

칼라영상에서의 하다마드 변환을 이용한 워터마킹 기법

오휘빈*, 김기영, 채덕재, 이상범
단국대학교 전자컴퓨터 공학부
e-mail: bonzil@hanmail.net

The Watermarking Technic using Hadamard Transform in Color Image

Whi-Vin Oh*, Ki-Young Kim, Duck-Jae Chae, Sang Burm Rhee
Dept of Electrons & Computer Engineering,
Dankook University

요 약

본 논문에서는 저작권 보호를 위하여 칼라 영상에서의 하다마드 변환을 이용한 워터마킹 기법을 제안한다. 하다마드 변환은 간단한 행렬값으로 사용할 수 있고, 고속변환이 가능하여 영상적용에 용이한 변환이다. 제안한 알고리즘은 RGB 영상을 YIQ 영역으로 전환한 후, Y 영상을 8x8의 크기를 갖는 블록으로 나누어서 H₃ 행렬값을 사용하여 하다마드 변환을 한 후, PN-Code를 이용하여 좌표를 결정하여 워터마킹 알고리즘에 의하여 워터마크를 삽입한다. 실험결과 압축이나 이미지 영상처리 공격에 대해서 강인하게 워터마크가 추출되었고, 추출된 워터마크의 왜곡정도가 양호하여 시각적으로 인지가 가능하였다.

1. 서론

급속한 인터넷의 보급과 전송 성능의 향상에 따라 멀티미디어 데이터의 전송 및 공유들이 활발하게 이루어지고 있다. 음성, 동영상, 영상 등을 포함하는 많은 멀티미디어 데이터들을 언제든지 원하는 데로 쉽게 복사할 수 있기 때문에 저작권에 대한 침해뿐만 아니라 인위적이고 악의적인 수정도 가능하기 때문에 이를 악용할 수 있는 기회가 늘고 있다. 이에 따라 많은 연구들이 정보보호를 위해 진행되고 있고 그 중에서 가장 주목받고 있는 것이 워터마크(watermark)방법이다.

워터마크란 영상이나 음성등의 신호에 특정한 코드나 패턴을 삽입하는 기술을 말하며, 워터마크의 삽입 및 검출과정의 적용 영역에 따라 공간 영역(spatial domain)과 주파수(frequency domain)영역의 두 분야로 구분된다.

공간영역에서의 워터마킹은 계산량이 비교적 적고 쉽게 워터마킹을 할 수 있지만 워터마크가 공격에

강인하지 못하고 JPEG등과 같은 영상압축에 적용하기 어려운 단점이 있다. 주파수 영역에서의 워터마킹 기법은 압축이나 잡음에 견고한 특성을 갖는다.

공간영역에 워터마킹을 하는 방법에 비해 많은 장점을 지닌 주파수 영상에서의 워터마킹은 영상 데이터를 이산코사인 변환이나 이산웨이블릿변환, 고속푸리에변환등을 사용하여 주파수 공간으로 변환한 후 그 주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 방법이다.

워터마크가 각종왜곡과 변형에 강인한 특성을 가지기 위해서는 시각적으로 중요한 주파수 대역인 저주파 대역에 워터마크를 삽입하여야 한다. 그러나 워터마크의 강인성만을 고려하여 저주파 성분에만 워터마크를 많이 삽입할 경우 영상의 화질이 급격히 저하될 우려가 있다. 반면 영상의 고주파 영역에 삽입된 워터마크의 경우 영상의 화질에는 별다른 피해를 주지는 않지만, 저주파 통과필터나 손실압축을 할 경우 쉽게 제거될 수 있다는 문제점을 안고 있다

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. 하다마드 변환 알고리즘

2차원 하다마드 변화쌍 식은 다음과 같다.

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

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

(1)

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

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

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

$$[V] = \frac{H_n [I] H_n}{N} \quad (3)$$

H_n 은 $N \times N$ 하다마드 행렬을 나타내며 $N=2^n, n=1,2,3, \dots$ 이다. 각 계수값들은 ±1의 값을 갖는다. 하다마드 변

환은 간단한 행렬값으로 만들 수 있어, 역 변환 등이 간단한 형태로 정의되므로 영상적용에 용이한 변환이다.

본 논문에서는 원 이미지를 8x8 크기를 갖는 블록으로 나누어 변환하였기 때문에, H_3 하다마드 행렬을 적용하였다.

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

식(4)

3. 워터마킹 알고리즘

먼저 RGB영상을 YIQ공간으로 변환시킨다. YIQ공간으로의 변환은 수식이 간단하고, 밝기를 나타내는 명암도 값을 바로 취해서 사용할 수 있는 장점이 있다. 변환식은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.229 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.598 & 0.311 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.000 & 0.956 & 0.621 \\ 1.000 & -0.273 & -0.647 \\ 1.000 & -1.104 & 1.701 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y \\ I \\ Q \end{pmatrix} \quad \text{식(5)}$$

원 영상($F_{(a,b)}$)을 YIQ공간으로 변환한 후 Y성분을 각 8x8 크기를 갖는 블록($B_{(a,b)}$)으로 나눈 후 하다마드 변환을 한다.($T_{(a,b)}$)

워터마크가 원본 영상에 삽입되는 위치를 정하기 위해 PN-Code(Pseudo Random Noise Code)를 사용하여 워터마크($W_{(a,b)}$)를 하다마드 변환을 한 후($W'_{(a,b)}$) 다음과 같은 식에 의하여 삽입한다.

$$B^*_{(a,b)} = T_{(a,b)} + \alpha W'_{(a,b)} \quad \text{식(6)}$$

$B^*_{(a,b)}$ 는 삽입후의 영상이며, $T_{(a,b)}$ 는 하다마드를 한 후의 8x8크기를 갖는 블록, α 는 워터마크 삽입 강도 계수로써 본 논문에서는 0.05로 하였다. $W'_{(a,b)}$ 는 워터마크를 하다마드 변환한 이미지를 나타낸다. 삽입한 후, 역하다마드 변환을 하고, RGB칼라 공간으로 전환하면 워터마킹을 삽입한 이미지가 생성된다.

워터마크 추출은 워터마크 삽입 영상을 YIQ 공간으로 변환한 후 하다마드 변환을 하여 다음 식에 따라 추출한다.

$$W'_{(a,b)} = (B'_{(a,b)} - T_{(a,b)}) / \alpha$$

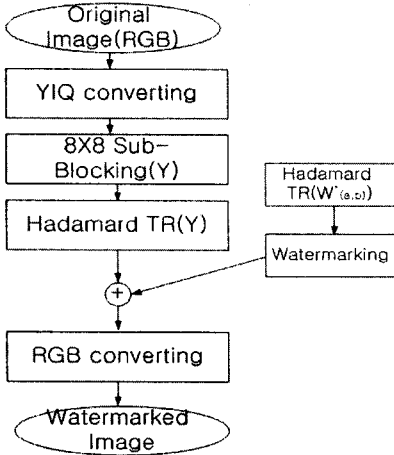


그림1. 워터마크 삽입 알고리즘

3. 실험 결과

워터마크를 삽입할 원 영상으로써 512*512의 해상도를 갖는 영상을 사용하였다.

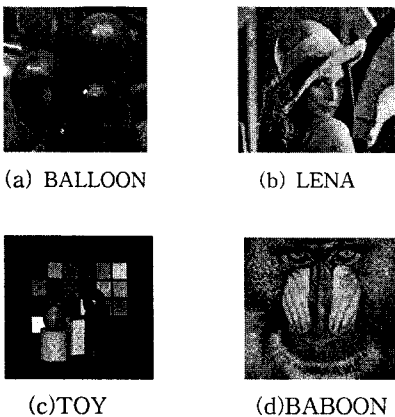


그림2. 워터마크를 삽입할 영상



그림3. 워터마크

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

$$MSE = \frac{\sum [f(i,j) - F(i,j)]^2}{N^2} \quad (8)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{RMSE} \right) \quad (9)$$

원 영상의 크기는 N*N이고 f(i,j)는 원 영상의 화소를 F(i,j)는 워터마크된 영상의 화소를 표시한다. 워터마크를 삽입한 위의 영상들에 대한 PSNR을 조사하였다.

표1. PSNR 결과값

Image	PSNR(dB)
BALLOON	39.89
LENA	38.12
TOY	41.72
BABOON	37.67

실험 결과로 보아 영상들의 PSNR의 수치가 35이상으로써 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.

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

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

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

표2. 강인성 실험 결과

BALLO ON	65.05	87.92	83.44	90.13	86.62	77.66
LENA	66.89	85.73	81.19	88.55	84.08	75.71
TOY	63.56	88.09	84.88	91.22	86.97	78.58
BABOO N	67.45	85.25	82.47	88.72	83.25	75.22

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

4. 결 론

본 연구에서는 칼라 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 칼라 영상의 효과적 영역분할과 워터마크와의 관계성을 연구할 예정이다.

- [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.Killian,T.Leightoand T.Shammoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans.on ImageProcessing, 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 n,Alex C.Kot, "Digital Image-in-Image Watermarking For Copyright Protection Of Satellite Images