

AC 및 DC 성분 워터마크 삽입하는 DCT기반 워터마킹

신용달*, 황의창****, 권성근**, 김영춘*, 장종국***, 권기룡****

*영동대학교 정보통신공학부

** 삼성전자주식회사

***영동대학교 전자공학부

**** 부산외국어대학교 전자컴퓨터공학과

AC and DC Components Embedding DCT-based Watermarking

Yong-Dal Shin*, Eui-Chang Hwang****, Seong-Geun Kwon**,
Young-Choon Kim*, Jong-Kook Jang***, Ki-Ryong Kwon****

* Dept. of Info. & Comm. Eng., Youngdong University

** Samsung Electronics Ltd.

*** Dept. of Elec. Eng., Youngdong University

**** Dept. of Elec. and Comp. Eng., Pusan Univ. of Foreign Studies

요 약

본 논문은 DCT기반에서 AC 및 DC 성분에 워터마크를 삽입하는 워터마킹 방법을 제안하였다. DCT는 원영상을 8×8 블록으로 나누어서 행하였으며, 삽입한 워터마크 데이터는 평균 0, 분산 1, 길이가 1000인 정규분포 랜덤시퀀스를 사용하였다. 이 워터마크 데이터의 크기에 따라 DCT의 DC 및 AC 성분에 삽입한다. 제안한 워터마킹 알고리즘의 성능을 확인하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션을 수행한 결과, 제안 방법이 기존의 워터마크 방법보다 비가시성 및 견고성 면에서 우수함을 확인하였다.

1. 서론

디지털 워터마킹은 디지털화 된 문서, 오디오, 정지영상, 비디오 등과 같은 디지털 콘텐츠의 불법 복제 및 배포를 방지하여 효율적으로 저작권을 보호하기 위해서 최근에 많이 사용되고 있다. 디지털 워터마킹은 각각의 응용분야에 따라 서로 다른 필요조건들이 요구되나 비가시성(invisibility), 견고성(robust) 등을 만족하여야 한다.

최근에는 주파수 영역인 이산 웨이블릿 변환(DWT) 및 이산 여현 변환(DCT)을 이용한 디지털 워터마킹 방법들이 많이 연구하고 있다[1]-[10].

Podilchuk 등[2]은 인간시각 특성인 JND를 이용한 디

지탈 워터마킹 방법을 제안하였으며, Dugad 등[3]은 DWT를 이용하여 기저대역을 제외한 모든 고주파 부대역에 특정 문턱값보다 큰 계수들을 선택하여, 이 계수값들의 절대값에 비례하는 워터마크 삽입방법을 제안하였다. Lumini 등[4]은 워터마크가 삽입되는 영상에 따라 다른 가중치를 갖는 워터마킹 알고리즘을 제시하였다.

한편, DCT를 이용하여 워터마크를 삽입하는 방법으로는 DC를 제외한 중간주파수 영역과 DC를 제외한 DCT 계수가 큰 값을 갖는 주파수 영역에 워터마크를 삽입하였다[5-10]. 만약에 DC 영역에 무조건 워터마크를 삽입하면 DC 값이 증가하게 된다. 이와 같이 중

가된 DC 계수에 대하여 역 DCT를 행하면 복원된 영상에서 블록화 현상(block effect)이 나타나서 화질이 매우 열화된다.

본 논문에서는 DCT기반에서 AC 및 DC 성분에 워터마크 데이터를 삽입하는 워터마킹 방법을 제안하였다. 제안 방법에서는 작은 값을 갖는 워터마크신호들은 DCT의 DC 계수영역에 삽입하고, 이외의 워터마크 신호들은 DCT의 상위 AC 계수 영역에 삽입하였다. 제안 방법의 성능을 확인하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션을 수행한 결과, 제안 방법이 기존의 워터마크 방법보다 비가시성이 우수하였으며, 또한 낮은 JPEG quality 및 다양한 공격에 대해서 견고성이 우수함을 확인할 수 있었다.

2. 제안한 디지털 워터마킹 방법

1) 기본적인 워터마크 삽입방법

디지털 워터마킹에서 워터마크를 삽입하는 방법은 다 같이 크게 세 가지로 나눌 수 있다[5].

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

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

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

여기서, v_i' , v_i , α , 및 x_i 는 각각 워터마크가 삽입된 신호의 크기, 원 신호의 크기, 워터마크의 삽입강도, 워터마크 데이터를 나타낸다.

2) 제안한 디지털 워터마킹 방법

DCT를 이용한 디지털 워터마킹 방법들은 워터마크된 영상의 화질 열화를 막기 위해 DC 계수를 제외한 주파수 영역에 워터마크를 삽입한다 [5]-[10].

본 논문에서는 워터마크된 영상의 비가시성 및 견고성을 만족하기 위한 DCT 기반 디지털 영상 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 기존의 알고리즘과 달리 우수한 견고성을 위해서 DCT의 DC 계수와 AC 계수 즉, 주파수 영역의 상위 DCT 계수에 워터마크를 삽입하였다.

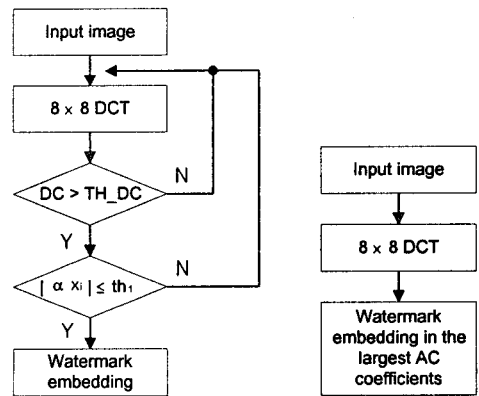
본 논문에서 사용한 워터마크는 길이 1000, 평균 0, 분산 1인 정규분포 랜덤 시퀀스를 이용하였으며, 우수한 비가시성 및 견고성을 유지하기 위해서 다음과 같이 DC 계수 및 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하였다.

a) DC 계수에 워터마크 삽입 방법

1. 입력영상을 8×8 블록 크기로 나누어서 DCT를 수행한다.
2. 블록의 DC 계수 값이 문턱값 TH_DC 보다 큰 블록을 선택한다.
3. 식 (2)에 있는 워터마크 삽입강도 $|\alpha x_i| \leq th_1$ 를 만족하는 워터마크 데이터 값에 대하여 2번에서 선택한 블록의 DC 계수에 워터마크를 삽입한다.

b) AC 계수에 워터마크 삽입 방법

1. 입력영상을 8 × 8 블록 크기로 나누어서 DCT를 수행한다.
2. 주파수 영역의 AC 계수 중에서 상위 계수에 대하여 워터마크를 삽입한다.



(a) DC term

(b) AC coefficients

그림 1. 제안한 디지털 워터마크 방법의 흐름도

DC 및 AC 계수에 워터마크 삽입 방법의 흐름도는 그림 1과 같다.

워터마크를 검출(extract)하는 방법은 다음과 같다.

1. 워터마크를 삽입한 영상 및 원 영상의 DCT 계수 각각 I_w' , I_o 를 구한다.
2. 다음 식을 이용하여 삽입한 워터마크 X^* 를 검출한다.

$$X^* = \frac{I_w' - I_o}{\alpha I_o} \quad (4)$$

3. 컴퓨터시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안한 디지털 워터마킹 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 모의 실험을 수행하였다. 본 실험에서 사용한 실험 영상은 8비트, 512×512 화소크기를 갖는 LENA 및 MAN 영상데이터이다.

실험에서 사용한 워터마크 데이터는 길이가 1000, 평균이 0, 분산이 1인 정규 분포를 갖는 랜덤 시퀀스였으며, 식 (2)의 삽입강도 α 는 Cox 등[6]의 방법에서 사용한 $\alpha = 0.1$ 이다. 제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 Podilchuk [3] 및 Lumini[5] 방법과 비교하였다.

제안한 방법에서 적당한 문턱값 TH_DC 및 th_1 들을 수십 차례 반복 실험해서 TH_DC=100.0 및 $th_1=0.032$ 이 가장 적당한 문턱값으로 선정하였다.

또한 비가시성에 대한 성능평가의 기준으로 PSNR (peak to peak signal to noise ratio)을 척도로 사용하였으며, 객관적인 견고성 비교를 위해서 식 (5)와 같이 정규화 된 유사도 (normalized similarity) NS를 사용하였다.

$$NS(X, X^*) = \left(\frac{X \cdot X^*}{\sqrt{X^* \cdot X^*}} / \sqrt{X \cdot X} \right) \times 100 \% \quad (5)$$

여기서, X 는 원래의 워터마크이고, X^* 는 검출된 워터마크이며, $\langle \cdot \rangle$ 는 벡터의 내적을 나타낸다. 식 (5)에서는 워터마크를 삽입한 영상에서 추출한 워터마크가 원래의 워터마크 데이터와 동일할 경우 정규화 된 유사도는 100%가 된다.

표 1은 제안한 방법과 기존의 방법에 대하여 비가시성에 대한 성능 평가이다. 이 표에서 제안방법은 기존의 Podilchuk 및 Lumini 방법보다는 PSNR이 높아 비가시성이 매우 우수함을 알 수 있다. 표 2에서는 다양한 공격방법인 디더링, 스케일링, 절단(cropping)부분에 대한 결과이다. 절단은 영상의 중앙을 기준으로 수평 및 수직 방향으로 각각 전체 영상 크기의 1/4에 해당하는 부분은 획득한 영상으로, 나머지 부분은 원영상으로 구성을 하는 것을 나타낸다. 스케일링은 획득한 영상을 수평 및 수직 방향으로 각각 절반의 해상도를 갖도록 부 표본화 한 후, 다시 원래의 해상도로 만드는 것을 의미한다. 디더링은 획득한 영상의 4×4 블록과 문턱값을 나타내는 4×4 행렬 D 를

$$D = \begin{bmatrix} 176 & 112 & 160 & 96 \\ 48 & 240 & 32 & 224 \\ 114 & 80 & 192 & 128 \\ 16 & 208 & 64 & 256 \end{bmatrix}$$

이용하여 이진 영상을 만든다.

이 결과에서 제안방법의 성능은 기존의 방법과 비교해서 비슷하거나 우수함을 나타내고 있다.

표 1. 워터마크 삽입 영상에서 PSNR (No attack).

Method Image	Proposed method	Podilchuk's method	Lumini's method
LENA	46.60 dB	38.67 dB	36.97 dB
MAN	47.12	36.11	34.95

표 2. 다양한 공격에 대한 정규화 된 유사도

Images	Attack	Proposed method	Podilchuk's method	Lumini's method
LENA	Dithering	22.88 %	22.12 %	2.20 %
	Scaling	39.50	34.99	6.01
	Cropping	65.49	67.78	19.30
MAN	Dithering	20.32	20.59	5.82
	Scaling	36.10	32.98	15.50
	Cropping	55.10	53.07	35.83

또한 LENA 및 MAN 영상에 대한 JPEG quality [%]에 대한 유사도의 결과는 그림 2 및 3과 같다. 이 그림에서 제안 방법은 기존의 방법들 보다 낮은 JPEG quality에서 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있다. 이와 같이 제안 방법에서 우수한 성능을 얻을 수 있는 이유는 작은 값인 워터마크 데이터 경우에서 DC 계수에 워터마크를 삽입함으로써 비록 낮은 JPEG quality 일지라도 삽입한 워터마크가 잘 보존되어 유사도가 높게 되었다. 또한 DC 계수에 작은 값의 워터마크 데이터를 삽입하여 얻은 영상의 화질은 크게 열화되지 않았다.

4. 결론

본 논문에서는 DCT영역에서 AC 및 DC 계수에 워터마크를 삽입하는 디지털 워터마킹을 제안하였다. DCT 수행은 8×8 블록으로 행하였으며, 삽입한 워터마크 데이터는 평균 0, 분산 1, 길이가 1000인 정규분포 랜덤 시퀀스를 사용하였다. 이 워터마크 데이터 중에서 크기가 작은 값을 갖는 데이터들을 DC 계수에 삽입하고, 이외의 워터마크 데이터들은 AC 계수의 상위 계수 값에 삽입하였다. 제안한 워터마킹 알고리즘

의 성능을 확인하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션을 수행한 결과, 제안 방법이 기존의 디지털 워터마킹 방법보다 비가시성이 우수하였으며, 또한 낮은 JPEG quality에서 견고성이 우수함을 확인할 수 있었다.

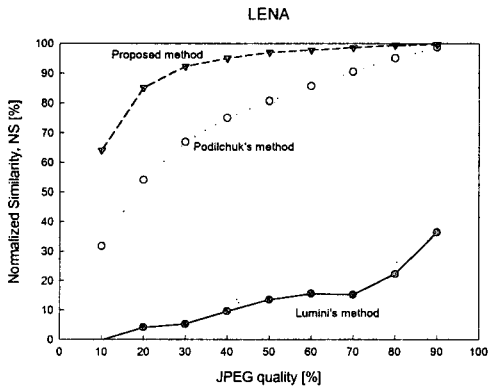


그림 2. LENA 영상에 대한 다양한 JPEG quality에 따른 정규화된 유사도.

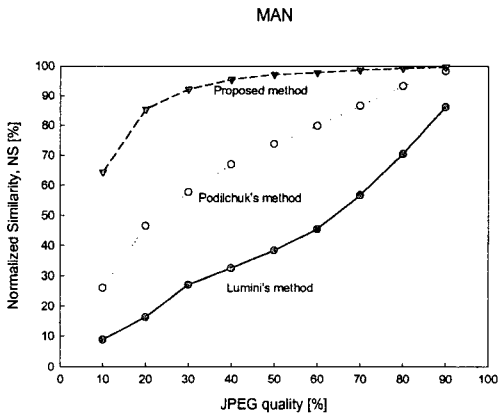


그림 3. MAN 영상에 대한 다양한 JPEG quality에 따른 정규화된 유사도.

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00589-0)지원으로 수행되었음.

[참고문헌]

[1] 하인성, HVS 및 DWT 기반 고신뢰 디지털 영상 워터마킹, 경북대학교 대학원 박사학위논문 2001년 6월.
 [2] C. I. Podilchuk and W. Zeng, "Image adaptive watermarking using visual models," IEEE Trans. on Selected Areas of Communications, vol. 16, no. 4,

pp. 525~539, May 1998.

[3] R. Dugad, K. Ratakonda, and N. Ahuja, "A new wavelet based scheme for watermarking images," IEEE Int. Conf. on Image Processing, vol. 2, pp. 419~423, 1998.
 [4] A. Lumini and D. Maio, "A wavelet-based image watermarking scheme," Proc. of Int. Conf. on Information Technology: Coding and Computing, pp. 122~127, 2000.
 [5] I. J. Cox and J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," IEEE Trans. on Image processing, vol. 6, no. 12, pp. 1673~1687, 1997.
 [6] A. Piva, M. Barni, F. Bartolini, and Cappellini, "DCT-based watermark recovering without resorting to the uncorrupted original image," Proc. of the IEEE Int. Conf. Image Processing, Santa Barbara, California, pp. 520~527, Oct. 1997.
 [7] M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, A. Piva, "Robust watermarking of still images for copyright protection," Proc. of the Digital Signal Processing, vol.2, pp. 499~502, 1997.
 [8] O. H. Kwon, Y. S. Kim, and R. H. park, "Watermarking for still images using the human visual system in the dct domain," Proc. of the ISCAS, vol.4, pp. 76~79, 1999.
 [9] S. D. Lin, C. F. Chen, "A robust dct-based watermarking for copyright protection," IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 46, no.3, pp. 415~421, Aug. 2000.
 [10] C. T. Hsu, J. L. Wu, "Hidden digital watermarks in images," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 8, no. 1, Jan. 1999.