

홍채 영상 소유권 보호를 위한 디지털 워터마킹 기법

정유정, 정재영
조선대학교 전산통계학과

Digital Watermarking Method for ownership Protection of Iris Image

Yu-jeong Jeong, Chai-Yeoung Jung
Dept of Computer Science & Statistics, Chosun University
E-mail : narimono@orgio.net, cyjung@chosun.ac.kr

요약

디지털 영상의 소유권을 보호하기 위해 웨이블렛 변환을 이용하여 시각적으로 인식할 수 없는 부분에 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서는 잡음의 분산이 커질수록 유사도는 감소했으나 분산이 100으로 상당히 큰 범위임에도 불구하고, 제안한 방법의 경우 87% 이상의 유사도를 검출해냈다. 이에 비해 Cox 방법의 경우 54% 정도로 낮은 유사도를 검출해 내고 있다. 결과적으로 제안한 방법이 Cox의 방법보다 잡음에 대한 워터마크의 견고성이 향상되었음을 알 수 있었다.

1. 서론

네트워크 멀티미디어 시스템의 빠른 발전으로 인하여 사람들은 쉽게 디지털 데이터를 복사할 수 있게 되었다. 따라서 소유권 보호를 위해 디지털 데이터에 저작권을 확인시켜주는 신호를 삽입하는 것이 중요한 문제로 대두되고 있다. 디지털 워터마킹 기법은 최근 수년 동안 디지털 멀티미디어 데이터에 대해 올바른 저작권을 확인시켜주는 저작권 보호 방법으로 제안되어 왔다. 이러한 도구로서 멀티미디어 데이터에 삽입된 워터마크 조건으로는 지워지지 말아야 하며, 시각적으로 보이지 않아야 하며, 통계적으로 검출되지 말아야 하며 손실 데이터 압축과 일반적 영상처리 연산에 살아남을 수 있어야 하는 점 등이 있다. 그리고 검출 시에는 명확하게 원 소유주를 찾아낼 수 있어야 한다. 지금까지 연구된 기법은 영상의 화소값을 직접 변화시키는 공간 영역에서의 방법과 DCT(Discrete Cosine Transform), FFT(Fast Fourier Transform)를 이용한 주파수 영역에서의 방법으로 나눌 수 있다.

공간영역에서의 방법은 영상의 화질에 손상이 거의 없는 비트에 추가적인 정보를 넣는 방법으로, 일반적으로 픽셀의 LSB(least Significant Bit)에 넣는 방법이 연구되어 왔다. 그런데 이렇게 특정 비트에 첨가된 정보는 쉽게 제거가 된다는 단점을 가지고 있다 [1][2][3]. 주파수 영역에서의 방법은 공간 영역의 방법보다 단순하면서도 좋은 성능을 보여주므로 주파수 영역의 방법에 대하여 활발한 연구가 이루어지고 있다. 주파수 영역에 대한 워터마크 기술은 영상을 DCT, FFT를 이용하여 적당한 중간 대역에 워터마크를 추가하는 방법이 연구되고 있다. 본 논문에서는 디지털 영상 데이터의 정보 보호를 위해 주파수 영역에서의 웨이브렛 변환을 이용한 디지털 워터 마킹 방법을 제안하였다. 웨이브렛은 영상을 주파수적으로 분해하면서 각 대역들의 공간영역에서의 정보를 함께 지닌다. 웨이브렛의 이러한 특성을 이용하여 다해상도 분해하고, 손실압축이나 필터링, 잡음 등에 크게 영향 받는 저주파 성분과 인간의 시각적으로 큰 의미를 갖는 고주파 성분의 특성을 이용하여 워터마크를 삽입

한다.

디지털 영상에 시각적으로 보이지 않는 워터마크를 삽입하고, 워터마크의 추출은 홍채 원본 영상을 이용하며, 또한 삽입된 워터마크를 없애기 위해 워터마크가 삽입된 영상에 대하여 다양한 공격(Attack), 즉 필터링(Filtering), 크로핑(Cropping), 리샘플링(Resampling) 등의 영상처리를 하여도 워터마크가 추출됨을 증명한다.

2. 디지털 워터마킹

디지털 워터마킹이란 영상이나 음성등의 신호에 특정한 코드나 패턴등을 삽입하는 기술을 말한다. 이 워터마크의 삽입 여부 및 변조 여부를 측정함으로써 원래 신호의 위조나 도용이 이루어졌나를 검사할수 있는 저작권 보호의 한 방법이다[4].

워터마크를 영상에 삽입하는데 여러 방법들이 존재하며 이러한 워터마킹 기법들은 다음의 기본적인 요구 조건들을 만족해야한다[5][6].

- ▶ 시각적인 무감지성(Perceptual Invisibility): 원 영상은 합법적인 소유자에게만 접근이 가능하고 그런 차이가 관찰자에 의해서는 인식되지 않게 남아 있어야 한다고 가정한다.

- ▶ 확실한 추출(Trustworthy Detection): 워터마크는 어떤 특정한 영상에 대해 충분하고 확실한 소유권 증명을 해야 한다.

- ▶ 자동화된 추출과 탐색(Automated detection/search): 워터마크는 한 소유자의 생산물의 불법적인 파괴에 대하여 네트워크 환경에서 공동으로 접근 할 수 있는 영역을 조사하는 탐색 절차와 쉽게 결합되어야 한다.

- ▶ 통계적 무감지성(Statistical Invisibility): 워터마크는 통계적인 방법을 사용하여 회복되어서는 안된다.

- ▶ 견고성(Robustness): 워터마크가 찍힌 영상은 그 이후의 의도적 또는 비의도적 영상변형 등의 영상처리 과정에 의해 워터마크가 지워져서는 안된다.

- ▶ 워터마크의 수정이나 소거등의 공격에 견고해야 한다.

위의 조건들은 워터마킹의 용용분야에 따라 약간 달라지게된다. 예를들어, 워터마크를 디지털 데이터의 무결성과 인증에 이용하는 경우에는 마지막 항은 만족하지 않아도 된다. 즉, 디지털 데이터를 획득한 후 이 데이터의 변경 유무를 판단하기 위해서는 약간의 변경에도 워터마크의 변화가 발생되는 것이 바람직하

다. 또한 위의 조건을 모두 만족하는 디지털 워터마킹을 설계하는 것은 매우 어려운 문제이다.

워터마킹을 삽입하는 방법이나 응용기술에 따라 데이터를 공간적 관점에서 삽입하는 방법(Spatial Domain Method), 주파수 영역에서의 삽입하는 방법(Frequency Domain Method)으로 나눌 수 있다. 공간적 관점에서 워터마크를 삽입하는 방법은 이미지와 같은 데이터를 공간적 측면으로 분석하여 삽입하려는 정보를 공간상에서 흩어져버려서 쉽게 구별을 할 수 없도록 하는 방법으로, 일반적으로 화면 화소 값(YIQ)에 미세한 변화를 워터마크로 사용하는 방법이다. 이 방법은 워터마크의 삽입은 쉽지만, 손실압축(JPEG)이나 필터링과 같은 이미지 처리에 약하다는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 인간의 시각 특성을 이용할 수 있다. 즉, 인간 시각의 마스킹(Masking) 효과에 의해 영상내의 결(Texture) 영역이나 윤곽선 둘레의 밝기 등의 변화는 육안으로 잘 구별 할 수 없다는 점을 이용하여 워터마크를 삽입한다[7][8].

주파수를 이용한 방법은 영상 데이터를 이산 코사인 변환이나 이산 웨이블렛 변환, 고속 퓨리에 변환 등을 사용하여 주파수 공간으로 변환 한 후 그 주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 방법이다[7][8].

이러한 방법들은 삽입하려는 워터마크 계수들이 원래 데이터의 전 영역에 분포하게 되며 삽입된 워터마크는 삭제가 어려운 장점이 있어 많이 사용되나, 알고리즘이 다소 복잡하며, 잡음과 압축영상에 강하다.

그림1은 일반적인 주파수 영역에서의 워터마킹 삽입 과정을 나타내고 있다.

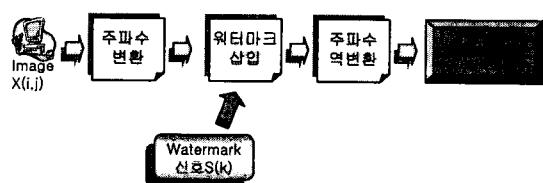


그림 1. 주파수 영역에서의 워터 마크 삽입과정

3. 워터마킹 삽입 및 추출, 인증 알고리즘

대역확장 기술에 의한 워터마크 삽입을 위해 원 영상의 전체 크기에 대한 DCT를 수행한 후 DC 성분을 제외한 주파수 계수 중에서 가장 큰 계수에 실수로 구성된 워터마크 시퀀스를 삽입한다.

전체적인 워터마크 삽입 및 검출 과정은 그림 2와 같

다.

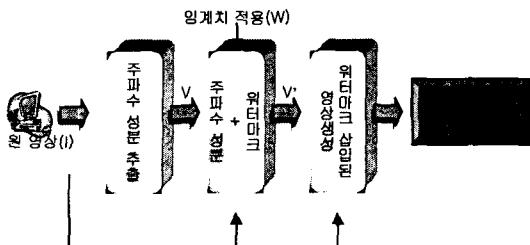


그림 2. 워터마크 삽입과정

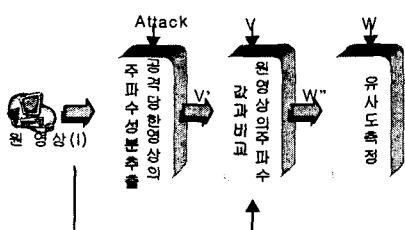


그림 3. 워터마킹 추출과정

그림2에서 삽입하고자하는 워터마크를 실수 $W=w_1, w_2, \dots, w_n$ 이라 하고, I 는 워터마크를 삽입하고자하는 원 영상 그리고 $V=v_1, v_2, \dots, v_n$ 는 원 영상의 선택된 주파수 성분들이다.

워터마크 W 를 V 에 삽입함으로서 V' 를 얻을 수 있고, 워터마크가 포함된 영상 I_w 를 얻을 수 있다[9].

원 영상에 워터마크를 삽입하는 방법은 다음 식(1)에 의하여 이루어진다.

$$v'_i = v_i \cdot (1 + \alpha \cdot w_i) \quad \text{식(1)}$$

여기서 α 는 스케일(scale) 변수이며 워터마크 w 를 v 에 삽입함으로서 v' 를 얻을 수 있다. 스케일 변수는 원 영상의 주파수 크기에 따라 적절한 값을 사용함으로서 원 영상의 화질 저하를 막고 워터마크 검출 시 정확하게 검출 될 수 있도록 한다.

그림 3은 워터마크 추출 과정을 나타내는데 Attack은 고의적 공격이나 신호처리 과정을 거친 변화된 영상을 의미한다. 워터마크를 추출하기 위해서는 공격당한 영상의 주파수 값 V' 를 추출한 후 원 영상의 주파수 성분인 V 와 비교하여 그 차(V'')를 구한다. W 와 W' 의 유사도(similarity)를 구함으로서 워터마크의 유효성을 측정한다. 유사도는 식(2)에 의하여 구한다.

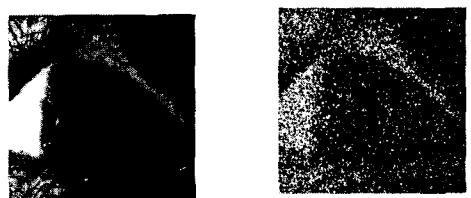
$$\text{Sim}(w, w') = \frac{w \times w'}{\sqrt{w' \times w'}} \quad \text{식(2)}$$

유사도 값이 임계값보다 크게되면 두 워터마크가 동

일한 것으로 인정되어 영상의 유효성이 입증된다. 그러나, 만일 임계값보다 작게되면 유효하지 않은 영상으로 판별한다.

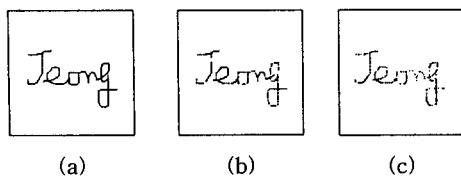
4. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 워터마크를 이용했을 경우 잡음에 대한 견고성의 공격에 강한지를 실험하고 기존의 방법에 비하여 효과적인지를 실험하였다. 실험에 사용된 영상은 256×256 크기의 홍채 영상이고 그레이 스케일 변수는 $\alpha = 0.1$, $N=128$ 이며 워터마크로는 $N(0,1)$ 이고, $-1 < x, y < 1$ 인 가우시안 시퀀스와 64×64 크기의 '0'과 '1'로 구성된 이진 사인 영상을 각각 사용하여 견고성에 대한 성능을 측정하였다. 견고성에 대한 실험으로서 워터마크가 삽입된 영상 잡음을 추가한 영상기능을 거친 후의 워터마킹 영상에 대하여 유사도를 계산하여 성능평가 지수로 삼았다. 영상의 Noise Error는 통신상의 문제나, 고의적인 영상변형등의 다양한 형태로 흔히 발생할 수 있는 문제로 영상에 삽입된 워터마크는 이러한 잡음 성분으로 인하여 손실을 입거나 사라져서는 안된다. 본 논문에서는 제안한 방법과 Cox의 방법을 비교하여 이와 같은 잡음에 대한 워터마크의 훼손 정도를 측정하였다. 본 실험에서는 워터마킹된 영상에 대해 가우시안 잡음을 첨가하여 잡음의 분산과 양에 따른 유사도의 변화를 측정하였다. 잡음의 분산이 커질수록 유사도는 감소했으나 분산이 100으로 상당히 큰 범위임에도 불구하고, 제안한 방법의 경우 87% 이상의 유사도를 검출해냈다. 이에 비해 Cox 방법의 경우 54%정도로 낮은 유사도를 검출해 내고 있다. 결과적으로 제안한 방법이 Cox의 방법보다 잡음에 대한 워터마크의 견고성이 향상되었음을 알수 있다. 그림4는 워터마킹된 영상의 모든 픽셀에 대하여 잡음 분산의 크기별로 삽입한 그림을 보인 것이다.



(a) 홍채 원 영상
(b) 잡음 첨가 영상
(잡음 분산=100)

그림4. 원 영상과 잡음 첨가 영상



(a) 워터마크
 (b) 분산이 50인 잡음 첨가 영상으로부터 추출된 워터마크
 (c) 분산이 100인 잡음 첨가 영상으로부터 추출된 워터마크

그림5. 잡음을 분산 크기별로 삽입했을 때의 추출된 워터마크

Method Variance noise	Cox's method		Proposed method	
	50%함유	100%함유	50%함유	100%함유
1.0 Sim(%)	99.12	99.01	72.45	71.62
50.0 Sim(%)	98.35	92.10	66.45	63.45
100.0 Sim(%)	97.67	84.34	62.12	55.12

표 1. 잡음 첨가 시의 유사도 비교

위의 표1은 본 논문에서 보여준 방법이 기존의 방법에 비해 워터마크의 강인성이 더욱 좋음을 보여준다.

5. 결론

디지털 영상의 소유권을 보호하기 위해 웨이블렛 변환을 이용하여 시각적으로 인식할 수 없는 부분에 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제안하여 디지털 내에 은닉되어 있는 소유자에 대한 정보인 워터마크를 안전하게 보호하는 것이다. 본 논문에서 제안한 워터마킹 기법은 소유권 정보를 은닉하기 위해 웨이브렛 계수의 특징을 이용하였다.

본 논문에서는 잡음의 분산이 커질수록 유사도는 감소했으나 분산이 100으로 상당히 큰 범위임에도 불구하고, 제안한 방법의 경우 87% 이상의 유사도를 검출해 냈다. 이에 비해 Cox 방법의 경우 54% 정도로 낮은 유사도를 검출해 내고 있다. 결과적으로 제안한 방법이 Cox의 방법보다 잡음에 대한 워터마크의 견고성이 향상되었음을 알 수 있었다. 향후 연구과제로는 기존의 비가시성 방법이나 견고성 방법이 외에도 다른 필터링 기법으로 변형된 영상에 대해서도 워터마크를 추출하

는 방법과 네트워크 전송시 일어날 수 있는 보안상의 기술문제도 함께 연구되어져야 할것이다.

교신저자
 Chai-Yeoung,Jung
 cyjung@chosun.ac.kr

[참고문헌]

- I. Pitas and T.H.Kaskalis,"Applying signatures on digital images", in *Proc. IEEE Nonlinear Image and Signal Processing*, pp.460-463,Neos Mararas,Greece,June 1995.
- I. Pitas,"A method for signature casting of digital images", in *Proc. Int. Conf. Image Processing* 96,vol.3,pp.215-218, Lausanne, Switzerland, Sept. 1996.
- N. Nikolidis and I. Pitas, "Copyright protection of image using robust digital signatures, " in *Proc. ICASSP'96*, pp. 2168-2171, Atlanta, GA, USA, May 1996.
- 원치선, “디지털 영상의 저작권 보호,” 정보과학회지 제15권 제12호, pp. 22-27, 1997.
- I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, T. Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multi media," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol. 6, No. 12,pp.1673-1687, 1997.
- Research on Digital Watermarking at Aristotle Univ. of Thessaloniki,
<http://poseidon.csd.auth.gr/signatures/report.html>
- 민준영, “적용형 영상 워터마킹 알고리즘 개발”, 한국정보처리학회 논문지, 제 6권, 제4호, 1999.
- 조정석, 최종욱, “전자상거래에서 디지털 컨텐츠 저작권 보호를 위한 데이터 은닉과 디지털 워터 마킹 기술”, 정보처리학회지, Vol.6, No.6, 1999.
- G. Voyatzis and I. Pitas, "Protecting Digital Image Copyrights, " *IEEE Computer Graphics and Applications*, 99/(1,2)