

# Wavelet 변환과 DCT 변환을 이용한 워터마킹에 관한 연구

장용원, 한승수\*, 김인택

명지대학교 정보제어공학과

\*전화: (031) 330-6345, 016-690-2721

## Performance Comparison of Wavelet Transform Based Watermarking and DCT Transform Based Watermarking

Yong-Won Jang, Seung-Soo Han\*, Intaek Kim

Division of Electrical, Information and Control Engineering

Myongji University

\*E-mail : shan@mju.ac.kr

### Abstract

With the rapid growth of network distributions of digitized media(audio, image, and video), there is an urgent need for copyright protection. For now watermarking is a well-known technique for copyright protection of digital data. To embed a digital watermark to the image, discrete cosine transform(DCT) and wavelet transform are commonly used. In this paper, the performance of the DCT based watermarking technique and wavelet based watermarking technique were compared and the influences of the parameter  $\alpha$  that decides the strength of the watermarking data were considered.

### I. 서론

디지털 워터마킹은 영상 내에 소유권을 증명할 정보를 삽입하는 방법으로 삽입 정보가 영상에 나타나지 않도록 하고 선명도 또한 감쇠되지 말아야 한다. 또한 여러 가지 변형에 강해야 하며 소유권자에 의한 추출이 쉬워야 한다. 현재까지의 워터마킹 방법은 공간영역에서의 워터마킹 기법과 주파수 영역에서의 워터마킹 기법으로 나눌 수 있다. 공간영역에서의 워터마킹 방법으로 Osborne 등은 m-시퀀스를 이용한 워터마킹 알고리즘을 제안했다<sup>[1]</sup>. Bendor 등은 "patchwork" 라고 불리는 확률을 이용한 워터마킹으로 원본이미지를 필요로 하지 않는 것이 특징이

다<sup>[2]</sup>.

주파수 방식의 워터마킹 기법으로 Koch, Rindfrey와 Zhao는 이미지를 8×8의 블록 단위로 구분하고 각 블록에 DCT를 계산하여 워터마킹을 삽입하는 방법을 제안했고<sup>[3]</sup>, Cox 등은 이미지 전체를 DCT변환한 후 대역확산을 하는 워터마킹 방법을 제안했으며<sup>[4]</sup>, Xia 등은 웨이블릿 변환을 이용한 워터마킹 방법을 제안했다<sup>[5]</sup>.

공간영역에서의 워터마킹 기법이 공격에 약한 특성 때문에 주파수 방식의 워터마킹 기법을 이용하고 있으며, 이미지를 주파수영역으로 변환하는 방식에 따른 특성에 대한 정리가 요구되고 있다. 본 논문에서는 최근에 많이 사용하는 웨이블릿 변환과 DCT변환을 이용하여 원본 이미지를 변환 한 후 Cox의 대역확산 방법으로 워터마킹을 하였으며, 워터마킹의 강인성을 확인하기 위해 noise, resize, clipping, collusion, JPEG압축 등 5가지의 공격을 가하여 그 결과를 고찰하였고, 또한 워터마크 삽입 시 워터마크의 삽입강도를 결정하는  $\alpha$  값에 따른 유사도(similarity)의 변화를 비교하였다.

### II. 대역확산 워터마크 삽입 방법

주파수의 영역에서 워터마크를 삽입하기 위해서는 DCT, DFT, 웨이블릿 변환 등을 이용하여 원본 이미지를 주파수 영역으로 변환해야 한다. 본 연구에서는 DCT와 웨이블릿 변환 두 가지를 이용하여 변환한 후 Cox의 대역확산 알고리즘<sup>[4]</sup>을 이용하여 워터마크를 삽입한다.

2.1 DCT변환을 이용한 워터마킹 알고리즘

본 논문에서는 워터마크를 삽입하기 위해서 Cox의 대역 확산 알고리즘을 이용한다. 이는 현대역 신호를 이보다 큰 대역폭에 걸쳐서 보냄으로써 작은 에너지를 가지고 있게 한 후 소유권자에 의해 주파수 성분을 모으면 높은 신호 대 잡음비로 워터마크를 검출할 수 있는 방법이다.

워터마크를 삽입하는 경우에 이용하는 수식으로는 다음의 3가지가 있다<sup>[4]</sup>.

$$v_i = v_i + \alpha x_i \quad (1)$$

$$v_i = v_i(1 + \alpha x_i) \quad (2)$$

$$v_i = v_i(e^{\alpha x_i}) \quad (3)$$

여기서  $v_i$ 는 워터마킹된 이미지고,  $v_i$ 는 원본 이미지이며,  $\alpha$ 는 삽입정보의 강도를 결정하는 수이고,  $x_i$ 는 삽입 정보를 뜻한다.

(1) Watermarking 삽입과정

단계1: N개의 pseudo random code(삽입 정보  $x_i$ )를 발생시킨다.

단계2: 원본 이미지를 DCT변환을 한다.

단계3: 변환된 DCT계수 중 DC 성분을 제외한 AC성분 중 계수가 큰 순으로 N개의 수를 선택한다.

단계4: 식 (2)를 이용하여 수도 코드를 선택되어진 DCT 계수에 삽입한다.

단계5: DCT계수를 IDCT 변환을 통하여 워터마크가 삽입된 이미지를 생성한다.

(2) Watermarking 추출 과정

단계1: 원본 이미지와 워터마킹된 이미지를 DCT변환하여 DCT계수를 구한다.

단계2: 각각의 DCT계수 중 DC성분을 제외한 가장 큰 수 N개를 선택한다.

단계3: 선택된 N 개의 수에서 다음 식을 이용하여 삽입정보를 추출한다.

$$x_i' = [(v_i' / v_i) - 1] / \alpha \quad (4)^{[4]}$$

단계4: 추출된 삽입정보  $x_i'$ 과 원래의 삽입정보  $x_i$ 를 이용하여 식(5)에 의한 유사도를 계산한다.

2.2 웨이블릿 변환을 이용한 워터마킹 알고리즘

웨이블릿 변환은 시간 - 주파수 영역에서 동시에 국부성을 갖는 웨이블릿 기저함수의 선형결합으로 표현하는 변환이다. 또한 웨이블릿 변환에 의한 저역필터와 고역필터로 이용하여 영상을 재구성할 수 있다.

2차원 영상에 웨이블릿 변환을 적용하면 저주파 성분(LL)과 고주파 성분(HH), 그리고 저주파-고주파성분(LH)과 고주파-저주파성분(HL)등 4가지의 부분 영상으로 분할할 수 있다.

이러한 변환을 3회 반복하면 10개의 영역이 만들어진다. (그림1 참조) 웨이블릿 변환을 이용한 워터마킹은 이러한 3차 분할된 영상의 특정 영역에 워터마크를 삽입하는 방법이다.

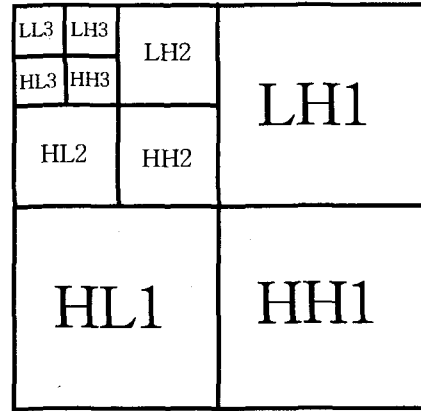


그림1. Multiresolution Decomposition에 의한 3차 영상 분할

(1) Watermarking 삽입과정

단계1: N개의 pseudo random code를 만든다.

단계2: 원 영상을 DWT(Discrete Wavelet Transform)하여 10개의 부분영상을 만든다.

단계3: 각 3차 분할 영상(LL3, LH3, HL3, HH3)에서 계수가 큰 N개를 구한다.

단계4: 식(2)을 이용하여 수도 코드를 선택되어진 계수에 삽입한다.

단계5: DWT계수를 IDWT변환을 통하여 워터마크가 삽입된 이미지를 생성한다.

(2) Watermarking 추출 과정

단계1: 원본 이미지와 워터마킹된 이미지를 DWT변환하여 DWT계수를 구한다.

단계2: 각각의 DWT계수 중 가장 큰 수 N개를 선택한다.

단계3: 선택된 N개의 수에서 식(4)를 이용하여 삽입정보를 추출한다.

단계4: 추출된 삽입정보  $x_i'$ 과 원래의 삽입정보  $x_i$ 를 이용하여 식(5)에 의한 유사도를 계산한다.

2.3 유사도(similarity)의 비교

원 영상과 워터마크가 삽입된 영상에 식(4)를 이용하여 워터마크를 추출( $x'$ )한 후 식(5)를 이용해 워터마크의 유사도를 검사한다.

$$\text{sim}(x, x') = \frac{x' \times x}{\sqrt{x' \times x'}} \quad (5)^{[4]}$$

$\text{sim}(x, x')$ 의 값이 임계치 값보다 크게되면 두 워터마

크가 동일한 것으로 인정되어 영상의 유효성이 입증되는 것이며 만약 임계치 값보다 적게 되면 유효하지 않은 영상으로 판별한다. 본 논문에서는 임계치를 12로 잡았다.

표 1. 영역별 강인한 필터의 유사도

영역	공격구분	db25	sym8
LH3	extract	14.45	0.52
	noise	13.88	-0.36
	resize	9.32	-0.07
	clip	13.60	0.91
	col	12.56	5.16
HL3	extract	2.56	13.42
	noise	2.91	13.75
	resize	0.94	4.44
	clip	1.81	11.92
	col	11.39	11.99
HH3	extract	14.87	10.18
	noise	14.06	10.07
	resize	-12.88	-1.22
	clip	14.01	7.69
	col	11.25	-3.02
	jpeg	14.48	8.95

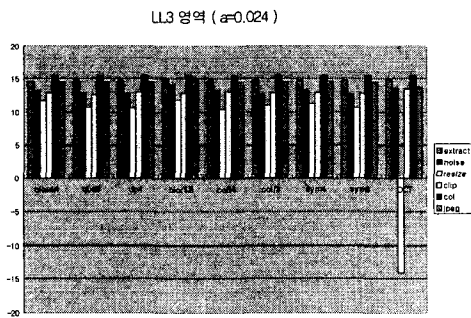


그림 2. LL3 영역에서 좋은 성능을 보이는 웨이블릿 필터와 DCT의 유사도

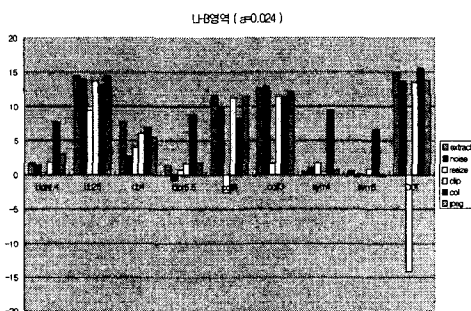


그림 3. LH3 영역에 워터마크를 삽입했을 때의 유사도

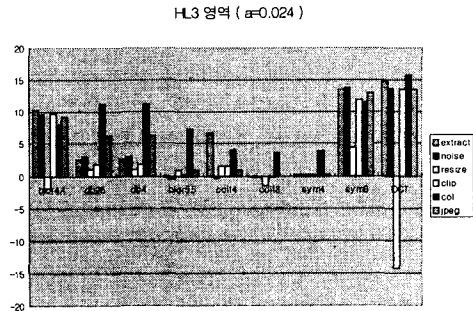


그림 4. HL3 영역에 워터마크를 삽입했을 때의 유사도

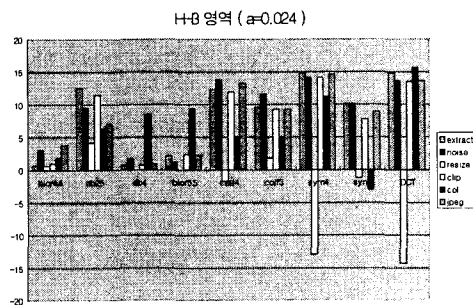


그림 5. HH3 영역에 워터마크를 삽입했을 때의 유사도

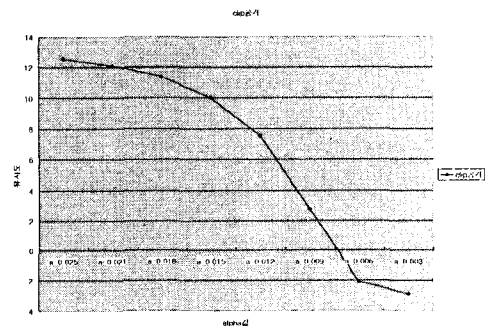


그림 6. LL3 영역에서  $\alpha$ 에 따른 clip 공격에 의한 유사도의 변화

### III. 실험 과정

알고리즘 구현은 Matlab을 이용하여 실험을 했다. 필터의 선택은  $\alpha=0.024$ (이미지를 왜곡하지 않는 최대값)일 때 LL3영역에 Matlab에서 지원하는 모든 웨이블릿 필터를 사용하여 워터마킹 한 후 유사도 결과를 비교하여 유사도가 큰 필터를 종류별로 두 가지씩 선택했다. 여기서는 공격에 강인한 특성을 보인 필터 db4, db25, coif3, coif4,

bior4.4, bior5.5, sym4, sym8등 8가지를 선택했다.  $\alpha$ 의 범위는 0.024부터 0.003까지 0.003의 간격으로 변화를 주었고, N=1000개를 생성하며, noise 삽입 공격에서는 mean=0, variance값은 0.001에서 0.01까지 변화시켜가며 하였고, resize 공격에서는 축소의 범위를 230×230에서 70×70크기까지 가로 세로 20간격으로 하고, 'bilinear' 보간법을 사용하였다. Clipping은 사용된 이미지 중앙을 기준으로 64×64에서 109×109크기까지 5간격으로 변화시킨다. Collusion 공격에서는 다른 종류의 5가지 수도코드를 워터마킹한 후 처음 삽입한 정보와의 유사도를 측정하였다. JPEG은 quality값을 50에서 95까지 5간격으로 변화시키며 유사도를 측정하였다.

#### IV. 실험결과 및 고찰

##### 4.1 DCT를 이용한 워터마킹

그림(2)-(5)에서 DCT실험 결과를 보면 resize공격을 제외하고는 모든 공격에 강인함을 보이고 있다. Resize공격시에 유사도가 음수가 나오는데, 이는 축소와 확대시 사용하는 보간법을 'bilinear'로 사용해서 발생하는 문제이다. DCT를 이용한 워터마크 실험에서는  $\alpha$ 에 따른 변화가 크지 않음을 알 수 있다.

##### 4.2 웨이블릿 변환을 이용한 워터마킹

표1은 워터마크를 삽입하는 영역과 6가지 공격에 대한 유사도를 나타내고 있다. 표에서 보이는 것과 같이 LH3영역과 HH3영역에서는 Daubechies(db25)필터가 좋고, HL3영역에서는 Symlets(sym8) 필터가 좋은 성능을 보인다. 각 영역에서의 특징을 요약하면 다음과 같다.

(i) LL3영역-그림(2)에서 보면 성능이 좋은 필터들을 선택하였기에 고른 성능을 보이고 있고, collusion공격의 경우, 유사도가 공격을 안 가한 경우보다 크다는 점이 특징이다.  $\alpha$  값이 작아짐에 따라 collusion공격만을 제외한 모든 공격의 유사도가 작아진다. 그림(6)은 그 중 변화가 심한 clipping 공격의 유사도의 변화를 나타낸 것으로  $\alpha$  값이 작아짐에 따라 유사도가 작아지면서  $\alpha=0.009$ 이하에서는 강인성을 상실했다.

(ii) LH3영역-그림(3)을 보면 db4, sym4, sym8, bior4.4, bior5.5등 5개의 필터는 모든 공격에 강인하지 못하고, 반면 db25는 가장 좋은 성능을 보인다. 이 영역에서는  $\alpha$  값에 의한 영향이 거의 없다.

(iii) HL3영역-그림(4)을 보면 db25, db4, bior5.5, coif4, coif3, stm8등 6개의 필터가 강인하지 못한 반면 sym8이 가장 좋은 성능을 보였고,  $\alpha$ 에 따른 영향은 거의 없다.

(iv) HH3영역-그림(5)을 보면 bior4.4, bior5.5, sym4는 강인성을 잃어버렸고, resize 공격에는 모든 필터가 강인하

지 못하며, db25가 DCT변환을 이용한 워터마킹 공격과 비슷한 결과를 보이고 있다. 또한 이 영역도  $\alpha$  값에 의한 영향이 크지 않다.

#### V. 결론

DCT변환을 이용한 워터마킹은  $\alpha$  값에 따른 큰 변화가 크지 않고 상당히 안정된 결과를 보인 반면, 웨이블릿 변환을 이용한 워터마킹은 각 영역에 따라 각기 다른 변화를 보였다.

워터마킹을 위한 변환을 할 때는 DCT변환을 이용하는 것이 웨이블릿 변환을 이용하는 것 보다 좋음을 알 수 있다. 물론 resize 공격에 삽입 정보가 소실되지만  $\alpha$  값의 영향을 거의 안 받으므로 원 이미지의 정보 손실을 적게 할 수 있는 장점이 있다. 웨이블릿 변환을 이용하여 워터마크를 삽입할 경우, 영상의 화질을 중시할 때는 (LH3, HL3, HH3)영역에 삽입하고, 강인성을 중시할 때는 LL3 영역에 삽입하는 것이 좋다.

#### 참고 문헌

- [1] C. F. Osborne, R. G. Schyndel and A. Z. Tirkel, "A Digital Watermarking," *Int. Conf. on Image Processing*, Nov. 1994
- [2] W. Bendor, D. Gruhl and N. Morimoto "Techniques for Data Hiding," *Proc. SPIE*, Feb. 1995
- [3] E. Koch, J. Rindfrey, and J. Zhao, "Copyright protection for multimedia data," in *Proc. Int. Conf. Digital Media and Electronic Publishing*, 1994
- [4] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *NEC Research Institute, Technical Report* pp 95-10, 1995
- [5] X. Xia, C. G. Boncelet, G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," *Proc. IEEE ICIP*, Vol.3, pp.548-551, 1997
- [6] D. Kundur, D. Hatzinakos, "A robust digital image watermarking method using wavelet-based fusion," *IEEE ICIP*, Santa Barbara, California, Vol.1, pp. 544-547, Oct. 1997
- [7] E. Koch, J. Zhao, "Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling," *Nonlinear Signal Processing Workshop*, pp. 460-463, 1995
- [8] 김유신, 김민철, 원치선, 이재진, "카오스 시퀀스를 이용한 디지털 워터마크." 한국통신학회 하계종합 학술대회 논문집 pp.35-38, 1999.7