

히스토그램 정보를 이용한 저작권 보호와 인증을 위한 워터마킹

이나영⁰ 전영민 김계영 최형일
송실대학교 컴퓨터학과
{white⁰, ymjun}@vision.soongsil.ac.kr

{gykim, hic}@computing.soongsil.ac.kr

Watermarking for Copyright Protection use Histogram Information and Authentication

Na-Young Lee⁰, Young-Min Jun, Gae-Young Kim, Hyung-Il Choi
Dept. of Computing, Soongsil University

요 약

본 논문에서는 저작권 보호(copyright protection)와 인증(authentication)을 동시에 할 수 있는 워터마킹 기법(watermarking method)을 제안한다. 저작권을 보호하기 위하여 원 영상을 웨이블릿 변환하여 얻어진 웨이블릿 계수 중 중요한 계수의 LSB(Least Significant Bit)와 워터마크를 XOR연산으로 워터마크를 삽입한다. 소비자측면에서는 전송 받은 디지털 콘텐츠에 대한 인위적인 조작 여부를 쉽고 간단하게 파악할 수 있다. 기존 방법의 경우 워터마크로 ID-number나 이진 영상을 사용한 반면 본 논문에서는 워터마크로 그레이 영상을 사용하므로 저작권 정보를 잘 표현할 수 있으며 워터마크 추출 시에 원 영상을 필요로 하지 않는다.

1. 서 론

최근 멀티미디어의 눈부신 발전으로 컴퓨터 네트워크를 이용한 디지털 데이터의 전송이 쉽게 가능하여 폭발적인 수요를 보이고 있다. 그러나 멀티미디어 데이터의 복사와 변형이 용이하고 원본과 복사본의 차이가 사라짐에 따라 저작권 문제가 크게 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 현재 가장 많이 주목받는 것이 디지털 워터마크기술이다. 디지털 워터마킹이란 디지털 데이터에 저작자의 서명이나 저작자임을 입증할 수 있는 정보(watermark)를 삽입하여 추후 저작권에 관한 논란이 일어났을 경우 저작권 정보를 추출하여 저작권 문제를 해결하는 방법[2,6]이다. 영상 데이터에 대한 워터마킹 방법은 크게 공간영역(Spatial Domain)에서 워터마크를 삽입하는 방법과 주파수영역(Frequency Domain)에서 워터마크를 삽입하는 방법으로 나눌 수 있다. 전자의 경우, 간단한 알고리즘으로 구현이 가능하지만 필터링이나 영상처리 기법에 의하여 워터마크가 손실될 위험부담이 크기 때문에 최근에는 주파수공간에서 워터마크를 삽입하는 방법이 활발히 연구되고 있다. 주파수공간에서 워터마크를 삽입하는 방법은 영상 데이터에 DCT(Discrete Cosine Transform), FFT(Fast Fourier Transform), WT(Wavelet Transform)등을 사용하여 변환된 주파수 공간 중에서 시각적으로 덜 민감한 부분에 워터마크를 삽입하는 방법이다. 영상 데이터를 주파수 형태로 변형했을 때 가질 수 있는 통신 채널이라고 가정한다면, 워터마크는 그 통신 채널로 통과하는 신호라고 볼 수 있다. 그 신호가 잡음, 필터링, 압축전송 등에 영향을 받지 않고 효과적으로 전송이 될 수 있도록 대역확산통신(spread spectrum communication)방식을 도입한다. 특정 주파수 대역의 에너지를 감지할 수 없을 정도로 작지만 주파수의 위치와 변화량을 알고 있는 소유권자에 의해 산재해 있는 주파수 성분을 모으면 높은 신호 대 잡음비(signal to noise ratio)로 신호를 검출할 수 있다. 워터마크를 영상이 갖고 있는 여러 주파수 영역으로 확산시킴으로써 특정 주파수 대역의 에너지는 감지하기 어렵게 한다[2]. 본 논문에서는 저작권 보호와 인증을 동시에 할 수 있는 워터마킹 기법을 제안한다. 원 영상을 웨이블릿 변환하여 저주파 영역에 워터마크를 삽입하므로 손실압축이나 잡음에 매우 강건하다. 본 논문의 구성은 2절에서 제안된 워터마킹 기법에 대해 소개하며, 끝으로 실험결과를 통하여 제안한 기법이 손실 압축이나

영상저리 기법에도 강건하게 워터마크가 추출되는 것을 증명한다. 또 영상에 대한 인위적인 조작을 실험을 통하여 검출할 수 있었다.

2. 제안한 워터마킹 알고리즘

본 논문에서는 워터마크로 사용할 그레이 영상을 랜덤하게 만들기 위하여 히스토그램 정보를 사용한다. 히스토그램이란 영상의 명암값 프로파일(profile)를 보여주는 것으로 영상의 구성 즉, 명암 대비 및 명암값 분포에 대한 정보를 제공한다. 본 논문에서는 그림 (1)처럼 이중 임계값(double threshold values)의 히스토그램 정보를 사용하여 "0"과 "1"로 구성된 3장의 이진영상을 생성한다.

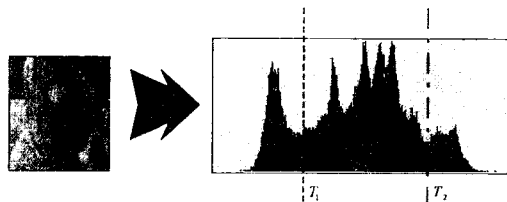


그림 1. 그레이 영상의 히스토그램

3장의 이진영상(w_1, w_2, w_3)을 생성하기 위하여 식 (1)처럼 워터마크 영상의 명암값을 나타내는 $f(m,n)$ 이 임계값 T_1 보다 작거나 같으면 "1", T_1 보다 크면 "0"으로 하여 첫 번째 이진영상을 생성한다. 두 번째 이진영상은 $f(m,n)$ 이 T_2 보다 작거나 같으면 "1"을 그렇지 않으면 "0"으로 하여 생성한다. 마지막으로 $f(m,n)$ 이 $F/2$ 보다 작거나 같으면 "1"을 그렇지 않으면 "0"으로 생성한다. 본 논문에서 사용된 영상은 8비트의 그레이 영상으로 256(0~255)의 명암값 분포를 갖으며 F 는 255를 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 w_1(m,n) &= \begin{cases} 1, & f(m,n) \leq T_1 \\ 0, & f(m,n) > T_1 \end{cases} \\
 w_2(m,n) &= \begin{cases} 1, & f(m,n) \leq T_2 \\ 0, & f(m,n) > T_2 \end{cases} \\
 w_3(m,n) &= \begin{cases} 1, & f(m,n) \leq F/2 \\ 0, & f(m,n) > F/2 \end{cases}
 \end{aligned} \tag{1}$$

2.1. 워터마크 삽입 알고리즘

본 논문에서는 웨이블릿 변환을 사용하여 저주파영역에 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제안한다. 기존 방법의 경우 고주파 영역에 워터마크를 삽입하였는데 본 시스템에서는 저주파 영역에 워터마크를 삽입하므로 손실압축이나 잡음에 매우 강건하다. 워터마크 삽입은 원 영상을 웨이블릿 변환하여 얻어진 계수 중에서 중요한

웨이블릿 계수의 LSB(Least Significant Bit)와 워터마크를 XOR연산하게 된다.

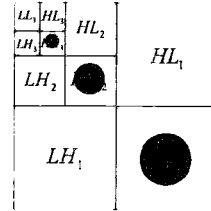


그림 2. 워터마크가 삽입될 위치 (원 표시된 부분을 제외한 모든 부분)

그림 (2)처럼 원 영상을 3-레벨로 웨이블릿 변환하여 각 레벨에서의 HH_1, HH_2, HH_3 영역을 제외한 모든 영역에 워터마크를 계층적으로 삽입한다. 즉, 3장의 이진영상 중에서 w_1 은 원 영상의 1-레벨 웨이블릿 변환 계수인 LH_1, HL_1 영역 안에 삽입되며, w_2 는 원 영상의 2-레벨 웨이블릿 변환 계수인 LH_2, HL_2 영역 안에 삽입되고 같은 방법으로 w_3 는 LH_3, HL_3, LL_3 영역 안에서 랜덤하게 삽입된다.

$$v(i,j) = WT(V) \tag{2}$$

$$V = \{v(x,y), 0 \leq x < N_1, 0 \leq y < N_2\}$$

$$v_k(i,j) = v_k(i,j) \oplus w_k(m,n) \tag{3}$$

식 (2)와 같이 $v(i,j)$ 는 $N_1 \times N_2$ 크기로 이루어진 원 영상 $v(x,y)$ 를 웨이블릿 변환하여 얻어진 웨이블릿 변환 계수이다. 원 영상의 웨이블릿 변환계수 $v(i,j)$ 와 워터마크 $w(m,n)$ 을 XOR연산하여 워터마크가 삽입된 영상 $v(i,j)$ 를 획득한다. 즉, 웨이블릿 변환 계수의 LSB값과 워터마크 값이 같을 경우 "0"으로 틀린 값일 경우 "1"로 연산하게된다. 여기에서 k 는 상수로 "3"이다. 워터마크를 삽입하는 전체적인 시스템 구조도는 그림 (3)에 잘 나타나 있다.

2.2 워터마크 추출 알고리즘

본 논문에서는 워터마크 추출 시에 원 영상을 사용하지 않고 워터마크 정보만을 사용하여 워터마크를 추출하는 알고리즘을 제안한다. 원 영상의 웨이블릿 변환 계수 중 워터마크가 삽입된 위치 값을 가지고 있기 때문에 원 영상 없이 워터마크 추출이 가능하다. 식 (4)에서 $\tilde{w}_k(m,n)$ 은 워터마크가 삽입된 웨이블릿 변환 계수 값 $v_k(i,j)$ 와 워터마크 $w_k(m,n)$ 을 XOR연산하여 워터마크를 쉽게 추출할 수 있다.

$$\tilde{w}_k(m,n) = v_k(i,j) \oplus w_k(m,n) \tag{4}$$

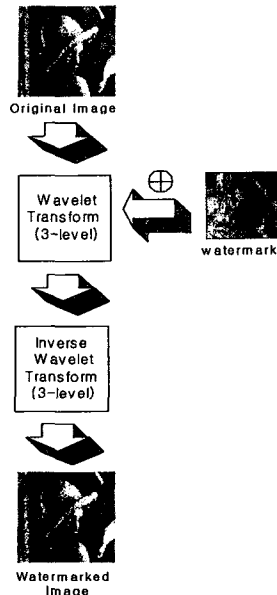


그림 3. 워터마크 삽입 시스템

3. 실험 결과

본 논문에서는 512*512크기의 Lena영상에 워터마크로 64*64크기의 그레이 영상을 삽입하였다. 그림 (4)의 (b)는 원 영상에 워터마크를 삽입한 영상으로 (a)와 시각적으로 구분이 잘 안 된다. 워터마크가 삽입된 영상에 잡음을 첨가하고 중앙부분을 자른 후 JPEG압축을 적용했을 때에도 그림 (6)과 같이 워터마크가 잘 추출되는 것을 볼 수 있다.

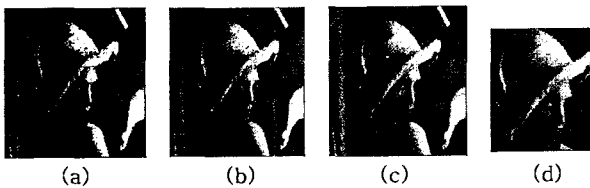


그림 4. (a) 원 영상(original image), (b) 워터마크된 영상, (c) 15% 잡음 첨가, (d) 중앙부분을 자른 후, 15% JPEG 압축

그림 (5)에서는 Lena 영상의 모자 부분을 (b)처럼 블러링 효과를 주었더니 (c)와 같이 모자 부분에 흰색으로 변경된 부분을 보여준다. 본 실험을 통하여 소비자측면에서 전송 받은 디지털 콘텐츠에 대한 인위적인 조작 여부를 파악할 수 있었으며 다양한 영상처리 기법에도 강건하게 워터마크가 추출되는 것을 볼 수 있다.

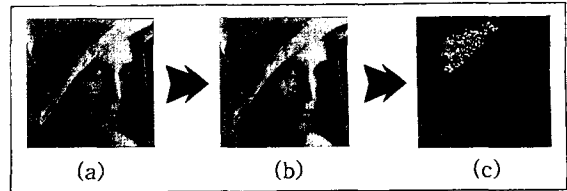


그림 5. 원 영상의 조작된 부분 검출

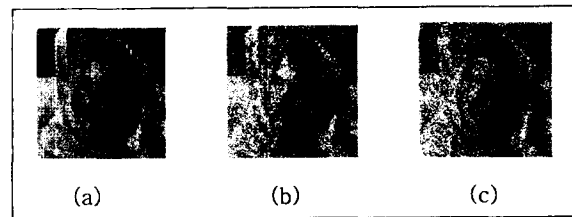


그림 6. 워터마크 검출 : (a) 워터마크된 영상, (b) 15% 잡음 첨가, (c) 중앙부분을 자른 후, 15%의 JPEG 압축

Acknowledgement

본 논문은 첨단기술정보연구센터(AiTrc)를 통하여 과학재단의 일부를 지원 받았음.

참고문헌

[1] Houn-g-Jyh Mile Wang, Po-Chyi Su and C.-C. Jay Kuo "Wavelet-based Digital Image Watermarking" OPTICS EXPRESS, Vol.3, No.12, 1998,7.
 [2] J. Cox, J.Kilian, F.Thomson Leighton, and T.Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia", IEEE Trans. on image processing, Vol.6, No.12, 1997,12.
 [3] John M. Acken, "How watermarking adds value to digital contents", Communication of the ACM, Vol.41, No.7, 1998,7.
 [4] Rakesh Dugad, Krishna Ratakonda, and Narendra Ahuja, "A New Wavelet Scheme for Watermarking Images", International Conference on Image Processing, Vol. 2, 1998.
 [5] Deepa Kundur, Dimitrios Hatzinakos, "Digital Watermarking for Telltale Tamper Proofing and Authentication"
 [6] 오황석, 백윤주, 이홍규, "영상에 적응적인 디지털 워터마킹 시스템", 한국정보과학회, 봄 학술 발표논문집, 1999,4.