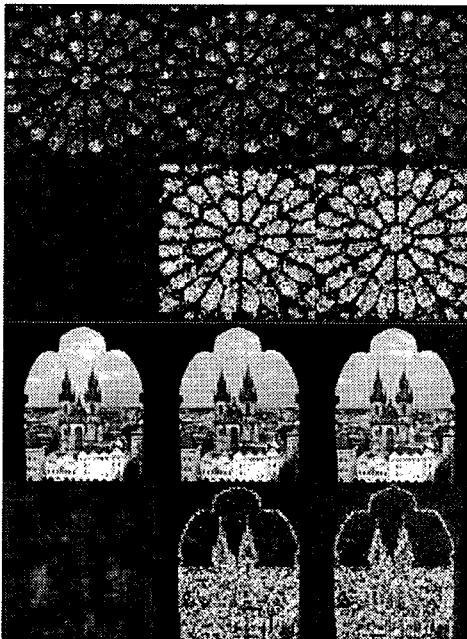


그림 3. 워터마크된 이미지

본 논문에서 제시한 알고리즘이 한 개의 워터마크 검출 실험에서 다른 알고리즘과 비교 분석한 결과 비가시성과 견고성면에서 뛰어났고 유연성 면에서도 뛰어남을 알 수 있었다. 다음 실험 영상 결과 그림들은 워터마크 영상 알고리즘에서 서로 비교 분석 DCT, DWT, 그리고 IA-DWT 워터마크된 영상 결과물이다. 아래의 실험 결과 그림에서도 보듯이 IA-DWT를 적용한 워터마킹이 탁월한 비가시성과 견고성을 보이고 있음을 알 수 있다.

표 1. 워터마킹 기법들의 quality factor비교

Image	Algorithm	quality factor Q					
		80	60	40	20	10	5
IM1	DCT	0.57	0.43	0.48	0.35	0.2	0.08
	DWT	0.90	0.75	0.62	0.48	0.36	0.25
	IA-DWT	0.93	0.89	0.79	0.75	0.46	0.18
IM2	DCT	0.66	0.55	0.46	0.21	0.15	0.07
	DWT	0.91	0.81	0.68	0.52	0.4	0.23
	IA-DWT	0.97	0.91	0.82	0.67	0.55	0.32
IM3	DCT	0.9	0.8	0.68	0.53	0.43	0.23
	DWT	0.8	0.66	0.56	0.42	0.29	0.16
	IA-DWT	1.0	0.95	0.75	0.54	0.45	0.44
IM4	DCT	0.86	0.76	0.62	0.67	0.46	0.22
	DWT	0.9	0.77	0.66	0.51	0.38	0.24
	IA-DWT	0.98	0.88	0.81	0.68	0.42	0.2

본 논문에서 제안한 워터마킹 알고리즘의 성능 평가를 위해서 기존에 제안된 다른 워터마킹 알고리즘과 비교를 하였다.

표 2. 다른 워터마킹 방법과의 비교

워터마크 방법	제안한 방법 (IA-DWT)	DFT	DCT	DWT
Gaussian noise	81	43	53	60
JPEG 압축	89	50	69	74
Averaging	87	44	55	69
Center Cropping	78	41	47	61
Salt & Pepper noise	83	24	40	64

표 2는 Sunflower영상에 5가지 공격을 가했을

매의 견고성과 투명성을 평균하여 다른 워터마킹 알고리즘과 비교하여 보았다. 비교에서 사용된 워터마킹 알고리즘은 DCT 변환을 이용한 Cox등이 제안한 방법과 웨이블릿 변환(DWT)을 이용한 Kundur등이 제안한 방법, 그리고 DFT 방법이다. 그 결과 DCT 변환을 이용한 방법뿐 아니라, 웨이블릿 변환을 이용한 다른 워터마킹 방법보다도 우월함을 확인하였다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 디지털 콘텐츠에 소유권을 보호하기 위한 워터마크 삽입 알고리즘에 웨이블릿 변환에 의한 계수의 특성을 이용하여, 분할된 주파수의 대역별로 각기 다른 임계치를 적용하였다. 저주파 영역에서는 계수 값의 차를 이용하여 임계치보다 큰 값들은 제거한 후에 워터마크를 삽입하였고, 고주파 영역에서는 계수 간의 차가 적으므로 절대값의 크기를 이용하였다.

워터마크의 추출은 원본 이미지와 워터마크가 삽입된 이미지에 역-웨이블릿 변환을 수행하여 계수의 차를 구하고, 임계치를 적용하여 이루어진다. 추출된 워터마크를 인증하기 위해 상관관계를 이용하여 유사도 측정 실험을 하였다. 저주파 성분에서 추출된 워터마크의 상관 계수가 1 에 가까운 값을 나타내면 견고성이 뛰어나며, 고주파 성분에 삽입한 워터마크의 상관 계수는 비교할 필요도 없이 견고함을 확인하였다. 실험 결과는 손실 압축, 잡음 첨가, 필터링에 대하여 견고성과 비가시성이 향상되었음을 알 수 있었다.

향후 연구 방향은 다양한 공격의 형태인 손실 압축, 회전, 필터링, 크로핑, 리샘플링 등에 의해 여러 단계로 변환된 이미지에 대한 확실한 워터마크 검출 기법과 인증에 대하여 연구하고 정지 영상에 대한 워터마킹이 아닌 동영상과 MPEG 압축에 대해서도 소유권 인증을 위한 워터마킹에 대해서도 연구 할 것이다.

#### 참고문헌

- [1] I. Cox , J . Kilian, F . Leighton, and T . Shammon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," IEEE Trans . Image Processing, vol. 6, no. 12, pp. 1673- 1687, 1997.
- [2] J. Brassil, S. Low, N. Maxemchuk, and L. O'Gorman, "Electronic marking and identification techniques to discourage document copying,"in Proc. Infocom'94, pp. 1278-1287.
- [3] R. Schyndel, A. Tirkel, and C. Osborne, "A digital watermark," in IEEE Proc. Int. Conf. Image Processing, 1994, vol. 2, pp. 86-90.
- [4] G. Caronni, "Assuring ownership rights for digital images," in Proc. Reliable IT Systems, VIS'95, 1995.

[5] W. Bender, D. Gruhl, and N. Morimoto, "Techniques for data hiding," MIT Media Lab Tech. Rep., 1994.

[6] K. Matsui and K. Tanaka, "Video-steganography," in IMA Intellectual Property Project Proc., 1994.

[7] F. Goffin, J. F. Delaigle, C. De Vleeschouwer, B. Macq, and J.J. Quisquater, "A low cost perceptive digital picture watermarking method," in Proc. SPIE Electronic Imaging '97: Storage and Retrieval of Image and Video Databases V, Feb., vol. 3022, pp. 264-277.

[8] I. Pitas, "A method for signature casting on digital images," in IEEE Proc. Int. Conf. Image Processing, 1996, vol. 3, pp. 215-218.

[9] G. C. Langelaar, J. C. A. van der Lubbe, and R. L. Lagendijk, "Robust labeling methods for copy protection of images," in Proc.SPIE Electronic Imaging '97: Storage and Retrieval of Image and Video Databases V, Feb., vol. 3022, pp. 298-309.