

동적 임계값을 적용한 웨이블릿 영역에서의 워터마킹

오휘빈* 채덕재 이상범

단국대학교 전자컴퓨터공학부

Wavelet-Based Watermarking using Dynamic Threshold Values

Whi-Vin Oh*, Duck-Jae Chae, Sang-Burm Rhee

Dept. of Electrons & Computer Engineering, Dankook University

bonzil@hanmail.net

요약

본 논문에서는 저작권 보호를 위하여 임계값을 이용한 워터마킹 기법을 제안한다. 저작권을 보호하기 위하여 원 영상을 웨이블릿 변환하여 얻어진 웨이블릿 계수의 LSB(least significant bit)와 워터마크 영상을 동적 임계값을 적용하여 생성한 4장의 이진영상을 각 주파수 영역 HL1, LH1, HL2, LH2에서 XOR연산을 하여 워터마크를 삽입한다. 화질 열화가 많은 저주파 영역과 손실압축에 약한 고주파 영역을 제외한 영역에 워터마크를 삽입하였다. 실험결과로써, 화질의 열화가 적은 워터마크 삽입영상을 얻을 수 있었으며, 강인하게 워터마크가 추출이 되었다.

I. 서론

최근 몇 년동안 디지털 멀티미디어 데이터는 네트워크의 발달과 보급을 통해 쉽게 전송이 가능하다는 이유 때문에 폭발적인 수요를 보이고 있다. 멀티미디어 표현물의 상업적인 가치가 증가되고 있으며 각종 멀티미디어 데이터들이 네트워크와 인터넷을 통해서 분배, 복제되고 있는 실정이다. 디지털 데이터의 불법복제 및 변조 등에 대한 문제의 발생과 함께 이를 해결하기 위한 연구의 필요성이 발생하게 되었으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 최근에 디지털 데이터 내부에 정보를 은닉하여 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호할 수 있는 디지털 워터마킹 기술이 제시되고 있다.

디지털 워터마킹은 각종 멀티미디어 콘텐츠의 불법복제 및 배포, 위조 등 상업적 도용을 근절시키기 위한 목적으로, 저작권자의 고유정보를 콘텐츠에 삽입하고 차후 저작권 분쟁이 발생할 경우 삽입된 정보를 추출함으로써

써 저작권자의 소유권을 입증할 수 있는 방법인 디지털 콘텐츠 저작권 보호기술이다. 이 때 삽입된 저작권자의 고유정보를 워터마크(watermark)라고 한다.

이러한 워터마킹 기법은 워터마크를 삽입하는 과정에서 원본 데이터를 변형하게 되는데, 원본 데이터와 워터마크된 데이터는 인간의 인지능력으로는 구분이 어려워야 하며, 삽입된 워터마크는 견고성이 유지되어야 한다.

영상 데이터의 워터마킹 방법은 크게 공간 영역과 주파수 영역에서 연구되어져 왔다. 공간영역에서의 워터마킹 기법은 영상의 화소 자체를 조작하는 방법으로 단순하고 빠른 장점은 있지만 영상처리나 압축등에 강인하지 못하다. 주파수 영역에서의 워터마킹 기법은 압축이나 잡음에 견고한 특성을 갖는다. 주파수 영역에서의 워터마킹 기법중에 웨이블릿 변환은 DFT(Discrete Fourier Transform)나 DCT(Discrete Cosine Transform)와는 달리 공간과 주파수 두 영역에서 영상을 표시할 수 있다. 그러므로 영상의 가장자리 등과 같은 공간적 특성과 저주파 영역에서 에너지가 밀집되어 있는 영상의 주파수 특성을 보다 효율적으로 나타낼 수 있는 특징이 있다.

웨이블릿이란 임의의 함수를 시간-주파수 공간에서 동시에 지역성을 갖는 웨이블릿 모함수(Mother wavelet)의 선형결합으로 표현하는 것이다. 웨이블릿 변환을 하면, 서로 다른 단계의 다해상도 부대역 신호, 즉 저주파 성분(LL)과 대각성분(HH), 그리고 수평성분(LH)과 수직성분(HL)의 부분 영상으로 분할할 수 있다.

본 논문에서는 웨이블릿 변환 영역에서의 디지털 워터마킹을 연구하였다. 이는 웨이블릿 변환을 통해 얻은 각 영역중에서 고주파(HH2, HH1) 영역과 저주파(LL2)영역을 제외한 영역에 삽입함으로써 불법적인 변형에 강한 워터마킹 방법을 구현할 수가 있었다.

본 논문의 구성은 2절에서 제안된 워터마킹 기법을 소개하며, 끝으로 실험결과를 통하여 제안된 기법의 화질 왜곡정도를 살펴보고 평가한다.

II. 본 론

1. 워터마킹 삽입 알고리즘

본 논문에서는 워터마크로 사용될 이미지를 동적 양자화 방법을 적용하여 이진화 시킨다. 기존의 이진영상을 얻는 방법은 히스토그램 정보를 사용하여 하는 방법이 었지만, 워터마크로 사용될 이미지의 가시성 향상을 위 하여 본 논문에서는 동적 양자화 방법을 사용하였다. 동적 양자화 방법은 이미지 밝기에 따라서 양자화 계수를 사용하여 양자화 시키기 때문에 워터마킹 추출시 이미지의 가시성이 높아진다.

워터마크로 사용될 이미지는 64*64의 해상도를 갖고며, 본 논문에서 사용되는 영상은 256(0-255)의 명암값 분포를 갖는 Gray영상이다

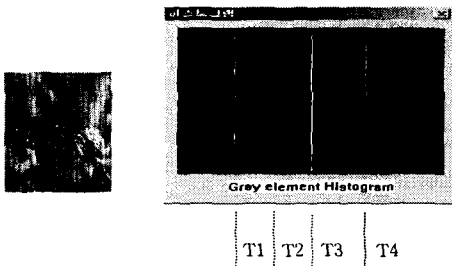


그림1. 워터마크 영상과 양자화된 후의 히스토그램

그림 (1)에서와 같이 사중 임계값 정보를 이용하여 0과 1의 값을 갖는 4장의 이진 영상을 생성한다.

각 임계값 T_1, T_2, T_3, T_4 를 구간으로 하여 4장의 영상 V_1, V_2, V_3, V_4 를 생성한다.

워터마크 영상의 명암값이 T_1 보다 크면 '1', 작으면 '0'을 적용하여 첫 번째 영상 V_1 을 생성한다. 두 번째 이진 영상은 워터마크의 영상이 T_2 보다 크면 '1', 작으면 '0'을 적용하여 생성한다. 세 번째 영상은 T_3 보다 크면 '1', 작으면 '0'을 적용하여 생성한다. 네 번째 영상은 T_4 보다 크면 '1', 작으면 '0'을 적용하여 생성한다.

웨이블릿 영역에서 저주파 영역(LL2)의 워터마크 삽입은 화질의 열화가 심하다. 또한 고주파 영역(HH1, HH2)의 삽입은 워터마크가 손실압축과 이미지 처리 과정에서 파괴되기 쉽다. 따라서 본 논문에서는 저주파 영역인 LL2와 HH1, HH2를 제외한 HL1, LH1, HL2, LH2 영역에 웨이블릿 변환하여 얻어진 계수의 LSB(least Significant Bit)와 위의 이진영상을 XOR 하여 삽입한다.

그림 2처럼 원영상을 웨이블릿 변환을 한 후, 각 영역에

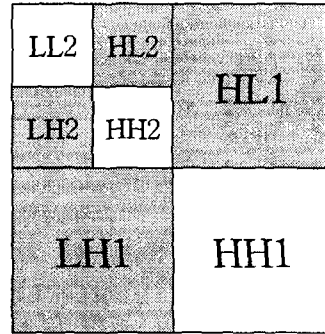


그림2. 2-level 웨이블릿 변환과 워터마크 삽입영역

워터마킹을 삽입한다.

3장의 이진영상 중 V_1 을 LH1영역에 삽입하고, V_2 를 HL1영역에 삽입하며, V_3 를 LH2영역에 삽입, V_4 를 HL2에 삽입한다.

$$W_k(i,j) = U_k(i,j) \oplus V_k(i,j) \quad (1)$$

식(1)과 같이 원영상을 웨이블릿 변환하여 얻은 계수 $U(i,j)$ 와 워터마크 $V(i,j)$ 를 XOR하여 워터마크가 삽입된 영상 $W(i,j)$ 를 생성한다.

전체적인 워터마크 삽입 알고리즘은 다음과 같다.

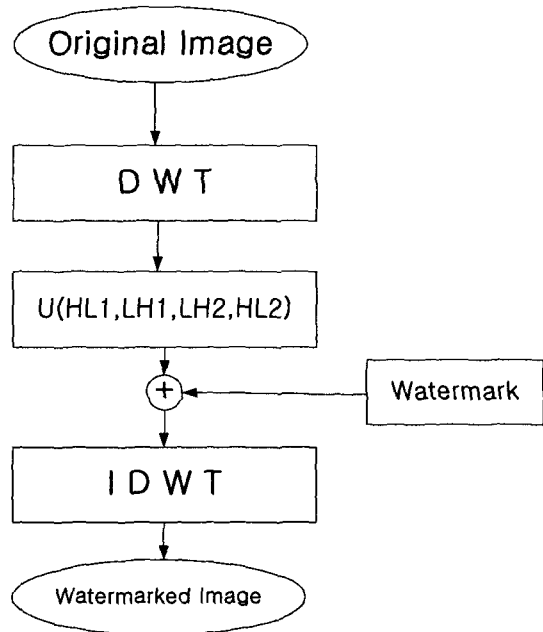


그림 3. 워터마킹 삽입 알고리즘

2. 워터마킹 추출 알고리즘

였다.

워터마킹 추출은 식(2)와 같이 워터마크가 삽입된 영상의 웨이블릿 변환 계수값 $W_k(i,j)$ 과 원영상의 계수값 $U_k(i,j)$ 을 XOR하여 추출한다.

$$V'_k = W_k(i,j) \oplus U_k(i,j) \quad (2)$$

3. 실험 결과

워터마킹을 삽입할 원영상으로 다음의 512 * 512 해상도를 갖는 영상을 사용하였다.



(a) CAT



(b) LENA



(c) GIRL



(d) BABOON

그림 4. 워터마크에 삽입될 원 영상

워터마크 삽입에 의한 화질 저하를 비교하기 위해 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하였다. 식은 다음과 같다.

$$MSE = \frac{\sum [f(i,j) - F(i,j)]^2}{N^2} \quad (3)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{RMSE} \right) \quad (4)$$

원 영상의 크기는 $N*N$ 이고 $f(i,j)$ 는 원 영상의 화소를 $F(i,j)$ 는 워터마킹 된 영상의 화소를 표시한다.

워터마킹을 삽입한 위의 영상들에 대한 PSNR을 조사하

표1. PSNR의 결과값

Image	PSNR(dB)
CAT	44.15
LENA	46.45
GIRL	43.34
BABOON	45.89

실험 결과로 보아 영상들의 PSNR의 수치가 40이상이므로 화질이 양호한 것으로 나타났다.

또한, 원 워터마크와 추출된 워터마크 사이의 객관적인 유사성 측정을 위하여 정규화된 상관계수(normalized correlation)를 사용하여 나타내었다.

W' 는 원영상에서 추출한 워터마크를 W 는 원래 삽입된 워터마크이다. 식은 다음과 같다.

$$correlation = \frac{\sum (W'_i * W_i)}{\sum (W'_i * W'_i)} \quad (5)$$

여러 이미지 처리 기법에 의한 공격에 대한 워터마크의 강인성 실험을 위해서 상관계수를 사용하였다.



(a)워터마크가 삽입된 영상 (b)추출된 워터마크

표2. 강인성 실험 결과

강인성 실험	JPEG압축	밝게처리	어둡게 처리	Blur	히스토그램 평활화
CAT	69.05	87.42	87.13	86.52	71.66
LENA	70.89	88.23	88.55	87.01	72.71
GIRL	68.56	88.09	88.22	85.63	69.58
BABOON	65.45	87.25	87.72	86.25	68.22

실험 결과로써 여러 영상의 공격에 대해서 눈에 충분히 인식할 수 있는 워터마크가 추출이 됨을 보여주고 있다.

III. 결 론

본 연구에서는 디지털 영상데이터의 저작권 보호를 위해 시각적으로 인지할 수 있는 워터마크 영상을 원 영상에 삽입 및 검출 할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 실험 결과로써, 워터마크가 성공적으로 삽입, 검출되었으며, 여러 공격에도 강인하게 워터마크가 추출되었다. 향후 연구과제로는 동영상 영역에서의 강인한 워터마크 삽입과 추출의 방법에 대해서 연구할 것이다.

참고문헌

[1] H.Berghel, "Protection Owner Ship Rights through Digital Watermarking," IEEE Computer Magazine, pp. 101-103, July 1996.
 [2] M.Kutter, F.Jordan and F.Bosson, "Digital Signature of Color Images using Amplitude Modulation," Proc. of SPIE, vol. 3022, pp. 518-526, 1997.
 [3] I.J.Cox J.Kilian, T.Leighto and T.Shammoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, December 1997.
 [4] I.J.Cox, and M.L.Miller, "A Review of Watermarking and the Impotence of Perceptual Modeling," Proc. of SPIE Conf. on Human Vision and Electronic Imaging II, vol. 3016, pp. 92-99, February 1997.

[5] M.Barni, "Image Watermarking of Secure Transmission over Public Networks," Proc. of COST 254 Workshop on Emerging Techniques for Communication Terminals, Toulouse, France, pp. 290-294, July 1997.
 [6] X.G.Xia, C.G.Boncellet and G.R.Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," Proc. of IEEE ICIP, vol. 3, pp. 548-551, 1997.
 [7] C.T.Hus and J.L.Wu, "Hidden Digital Watermarks in Images," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 8, no. 1, pp. 58-68, January 1999.
 [8] J.O.Ruanaidh, W.j.Dowling, and F.M.Boland, "Phase Watermarking of Digital Images," Proc. of IEEE Conf. on Image Processing, vol .3, pp. 239-242, 1996.