

인간시각시스템을 고려한 칼라 영상 워터마킹

이 주 신*

Color Image Watermarking Using Human Visual System

Joo-Shin Lee*

요 약

본 논문에서는 인간시각시스템을 고려한 칼라 영상 워터마킹을 제안하였다. 일반적으로 색상과 채도의 변화 보다는 휘도의 변화에 더 민감한 인간의 시각의 특성을 고려하여 RGB 좌표계의 칼라 영상을 HSI 좌표계로 변환하여 워터마크를 삽입하였다. 워터마크 삽입은 원영상과 워터마크를 이산 코사인 변환하여 계수들을 합함으로써 원영상에 워터마크를 삽입하였다. 워터마크 추출은 워터마크가 삽입된 영상을 역 이산 코사인 변환하여 워터마크를 추출하였다. 실험을 위해서 원영상은 표준영상을 사용하고, 워터마크는 지문 영상을 사용하여 실험한 결과, 비가시성과 강인성을 만족하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed color image watermarking using human visual system. A watermark is embedded by transforming a color image of RGB coordinate into a color image of HSI coordinate with considering that chromatic components are less sensitive than achromatic components. Watermark is embedded in the frequency domain of the chromatic channels by using discrete cosine transform. Watermark is extracted from watermarked image by using inverse discrete cosine transform. To verify the proposed method, a standard image and a fingerprint image are used for the original image and the watermark image, respectively. Simulation results are satisfied with invisibility and robustness from attacks as image compression.

Key word : Watermarking, HVS, DCT, RGB, HSI

1. 서 론

최근 인터넷과 컴퓨터 기술의 비약적인 발전에 따라 오디오 및 비디오 등의 다양한 매체들이 디

지탈화 되고 있으며, 그 수요 또한 급증하고 있다. 디지털 데이터는 아날로그 데이터에 비하여 저장, 편집 및 전송 등에서 많은 장점을 가지고 있는 반면 무분별한 무단 복제, 변형 및 배포가 가능하여 이에 따른 저작권 보호와 인증에 대한 문제점들이 크게 대두되고 있다[1,2]. 이러한 디지털 데이터의 복사를 방지하고 저작권을 보호하기 위한 방법으

*교신저자 : 청주대학교 정보전자공학부 교수

접수일자 : 2013년 4월 20일, 수정일자 : 2013년5월 10일, 심사완료일자 : 2013년 5월 20일

로 여러 가지 기술적인 방안들이 제시되고 있으며 가장 널리 사용되어 온 암호화를 이용한 기법과 더불어 워터마킹 기법이 효과적인 방법에 관련된 연구가 활발히 진행되어 지고 있다[3,4].

주파수 영역에서의 워터마킹 기법은 공간 영역에서의 단점을 보완하기 위해 제안되고 있다. 이 방법들은 워터마크의 삽입과 추출을 위해 이산푸리에변환(DFT:Discrete Fourier Transform), 이산코사인 변환(DCT:Discrete Cosine Transform), 이산 웨이블릿 변환(DWT: Discrete Wavelet Transform) 등과 같은 변환 영역에서 워터마킹을 수행한다. 이 방법들은 알고리즘이 복잡하고 많은 연산량이 요구된다는 단점을 가지고 있으나, 일반적인 영상처리나 비선형 필터링, 회전, 잘라내기, 이동, 축소, 압축과 같은 공격에서 공간영역에서의 방법보다 강인하다는 장점을 가지고 있기 때문에 주로 이 방법들이 활용되고 있다[5-7].

본 연구에서는 인간시각시스템을 고려한 칼라 영상 워터마킹 방법을 제안하고자 한다. 제안한 방법은 워터마크의 삽입과 복원 그리고 워터마크의 인식으로 구성된다. 워터마크의 삽입과 복원은 색상과 채도의 변화보다는 휘도의 변화에 더 민감한 인간의 시각시스템을 고려하여 원영상인 RGB 칼라 영상을 HSI 칼라 영상으로 변환하고, 지문 영상을 워터마크로 이용하여, 이산 코사인 변환을 수행하여 워터마크를 삽입하고, 역 이산코사인 변환을 이용하여 복원한다. 제안된 방법의 타당성을 입증하기 위하여 표준영상으로 실험을 수행하고자 한다.

II. HSI Color Model

색상은 순색을 나타내고, 채도는 순색이 흰빛에 의해 희석된 정도를 나타낸다. HSI 칼라 모델의 유용성은 두 가지 중요한 사실에 있다. 첫째, 밝기 성분인 I는 영상에서 색 정보로부터 분리되어 있다. 둘째, 색상과 채도 성분은 사람이 색을 인지하는 방식과 깊은 관계를 가지고 있다. 이러한 특성은 HSI 모델이 인간 시각 시스템의 칼라 감지 특성에 기초한 영상 처리 알고리즘 개발을 위한 이상적인 도구로 사용되어 지는 것을 가능하게 하였

다.

HSI 칼라 모델은 색조, 채도, 명도의 세 가지 특성으로 칼라를 표현한다. HSI 칼라 모델이 영상 처리분야에서 많이 이용되는 이유는 RGB 칼라 모델에서 색조 H의 변화가 발생하면 RGB 세 개의 파라미터가 모두 변화하고, YIQ 칼라 모델의 경우 I와 Q의 변화가 발생하지만, HSI 칼라 모델에서 색조 H의 변화가 발생하면 색조 H의 각도만이 변화하기 때문이다.

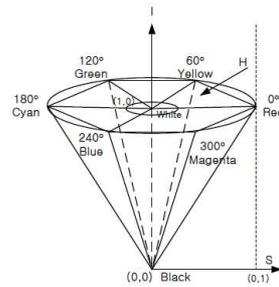


그림 1. HSI 칼라 모델
Fig 1. HSI color model

HSI 칼라 모델은 육각 원뿔 형태로 그림 1과 같다. 그림 1의 밝기 I가 0인 점(0,0)은 검은색을 나타내고, 밝기 I가 1인 점(1,0)은 흰색을 나타낸다. 색조 H는 빨간색이 0도부터 시작해서 반시계 방향으로 노란색은 60도, 녹색은 120도, 청녹색은 180도 그리고, 파란색은 240도, 자홍색은 300도에 위치한다. 채도 S는 밝기 I축에서 직각으로 육각뿔 외면까지의 거리를 나타낸다. 즉, 색조 H에 흰색의 혼합량을 나타낸다[8].

RGB 칼라 모델의 임의 화소에 대하여 HSI 칼라 모델의 색조 H로의 변환은 식 (1), 식 (2), 식 (3)과 같다.

$$H_1 = \cos^{-1} \frac{\frac{1}{2}((R-G)+(R-B))}{\sqrt{(R-G)^2+(R-B)(G-B)}} \quad (1)$$

만일 $B \leq G$ 이면 H는 식 (2)와 같이 구한다.

$$H = H_1, \quad B \leq G \quad (2)$$

식 (2)의 색조 H는 그림 1에서 0도부터 180도

사이의 색조를 나타낸다. 만일, $B > G$ 이면 색조 H는 식 (3)과 같이 구한다.

$$H = 360 - H_1 \quad , \quad B > G \quad (3)$$

식 (3)에서 얻어진 색조 H는 그림 1에서 180도 부터 360도 사이의 색조를 나타낸다.

RGB 칼라 모델로부터 HSI 칼라 모델의 채도 S는 식 (4)와 같이 구한다.

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \quad (4)$$

식(4)에서 채도가 0일 때는 색상을 정의하지 않는다. 또한, RGB 칼라 모델로부터 HSI 칼라 모델의 I는 식 (5)와 같이 구한다. 채도와 유사하게 밝기 I가 0이면 채도는 정의하지 않는다.

$$I = \frac{1}{(R+G+B)} \quad (5)$$

III. Watermarking Embedding & Extraction

워터마크를 삽입하기 위해 사용되는 또 하나의 영역은 이산 코사인 변환 영역이다. 그림 2는 이산 코사인 변환 영역에서의 워터마킹 기법을 나타낸 것이다. 이 기법은 원 영상을 블록으로 분할하여 블록에 대해 이산 코사인 변환을 수행한 후 특정 블록에 워터마크를 삽입하고 검출하는 방법이다. 저작권 분쟁이 발생하게 될 경우 워터마크 검출은 블록 이산 코사인 변환 영역에서 원 영상과의 차를 구한 후 그 계수들의 상호상관을 구하여 저작권자의 워터마크 존재여부를 결정한다[6].

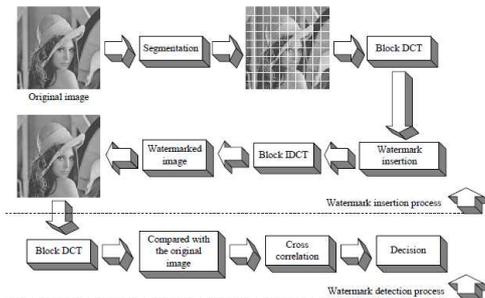


그림 2. 이산 코사인 영역에서의 워터마킹 기법
Fig 2. Watermarking scheme in DCT domain

워터마크를 원 영상에 삽입하기 위해서 원 영상과 워터마크 영상을 주파수 영역으로 변환하고, 변환된 두 영상의 주파수 계수 값들에 대한 합연산을 수행하여 워터마크를 삽입한다. 식 (6)은 $N_1 \times N_2$ 크기의 프레임 영상을 식으로 나타낸 것이다.

$$I = \{i(x,y) | 0 \leq x \leq (N_1 - 1), 0 \leq y \leq (N_2 - 1)\} \quad (6)$$

식 (6)에서 I 는 원 영상이고, $i(x,y)$ 는 원 영상의 각 화소들에 대한 화소값을 나타낸 것으로 $i(x,y) \in \{0, \wedge, 2^L - 1\}$ 이다. 또한 원 영상 I 와 워터마크 W_L 에 대한 이산 코사인 변환을 식으로 나타내면 식 (7)과 식 (8)과 같다.

$$FI(u,v) = \frac{2}{\sqrt{N_1 N_2}} C(u) C(v) \quad (7)$$

$$\sum_{x=0}^{N_1-1} \sum_{y=0}^{N_2-1} I(x,y) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N_1}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N_2}\right]$$

$$FW_L(u,v) = \frac{2}{\sqrt{M_1 M_2}} C(u) C(v) \quad (8)$$

$$\sum_{x=0}^{M_1-1} \sum_{y=0}^{M_2-1} W_L(x,y) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2M_1}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2M_2}\right]$$

식 (7)에서 $I(x,y)$ 는 원 영상이고, $FI(u,v)$ 는 원 영상에 대한 DCT 변환계수이며, 식 (8)에서 $W_L(x,y)$ 는 워터마크이고, $FW_L(x,y)$ 는 원 워터마크에 대한 DCT 변환 계수이다. 그리고 계수 $C(u), C(v)$ 는

$$u = 0 \text{ 일 때, } C(u) = \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad u \neq 0 \text{ 일 때, } C(u) = 1$$

$$\text{여기서, } 0 \leq u \leq N_1 - 1 \text{ 또는 } 0 \leq u \leq M_1 - 1 \text{ 이고,}$$

$$v = 0 \text{ 일 때, } C(v) = \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad v \neq 0 \text{ 일 때, } C(v) = 1$$

$$\text{여기서, } 0 \leq v \leq N_2 - 1 \text{ 또는 } 0 \leq v \leq M_2 - 1 \text{ 이다.}$$

2차원 영상의 DCT는 x 와 u 가 수평 주파수 성분을 나타내고, y 와 v 가 수직 주파수 성분을 나타낸다. $u = 0, v = 0$ 에 근접한 계수 값들은 직류에 가까운 성분을 나타내고 u 가 클수록 높은 수평 주파수를 v 가 클수록 높은 수직주파수를 나타낸다. 따라서 일반적인 DCT 계수의 분포는 직류성분 ($u = 0, v = 0$)에 가장 많고 수평 및 수직의 높은 주파수 쪽으로 갈수록 적은 값을 갖는다.

식 (9)는 원 영상의 주파수변환 계수에 워터마크 영상의 주파수 변환계수를 삽입하는 방법을 나

타낸 것이다.

$$FIW_L(u, v) = FI(u, v) + kFW_L(u, v) \quad (9)$$

식 (9)에서 $FIW_L(u, v)$ 는 원 영상에 워터마크가 삽입된 DCT 주파수 계수 값을 나타낸 것이고 k 는 삽입되는 워터마크의 계수 크기를 조절할 수 있는 스케일링 파라미터를 나타낸 것이다. 워터마크의 삽입 위치는 $N_1 \times N_2$ 영상의 중앙에 삽입하였다. 그리고 원 영상에 워터마크가 삽입된 주파수 계수를 역 이산 코사인변환(IDCT)을 통해 워터마크가 삽입된 영상을 얻을 수 있다. 식 (10)은 역 이산 코사인변환의 식을 나타낸 것이다.

$$fIW_L(x, y) = \frac{2}{\sqrt{N_1 N_2}} \sum_{u=0}^{N_1-1} \sum_{v=0}^{N_2-1} D(u)C(v) \quad (10)$$

$$FIW_L(u, v) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N_1}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N_2}\right]$$

식 (10)에서 $fIW_L(x, y)$ 는 워터마크가 삽입된 영상이다.

워터마크가 삽입된 영상으로부터 워터마크의 복원은 워터마크 삽입 과정의 역 과정으로 워터마크가 삽입된 영상과 원 영상을 DCT 변환하여 두 영상의 주파수 계수 값의 차를 구하여 수행하였으며 식 (11)과 같이 나타낼 수 있다.

$$FW_L(u, v) = \frac{FIW_L(u, v) - FI(u, v)}{k} \quad (11)$$

식 (11)에서 $FW_L(u, v)$ 는 워터마크가 삽입된 영상의 주파수 계수 값에서 원 영상의 주파수 계수 값을 뺀 값으로 검출된 워터마크의 주파수 계수 값을 나타낸 것이다.

IV. Experimental Results

본 연구의 실험에 사용된 영상은 512×512 크기의 Lenna 칼라 영상을 사용하였으며, 워터마크는 64×64 크기의 지문 영상을 사용하였다. 원 영상과 워터마크 삽입 영상과의 PSNR을 구하여 워터마크 영상의 비가시성을 평가한다.

원 영상의 한 화소를 $I(x, y)$ 라 하고, 워터마크 삽입 영상의 한 화소를 $fIW_L(x, y)$ 라 하면 평균제곱오류(RMSE : Root Mean Square Error)의 값은 식 (12)와 같다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N_1 \times N_2} \sum_{x=0}^{N_1-1} \sum_{y=0}^{N_2-1} [I(x, y) - fIW_L(x, y)]^2} \quad (12)$$

식 (12)로부터 PSNR은 다음 식 (13)과 같이 구할 수 있다.

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{MB}{SE} \right) \quad (13)$$

식 (13)에서 MB 는 영상의 최대 화소 밝기 값을 나타낸다. PSNR은 dB 단위로 표현된다.

원 워터마크와 검출된 워터마크의 복원율을 식 (14)와 같이 계산하여 제한한 워터마크 알고리즘의 강인성을 평가하였다.

$$\text{복원율} = \frac{\text{동일한워터마크의화소수}}{\text{전체워터마크의화소수}} \times 100 \quad (14)$$

복원율은 원 영상과 복원된 영상의 동일한 공간상에 존재하는 화소들에 대하여 화소 값의 크기가 서로 같은 경우에 대한 화소수의 합과 원 영상의 전체 화소수의 비를 백분율로 나타낸 것이다.



그림 3. (a) RGB 원 영상 (b) HSI 변환 영상
Fig. 3. (a) RGB original image (b) HSI image



(a) H channel (b) S channel (c) I channel
그림 4. HSI 채널별 영상
Fig. 4. three channel images of HSI

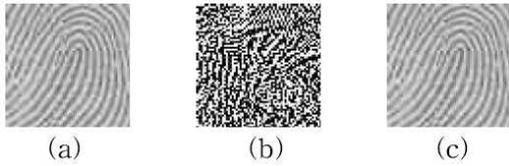


그림 5. (a) 워터마크 (b) DCT 변환 워터마크 (c) 복원된 워터마크

Fig. 5. (a) original watermark (b) DCT watermark (c) restored watermark

표 1 압축율에 따른 PSNR과 복원을

Table 1. PSNR and the restoration ratio with the compression

실험 영상	압축율 (%)	워터마크 삽입 영상의 PSNR(db)	워터마크 복원율(%)
Lenna	10	32.78	100
	20	30.04	96.27
	30	27.86	88.54
	40	24.94	81.69
	50	21.43	80.35

V. Conclusion

본 연구에서 제안한 인간시각시스템을 고려한 칼라 영상 워터마킹은 색상과 채도의 변화보다는 휘도의 변화에 더 민감한 인간의 시각시스템을 고려하여 원영상인 RGB 칼라 영상을 HSI 칼라영상으로 변환하였고, 워터마크를 각각 DCT를 이용하여 워터마크의 삽입과 복원을 수행하였다. 실험 결과, 비가시성 평가와 강인성 평가에서 만족할 만한 결과를 확인할 수 있었다. 기존 방법들과의 비교 평가가 필요하리라 사료된다. 향후, 칼라 영상 모델에 대하여 외부 공격으로부터 강인한 워터마킹 연구를 목적으로 한다.

참 고 문 헌

[1] K. Tanaka, Y. Nakamura, and K. Matsui, "Embedding secret information into a dithered multilevel image." Proc. of the 1990 IEEE Military Commun. Conf., pp. 216-220, 1990.

[2] G. Caronni, "Ermitteln unauthorisierter Verteiler von maschinenlesbaren Daten," Technical Report, ETH Zurich, Switzerland, Aug. 1993.

[3] A. Tikel et al., "Electronic water mark," Proc. DICTA pp.667-672, Dec. 1993.

[4] M. Maes, T. Kalker, J. M. G. Linnartz, J. Talstra, G. F. G. Depovers, and J. Haitsma, "Digital watermarking for DVD video copy protection", IEEE SAignal Processing Magazine, vol. 17, no. 5, pp. 47-57, Sep. 2000.

[5] P. Premaratne and C. C. Ko, "A novel watermark embedding and detection scheme for images in DFT domain", in Proc. IEEE Seventh Int. Conf. Image Processing and Its Applications, vol. 2, pp. 780-783, July 1999.

[6] J. R. Hernandez, M. Amado, and F. Perez-Gonzlez, "DCT-Domain watermarking techniques for still images: detector performance analysis and a new structure", IEEE Trans. Image processing, vol. 9, no. 1, pp. 55-68, Jan. 2000.

[7] S. Huvanandana, C. Kim and J. N. Hwang, "Relaiable and fast fingerprint identification for security applications", IEEE, pp.503-506, 2000.

[8] Zoran Duric Fayin Li, Yan sun and Harry Wechsler, "Using Normal flow for Detection and Tracking of Limbs in Color images", Proc. ICPR, vol 4, pp. 268-271, 2002.

저자약력

이 주 신(Ju-Shin Lee)

중신회원



1986년 명지대학교
전자공학부(공학박사)
현재 청주대학교
전자정보공학부교수

<관심분야> 전자회로 및 시스템, 영상신호처리