

DCT 질감 블록 계수를 이용한 강인한 블라인드 워터마킹

(Robust Blind Watermarking using DCT Texture Block Coefficient)

신 용 달*, 박 경 남**
(Yong-Dal Shin, Kyung-Nam Park)

요 약 본 논문은 DCT 질감블록계수를 이용한 강인한 블라인드 워터마킹을 제안하였다. 제안 방법에서는 다양한 외부 공격에 강인하도록 하기 위해서 8×8 블록 DCT 주파수 영역 계수 값의 절대값을 이용한 질감 블록 계수를 기준으로 8×8 블록 DCT의 직류성분에 모든 워터마크를 삽입하였다. 제안 방법의 성능을 확인하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션을 수행한 결과 제안 방법이 기존의 방법보다 비가시성 측면 및 다양한 외부 공격인 Dithering, Scaling, Cropping에서 매우 강인함을 확인하였다.

핵심주제어 : DCT, 질감블록계수, 블라인드워터마킹

Abstract In this paper, we proposed robust blind watermarking algorithm using texture block coefficient based on discrete cosine transform(DCT). The proposed method embedded all of watermark signals into DC component of 8×8 block DCT in order to robust various external attack. The texture block coefficient was composed absolute value of DCT coefficients. Experiment showed that the proposed method better than conventional methods in the invisibility and various attack such as dithering, cropping, and scaling.

Key Words : DCT, texture block coefficients, blind watermarking

1. 서 론

디지털 영상, 음성 및 비디오 등 디지털 미디어 데이터는 원본과 동일한 복사본을 쉽게 복제할 수 있을 뿐만 아니라 인터넷을 통하여 다른 사람들에게 배포가 매우 쉽다. 이와 같은 불법 복제 및 배포 등으로 인하여 디지털 미디어 데이터의 지적 소유권 보호문제가 중요시 되고 있다. 따라서 디지털 미디어 데이터 자체에 지적 소유권 정보를 삽

입하여 효과적으로 저작권을 보호하기 위한 기술인 디지털 워터마킹 기술이 발전하고 있다.

디지털 워터마킹기술은 영상, 음성 및 비디오 등 응용분야에 따라 서로 다른 필요조건들이 요구되거나 워터마크 삽입 후에 원본데이터의 변화가 거의 없도록 하여 워터마크의 삽입 여부를 쉽게 인식하지 못하게 하는 비가시성(Invisibility)과 scaling, cropping, dithering 등과 같은 여러 형태의 변형이나 외부의 공격에도 잘 견디어서 워터마크 추출이 잘 되는 강인성 (Robustness), 추출한 워터마크가 확실한 소유권을 주장할 수 있는 명확성(Unambiguity) 등을 만족하여야 좋은 디지털 워터

* 교신저자: 영동대학교 정보통신 사이버경찰학과 부교수

** 나사렛대학교 멀티미디어학과 조교수

마킹 알고리즘이라고 할 수 있다.

영상데이터에 대한 디지털 워터마킹 알고리즘은 공간영역에서 방법과 주파수 영역에서의 방법이 있다. 주파수 영역에서는 이산 여현 변환(Discrete Cosine Transform : DCT) 및 이산 웨이브릿 변환(Discrete Wavelet Transform: DWT) 방법이 있다.

디지털 워터마킹 기술은 삽입된 워터마크를 추출하는 방법에서 원영상의 존재 유, 무에 따라 구분하는 널블라인드(Non-blind)워터마킹[1]-[8]과 블라인드(Blind)워터마킹[9]-[12]이 있다.

주파수 영역에서 DWT를 이용한 블라인드 디지털 워터마킹 알고리즘은 다음과 같다. Hong 등[9]은 2-레벨 DWT를 행하고, 인근 화소값의 평균을 기준으로 워터마크를 삽입하는 블라인드 워터마킹을 제안하였으며, 배기혁 등[10], 신창돈[11], Taskovski 등[12]은 DWT를 기반으로 계수 극성, 웨이브릿 에너지 등을 이용한 블라인드 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 이러한 DWT 이용 블라인드 워터마킹 알고리즘들은 워터마크 검출시에 원영상의 필요없지만 잡음첨가 및 다양한 영상필터링 처리에 의한 외부 공격이 있으면 워터마크된 영상의 계수에 심한 영향을 주어 워터마크 검출을 저하시킨다[11].

한편, DCT를 이용한 주파수 영역의 디지털 워터마크 알고리즘에서는 워터마크를 삽입하는 방법으로 DC를 제외한 중간주파수 영역 등 주파수 영역에 워터마크를 삽입하였다[5]-[7]. Huang 등[8]은 DCT의 DC 영역에 워터마크를 삽입한 디지털 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 그러나 이 방법은 워터마크 추출(검출) 시에 원영상이 필요한 널블라인드 워터마킹 알고리즘이다.

본 논문은 DCT 질감 블록 계수를 이용하여 강인한 블라인드 워터마킹을 제안하였다. 제안 방법에서는 Dithering, Scaling, Cropping과 같은 외부 공격에 강인하도록 하기 위해서 8×8 블록 DCT 주파수 영역 계수 값의 절대값을 이용한 질감 블록 계수를 기준으로 8×8 블록 DCT의 직류성분에 모든 워터마크를 삽입하였다. 제안 방법의 성능을 확인하기 위해서 시뮬레이션 수행한 결과, 제안 방법이 기존의 방법보다 비가시성 측면 및 다양한 외부 공격인 scaling, cropping, dithering에서 매우

강인함을 확인하였다.

2. 제안한 블라인드 디지털 워터마킹 알고리즘

DCT를 이용한 주파수 영역의 디지털 워터마크 알고리즘에서는 워터마크된 영상의 화질 열화를 줄이기 위해 DC를 제외한 중간주파수 영역 또는 고주파수 영역에 워터마크를 삽입하였다[5]-[7]. 그리고 Huang 등[8]은 DCT의 DC 영역에 워터마크를 삽입한 디지털 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 그러나 이 방법은 워터마크 추출 시에 원영상이 필요한 널블라인드 워터마킹 알고리즘이다.

본 논문에서는 워터마크된 영상의 화질열화를 줄이고, 워터마크 추출 시에 원영상이 필요 없는 DCT의 DC 영역에 모든 워터마크 신호를 삽입하는 블라인드 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 또한, 제안 방법에서는 scaling, cropping, dithering과 같은 외부의 공격에 워터마크가 잘 보존되는 강인한 블라인드 워터마킹 알고리즘이다.

2.1 DCT 알고리즘

본 논문에서 사용한 디지털 워터마킹 알고리즘에서의 DCT 및 IDCT는 다음 식과 같다.

먼저 DCT는

$$I(u, v) = C(u)C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} I(x, y) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right] \quad (1)$$

$$C(u) = \sqrt{1/N} \quad \text{for } u=0 \quad (2)$$

$$C(u) = \sqrt{2/N} \quad \text{for } otherwise \quad (3)$$

여기서, N은 블록 DCT를 수행하기 위한 블록크기 N을 나타낸다.

Inverse DCT (IDCT)는

$$I(x, y) = C(u)C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} I'(u, v) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right] \quad (4)$$

이다.

2.2 워터마크 삽입 방법모델의 정합

1) 질감영역에 워터마크 삽입하기

① 입력영상을 겹치지 않게 8×8블록으로 분할하여 주파수 변환인 DCT를 수행하여 계수값 $X(i, j)$ 얻는다.

② 8×8 블록내의 모든 계수 값 $X(i, j)$ 성분의 절대 값을 구한 후 전부 합한 $S(i, j)$ 를 구한다. 즉,

$$S(i, j) = \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 |X(i, j)| \quad (5)$$

이다.

③ 주파수 영역의 8×8 블록에서 질감을 갖는 블록을 구하기 위해서 식(5)의 $S(i, j)$ 에서 직류성분 $|X(0, 0)|$ 의 값을 뺀다. 이를 질감 블록임을 판단하는 질감 블록 연산자 $T(i, j)$ 로 정의 한다. 즉 질감 블록 연산자 $T(i, j)$ 는

$$T(i, j) = S(i, j) - |X(0, 0)| \quad (6)$$

이다.

④ 식(6)에서 질감 블록 연산자 $T(i, j)$ 의 값이 문턱 값 th 보다 큰 값을 갖는 영역을 질감블록으로 분류한다. 식(7)과 같이 질감블록에서는 DC영역에 워터마크 신호를 삽입하고 워터마크 삽입표시 비트 $b_{i, j} = 1$ 로 표시한다. 즉

$$\begin{aligned} \text{if } (T(i, j) > th) \\ v_{i, j}' = v_{i, j}(1 + a), \quad b_{i, j} = 1 \end{aligned} \quad (7)$$

과 같다. 만약 질감블록이 아니면 평탄영역으로 판단되어 워터마크 값을 삽입하지 아니한다.

⑤ 입력 영상의 모든 블록에 대해서 수행한다.

여기서, $v_{i, j}'$, $v_{i, j}$, a 는 각각 워터마크가 삽입된 신호의 크기, 원 신호의 크기, 워터마크의 삽입강도를 나타낸다.

2.3 워터마크 추출(extract) 방법

워터마크 신호를 추출하는 방법은 다음과 같다.

① 워터마크를 삽입한 영상 데이터에서 8×8 블록 DCT를 한 후 식(6)과 같이 각 블록의 질감 블록 연산자 $T(i, j)$ 값을 구한다.

② $T(i, j)$ 값이 문턱 값(th)보다 크면 질감 블록으로 분류된다. 그리고 식(8)과 같이 워터마크를 추출하고, 추출된 워터마크 표시 비트 $b_{i, j}' = 1$ 로 나타낸다.

$$\begin{aligned} \text{if } (T(i, j) > th) \\ b_{i, j}' = 1 \end{aligned} \quad (8)$$

③ 워터마크 삽입 비트 $b_{i, j}$ 와 추출된 워터마크 표시 비트 $b_{i, j}'$ 를 비교해서 워터마크 삽입 비트의 변화 유, 무를 확인하여 성능을 평가한다.

3. 컴퓨터 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 DCT 질감계수를 이용한 블라인드 워터마킹 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 컴퓨터 시뮬레이션에서 사용한 영상 데이터는 그림 1과 같이 8비트, 512×512 화소크기를 갖는 LENA, MAN, GOLDHILL 영상데이터 이다.

컴퓨터 시뮬레이션에서 사용한 워터마크 삽입강도 $a=0.01$, 워터마크는 원영상의 DCT 계수에 비례하여 1000개를 삽입하였다. 제안 방법의 성능 평가를 위하여 DCT를 이용한 워터마킹 알고리즘인 Huang[8] 기법, DWT를 이용한 대표적인 워터마킹 알고리즘인 Podilchuk[3] 기법 및 Lumini[1] 기법과 비교하였다.

비가시성에 대한 성능평가의 기준으로는 객관적

인 평가요소인 PSNR (peak to peak signal to noise ratio)을 사용하였으며, 또한 강인성 비교는 식 (9)과 같이 정규화 된 유사도 (Normalized Similarity) NS를 사용하였다.

$$NS(X, X^*) = \left(\frac{X \cdot X^*}{\sqrt{X^* \cdot X^*}} / \frac{X \cdot X}{\sqrt{X \cdot X}} \right) \times 100 \% \quad (9)$$

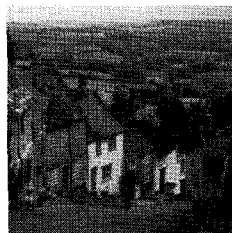
여기서, X 는 원래의 워터마크이고, X^* 는 검출된 워터마크이며, $\langle \cdot \rangle$ 는 벡터의 내적을 나타낸다. 식 (9)에서는 워터마크를 삽입한 영상에서 추출한 워터마크 신호가 원래의 워터마크 신호와 동일하다면 정규화 된 유사도 NS는 100%가 된다. 본 논문에서는 No Attack에서 유사도 NS가 100%인 경우에 대한 모의실험 PSNR 결과를 표 1에 나타내었다.



(a)



(b)



(c)

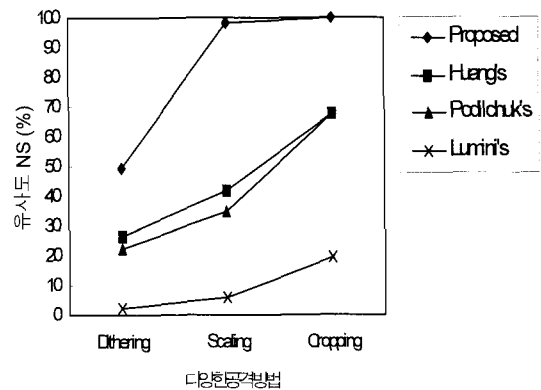
(그림 1) 실험 영상데이터 (a) LENA, (b) MAN, and (c) GOLDHILL

표 1에서는 제안한 방법과 기존의 방법에 대하여 비가시성에 대한 성능 평가이다. 이 표에서 제안방법은 기존의 Huang, Podilchuk, Lumini 방법보다 PSNR이 높다. 이 결과로 제안한 방법이 비가시성 측면에서 우수함을 알 수 있다. 이 이유는 질감 블록 계수를 기준으로 시각적으로 둔감한 질

감블록에 워터마크를 삽입하고 평탄블록에는 워터마크를 삽입하지 않기 때문에 비가시성이 우수하다. 또한, 각 실험 영상에 외부 공격방법인 절단(cropping), 스케일링(scaling), 디더링(dithering)에 대한 강인성 평가 결과는 표 2와 같다.

여기서 절단(cropping)은 영상의 중앙을 기준으로 수평 및 수직 방향으로 각각 전체 영상 크기의 1/4에 해당하는 부분은 획득한 영상으로, 나머지 부분은 원 영상으로 구성을 하는 것을 나타낸다. 스케일링(scaling)은 획득한 영상을 수평 및 수직 방향으로 각각 절반의 해상도를 갖도록 부 표본화 한 후, 다시 원래의 해상도로 만드는 것을 의미한다.

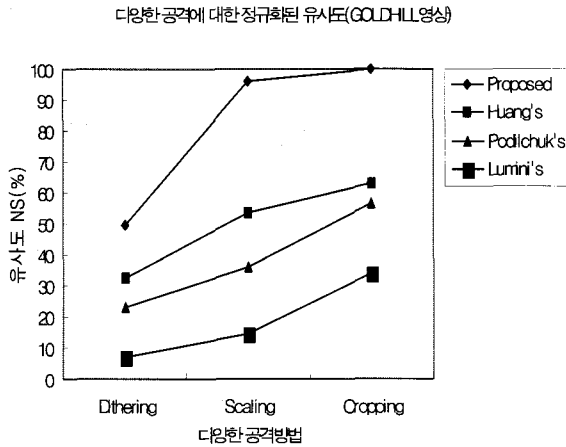
다양한 공격에 대한 정규화된 유사도 NS (LENA 영상)



(그림 2) 다양한 공격에 대한 정규화된 유사도 (LENA 영상)

디더링(dithering)은 획득한 영상의 4x4 블록과 문턱값을 나타내는 4x4 행렬의 각 값을 비교하여 이진 영상을 만드는 것을 나타낸다. 본 논문에서 사용한 4x4 디더링 행렬 D는 다음과 같다.

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



(그림 3) 다양한 공격에 대한 정규화된 유사도 (GOLDHILL 영상)

표2는 GOLDHILL, LENA, MAN 실험 영상에 외부 공격인 Dithering, Scaling, Cropping로 얻은 정규화된 유사도 NS는 기존의 방법보다 제안방법이 우수함을 알 수 있다. 표 2에서와 같이 Dithering, Scaling, Cropping 공격에서 제안한 방법이 우수한 유사도를 갖는 이유는 질감 블록 계

수를 기준으로 질감블록 및 평탄블록으로 구분한 후 시각적으로 둔감한 질감 블록에 워터마크를 삽입하였기 때문이다. 즉, 워터마크가 삽입된 영상 데이터에 Dithering, Scaling, Cropping 공격을 받더라도 영상 데이터의 8×8 블록 DCT 계수 값, 질감블록 및 평탄블록의 위치가 거의 바뀌어 지지 않아서 워터마크 추출시에 삽입된 워터마크 표시 비트를 정확하게 추출할 수 있기 때문에 표 2와 같이 우수한 유사도를 얻을 수 있다. 그림 2 및 3은 각각 기존의 방법과 제안한 표 2의 LENA 및 GOLDHILL 영상에 대한 Dithering, Scaling, Cropping 공격에 대한 정규화된 유사도를 그림으로 나타낸 것이다.

4. 결론

본 논문은 DCT 질감 블록 계수를 이용한 강인한 블라인드 워터마킹을 제안하였다.

제안 방법에서는 다양한 외부 공격에 강인하도록 하기 위해서 8×8 블록 DCT 주파수 영역 계수 값의 절대 값을 이용한 질감 블록 계수를 기준으

<표 1> 워터마크가 삽입된 영상에 대한 PSNR (No attack, NS=100%)

method Image	Proposed method	Huang method	Podilchuk method	Lumini method
LENA	52.65 dB	44.40 dB	38.67 dB	36.97 dB
MAN	52.20 dB	43.41 dB	36.11 dB	34.95 dB
GOLDHILL	53.21 dB	44.23 dB	36.64 dB	34.97 dB

<표 2> 다양한 공격에 대한 정규화 된 유사도 NS

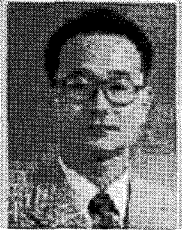
(단위 : %)

Images	Attack	Proposed method(%)	Huang's method(%)	Podilchuk's method(%)	Lumini's method(%)
GOLDHILL	Dithering	49.41	32.40	23.19	7.02
	Scaling	95.98	53.48	36.01	14.40
	Cropping	100.00	62.85	56.40	34.01
LENA	Dithering	49.41	26.65	22.12	2.20
	Scaling	98.10	41.57	34.99	6.01
	Cropping	100.00	67.93	67.78	19.30
MAN	Dithering	49.41	25.83	20.59	5.82
	Scaling	96.91	44.85	32.98	15.50
	Cropping	100.00	56.88	53.07	35.83

로 8×8 블록 DCT의 직류성분에 모든 워터마크를 삽입하였다. 제안 방법의 성능을 확인하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션 수행한 결과, 제안 방법이 기존의 방법보다 비가시성이 우수하고, 다양한 외부 공격인 scaling, cropping, dithering에서 매우 강인함을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 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.
- [2] 권성근, 권기규, 하인성, 권기룡, 이건일, "HVS 및 DWT 기반의 고신뢰 디지털 영상 워터마킹," 「한국통신학회논문지」, 제26권 제12A호, pp. 2100-2107, 2001.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] J. Huang, Y. Q. Shi, and Y. Shi, "Embedding image watermarks in DC components," *IEEE Trans. on Circuit and System for Video Technology*, vol. 10. no. 6, pp. 974-979, Sept. 2000.
- [9] I. Hong, I. Kim, and S. Han, "A blind watermarking technique using wavelet transform," *Proc. of the IEEE Int. Symposium ISIE*, Pusan, Korea, pp.1946-1950, 2001.
- [10] 배기혁, 정성환, "시각적 특성을 이용한 효과적인 블라인드 워터마킹," *Telecommunications Review*, 제 12권 5호, pp. 679-687, 2002.
- [11] 신창돈, "웨이블릿 계수 변화량을 고려한 극성기반 블라인드 워터마킹 기법", *멀티미디어 학회 논문지*, 제7권 제5호, pp.744-754, 2004.
- [12] D. Taskovski, S. Bogdanova, and M. Methodius, "Blind watermarking via low frequency component modification," *EC-VIP-MC 2003, 4th EURASIP Conference* pp. 701-706 July 2003.



신 용 달 (Yong-Dal Shin)

- 정회원
- 1984년 2월 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1986년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과

(공학석사)

- 1994년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1991년 3월 - 1996년 2월 : 서라벌대학 전자과
- 1996년 3월 - 현재 : 영동대학교 정보통신사이버경찰학과 부교수
- 관심분야 : 정보보호, 디지털 포렌식, 영상통신



박 경 남 (Kyung-Nam Park)

- 종신회원
- 1992년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
- 1997년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

- 2003년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)
- 2003년 3월 - 현재 나사렛대학교 멀티미디어학과 조교수
- 관심분야: 영상처리, 영상통신, 디지털 TV 등