

# 하다마드 변환을 이용한 워터마킹 기법

오휘빈<sup>o</sup> 김기영 박성현 이상범  
단국대학교 전기전자컴퓨터 공학부  
bonzil@hanmail.net

## Watermarking Technology using The Hadamard Transform

WhiVin Oh<sup>o</sup>, KiYoung Kim, SungHyun Park, SangBurm Rhee  
Dept. of Electrons & Computer Engineering, Dankook University

### 요 약

본 논문에서는 저작권 보호를 위하여 하다마드 변환을 이용한 워터마킹 기법을 제안한다. 하다마드 변환은 간단한 행렬값으로 사용할 수 있고, 고속변환이 가능하여 영상적용에 용이한 변환이다. 제안한 알고리즘은 원 영상을 8x8의 크기를 갖는 블록으로 나누어서 H<sub>3</sub> 행렬값을 사용하여 하다마드 변환을 한 후, LSB값과 워터마크의 계수값을 XOR하여 워터마크를 삽입한다. 워터마크 추출은 워터마크 삽입 영상의 하다마드 변환 계수값과 원영상을 XOR하여 추출한다. 실험결과 압축이나 이미지 영상처리 공격에 대해서 강인하게 워터마크가 추출되었고, 추출된 워터마크의 왜곡정도가 양호하여 시각적으로 인지가 가능하였다.

### 1. 서 론

최근 몇 년 동안 디지털 멀티미디어 데이터는 네트워크의 발달과 보급을 통해 쉽게 전송이 가능하다는 이유 때문에 폭발적인 수요를 보이고 있다. 멀티미디어 표현물의 상업적인 가치가 증가되고 있으며 각종 멀티미디어 데이터들이 네트워크와 인터넷을 통해서 분배, 복제되고 있는 실정이다. 디지털 데이터의 불법복제 및 변조 등에 대한 문제의 발생과 함께 이를 해결하기 위한 연구의 필요성이 발생하게 되었으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 최근에 디지털 데이터 내부에 정보를 은닉하여 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호할 수 있는 디지털 워터마킹 기술이 제시되고 있다.

디지털 워터마킹은 각종 멀티미디어 콘텐츠의 불법복제 및 배포, 위조 등 상업적 도용을 근절시키기 위한 목적으로, 저작권자의 고유정보를 콘텐츠에 삽입하고 차후 저작권 분쟁이 발생할 경우 삽입된 정보를 추출함으로써 저작권자의 소유권을 입증할 수 있는 방법인 디지털 콘텐츠 저작권 보호기술이다. 이 때 삽입된 저작권자의 고유정보를 워터마크(watermark)라고 한다[1][2].

이러한 워터마킹 기법은 워터마크를 삽입하는 과정에서 원본 데이터를 변형하게 되는데, 원본 데이터와 워터마크된 데이터는 인간의 인지능력으로는 구분이 어려워 하므로, 삽입된 워터마크는 견고성이 유지되어야 한다.

영상 데이터의 워터마킹 방법은 크게 공간 영역과 주파수 영역에서 연구되어져 왔다. 공간영역에서의 워터마킹 기법은 영상의 화소 자체를 조작하는 방법으로 단순하고 빠른 장점은 있지만 영상처리나 압축등에 강인하지 못하다. 주파수 영역에서의 워터마킹 기법은 압축이나 잡음

에 견고한 특성을 갖는다.[3][4][5]

기존의 워터마킹 기법의 연구는 DCT 변환이나, 웨이블릿 변환에 의한 방법으로 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 하다마드 변환을 이용한 워터마킹 알고리즘을 제안한다.

하다마드 변환은 변환 행렬의 기저벡터 값이 ±1로 국한되기 때문에 디지털 신호처리가 편리한 변환이다. 또한, 그 특성상 고속변환이 가능하며, 변환 계산에서 곱셈이 필요치 않은 장점이 있으며, 상관성이 높은 영상 데이터에 대해서는 에너지 집중 특성이 우수한 장점이 있다.

본 논문에서는 원 영상을 8x8크기를 갖는 블록으로 나누고 하다마드 변환을 한 후, 워터마크를 제안한 삽입 알고리즘에 의하여 삽입한다.

실험 결과, 압축이나 이미지 영상처리 공격에 대해서 강인하게 워터마크가 추출되었고, 추출된 워터마크의 왜곡정도가 양호하여 시각적으로 인지가 가능하였다.

### 2.1 하다마드 변환 알고리즘

2차원 하다마드 변환쌍 식은 다음과 같다.

$$H(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) (-1)^{\sum_{i=0}^{v-1} [b_i(x)b_i(u) + b_i(y)b_i(v)]} \tag{1}$$

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} f(u, v) (-1)^{\sum_{i=0}^{y-1} [b_i(x)b_i(u) + b_i(y)b_i(v)]} \tag{2}$$

하다마드 변환 행렬을 산출하기 위한 간단한 재귀적 관계식을 유도할 수 있다.  $H_n$ 이  $N$ 차 행렬이라 하면, 재귀적 관계식은 아래의 식과 같다.

$$H_{2N} = \begin{pmatrix} H_n & H_n \\ H_n & H_n \end{pmatrix} \quad (3)$$

원 영상을 [I], 변환된 이미지를 [V]라 할 때, 하다마드 변환은 다음과 같다[6].

$$[V] = \frac{H_n[I]H_n}{N} \quad (4)$$

$H_n$ 은  $N \times N$  하다마드 행렬을 나타내며  $N=2^n, n=1,2,3, \dots$ 이다. 각 계수값들은  $\pm 1$ 의 값을 갖는다. 하다마드 변환은 간단한 행렬값으로 만들 수 있어, 역 변환 등이 간단한 형태로 정의되므로 영상적용에 용이한 변환이다.

본 논문에서는 원 이미지를  $8 \times 8$  크기를 갖는 블록으로 나누어 변환하였기 때문에,  $H_3$  하다마드 행렬을 적용하였다.

$$H_3 = \begin{pmatrix} 1. & 1. & 1. & 1. & 1. & 1. & 1. & 1. \\ 1. & -1. & 1. & -1. & 1. & -1. & 1. & -1. \\ 1. & 1. & -1. & -1. & 1. & 1. & -1. & -1. \\ 1. & -1. & -1. & 1. & 1. & -1. & -1. & 1. \\ 1. & 1. & 1. & 1. & -1. & -1. & -1. & -1. \\ 1. & -1. & 1. & -1. & -1. & 1. & -1. & 1. \\ 1. & 1. & -1. & -1. & -1. & -1. & 1. & 1. \\ 1. & -1. & -1. & 1. & -1. & 1. & 1. & -1. \end{pmatrix}$$

2.2 워터마킹 알고리즘

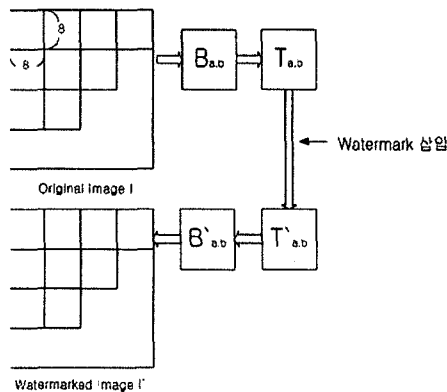


그림 1. 워터마킹 삽입 알고리즘

원 영상을 각  $8 \times 8$  크기를 갖는 블록( $B_{(a,b)}$ )으로 나눈 후 하다마드 변환을 한다.( $T_{(a,b)}$ )

1. 워터마크( $W_{(a,b)}$ )와 변환된 영상계수의 LSB(Least Significant Bit)값과 XOR하여 삽입한다.

$$T'_{(a,b)} = W_{(a,b)}(i,j) \oplus T_{(a,b)}(i,j) \quad (5)$$

2. 워터마크가 삽입된 하다마드 변환 영상을 다시 역변환한다.( $B'_{(a,b)}$ )

워터마크 추출은 워터마크 삽입 영상의 하다마드 변환 계수값과 원영상을 XOR하여 추출한다.

3. 실험 결과

워터마크 삽입에 의한 화질 저하를 비교하기 위해 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하였다. 식은 다음과 같다.

$$MSE = \frac{\sum [f(i,j) - F(i,j)]^2}{N^2} \quad (6)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \left( \frac{255}{RMSE} \right) \quad (7)$$

원 영상의 크기는  $N \times N$ 이고  $f(i,j)$ 는 원 영상의 화소를  $F(i,j)$ 는 워터마킹 된 영상의 화소를 표시한다.

워터마킹을 삽입한 위의 영상들에 대한 PSNR을 조사하였다.

표1. PSNR 결과값

Image	PSNR(dB)
CAT	47.15
LENA	48.45
GIRL	48.34
BABOON	47.89

실험 결과로 보아 영상들의 PSNR의 수치가 45이상이므로 화질이 양호한 것으로 나타났다.

또한, 원 워터마크와 추출된 워터마크 사이의 객관적인 유사성 측정을 위하여 정규화된 상관계수(normalized correlation)를 사용하여 나타내었다.

'W'는 원영상에서 추출한 워터마크를 W는 원래 삽입된 워터마크이다. 식은 다음과 같다.

$$correlation = \frac{\sum (W_i * W_i)}{\sum (W_i * W_i)} \quad (8)$$

여러 이미지 처리 기법에 의한 공격에 대한 워터마크의 강인성 실험을 위해서 상관계수를 사용하였다.

표2. 강인성 실험 결과

강인성 실험	JPEG 압축	밝게처리	Crop	어둡게 처리	Blur	히스토그램 평활화
CAT	83.05	91.42	89.22	91.13	92.52	86.66
LENA	82.89	92.23	88.91	92.55	92.01	87.71
GIRL	83.56	91.09	89.67	91.22	91.63	87.58
BABOON	84.45	93.25	89.95	93.72	92.25	88.22

실험 결과로써 여러 영상의 공격에 대해서 눈에 충분히 인식할 수 있는 워터마크가 추출이 됨을 보여주고 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 디지털 영상데이터의 저작권 보호를 위해 시각적으로 인지할 수 있는 워터마크 영상을 원 영상에 삽입 및 검출 할 수 있는 하다마드 변환 알고리즘을 이용한 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 실험 결과로써, 워터마크가 성공적으로 삽입, 검출되었으며, 여러 공격에도 강인하게 워터마크가 추출되었다.

향후 연구과제로는 동영상 영역에서의 강인한 워터마크 삽입과 추출의 방법에 대해서 연구할 것이다.

참고문헌

[1] H.Berghel, "Protection Owner Ship Rights through Digital Watermarking," IEEE Computer Magazine, pp. 101-103, July 1996.

[2] M.Kutter, F.Jordan and F.Bosson, "Digital Signature of Color Images using Amplitude Modulation," Proc. of SPIE, vol. 3022, pp.518-526,1997.

[3] I.J.Cox J.Kilian,T.LeightoandT.Shammoon,"Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, December 1997.

[4] I.J.Cox. and M.L.Miller, "A Review of Watermarking and the Impotance of Perceptual Modeling," Proc. of SPIE Conf. on Human Vision and Electronic Imaging II, vol. 3016, pp. 92-99, February 1997.

[5] M.Barni, "Image Watermarking of Secure Transmission over Public Networks," Proc. of COST 254 Workshop on Emerging Techniques

for Communication Terminals, Toulouse, France, pp. 290-294, July 1997.

[6] Anthony T.S.Ho, Jun Shen, Soon Hie Tan, Alex C.Kot, "Digital Image-in-Image Watermarking For Copyright Protection Of Satellite Images Using the Fast Hadamard Transform" Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. IGARSS '02. 2002 IEEE International , Volume: 6, 24-28 June 2002 Page(s): 3311-3313 vol.6

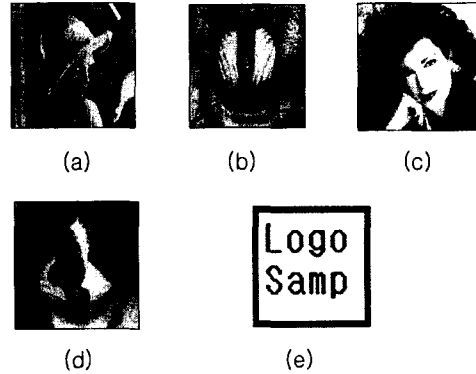


그림2. 워터마크가 삽입될 원 영상((a)Lena (b)baboon (c)girl (d)cat) (e) 워터마크

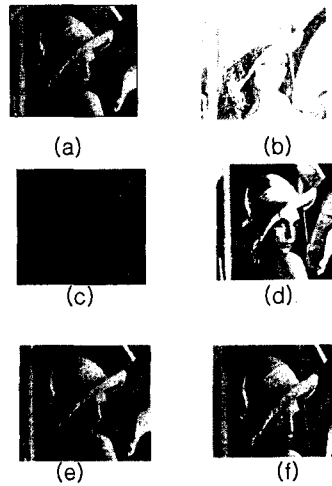


그림 3. 강인성 실험 영상 (a) Jpeg 압축 (b) 밝게 처리 (c) 어둡게 처리 (d) 히스토그램 평활화 (e) blur (f) Crop