

인간시각의 칼라특성과 키를 이용한 디지털 이미지 워터마킹

정송균, 김정엽, 현기호
영산대학교 컴퓨터정보통신대학원
e-mail:comking1_1@yahoo.co.kr

Digital Image Watermarking using Key and Color Characteristics of Human Vision

Song-Gyun Jung, Jeong-Yeop Kim, Ki-Ho Hyun
Dept. of Graduate School of Computer & Information
Communications, Youngsan University

요 약

멀티미디어 기술과 인터넷의 급속한 발전으로 인해 영상 데이터의 복사가 더욱 쉬워지고 있다. 이러한 작품들을 보호하기 위해 데이터 안에 저작권을 표시할 수 있는 기술들이 필요해지고 지난 몇 년간 데이터에 다른 정보를 삽입할 수 있는 많은 기법들이 제안되어 왔다.

본 논문에서는 RGB 칼라 영상을 인간 시각 특성을 나타내는 LUV 좌표계로 변화하여 인간 시각에 둔감한 U영역에 키를 이용하여 랜덤하게 워터마크를 삽입하고 추출하는 워터마킹 기법을 제안한다. 또한 웨이브릿(Wavelet) 변환을 사용하였으며 비교적 공격에 강한 고주파수 영역에 삽입하였고 추출시는 삽입한 키 값을 이용하여 워터마크를 추출한다. 제안한 워터마킹 기법은 시각적으로 보이지 않고, 가우시안 노이즈(Gaussian Noise) 및 필터링(filtering)에도 견고함을 보인다.

1. 서 론

워터마킹 기법 중에는 원본 영상이 있어야 워터마크를 추출할 수 있는 방법과 원본 영상이 없어도 워터마크 삽입시 사용한 정보를 가지고 워터마크를 추출하는 방식으로 분류할 수 있다.[1] 워터마크가 삽입되는 원본 영상도 흑백 영상과 칼라 영상으로 나눌 수 있으며 단순히 흑백 영상 자체에 워터마크를 삽입하는 방법도 있으나 칼라 영상을 사용하여 인간 시각에 둔감한 여러 좌표계로 변환하여 사용함으로써 비가시성이나 워터마크의 유사성을 높일 수도 있다. 또한 워터마크를 삽입시 키를 사용함으로써 원본 영상 없이 워터마크를 추출할 수 있고 여기에 사용된 키 값을 조절함으로써 유사성을 나타내는 워터마크와의 상관관계수 값도 높일 수 있다.

본 논문은 RGB 칼라 영상을 인간시각시스템

(Human Visual Systems)의 특성을 포함한 LUV 칼라 좌표계로 변환하여 워터마킹 하였다. 변환된 좌표계에서 인간시각 특성을 반영하는 U와 V 영역 중 U영역을 웨이브릿 변환하여 고주파수 영역에 키를 이용하여 랜덤(Random)하게 마크(Mark)나 씬(Seal)을 삽입한다. 추출시에는 삽입할 때 사용한 키를 이용하여 마크나 씬을 추출하는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 가우시안 노이즈나 필터링에도 견고함을 알 수 있다.

2. 소유권 구분

워터마킹 기법은 주로 워터마크가 삽입되는 영역에 따라 분류되거나, 추출시 원본 영상의 필요에 따라서 분류되기도 한다.

본 논문은 원본 영상 없이 추출하는 방법으로 비

밀키와 원본 영상을 같이 관리해야 하지만 원본 영상이 없어도 추출시 비밀키만 알면 쉽게 추출할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 방식을 역이용하여 원 소유주의 원본에도 자신만의 워터마크를 삽입된 것 같은 효과를 냄으로서 소유권의 구별을 어렵게 만드는 경우가 있다. 이를 정당 소유 문제(rightful ownership problem)라고 하며 L. Qiao[2]등에 의해 제기 되고 있다. 최근에는 이러한 공격자체가 워터마크의 저작권 보호라는 본래 의도를 방해하는 가장 큰 공격의 하나로 인식되고 있으며 따라서 원본 정보 없이도 삽입된 워터마크를 추출할 수 있는 워터마킹 기법에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.[3]

3. LUV 칼라 좌표계

LUV 칼라 모델은 인간 시각적으로 색상보다 밝기에 민감하다는 사실에 착안한 방식으로 색의 밝기 성분인 L(Luminance)영역과 색상성분인 U, V영역으로 구분한다. U영역은 빨간색, 초록색 성분이고 V영역은 파란색 및 자주 성분이다.

RGB 칼라 영상을 식 (1)을 이용하여 XYZ 좌표계로 변환한 다음 다시 XYZ를 사용하여 식 (2) 및 (3)와 같이 LUV 좌표계로 변환 할수있다.[4]

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.607 & 0.174 & 0.200 \\ 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.000 & 0.066 & 1.116 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$U' = \frac{4X}{X+15Y+3Z} \quad V' = \frac{9Y}{X+15Y+3Z}$$

$$U'_n = \frac{4X_n}{X_n+15Y_n+3Z_n} \quad V'_n = \frac{9Y_n}{X_n+15Y_n+3Z_n} \quad (2)$$

(여기서 (X_n, Y_n, Z_n) 은 표준백색(White) 정보이다.)

$$L = \begin{cases} 116(\frac{Y}{Y_n})^{\frac{1}{3}} - 16 & \text{if } \frac{Y}{Y_n} > 0.008856 \\ 903.3 \frac{Y}{Y_n} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U = 13L (U' - U'_n)$$

$$V = 13L (V' - V'_n) \quad (3)$$

4. 키 생성 방법

본 논문에서는 워터마크가 원본 영상에 삽입되는 위치를 정하기 위해 PN-Code(Pseudo Random Noise Code)를 사용하였다.

의사 잡음 코드는 난수를 발생시켜 임의의 값을

얻어내는 방식으로서 0과 1사이의 값을 발생시켜 워터마크가 삽입될 좌표를 만들기 위해 0에서 $(N/2)-1$ 사이의 값으로 식 (4)를 이용하여 정규화 하였다.

$$P_n = (\frac{N}{2} - 1) \times Nu / MNu, \quad (4)$$

여기서 P_n 는 워터마크가 삽입될 좌표값이고 N 는 워터마크가 삽입될 원본 영상 N by N 에서 N 이고 Nu 는 발생된 난수 값이며 MNu 는 발생된 난수 값 중 가장 큰 값을 말한다. 식 (4)를 두 번 반복 적용 하면 식 (5)와 같이 $I_P(x, y)$ 좌표를 구할 수 있다.

$$I_P(x) = I_P(x') \quad (0 \leq x, x' < \frac{N}{2})$$

$$I_P(y) = I_P(y') \quad (0 \leq y, y' < \frac{N}{2}) \quad (5)$$

본 논문에서 x좌표를 구할 때 발생시킨 난수 값 (seed)으로 k를 사용하였으며 y좌표를 구할 때 발생시킨 난수 값은 seed에 n을 더해준 k+n을 사용하였다. 워터마크 추출시 워터마킹된 영상에서 워터마크가 삽입된 좌표는 앞에서 사용한 seed값을 이용하여 쉽게 구할 수 있다.

5. 제안한 워터마킹 기법

5.1 삽입 알고리즘

워터마크 삽입 과정은 그림 1과 같이 RGB 칼라 영상을 LUV 칼라 좌표계로 변환한다. 변환된 좌표는 각각 L, U 및 V 영역으로 분리하고 이 중 인간 시각적으로 구별하기 어려운 U 혹은 V 영역을 1단계 웨이브릿 변환한다. 웨이브릿 변환된 영역 중 가장 고주파수 영역인 HH1 영역에 대해 키를 이용하

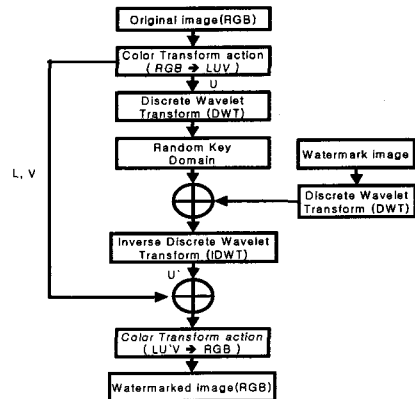
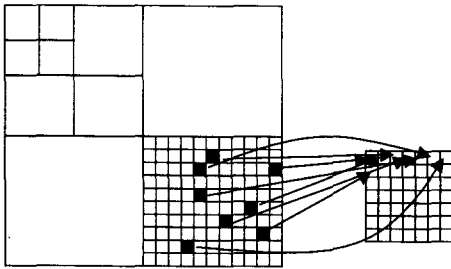


그림 1. 워터마크 삽입 블록도

여 의사랜덤하게 워터마크 계수 개수만큼을 선정한다. 워터마크도 1단계 웨이브릿 변환을 하여 앞에서 선정한 워터마크 계수 개수와 식 (6)을 이용하여 그림 2와 같이 워터마크를 삽입한다.

$$W' = W + \alpha M \quad (0 < \alpha < 1) \quad (6)$$

여기서 W' 은 워터마크된 영상이고 W 는 원본 영상이며 M 은 워터마크를 나타내고 α 는 워터마크 이득 계수를 나타낸다.



(a) 원본 영상 웨이브릿 영역 (b) 워터마크 영역
그림 2. 워터마크 삽입 방식

삽입 후 1단계 역 웨이브릿 변환을 하고 워터마크가 삽입된 U' 영역과 L, V 영역을 이용하여 다시 RGB 좌표계 영역으로 변환하면 워터마크가 삽입된 영상을 얻을 수 있다.

5.2 추출 알고리즘

워터마크 추출 방법은 삽입 방법의 역순으로 하게 되며 그림 3은 제안한 방법인 원본 영상 없이 워터마크를 추출하는 방법을 나타내고 있다.

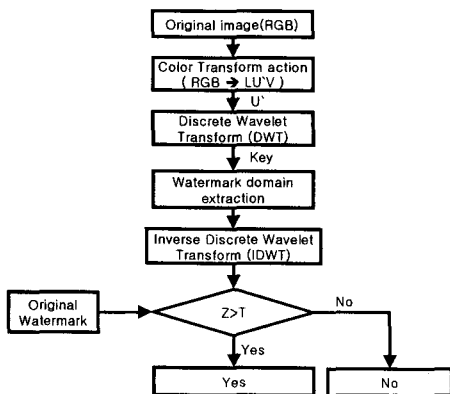


그림 3. 워터마크 추출 블록도

먼저 워터마크가 삽입된 RGB 좌표계의 영상을 LUV 좌표계로 변환한다. 그런 다음 각각의 L, U', V 영역 중 U' 영역을 1단계 웨이브릿 변환을 한다. 웨이브릿 변환한 영역에서 키 값을 이용하여 워터마크가 삽입된 위치를 선정하여 삽입시 곱하여준 이득 계수 α 값을 나누어 식(7)과 같이 M 을 구한다.

$$M = W' / \alpha \quad (7)$$

구해진 M 영역을 역 웨이브릿 변환하여 워터마크 영상을 추출한다.

5.3 워터마크 인증

추출된 영상으로 소유권을 인증할 수 있는지 여부를 알기 위해 통계학적 접근 방법을 사용하였다. 원 영상에 삽입된 워터마크를 W_a , 워터마크된 영상에서 추출한 워터마크를 W_b 라고하면 상관성을 판단하는 상관계수 Z 는 식(8)과 같다.

$$Z = \frac{W_a \cdot W_b}{\sqrt{W_a^2 \cdot W_b^2}} \quad (8)$$

상관계수는 공분산을 각각의 표준편차로 나누어 표준화한 것으로 0~1까지 값을 갖는다. 상관성이 높을수록 1에 가깝고 낮을수록 0에 가깝다. 따라서 1에 가까운 상관계수가 나타나면 영상의 소유권을 인증할 수 있다. 그림 3에서 마지막 단계인 원본 워터마크와 추출된 워터마크의 상관계수 Z 를 구하여 T (임계치)이상이면 소유권임을 인증할 수 있다.

6. 실험결과 및 고찰

본 논문에 사용된 영상은 그림 4와 같이 256×256 크기의 칼라영상이고 워터마크는 그림 5의 64×64 크기의 꽃(flower) 영상을 사용하였으며 seed로 사용된 키 값은 40000을 사용하였다. 본 실험은 비가시성에 대한 측정값으로 식 (9)와 식 (10)을 이용하여 PSNR값을 나타내었으며 견고성에 대한 실험은 상관계수를 사용하여 유사도를 계산해서 평가하는 방법을 사용하였다.



그림 4. 원본 영상 그림 5. 워터마크 영상

$$PSNR = 10 \times \log_{10}(255^2/MSE) \quad (9)$$

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{y=1}^M \sum_{x=1}^N [I(x, y) - I'(x, y)]^2 \quad (10)$$

식 (10)에서 $I(x, y) - I'(x, y)$ 는 각 RGB의 차를 나타낸다.

6.1 공격이 없는 상태에 대한 실험

표 1에서 보면 PSNR(dB) 값이 이득계수에 따라 RGB 영상에 워터마크를 삽입하는 것 보다 LUV 영상에 워터마크를 삽입하는 것이 평균 6(dB)정도 높게 나타났으며 이득계수가 0.1 이상에서 상관계수는 0.8 이상이 나왔다.

표 1. 워터마크 삽입시 PSNR(dB)값 및 상관계수(Z)

이득계수(a)	LUV		RGB
	PSNR(dB)	상관계수(Z)	PSNR(dB)
0.001	81.9159	0.1542	76.2113
0.01	61.9158	0.7305	56.2113
0.1	41.9158	0.8111	36.2113
0.3	32.3733	0.8124	26.6689
0.5	27.9364	0.8125	22.2919

또한 일정한 이득계수(a)에서 키 값에 따라 PSNR(dB) 값과 상관계수가 표 2에서와 같이 달라짐을 알 수 있다. 키 값의 변화에 따라 PSNR(dB)값의 변화 폭은 대략 0.55정도이고 상관계수의 변화 폭은 대략 0.1정도이다.

표 2. 이득계수(a)가 0.1일때 키 값에 따른 변화

키값(K)	PSNR(dB)	상관계수(Z)	키값(K)	PSNR(dB)	상관계수(Z)
1	42.1750	0.7741	20598	42.4434	0.7302
50	42.3153	0.7446	40000	41.9158	0.8111
1500	42.5606	0.7176	80000	42.3993	0.7484
2656	42.2698	0.7578	114275	42.2241	0.7490
5214	42.1475	0.7966	231648	42.4643	0.7109

6.2 다양한 공격에 대한 실험

제안된 기법으로 추출된 워터마크 영상이 공격에 대해 얼마나 강인한지 실험하기 위해 가우시안 잡음(Gaussian Noise), 샤프닝(Sharpening)의 방법을 사용하였다. 공격에 대한 실험은 인간이 시각적으로 구별할 수 없을 정도로 비가시성이 좋고 상관계수 값의 변화 폭이 적은 $\alpha=0.08$ 과 $\alpha=0.1$ 인 경우에 대해 실험하였다. 표 3에서와 같이 이득계수에 따라 상관계수는 잡음과 샤프닝의 공격에 대해서 공격이 없을 때와 비교하여 각각 0.2~0.3까지와 0.2~0.5까지의

변화폭을 보였다.

표 3. 다양한 공격에 대한 유사도 측정

	이득계수($\alpha = 0.08$)			
	image1	image2	image3	image4
Gaussian Noise	0.6781	0.6044	0.5000	0.6924
Sharpening	0.5176	0.3829	0.2801	0.5609
	이득계수($\alpha = 0.1$)			
	image1	image2	image3	image4
Gaussian Noise	0.6837	0.6546	0.5485	0.7305
Sharpening	0.5383	0.4055	0.3064	0.5725

7. 결 론

본 논문은 현재 저작권보호 기술 중 주목받고 있는 디지털 이미지 워터마킹 방법 중 하나로 원본 영상 없이 키를 이용하여 워터마크를 추출하는 방법을 제안하였다. LUV 칼라 좌표계의 특성 중에 인간시각에 둔감한 U영역의 고주파수 영역에 키를 이용하여 랜덤하게 워터마크를 삽입함으로써 이미지 변형에 강한 비가시성과 추출된 워터마크에 대한 높은 견고성을 보였다. 실험 결과 가우시안 잡음에 대해서는 견고한 반면 필터링에는 이미지에 따라 차이가 있음을 보였다.

향후 연구 방향으로는 더욱 견고한 워터마크 추출 기법과 동영상에 워터마크를 삽입하는 방법들이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] J. J. Eggers, J. K. Su, and B. Girod, "Robustness of a blind image watermarking scheme," in Proc. IEEE Intl. Conf. Image Proc., Vancouver, Canada, Sep. 2000.
- [2] L. Qiao and K. Nahrstedt, Watermarking Methods For MPEG Encoded Video : Towards Resolving Rightful Ownership, Technical Report UIUCDCS-R-97-2032, Dec., 1997.
- [3] F. Hartung and B. Girod. "Digital watermarking of raw and compressed video," In N. Ohta, editor, Digital Compression Technologies and Systems. For Video communications, volume 2952 of SPIE Processing Series, pp.205-213, Oct., 1996.
- [4] 전형섭, 김정엽, 현기호, "인간시각의 칼라특성과 다중 웨이브릿 변환을 이용한 워터마킹," 대한전자공학회 논문집, Vol.25, No.1, pp.239-242, 2002.