

DCT 및 분산을 이용한 블라인드 워터마킹

신 용 달^{*}

요 약

본 논문에서는 DCT를 이용한 강인한 블라인드 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 제안 방법에서는 8×8 블록 DCT를 행하였으며, 8×8 블록의 분산, 질감영역 및 평탄영역을 이용하여 워터마크 신호들을 DCT의 직류(DC) 영역에 삽입하였다. DCT를 이용한 디지털 워터마킹 알고리즘에서는 AC 성분보다는 DC 성분에서 훨씬 큰 지각 능력을 가지고 있기 때문에 DC 성분에 워터마크를 삽입하면 훨씬 강인해 질 수 있다. 제안 방법의 성능을 확인하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션 수행한 결과, 제안 방법이 기존의 워터마킹 방법보다 JPEG 압축을, Scaling 공격에서 매우 강인함을 확인하였다.

Blind Watermarking Using DCT and Variance

Yong-Dal Shin^{*}

ABSTRACT

In this paper, We proposed a robust blind digital watermarking algorithm using variance and DCT domain. The proposed method embedded watermark signals into DC components of 8×8 block DCT using variance, texture regions and smooth regions. In the digital watermarking algorithms using DCT domain, more robustness can be achieved if watermarks are embedded in DC components since DC components have much larger perceptual capacity than AC components. Experiment showed that robustness of the proposed method better than that of the conventional methods in JPEG quality and scaling attack.

Key words: Blind Watermarking(블라인드 워터마킹), DCT(이산여현변환), variance(분산), Robustness(강인성)

1. 서 론

최근에 급속히 증가하고 있는 디지털 멀티미디어 데이터는 원본과 같은 복사본을 쉽게 만들 수 있을 뿐만 아니라 인터넷을 통한 배포가 쉽다. 이로 인하여 불법 복제 및 지적소유권 보호문제가 점차로 부각되고 있다. 따라서 디지털 콘텐츠 자체에 소유권 정보를 삽입하여 효율적인 저작권을 보호하기 위한 기술로 디지털 워터마킹 기법이 연구되고 있다.

디지털 워터마킹은 각 응용분야에 따라 서로 다른 필요조건들이 요구되나 워터마크를 삽입 후에 원본

의 변화가 거의 없어 워터마크의 삽입 여부를 인식하지 못하는 비가시성(Invisibility)과 여러 가지 형태의 변형이나 공격에도 워터마크 추출이 가능한 강인성(Robustness), 추출한 워터마크가 확실한 소유권을 주장할 수 있는 명확성(Unambiguity) 등을 만족하여야 한다.

디지털 워터마킹 기법에서는 삽입된 워터마크를 추출하는 방법에서 원영상의 필요 유, 무에 따라 Non-blind워터마킹과 Blind워터마킹이 있다.

디지털 워터마킹 알고리즘들은 이산 여현 변환

※ 교신저자(Corresponding Author): 신용달, 주소: 충북 영동군 영동읍 설계리 산 12-1(370-800), 전화: 043)740-1145, FAX: 043)740-1139, E-mail: syd101@hanmir.com

접수일: 2005년 8월 22일, 완료일: 2005년 10월 28일

^{*} 중신회원, 영동대학교 정보통신공학과 부교수

(Discrete Cosine Transform : DCT) 및 이산 웨이브릿 변환(Discrete Wavelet Transform: DWT)를 이용한 난블라인드 디지털 워터마킹 알고리즘[1]-[9]과 DWT를 기반으로 한 블라인드 워터마킹 알고리즘[10-12]들이 연구되고 있다.

DWT를 이용한 블라인드 워터마킹 알고리즘[10-12]은 다음과 같다. Hong 등[10]은 2-레벨 DWT를 행하고, 인근 화소값 평균을 이용하여 워터마크를 가감한 후 플래그를 저장 및 추출하는 블라인드 워터마킹을 제안하였으며, 배기혁 등[11], 신창돈[12]은 DWT를 기반으로 계수 극성을 이용한 블라인드 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. DWT 및 계수 극성 기반 블라인드 워터마킹 알고리즘들은 워터마크 검출할 때 원영상이 필요 없는 장점이 있지만, JPEG과 같은 손실압축 방법에서는 원영상 주파수 영역의 계수 쌍 차이 값은 압축율이 높아질수록 많은 차이가 발생한다[12]. 또한 잡음첨가 및 다양한 영상필터링 처리에 의해서 원영상의 계수에 심한 영향을 주어 워터마크 검출을 저하시킨다[12].

한편, DCT를 이용하여 워터마크를 삽입하는 방법으로는 DC를 제외한 중간주파수 영역과 DC를 제외한 DCT 계수가 큰 값을 갖는 주파수 영역에 워터마크를 삽입하였다[6]-[8]. Huang 등[9]은 DCT의 AC 성분보다는 DC 성분에서 훨씬 큰 지각 능력을 가지고 있기 때문에 DC 성분에 워터마크를 삽입하면 훨씬 강인해 질 수 있다는 것을 기초로 하여 DCT의 DC 영역에 워터마크를 삽입한 디지털 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 그러나 이 방법은 워터마크 추출시에 원영상이 필요한 난블라인드 워터마킹 알고리즘이다.

본 논문에서는 분산을 기준으로 질감 영역과 평탄 영역으로 구분하여 각 영상의 DC 영역에 모든 워터마크 신호를 삽입하는 블라인드 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 제안 방법에서는 8×8 블록 DCT를 행하였으며, 8×8 블록의 분산 값을 기준으로 질감영역, 평탄영역으로 구분하여 4096개의 모든 워터마크

신호들을 DCT의 직류(DC)에 삽입하였다. DCT를 이용한 디지털 워터마킹 알고리즘에서는 AC 성분보다는 DC 성분에서 훨씬 큰 지각 능력을 가지고 있기 때문에 DC 성분에 워터마크를 삽입하면 훨씬 강인해 질 수 있다. 제안한 방법의 성능을 확인하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션을 수행한 결과, 제안 방법이 기존의 워터마킹 방법보다 JPEG 압축율, Scaling 공격에서 매우 강인함을 확인하였다.

2. DCT를 이용한 디지털 워터마킹

DCT를 이용한 기본적인 디지털 워터마킹 알고리즘은 그림 1과 같다. 이 그림에서 입력 영상 $I(x,y)$ 를 8×8 블록으로 나누어 DCT를 수행하여 주파수 영역인 $V(u,v)$ 를 만든다. 주파수 영역인 $V(u,v)$ 에 워터마크 신호를 삽입한 후, 역변환 DCT (Inverse DCT)를 실행하여 워터마크가 삽입된 영상 $I_w(x,y)$ 을 얻는다.

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

먼저 DCT는

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

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

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

여기서, N은 블록 DCT를 수행하기 위한 블록크기 N을 나타낸다.

Inverse DCT (IDCT)는

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

이다.

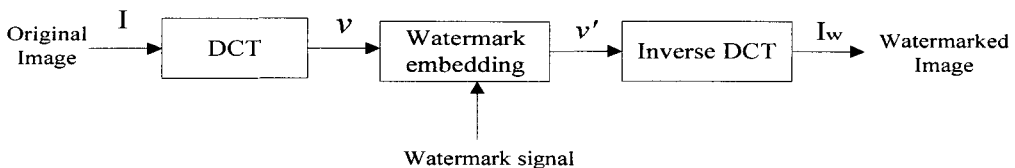


그림 1. DCT를 이용한 워터마킹 삽입 알고리즘

3. 제안한 DCT 및 분산을 이용한 블라인드 워터마킹

DCT를 이용한 디지털 워터마킹 알고리즘들은 워터마크된 영상의 화질 열화를 줄이기 위해 주로 DC 계수를 제외한 주파수 영역에 워터마크를 삽입하였다[6-8]. Huang 등[9]은 DCT의 DC 영역에 워터마크를 삽입한 디지털 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 그러나 이 방법은 워터마크 추출할 때 원영상을 필요로하는 널블라인드 워터마킹 알고리즘이다. Hong 등[10]은 2-레벨 DWT를 수행하고, 인근 화소 값 평균을 이용하여 워터마크를 가감한 후 플래그를 저장 및 추출하는 블라인드 워터마킹을 제안하였다.

본 논문에서는 분산을 기준으로 질감 영역과 평탄 영역으로 구분하여 DCT영역의 DC 영역에 모든 워터마크 신호를 삽입하는 블라인드 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. DCT의 DC 성분은 AC 성분보다 훨씬 큰 지각 능력을 가지고 있기 때문에 DC 성분에 워터마크를 삽입하면 훨씬 강인해 질 수 있다는 것을 기초로 하여 DCT의 DC 영역에 모든 워터마크 신호를 삽입하였다. 제안 방법은 DC 영역에 모든 워터마크를 삽입하는 방법이기 때문에 JPEG 압축에 매우 강인하면서도 워터마크 검출시에 원영상이 필요없는 블라인드 워터마킹 알고리즘이다. 제안한 블라인드 워터마킹 알고리즘은 다음과 같다.

3.1 워터마크 삽입 방법

1) 질감영역 확인 방법

① 입력영상을 겹치지 않게 8×8 블록으로 분할하여 각 블록의 분산(variance) 값을 구한다.

② 블록 분산 값이 문턱 값(th_1) 보다 큰 값을 갖는 영역을 질감영역으로 선택한다.

2) 분산 값에 따른 워터마크 삽입 방법

① 8×8 블록의 분산 값이 문턱 값(th_1)보다 크면 질감영역으로 분류된다. 식(5)와 같이 DCT의 DC 영역에 원신호의 DCT 계수 $v_{i,j}$ 에 삽입강도 α 를 곱한 값인 워터마크 신호를 삽입하고, 워터마크 삽입표시 비트 $b_{i,j}=1$ 로 표시한다.

$$\text{if (variance} > th_1) \tag{5}$$

$$v_{i,j}' = v_{i,j}(1 + \alpha) \text{ and } b_{i,j} = 1$$

② 8×8 블록 분산 값이 문턱 값(th_1)보다 작으면 평탄영역으로, 식(6)과 같이 DCT의 DC 영역에 워터마크를 삽입하고, 워터마크 삽입표시 비트 $b_{i,j}=0$ 로 표시한다.

$$\text{if (variance} \leq th_1) \tag{6}$$

$$v_{i,j}' = v_{i,j}(1 - \alpha) \text{ and } b_{i,j} = 0$$

여기서, $v_{i,j}'$, $v_{i,j}$, α 는 각각 워터마크가 삽입된 DCT 계수, 원 신호의 DCT 계수, 워터마크의 삽입강도를 나타낸다.

3.2 워터마크 추출(extract) 방법

워터마크 신호를 추출하는 방법은 다음과 같다.

1. 워터마크를 삽입한 영상에서 8×8 블록의 분산 값을 구한다.

2. 8×8 블록의 분산 값에 따른 워터마크 추출하는 방법은 다음과 같다.

① 8×8 블록의 분산 값이 문턱 값(th_1)보다 크면 질감영역으로 분류된다. 그래서 식(7)의 조건을 만족

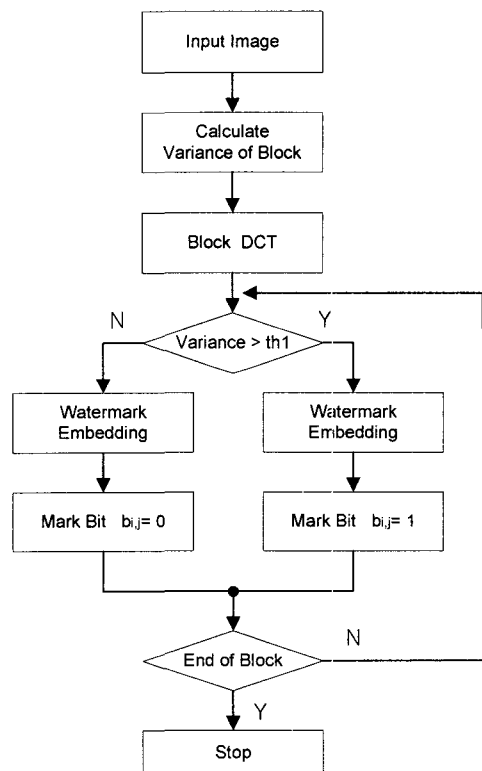


그림 2. 제안한 워터마크 삽입 알고리즘 흐름도

하면 워터마크 표시 비트 $b_{i,j}' = 1$ 를 추출한다.

$$\begin{aligned} &\text{if (variance} > th_1) && (7) \\ & b_{i,j}' = 1 \end{aligned}$$

② 8×8 블록 분산 값이 문턱 값(th_1)보다 작으면 평탄영역으로, 식(8)의 조건을 만족하면 워터마크 표시 비트 $b_{i,j}' = 0$ 을 추출한다.

$$\begin{aligned} &\text{if (variance} \leq th_1) && (8) \\ & b_{i,j}' = 0 \end{aligned}$$

③ 원래의 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.

4. 모의실험

본 논문에서 제안한 블라인드 워터마킹 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 모의실험을 수행하였다. 본 실험에서 사용한 실험 영상 데이터는 그림 3과 같이 8비트, 512×512 화소크기를 갖는 LENA 및 MAN 영상이다.

본 실험에서 사용한 워터마크 삽입강도는 여러번 실험을 행한 후 비가시성을 고려하여 PSNR이 43dB에서 46dB가 되도록 삽입강도 $\alpha=0.01$ 을 실험적으로 결정하였다. 제안한 방법에서 질감영역의 문턱 값인 분산값 th_1 는 워터마크가 삽입된 영상에 대해 비가시성, 유사도를 고려하여 여러차례 반복 실험해서 $th_1=225$ 로 하였다.

워터마크 신호는 원영상의 DCT 계수에 비례하여 4096개를 삽입하였다. 제안 방법의 성능 평가를 위하여 DCT의 DC에 모든 워터마크 신호를 삽입한 년블라인드 디지털 워터마킹 알고리즘인 Huang[9] 방법, DWT를 이용한 대표적인 워터마킹 알고리즘인



그림 3. LENA 실험 영상 (a) LENA (b) MAN

Podilchuk[4] 방법과 비교하였다. Huang 방법은 영상을 DCT하고 에지연산자를 이용하여 질감영역을 선택한 후 이 질감영역의 DC에 워터마크를 삽입하는 방법이다.

비가시성에 대한 성능평가의 기준으로 PSNR (peak to peak signal to noise ratio)을 사용하였으며, 객관적인 강인성 비교를 위해서 식 (9)와 같이 정규화 된 유사도 (Normalized Similarity) NS를 사용하였다[2].

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

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.

기존의 방법 및 제안 방법에 대한 JPEG Quality에 따른 강인성 평가는 그림 4와 같다. 이 그림에서 제안 방법이 Huang[9], Podilchuk[4]방법들 보다 매우 우수함을 알 수 있다.

표 1에서는 제안한 방법과 기존의 방법에 대하여 비가시성에 대한 성능 평가이다. 이 표에서 제안방법은 기존의 Huang 방법과는 비슷하고, Podilchuk 방법보다는 PSNR이 높아 비가시성이 우수함을 알 수 있다.

표 2에서 스케일링(Scaling) 공격은 획득한 영상을 수평 및 수직 방향으로 각각 절반의 해상도를 갖도록 부 표본화 한 후, 다시 원래의 해상도로 만드는

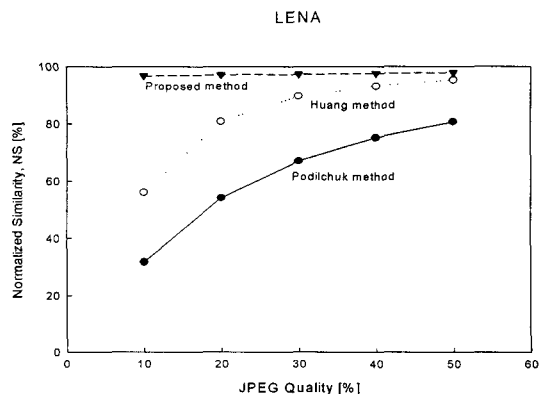


그림 4. LENA 영상에 대한 다양한 JPEG 압축율에 따른 정규화된 유사도.

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

Method Image	Proposed method	Huang method	Podilchuk method
LENA	45.44 dB	44.40 dB	38.67 dB
MAN	46.19 dB	43.41 dB	36.11 dB

표 2. Scaling 공격에 대한 정규화된 유사도(NS)(단위 %)

	Proposed method	Huang method	Podilchuk method
LENA	98.10	41.57	34.99
MAN	97.44	44.85	32.98

것을 의미한다. 이 표에서 추출할 때 원영상이 필요 없는 제안방법의 성능이 기존의 다른 방법보다 매우 우수함을 알 수 있다.

공격 방법인 JPEG, Scaling에 대해서도 제안방법이 우수한 성능을 얻을 수 있는 이유는 시각적으로 둔감한 질감영역을 기준으로 워터마크를 DC 영역에 삽입함으로써 비록 낮은 JPEG Quality로 압축하더라도 삽입된 워터마크들을 쉽게 없애지지 않는다. DCT의 DC 성분은 AC 성분보다 훨씬 큰 지각 능력(perceptual capacity)을 가지고 있기 때문에 DC 성분에 워터마크를 삽입하면 JPEG 압축을 높게 하더라도 DC 성분은 쉽게 제거되지 않기 때문이다. 따라서 DCT의 DC에 워터마크를 삽입하면, 워터마크 추출할 때 정규화 된 유사도(NS)가 매우 높게 됨을 확인할 수 있다. 또한 표2의 Scaling 공격에서 우수한 유사도를 갖는 이유는 scaling 공격을 받은 후 얻은 영상의 분산을 기준으로 질감영역 및 평탄영역으로 구분한다. 이렇게 구분한 후 질감영역 및 평탄영역에서 워터마크 표시비트 $b_{i,j}$ 를 추출한다. 따라서 비록 scaling 공격을 받더라도 scaling된 영상에서 블록의 분산, 질감영역 및 평탄영역이 거의 바뀌어 지지 않아서 삽입된 워터마크표시 비트를 잘 검출할 수 있기 때문에 표2와 같이 우수한 유사도를 얻을 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 DCT의 DC 영역에 모든 워터마크 신호를 삽입하는 블라인드 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 제안 방법에서는 원 영상을 8×8 블록으로

펼치지 않게 분할한 후 DCT를 행하였으며, 8×8 블록의 분산 값을 기준으로 질감영역, 평탄영역으로 구분하여 워터마크 신호들을 DCT의 DC 영역에 삽입하였다. 제안한 방법의 성능을 확인하기 위해서 컴퓨터 시뮬레이션을 수행한 결과, 기존 방법에 비해 비교적 우수한 비가시성을 확보하였으며, JPEG 압축, scaling 공격에서 매우 강인함을 확인할 수 있었다.

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, 권기구, 하인성, 권기룡, 이견일, "HVS 및 DWT 기반의 고신뢰 디지털 영상 워터마킹," 한국통신학회논문지, 제26권 제12A호, pp. 2100-2107, 2001.
- [3] 김현순, 배성호, 박길흠, "이웃간 웨이블릿 변환 계수 쌍의 평균과 차이를 이용한 워터마킹 기법," 한국정보처리학회 논문지, 제7권 제6호, pp. 1980-1987, 2000.
- [4] 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.
- [5] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoon, "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] 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.
- [8] S. D. Lin and 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 배기혁, 정성환, "시각적 특성을 이용한 효과적인 블라인드 워터마킹," *Telecommunications Review* 제 12권 5호 pp. 679-687 2002.
- [12] 신창돈, "웨이블릿 계수 변화량을 고려한 극성 기반 블라인드 워터마킹 기법," *멀티미디어학회 논문지* 제7권 제5호, pp. 744-754, 2004.



신 용 달

1984년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1986년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1994년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1996년 3월~현재 영동대학교 정보통신공학과 부교수
관심분야 : 디지털워터마킹, 영상신호처리, 멀티미디어 통신