적응적 임계치와 가중치 결정 방법에 기반한 디지털 워터마킹

임 호*, 김 진 영
전남대학교 전자공학과
전화: (062) 530-0472 /팩스: (062)530-0472

Digital Watermarking Based on Adaptive Threshold and Weighting Factor Decision Method

Ho Lim*, Jin Young Kim
Department of Electronics Engineering, Chonnam National University
E-mail : ho@dsp.chonnam.ac.kr

Abstract

In this paper, we propose new watermarking technique using weighting factor decision method in the watermark embedding step and adaptive threshold decision method in the watermark extracting step. In our method, we are determined weighting factor in simple by calculating distance between pixel coefficient and neighborhood pixel coefficients and threshold is adaptively determined by searching the minimized extract error value using histogram of difference value.

I. 서론

최근 저렴한 컴퓨터의 보급과 인터넷이라는 네트워크의 확산으로 인한 정보 교환이 급속도로 증가하고 컴퓨터, 통신, 멀티미디어 등의 발전은 문서, 음성, 영상 등 다양한 매체들을 디지털화 시키면서 누구나 손쉽게 그 매체들에 접근을 가능하게 하고 시스템을 이용하여 복사할 수 있게 되면서 소유권과 저작권 문제가 대두되었다. 이에 따라 디지털 미디어를 제작한 소유자의 저작권을 보호하고 많은 디지털 미디어를 보호하는 방법으로 디지털 워터마킹 기법이 개발되었다. 즉, 디지털 워터마킹은 문서, 음성, 영상 등의 디지털 미디어에 저작권 보호를 위한 정보를 갖는 워터마크를 삽입하는 과정을 말하며 이를 위해 다른 사용자들로부터 삽입한 워터마크의 검출과 변경을 방지 할 수 있어야 하며 임의의 공격에 대해 소유권을 표시하는 워터마크 정보가 손상되지 않도록 견고해야 하는 요구조건을 가진다.

대부분의 워터마킹 기법들은 크게 공간 영역에 삽입하는 방법[1]과 주파수 영역에 삽입하는 방법[2-5]으로 나누어진다. 공간영역에서 삽입하는 방법은 간단하게 워터마크를 삽입 할 수 있는 장점을 가지고는 있으나 다양한 변형에 견고하지 못한 단점을 가지고 있는 반면, 주파수 영역에 삽입하는 방법은 다양한 변형에도 견고하기 때문에 현재 사용되는 워터마킹 기법들의 대부분 FFT, DCT, DWT 변환을 이용한 주파수 영역에 삽입하는 방법을 이용하고 있다.

기존의 제안된 방법들에서는 워터마크를 삽입을 위해서 임의의 가중치와의 연산을 통해 삽입하였다.[6-8] 이런 가중치의 값이 크면 클수록 견고한 워터마크를 만들 수 있지만 워터마크가 삽입된 영상의 왜곡은 심해지기 때문에 적절히 선택하는 것은 어려운 일이다.

본 논문에서는 웨이블렛을 기반으로 워터마킹 방법을 제안하고 변환 계수와 그 계수들과 인접한 계수들간의 Distance를 이용하여 간단하게 가중치 값을 결정함으로써 원 영상에 워터마크를 삽입하였으며 추출과정에서 계수들의 차이 값을 히스토그램으로 도시하고 에러 영역을 조사하여 최소 에러를 갖는 값을 임계값으로 사용함으로써 다양한 변형에 따라 적응적으로 임계치를 적용하였다.

본 논문의 구성은 Ⅱ장에서는 워터마크 삽입 과정과 가중치 결정 방법에 관해 논하고 Ⅲ장에서는 워터마크 추출 과정과 임계치 결정방법에 대해 살펴본다. Ⅳ장

에선 실험결과를 그리고 마지막으로 V장에서는 결론을 내린다.

Ⅱ.워터마크의 삽입과 가중치 결정 방법

본 논문에서 제안한 워터마크의 삽입과정은 그림 1과 같으며 크게 원 영상의 변환, 워터마크의 변환, 워터마크의 삽입단계로 나눌 수 있다.

2.1 원 영상의 변환

원 영상을 그림 2와 같이 2-레벨 웨이블렛 변환하여 7개의 대역으로 분할한다. 분할한 영상에서 고주파에 워터마크 정보를 삽입하면 영상의 시각적인 손상은 없으나, JPEG과 같은 손실 압축의 경우 워터마크 정보가 손실되고, 영상 정보의 대부분을 포함한 저주파 성분에 워터마크 정보를 삽입할 경우 워터마크 정보의 손실 확률은 줄어들지만 영상 화질에 시각적인 손상이 많아진다. 이러한 상반되는 성질을 만족하는 적당한 중간대역에 워터마크를 삽입하기 위해 본 논문에서는 HL2, LH2, HH2의 위치를 워터마크의 삽입 대역으로 정하고, 저주파 성분의 변화보다 고주파 성분의 변화에 덜 민감한 인간의 시각적 인지 특성(HVS)을 이용하여 변화에 민감한 스무딩한 지역보다 둔감한 에지 성분으로 추정되는 계수의 값이 큰 곳에 삽입하기 위해서 선택된 영역 내의 계수의 값을 크기 순으로 정렬하여 워터마크의 크기만큼의 계수를 선택하여 워터마크를 삽입한다.

2.2 워터마크의 변환

워터마크 $W=\{w1,w2,....,w_k\}$는 길이가 k이고 0과 1 값을 갖는 이진 영상(binary image)을 사용하였으며, 생성된 워터마크를 타인으로부터의 검출과 변환을 어렵게 만들기 위해 Random Number를 생성하여 이진 영상과 맵핑시킴으로써 잡음과 같은 새로운 워터마크 영상을 생성[4]하고 다양한 변형에 대하여 워터마크 정보를 더 정확히 추출하기 위해 크기 순으로 정렬한다.

2.3 워터마크의 삽입

식 1을 이용하여 원 영상으로부터 선택된 계수에 일정 값을 더함으로써 간단히 워터마크를 삽입한다.

$$V_i^* = V_i + \alpha \times w_i \qquad (1)$$

여기서 V_i^*는 삽입 후 계수 값을 V_i는 선택된 계수 값, $i=1,2....k$, α는 변형 정도를 조정하는 가중치 값을 나타낸다. 가중치 α는 하나의 독립된 화소 계수 값을 변화시키는 대신 선택된 각 계수와 인접한 M×M 크기의 블록 안의 이웃 계수들의 값을 동시에 고려하여 워터마크 삽입시 계수 값의 증감에 따른 영상의 동질성을 유지하는 범위에서 일정한 값을 사용한다. 가중치 α를 구하는 방법은 식 2와 같이 먼저 선택된 계수(v_i)와 M×M 블록 안의 각각의 이웃 계수들(n)과의 평균 distance(d_i)를 구한 다음 구해진 각각의 평균 distance를 최대 distance(Max_d)를 이용하여 식 3과 같이 정규화 된 distance(N_{d_i})를 구한다. 정규화 된 distance와 각각의 계수 값, 워터마크의 값을 이용하여 식 4와 같이 가중치의 값을 구할 수 있다.

$$d_i \frac{1}{M^2} \sum_{j=1}^{M^2} |v_i - n_j| \qquad (2)$$

$$N_{d_i} = \frac{d_i}{Max_d} \qquad (3)$$

$$\alpha = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{k} N_{d_i} \times |v_i| \times w_i \qquad (4)$$

마지막으로 역 웨이블렛 변환을 수행하여 워터마크된 영상을 얻는다.

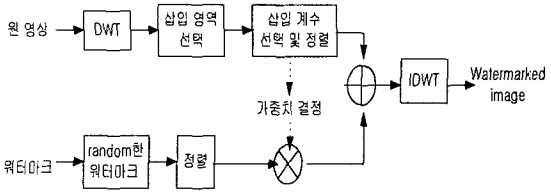


그림 1. 제안한 워터마크 삽입 블록 다이아그램

Fig. 1. Blockdiagram of the proposed watermark embedding step

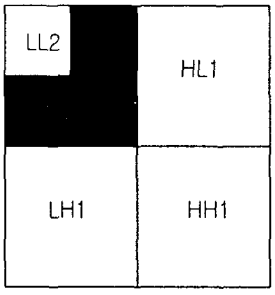


그림 2 2-레벨 DWT 분해

Fig. 2. 2-level DWT decomposition

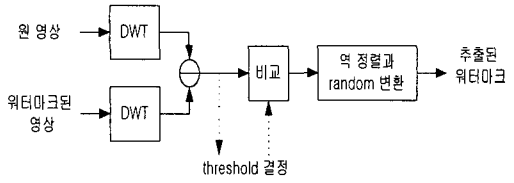


그림 3. 제안한 워터마크 추출 블록 다이아그램

Fig. 3. Blockdiagram of the proposed watermark extracting step

III 워터마크의 추출과 임계치 결정방법

워터마크가 삽입된 영상으로부터 워터마크를 추출하기 위해서 삽입시와 동일하게 원 영상과 워터마크가 삽입된 영상을 웨이블렛 변환하고 각각의 변환 영상에서 워터마크 삽입 위치의 계수들을 선택한다. 그 다음 두 영상에서 선택된 계수 값들의 차이 값을 구하고, 구해진 차이 값들을 이용하여 임계치(threshold)를 결정하고 결정된 임계치와 계수들의 차이 값을 비교하여 만들어진 이진 영상을 역 정렬과정을 거치고 삽입 과정에서 발생한 Random Number에 역으로 맵핑(Mapping)시킴으로써 삽입된 워터마크 정보를 추출한다. 추출과정은 그림 3과 같다.

워터마크가 삽입된 영상에 어떤 신호처리 조작이나 고의에 의한 영상 변화가 발생하였을 경우 화소 계수의 값들이 변화함에 따라 워터마크가 삽입된 영상과 원 영상과의 차이 값들의 분포가 확산됨을 그림 5와 같이 알 수 있다.[6] 이러한 차이 값들의 확산은 1이 삽입된 화소들의 차이 값과 0이 삽입된 화소들의 차이 값의 겹치는 부분이 발생하게 되고 결정되는 임계값에 따라 1을 0으로 또는 0을 1로 오 추출하게 됨으로써 정확한 워터마크의 추출이 어렵게 된다. 이러한 임계치의 결정은 워터마크의 시각적 인지여부에 영향을 주게 되므로 아주 중요하다고 말할 수 있다. 본 논문에서는 다양한 변화에서 워터마크의 추출 에러를 줄이기 위해 1이 삽입된 차이 값들의 분포($H1$)와 0이 삽입된 차이 값들의 분포($H0$)를 히스토그램으로 도시하여 겹치는 부분($b1 \sim b2$)을 에러 조사 범위로 정하고, 조사 범위 안에 임계치에 따른 에러률(P_{err})을 구하여 최소 에러률을 갖는 임계치의 값을 최적의 임계치(T_p)로 결정하여 차이 값들과 비교함으로써 워터마크를 추출하였다.

$$P_{err}(T) = \frac{1}{k}\left(\sum_{i=b1}^{T} H1(i) + \sum_{i=T}^{b2} H0(i) \right) \quad (5)$$

$$T_p = \min(P_{err}(T)) \quad (6)$$

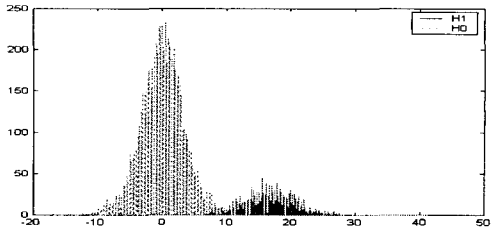
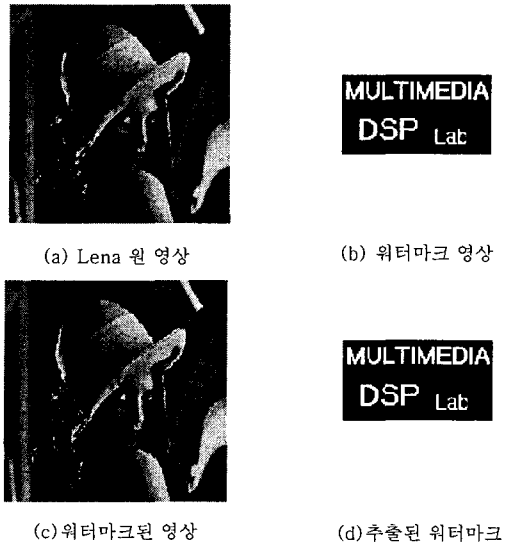


그림 4. 원 영상과 Jpeg 압축된 영상과의 차이 값의 히스토그램

Fig. 4. Histogram of difference between the original image and jpeg compressed image

IV.실험 결과

실험을 위해 256×256크기의 Lena 영상과 64×128 크기의 워터마크를 사용하였다. 웨이블렛 변환은 간단한 2 탭의 Haar 변환을 이용하였으며 가중치 값을 구하기 위해 고려된 블록의 크기 M은 3을 사용하였다. 그림 5는 제안한 방법을 사용하여 워터마크를 삽입한 결과를 나타내고 있다. 표 1은 본 논문에서 제안한 가중치 결정방법을 사용하여 여러 영상에 워터마크를 삽입한 결과 PSNR 값을 나타내고 있다. 그 결과 워터마크가 삽입된 모든 영상의 PSNR이 38[dB]이상으로 시각적 왜곡이 발생하지 않았음을 알 수 있다. 그림 6은 영상에 다양한 신호 처리 조작을 가했을 때 제안한 임계치 결정방법을 사용하여 추출한 워터마크를 나타내고 있다.



(a) Lena 원 영상 (b) 워터마크 영상

(c) 워터마크된 영상 (d) 추출된 워터마크

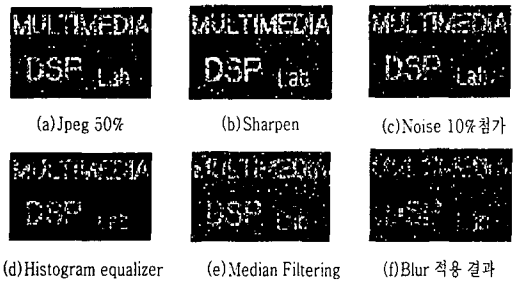
그림 5. 제안한 워터마킹 결과

Fig. 5. Result of proposed watermarking

표2는 추출된 워터마크와 삽입된 워터마크와의 유사성을 비교하기 위한 상관 계수들을 나타내고 있다.
그림 6과 표 2의 결과 대부분의 신호처리 조작에도 견고함을 알 수 있으나 blur에 대해서는 좋은 결과를 보이 못했다.

표 1 워터마킹 후 다양한 영상의 PSNR
Table 1. PSNR of various image after watermarking

입력 영상	PSNR
Lena	40.23
Baboon	40.12
Airplane	38.67
Goldhill	42.13
Bridge	40.16



(a)Jpeg 50% (b)Sharpen (c)Noise 10%첨가

(d)Histogram equalizer (e)Median Filtering (f)Blur 적용 결과

그림 6. 다양한 신호처리가 적용된 "Lena"영상에 대하여 추출한 워터마크
Fig. 6. Extracted watermark for "Lena" applied various signal processing

표 2. 상관계수
Table 2. Correlation Coefficient

신호 조작	상관 계수
Jpeg(quality factor=50)	0.79
Blur	0.46
Sharpen	0.85
Median filtering	0.61
Histogram equalizer	0.68
Noise 10%첨가	0.78

V.결론

본 논문에서는 웨이블렛에 기반한 워터마킹 방법으로서 삽입과정에서 제안한 가중치 결정방법을 사용하여 간단하게 원 영상에 워터마크를 삽입하고, 추출과정에서 다양한 신호조작에 따라 적응적 임계치를 사용하여 워터마크를 추출하였다. 실험을 통해 제안된 워터마킹 방법이 시각적 왜곡 없이 워터마크를 삽입할 수 있으며 대부분의 신호처리 조작에도 워터마크 추출의 용이함과 견고함을 알 수 있다.

향후 모든 신호처리 조작에 강인할 수 있는 워터마킹 방법을 위해서는 다양한 신호처리 특성이 영상에 미치는 영향에 대한 이해와 이에 기반하여 적절한 삽입 위치 결정과 가중치에 대한 연구가 더 필요할 것이다. 또한 동영상에서 워터마킹을 이용할 수 있도록 원 영상 없이 워터마크를 추출하는 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

[1] R. G. van Schyndel, A. Z. Tirkel , and C. R. Osborne, "A digital watermark," in International Conference on Image Processing, pp. 86-89, 1994

[2] I. J. Cox, F. T. Leighton, and T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 6, pp. 1673-1687, DEC. 1997

[3] A. piva, M. Barni, F. Bartolini, and V. Cappellini, "DCT-based watermark recovering without restoring to the uncorrupted original image," in International Conference on Image Processing, vol. Ⅲ, pp. 520-523, 1997

[4] C. T. Hsu and J . L. Wu, "Hidden signature in images," in Proc. IEEE International Conference on Image Processing, Sept. pp. 223-226, 1996

[5] C. T. Hsu and J. L. Wu, "Multiresolution Watermarking for Digital Images," IEEE Transactions on Circuits and Systems-Analog and Digital Signal Processing, vol. 45, NO. 8, August. 1998

[6] M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, and A. Piva, "Threshold selection for correlation-based watermark detection," in Proc. COST254 Workshop on Intelligent Communications, L'Aquita, Italy, June , 1998, In Press