

DCT 변환과 인간시각 칼라좌표계를 이용한 디지털 워터마킹

박성훈, 김정엽, 현기호
영산대학교 컴퓨터정보공학부

Digital Watermarking using DCT and Color Coordinate of Human Vision

Sung-Hun Park, Jung-Yeop Kim, Ki-Ho Hyun
School of Computer & Information Engineering, Youngsan University
E-mail : psh500@yahoo.co.kr

Abstract

The proliferation of digitized media(audio, image and video) is creating a processing need for copyright enforcement schemes that protect copyright ownership. we argue that a watermark must be placed in perceptually significant components of a signal if it is to be robust to signal distortions and malicious attack. In this paper, RGB coordinate image is transformed into LUV coordinate, it include the characteristics of, Human vision and then the UV component is transformed into $N \times N$ block DCT transform. we propose a technique for embedding the watermark of visually recognizable mark into the middle frequency domain of image.

I. 서론

최근 급속한 컴퓨터의 발달과 인터넷의 확산에 따라 문자, 영상, 오디오, 비디오 등 대부분의 멀티미디어가 디지털화 되고 있다. 또한 영상이나 동영상과 같은 멀티미디어 데이터를 쉽게 조작할 수 있는 반면에 복제가 용이하여 원본과 구별할 수 없다는 문제가 발생되었다. 이러한 문제점은 디지털 영상의 소유권 및 저작권보호와 인증에 대한 문제점이 되고 있다, 이를 해결하기 위하여 데이터에 대한 접근을 제한하지 않으면서

다른 사람의 눈에 띄지 않게 정보를 은닉함으로써 저작권을 주장 할 수 있도록 하는 디지털 워터마킹에 대한 제안되었다[1,2,3,6].

본 논문에서는 워터마킹 기법을 영상의 RGB 좌표계에서 인간시각시스템(HVS : Human Visual Systems)의 특성을 포함한 LUV 좌표계로 변환하였다. 변환된 LUV 좌표계에서 인간시각 특성을 반영하는 U 또는 V 영역을 블록 DCT 변환 한 후 지그재그 주사하여 중간주파수 영역에 블록 DCT 변환한 워터마크를 삽입 하는 방법을 제안하였다. 제안한 워터마킹에 대한 비가시성과 유사성에 대한 타당성은 PSNR 및 상관계수를 사용하여 비교하였다.

II. 인간시각의 칼라좌표계

2.1 RGB 좌표계

RGB 좌표계는 칼라를 합성하여 화면에 나타내는 방법으로 빛의 삼원색인 빨강(red), 초록(green), 파랑(blue)을 조합해서 화면에 색상을 표현하는 방식이다. Red, Green, Blue 세 가지 색의 가산혼합에 의해 색상을 구현하는 모니터는 최대 약 1천6백만 칼라의 색상수를 표현할 수 있는데 이는 자연계에서 사람이 볼 수 있는 색상 모두를 표현하기에 충분한 색상 수라고 한다. 모니터 한 픽셀(pixel)에 256단계의 색상정보를 가진 전자가 쓰여지고 이 하나의 픽셀은 그 안에 3가지 세포를 가지고 있다. 따라서 모니터는 $256 \times 256 \times 256$ 의

색상 수를 표현할 수 있는 것이다.

2.2 LUV 좌표계

CIE LUV 모델은 균등 색좌표계로서 선형적인 색채 널에 적합한 좌표계이다. CIE에서 조명 분야를 위해 개발된 것으로 인간 시각적으로 색상보다 밝기에 민감하다는 사실에 착안한 방식으로 색의 밝기(Luminance) 성분인 L 영역과 색상성분인 U, V영역으로 구분한다. U 영역은 녹색, 빨간색이고 V성분은 파란색 및 자주 빛 성분이다[4,5].

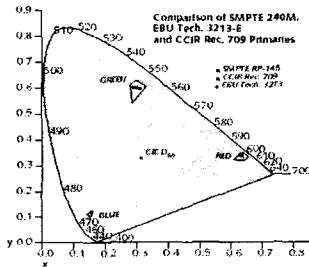


그림 1. LUV 좌표계

본 논문에서는 칼라영상의 복사를 방지하고 원영상과 워터마크 삽입된 영상의 차이를 최소화 하고 견고성을 향상시키기 위해 인간의 시각체계를 고려한 LUV 좌표계 중 인간시각 특성을 반영하고 선형적인 특성을 가지고 있는 U, 또는 V 영역을 이용한 새로운 워터마크 방법을 제시하였다.

III. 인간시각 칼라좌표계의 워터마킹 기법

2.1 블록 DCT 변환

DCT 변환 알고리즘은 공간영역의 신호를 블록단위로 주파수 영역의 정보로 변환하는 방법으로 공간영역에서 널리 퍼져있는 에너지를 DCT 계수들로 집중시킴으로써 에너지 집중 효과를 크게 하는 변환 기법이다[4]. 따라서 입력 영상을 N×N 화소 블록으로 분할하여 식(1)의 계산식에 따라 블록별 DCT 변환 과정을 거쳐 N×N 화소의 DCT계수로 변환된다. 식 (2)의 계산식에 따라 IDCT는 주파수영역에서 변환한 영상신호를 원 영상으로 변환시킨 것이다.

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

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

$$C(u), C(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & u, v = 0 \\ 1 & u, v \neq 0 \end{cases}$$

2.2 워터마크 삽입

그림. 2은 워터마크 삽입 과정을 나타낸 것으로

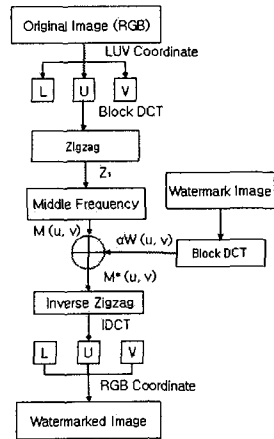


그림 2. 워터마크 삽입 과정

영상의 RGB 좌표계 영역을 인간시각적시스템의 특성을 선형적으로 포함한 LUV 좌표계로 변환한다. 변환한 좌표계를 L, U, V 영역으로 각각 분리하고, 그리고 인간 시각적으로 구별하기 어려운 영역인 U 또는 V 영역을 N×N 블록 DCT 변환 하여 그림 3과 같이 지그재그 주사하여 식 (3)과 같이 구성한다.

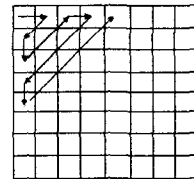


그림 3. 지그재그 주사

$$Z_1 = \{1, 2, 3, \dots, t_1, t_2, \dots, t_N, \dots, 63, 64\} \quad (3)$$

그리고 N개의 블록을 선택하여 식 (3)에서 식 (4)와 같이 N개 중간주파수 선택하여 워터마크 영상을 N×N 블록 DCT 변환한 주파수영역과 같은 크기인 N×N으로 구성한다.

$$M = \{t_1, t_2, \dots, t_N\} \quad (4)$$

$$W = \{w_1, w_2, \dots, w\} \quad (5)$$

N×N의 중간주파수에 블록 DCT한 N×N 워터마크 영상을 식 (6)과 같이 삽입 한다.

$$M^*(u,v) = M(u,v) + \alpha W(u,v), \quad 0 < \alpha < 1 \quad (6)$$

여기서 α 는 워터마크 이득계수를 나타낸다.

워터마크를 삽입한 중간주파수는 선택한 N개 블록의 중간주파수 위치에 식 (5)와 같이 U 영역에 삽입한다.

$$U' = \{1, 2, 3, \dots, t_1, t_2, \dots, t_N, \dots, 63, 64\} \quad (5)$$

얻어진 U를 각 블록별 지그재그 주사 하여 워터마크가 삽입된 U' 영역을 얻게 된다. 이 U' 영역과 L, V영역을 합하여 RGB 좌표계로 변환하면 워터마크가 삽입된 영상을 얻을 수 있다.

2.3 워터마크 추출

그림 4는 워터마크 추출 과정을 나타낸 것이다. 워터마크 삽입된 영상을 삽입과정과 같은 방법으로 LU V 좌표계로 변환한다. 그리고 L, U, V영역으로 각각 분리하고 \hat{U} 영역을 N×N 블록 DCT 변환하여 식 (6)와 같이 블록별 지그재그 주사 한다.

$$Z_2 = \{1, 2, 3, t_1, t_2, \dots, t_N, \dots, 63, 64\} \quad (6)$$

N개의 블록을 선택하여 워터마크가 삽입된 중간주파수를 선택하여 N×N된 $M^{**}(u, v)$ 으로 구성하여 식 (8)이용하여 이득계수 α 로 나누면 워터마크 W^* 을 얻을 수 있다.

$$M^{**}(u, v) - M(u, v) = \alpha W^*(u, v) \quad (8)$$

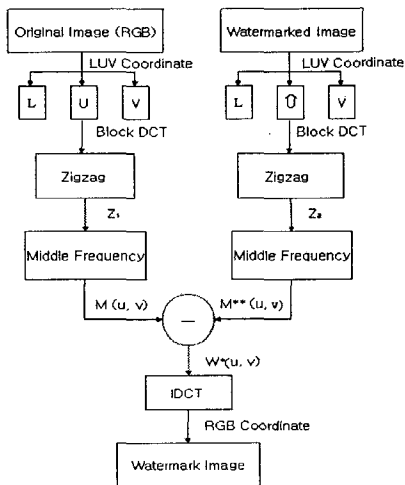


그림 4. 워터마크 추출 과정

2.4 워터마크 유사도 검증

워터마크를 추출한 후 소유권을 주장하기 위해서 원래

의 워터마크 W와 추출한 워터마크 W^* 의 유사성 정도를 측정해야 한다. 다시 말해 추출된 워터마크가 본래의 삽입한 워터마크와 유사성 정도인 상관계수 CV가 크면 클수록 소유권이 분명한 것을 나타낸다. 본 논문에서는 두 워터마크 영상을 상관계수 수식인 식 (9)를 이용하여 비교하였다.

$$CV = \frac{W \cdot W^*}{\sqrt{W^2 \cdot W^{*2}}} \quad (9)$$

V. 실험 및 고찰

그림 5와 그림 6는 제안한 방법의 타당성을 검증하기 위하여 사용한 워터마크 영상은 32×32 크기의 흑백 영상으로 영산대학교의 로고를 사용하였고, 원영상은 256×256 크기의 RGB 칼라영상을 사용하였다.



그림 5. 원 영상



그림 6. 워터마크 영상

그림 7과 그림 8은 원영상을 RGB좌표계에서 LUV 좌표계로 변환한 L, U, V 영상이다.



그림 7. RGB 영상



그림 8. L U V 영상

그림 9는 LUV 좌표계 중 U 영역과 워터마크 영상을 블록 DCT 변환하여 주파수영역으로 바꾼 영상이다.

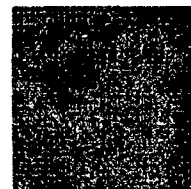


그림 9. 블록 DCT

그림 10은 그림 11과 같이 각각 블록 DCT 변환한

U 영역 중간주파수영역에 워터마크 영상을 삽입한 후 IDCT를 변환한 RGB 영상이다.



그림. 10 워터마크 삽입된 영상 그림. 11 추출 영상

그림 10은 워터마크된 영상에서 워터마크를 추출한 영상이다. 추출된 워터마크 영상은 시각적으로 원래의 영상임을 지각할 수 있었다.

4.2 비가시성

제안한 방법으로 워터마크를 삽입하는 경우, 시각적으로 워터마크의 삽입여부를 구분하기는 어렵다. 워터마크된 영상의 화질 왜곡의 정도를 살펴보기 위해서 식 (10), 식 (11)과 같이 PSNR을 계산하였다.

$$PSNR = 10\log_{10}(255^2/MSE)[db] \quad (10)$$

$$MSE = \frac{1}{N^2} \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^N [f(x,y) - f^*(x,y)] \quad (11)$$

여기서 $f(x,y) - f^*(x,y)$ 는 각 R, G, B의 차를 나타낸다.

표 1. LUV 좌표계와 RGB 좌표계의 PSNR 비교

이득계수(α)	PSNR[db]		
	LUV	RGB	LUV-RGB
0.001	87.06	80.33	6.73
0.01	67.06	60.33	6.73
0.02	61.04	54.31	6.73
0.03	57.52	50.79	6.73
0.04	53.08	48.29	4.79
0.1	40.33	38.83	1.5

표 1은 이득계수 α 의 변화에 따라 LUV좌표계와 RGB좌표계에 워터마킹을 하였을 경우 계산된 PSNR을 비교한 결과이다. LUV 좌표계에 워터마크를 삽입하는 것이 영상의 화질저하가 약 6.73dB 적다는 것을 확인 할 수 있었다.

4.3 유사성

제안한 방법으로 여러 영상에 실험하였으며, 워터마크 삽입한 영상과 추출한 영상을 식 (9)을 이용하여 유사성을 표 2에 나타내었다. JPEG의 압축비는 10%를 사용하였다. 추출한 워터마크 영상이 JPEG 압축, 잡음, 필터링에 CV 값들이 현저하게 떨어졌지만 추출된 워터마크 영상이 소유주의 워터마크임을 인식 할 수 있을 정도로 복구가 가능했다.

표 2 추출된 워터마크 영상의 상관계수(CV)

image	상관계수(CV)			
	원영상	Jpeg	Noise	LPF
image1	1	0.88	0.821	0.426
image2	1	0.796	0.768	0.315
image3	1	0.872	0.775	0.381
image4	1	0.803	0.694	0.323

V. 결론

디지털 워터마킹은 인간시각으로서는 원 영상에 워터마크를 삽입하면 시각적으로 보이지 않아야 하며 영상의 소유권자가 워터마크를 쉽게 검출할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 제안한 인간시각시스템의 특성이 포함된 LUV 좌표계와 블록 DCT 변환을 워터마크 영상을 블록 DCT 변환하여 삽입/추출하는 실험한 결과, 워터마크 삽입영상의 비가시성이 우수하였으며 또한 압축, 필터링 등에 강하고 유사성이 높은 결과를 얻었다. 향후 연구 과제로는 제안된 제안에 대해 원영상이 필요없는 효율적인 디지털 워터마킹에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 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. 1673-1678, 1997.
- [2] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Images, Audio and Video," proc. of 1996 Int'l. Conf. on Image Processing (ICIP'96), Vol. III, pp. 243-246, 1996
- [3] W. Bender, D. Gruhl, and N. Morimoto. "Techniques for data hiding," Proc. of SPIE, vol. 2420, pp. 40, FEB. 1995
- [4] G. Wyszecki and W. S. Stiles, Color Science, concept and Method, Quantitative Data and Formulae. Jon Wiley & Sons, 1982.
- [5] W. N. Sproson, Colour science in television and display systems. Adam Hilger, 1983.
- [6] Koch, J. Rindfrey, and J. Zhao. "Copyright protection for multimedia data," Proc. of the Int. Conf. on Digital Media and Electronic Publishing, 1994.