

효율적 영상 워터마킹을 위한 HSI 채널 분석

이주신*

HSI Channel Analysis for Effective Image Watermarking

Joo-Shin Lee*

요약

멀티미디어 데이터의 저작권 주장을 위한 방법으로 사용되고 디지털 워터마킹 중에서 영상에 대한 워터마킹 기법이 많이 연구되어지고 있지만, 칼라영상에서의 워터마킹 연구가 미비하다. 본 논문에서는 효율적 영상 워터마킹을 위해서 칼라모델 중에서 HSI 채널에서의 워터마킹 적용을 분석하였다. 실험 결과, 가중치에 따른 비가시성을 확인할 수 있었고, 추출된 워터마크의 상관도에서 만족할 만한 결과를 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

Image watermarking schemes are researched in the field of digital watermarking for multimedia data copyright protection, but color image watermarking scheme is a little bit insufficient. In this paper, we analyzed HSI channel analysis in color models for effective image watermarking. Simulation results are satisfied with invisibility and correlation from the extracted watermark.

키워드 : Watermarking, HSI, DCT, RGB

1. 서론

최근 인터넷과 컴퓨터 기술의 비약적인 발전에 따라 오디오 및 비디오 등의 다양한 매체들이 디지털화 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. 이러한 디지털 데이터의 복사를 방지하고 저작권을 보호 하기 위한 방법으로 여러 가지 기술적인 방안들이 제시되고 있으며 가장 널리 사용되어 온 암호화를 이용한 기법과 더

불어 워터마킹 기법이 효과적인 방법에 관련된 연구가 활발히 진행되어 지고 있다. 디지털 저작물의 소유권 인증 및 저작권 보호를 위한 중요 기술로 워터마킹 기술 이 연구되어 온 바, 워터마킹 기술의 사업화 단 계에서 워터마킹 기술의 적용이 문서 모안 및 정지영상 응용에 중점 되어있다[1-4].

본 연구에서는 칼라영상에 대한 효율적인 워터마킹을 위해서 칼라모델 중에서 HSI 채널 분석을 통한 워터마킹 방법을 제안하고자 한다. 제안하는 방법은 칼라영상에 대하여 HSI 칼라모델을 이용하여 각 채널별로 분리한 후, 분리된 채널에 대하여 이산 코사인 변환을 수행하여 워터 마크를 삽입하고, 역 이산 코사인 변환을 이용하여 복원한다.

*교신저자 : 청주대학교 전자정보공학과(jushin2@cju.ac.kr)

접수일자 : 2013년 7월 10일, 수정일자 : 2013년 8월 16 일, 심사완료일자 : 2013년 9월 6일

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 하였다.

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

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].

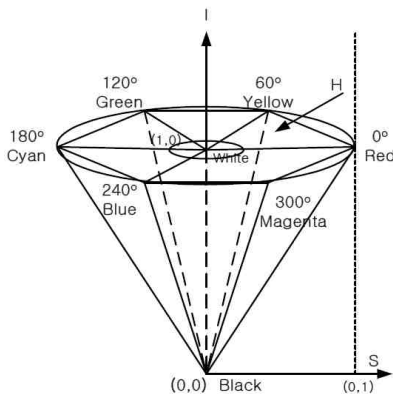


그림 1. HSI 칼라 모델
Fig. 1. HSI color model

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.

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

식 (3)에서 얻어진 색조 H는 그림 1에서 180도부터 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 유사 하게 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 HSI 칼라 모델을 채널별로 분리한 후, 이산 코사인 변환을 수행하고 워터마크를 삽입하고 검출하는 방법이다. 저작권 분쟁이 발생하게 될 경우 워터마크 검출은 이산 코사인 변환 영역에서 원 영상과의 차를 구한 후 그 계수들의 상호상관을 구하여 저작권자의 워터마크 존재여부를 결정한다[6].

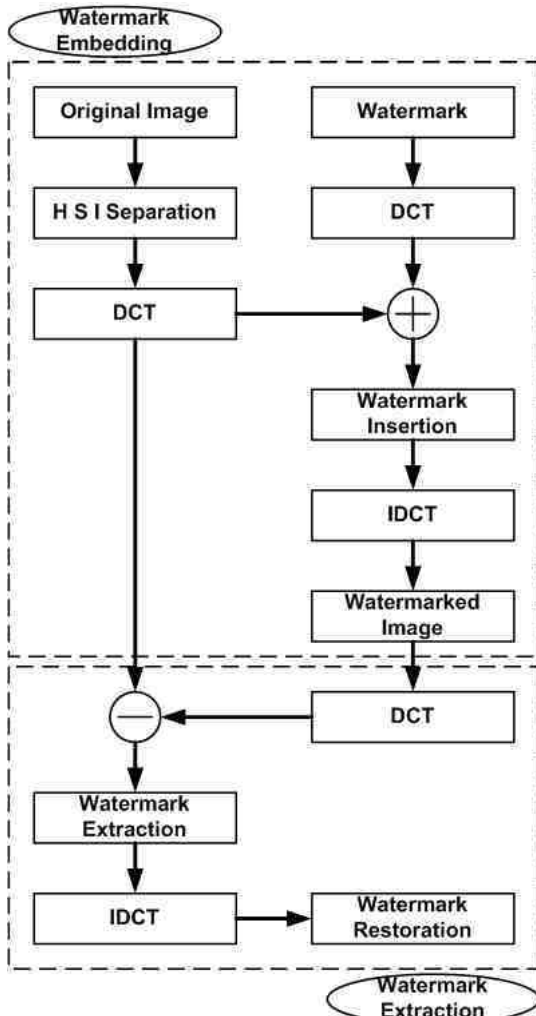


그림 2. 이산 코사인 영역에서의 워터마킹 기법
Fig. 2. Watermarking scheme in DCT domain

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

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

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)와 같다.

$$FI(u,v) = \frac{2}{\sqrt{N_1 N_2}} C(u) C(v) \sum_{x=0}^{N_1-1} \sum_{y=0}^{N_2-1} I(x,y) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N_1} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N_2} \right] \quad (7)$$

$$FW_L(u,v) = \frac{2}{\sqrt{M_1 M_2}} C(u) C(v) \sum_{x=0}^{M_1-1} \sum_{y=0}^{M_2-1} W_L(x,y) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{2M_1} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{2M_2} \right] \quad (8)$$

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

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

$$C(\mu)=1$$

여기서, $0 \leq \mu \leq N_1 - 1$

또는 $0 \leq \mu \leq M_1 - 1$ 이고,

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

$$C(v)=1$$

여기서, $0 \leq \mu \leq N_1 - 1$

또는 $0 \leq \mu \leq M_1 - 1$ 이다.

2차원 영상의 DCT는 x 와 μ 가 수평 주파수 성분을 나타내고, y 와 v 가 수직 주파수 성분을 나타낸다. $\mu=0, v=0$ 에 근접한 계수 값들은 직류에 가까운 성분을 나타내고 μ 가 클수록 높은 수평주파수를 v 가 클수록 높은 수직주파수를 나타낸다. 따라서 일반적인 DCT 계수의 분포는 직류 성분 ($\mu=0, v=0$)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 나타낸 것이다.

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

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

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

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

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.

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

식 (11)에서 $FW_{Ld}(\mu, v)$ 는 워터마크가 삽입된 영상의 주파수 계수 값에서 원 영상의 주파수계수 값을 뺀 값으로 검출된 워터마크의 주파수 계수 값을 나타낸 것이다.

IV. Experimental Results

본 연구의 실험에 사용된 영상은 512×512 크기의 Lenna 표준 영상을 사용하였으며, 워터마크는 72×72 크기의 청주대학교 로고를 사용하였다. 그림 3은 실험에 사용된 영상으로 원영상과 워터마크를 나타내었다. 원 영상과 워터마크 삽입 영상의 PSNR을 구하여 워터마크 영상의 비가시성을 평가한다.



그림 3. 실험 영상
Fig. 3. Experimental image

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.

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

식 (13)에서 MB 는 영상의 최대 화소 밝기 값을 나타낸다. PSNR은 dB 단위로 표현된다. 원 워터마크와 검출된 워터마크에 대한 유사도는 식 (14)와 같이 상관관계를 측정한다.

$$Corr. = \frac{\sum_M \sum_N (a_{MN} - \bar{a})(b_{MN} - \bar{b})}{\sqrt{\sum_M \sum_N (a_{MN} - \bar{a})^2 \sum_M \sum_N (b_{MN} - \bar{b})^2}} \quad (14)$$

a = Original data
 b = Embedded data
 \bar{a} = the mean of the element of a
 \bar{b} = the mean of the element of b

표 1은 각각의 HSI 채널에 가중치에 따른 워터마크를 삽입한 후에 PSNR을 구한 값들이다. 표 1에서 가중치가 클수록 PSNR이 작아짐을 알 수 있다. 표 2는 각 채널별로 워터마크와 복원된 워터마크의 상관도를 나타내었다.

표 1. HSI 채널별 PSNR
 Table 1. PSNR of HSI channel

Weight \ Channel	PSNR(dB)		
	H	S	I
1.0	20.44	20.51	20.42
0.8	24.28	24.27	24.29
0.6	27.74	27.80	27.78
0.4	30.04	29.98	30.08
0.2	34.96	34.75	34.97

표 2. 채널별 워터마크 추출 상관도
 Table 2. Correlation of watermark extraction in each channel

Weight \ Channel	Corr.(%)		
	H	S	I
1.0	96.28	95.87	96.54
0.8	92.70	92.15	92.92
0.6	87.46	87.22	87.86
0.4	82.65	81.75	83.05
0.2	79.24	78.88	79.74

V. Conclusion

본 논문에서는 칼라영상에 대한 효율적인 워터마킹을 위해서 칼라모델 중에서 HSI 채널 분석을 수행하였다. 분리된 각각의 HSI 채널들은 다른 채널에 영향을 미치지 않는다는 점과 색상과 채도의 변화보다는 휘도의 변화에 더 민감한 인간의 시각 시스템을 고려하여 I 성분이 색성분에 영향

을 미치지 않는 점을 이용하여 DCT를 이용하여 워터마크의 삽입과 복원을 수행하였다.

실험 결과, 가중치에 따른 비가시성을 확인할 수 있었고, 추출된 워터마크의 상관도에서 만족할 만한 결과를 확인할 수 있었다. 향후, 칼라 영상 모델에 대하여 외부 공격으로부터 강인한 워터마킹 연구를 목적으로 한다.

참고문헌

- [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 Signal 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-Gonzalez, "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,

- "Reliable 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)
2013년 현재
청주대학교
전자정보공학부교수

<관심분야> 전자회로 및 시스템, 영상신호처리