

디지털 콘텐츠 보호를 위한 웨이블릿 계수의 비트 플래인 기반 Fragile 워터마킹

배재민⁰, 이신주, 정성환

창원대학교 컴퓨터공학과

E-mail : jmbae7@yahoo.co.kr, {sinjoo,sjung}@sarim.changwon.ac.kr

A Fragile Watermarking based on the Bit Plane of Wavelet Coefficient for Protecting Digital Contents

Jae-Min Bae⁰, Sin-Joo Lee, Sung-Hwan Jung

Dept. of Computer Engineering, Changwon National University

요 약

Wong 은 디지털 영상의 인증과 무결성을 위해 해쉬 함수와 암호화 알고리즘을 공간 영역상에서 적용하였다. 본 논문에서는 웨이블릿 변환 영역 상에서 Wong 의 방법을 토대로 하여 fragile 워터마킹 방법을 제안한다. 즉, 삽입할 워터마크를 LSB 만 아니라 웨이블릿 계수의 비트 플래인을 고정시키지 않고 삽입함으로써, 워터마크의 삽입이 LSB 에 고정되는 Wong 방법의 단점을 보완하였다. 실험결과 약간의 변형에도 영상의 변형 유무와 변형된 위치를 확인할 수 있었다.

1. 서론

인터넷을 통한 디지털 매체 유통이 대중화됨에 따라 디지털화 된 미디어 정보는 복사가 용이하고 복사본과 원본의 차이가 없으며, 쉽게 조작될 수 있어 이에 대한 저작권 보호의 필요성이 대두 되고 있다. 따라서 최근 디지털 콘텐츠 보호를 위한 방법으로 많은 기술들이 연구되고 있으며, 그 중 한 가지가 디지털 워터마킹(watermarking)이다.

일반적인 디지털 워터마킹 연구는 워터마크의 사용 목적에 따라 다음과 같이 나눌 수 있다. 첫째, robust 워터마킹은 소유권을 주장하기 위해 원 영상에 워터마크를 강인하게 삽입하는 데에 중점을 두는 방법이다. 둘째, fragile 워터마킹은 영상의 변형이나 인증을 위해 인위적인 변형 유무를 증명(tamper-proofing)하는 방법이다. 최근에는 robust 워터마킹 연구와 더불어 fragile 워터마킹에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 일반적으로 인증은 암호화적인 방법을 사용해서 해결할 수 있으나 fragile 워터마킹 기법을 사용함으로써 콘텐츠에 대한 인증 부분을 콘텐츠 자체에 포함시켰다. 따라서 파일의 오버헤드 없이 인증에 대한 문제를 간단히 해결할 수 있는 장점이 있다.

fragile 워터마킹에 대한 기존의 연구들은 대부분 공간 영역 상에서 워터마크를 다루며, LSB 에 워터마크를 삽입하는 제한적인 문제점을 가지고 있다[1-3].

* 본 연구는 정보통신부에서 지원하는 대학기초연구지원 사업으로 수행 되었음.

그리고, 최근 새로운 이미지 코딩 표준인 JPEG2000 은 블록 코딩 삽입(EBCOT-Embedded Block Coding with Optimized Truncation)[4] 스키마를 기반으로 하고 있다. EBCOT 는 기본적으로 블록 기반 비트 플래인(bit plane) 코드라 볼 수 있다. 또한 JPEG2000 에서는 DCT 에 비해 다해상도 분해가 가능하고 낮은 비트를 전송과 에러의 원상 회복력 등의 특성을 가지는 웨이블릿(wavelet) 변환을 사용한다.

따라서 본 연구에서는 기존 fragile 워터마킹의 LSB 삽입 문제를 개선하고, JPEG2000 의 비트 플래인 코딩 스키마를 고려하기 위하여, 웨이블릿 계수의 비트 플래인 상에 워터마크를 삽입하는 방법을 제안한다.

2. 인증을 위한 워터마킹 기법

2.1 Fragile 워터마킹

영상의 변형 유무나 인증을 위한 워터마킹 기법은 semi-fragile 과 fragile 워터마킹 기법으로 나눌 수 있다.

semi-fragile 워터마킹은 사용자가 규정한 한계치를 초과하는 경우에 워터마크가 손상 되었다는 것을 증명하는 방법이다. 한편, fragile 워터마킹은 약간의 변형에도 쉽게 깨어지는 워터마킹 방법으로 영상의 일부를 변형시켰을 때 어느 부분이 조작되었는지를 알 수 있다. 이들 방법은 영상의 변형이 없음을 인증하거나 변형된 위치를 검출 할 수 있으므로 변조 및 위조를 방지할 수 있다. 따라서 fragile 워터마킹 방법은 멀티미디어 콘텐츠가 법적인 용도, 의학적인 용도, 뉴스 혹은 상업적인 용도로 사

용되는 경우에 활용되어 질 수 있다.

Fragile 워터마크는 다음과 같은 조건을 만족한다.

- 영상의 변형 여부를 검출할 수 있어야 한다.
- 영상의 변형된 위치를 검출할 수 있어야 한다.
- 원 영상 없이도 워터마크를 추출 가능할 수 있어야 한다.
- 워터마크는 비가시적이어야 한다.

2.2 기존 연구

Fragile 워터마킹에 대한 기존의 연구를 살펴보면 Walton[1]은 공간 영역상에서 픽셀 상위 7 비트를 checksum 하고 LSB 에 삽입하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 단지 영상의 변형 유무만을 판별하였다. Yeung 와 Mintzer[2]은 공간 영역상에서 look-up-table 을 이용하여 영상의 변형 유무와 위치를 검출하는 방법을 제안하였다. Wong[3]은 공간 영역상에서 해쉬 함수와 암호화 알고리즘을 이용하여 영상의 변형 유무 및 위치를 블록단위로 확인하는 방법을 제안하였다. 그러나 이 방법은 각 픽셀의 LSB 에 삽입하므로 워터마크의 삽입 위치가 쉽게 노출되고 삭제 또는 변형이 되는 단점이 있다. 이해란[5]은 Wong 의 방법에 DCT 변환을 적용하였다. 이 방법은 DCT 의 특성상 이미지에 대한 주파수 정보만을 가지므로 해당 블록의 위치를 알 수 있지만, 변형이 일어난 정확한 위치를 확인하기가 어렵다.

3. 제안한 방법

본 연구에서는 웨이블릿 변환 후, Wong 방법을 기반으로 저주파 대역 계수를 비트 플레인으로 표현하여 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제안한다. 기존의 Wong 방법은 LSB 에 삽입한 워터마크가 쉽게 추출 및 제거 되므로, 이 단점을 보완하기 위하여 워터마크가 삽입 될 비트 플레인을 비밀키를 이용하여 랜덤하게 선택하였다. 그리고 이미지의 위치 정보와 주파수 정보를 동시에 표현이 가능한 웨이블릿 변환을 사용함으로써 워터마크 추출 시 변형된 위치를 정확하게 확인할 수 있다.

3.1 워터마크의 삽입

영상을 웨이블릿 변환 후 기저대역인 LL 밴드에 아래와 같은 방법을 수행한다.

[단계 1] LL 밴드를 M×M 크기의 N 개의 블록으로 나누고, 워터마크 영상도 M×M 의 같은 크기로 나눈다.

[단계 2] 각 블록에 워터마크를 삽입할 비트 플레인을 선택하기 위해, 비밀키를 이용하여 N 개의 난수를 발생 시키며 발생된 난수의 값은 0 과 k 사이의 정수이다.

[단계 3] 블록을 순서대로 다음과 같은 처리를 하여 모든 블록에 워터마크를 삽입한다.

- 해당 블록을 B 라고 표현하였을 경우, 블록 B 에 속하는 각 계수를 $\{C(x,y) | 0 \leq x,y < M\}$ 라고 표현하고, 식(1)을 이용하여 각 계수의 정수 값을 구한다.

$$C'(x,y) = \text{sign} \times \text{round}(C(x,y)) \quad (1)$$

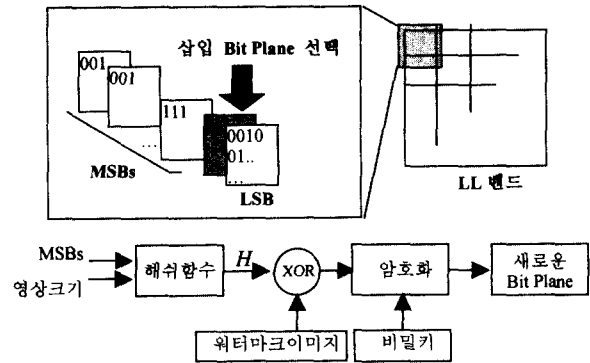
여기서, sign 은 계수의 부호를 나타내며, round 함수는 가장 가까운 정수값을 나타낸다.

- 모든 계수 $C'(x,y)$ 에 대해, [단계 2]에서 미리 선택된 비트 플레인을 u 라 하였을 경우, 식(2)을 이용하여 해당 블록의 모든 계수의 u 번째 비트 값을 모두 0 으로 바꾼다.

$$C'(x,y) = C'(x,y) \& \text{inverse}(0x1 \ll u), 0 \leq u \leq k \quad (2)$$

- 블록의 모든 계수에서 선택된 비트 플레인 상위 비트들을 MSBs 라 한다. (그림 1)에서와 같이 MSBs 와 영상의 크기 정보(원 영상의 가로,세로길이)를 해쉬 함수의 입력으로 하여 출력 된 값 H 와 워터마크 블록을 XOR 한다. 비밀키를 이용하여 암호화하고 선택된 비트 플레인에 삽입한다. 그리고 각 계수에 원래 부호(sign)를 곱한다.

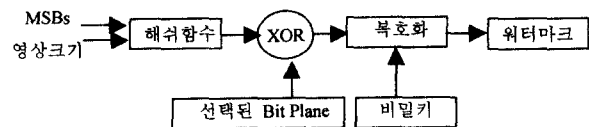
[단계 4] 역웨이블릿 변환을 하여 워터마크가 삽입된 영상을 얻는다.



(그림 1) 워터마크의 삽입 방법

3.2 워터마크의 추출

워터마크의 추출을 위해 영상을 삽입알고리즘과 같이 웨이블릿 변환 후, 기저대역에 대해서 M×M 크기의 블록으로 나눈다. 각 블록은 (그림 2)와 같이 해쉬 함수의 출력값과 선택된 비트 플레인을 XOR 한 후 비밀키를 이용해 복호화하여 워터마크를 추출한다.



(그림 2) 워터마크의 추출

따라서, 웨이블릿 계수 값이 변형 되었다면, 해쉬 함수의 결과가 달라지므로 원 영상의 변형 유무를 판별할 수 있고, 웨이블릿 특성을 이용하여 공간상의 해당 위치를 알 수 있다.

4. 실험 및 분석

본 실험에서는 (그림 3) (a)와 같은 256× 256 크기의 그레이 레벨 Lena 영상을 원 영상으로 사용하였으며 (b)와 같이 32× 32 크기의 이진 영상을 워터마크로 사용하였다.



(그림 3) 실험 영상

원 영상을 1 단계 웨이블릿 변환하여 LL 밴드에 워터마크를 삽입하였다. 워터마크의 삽입을 위해 LL 밴드를 4× 4 크기의 블록으로 나누었다.

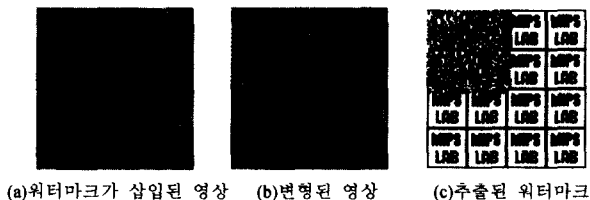
<표 1>은 제안한 방법과 기존의 방법들에 대한 PSNR을 비교한 것이다.

<표 1> 방법에 따른 PSNR 비교

PSNR[dB]	51.13	53.10	52.78	53.10
----------	-------	-------	-------	-------

제안한 방법은 PSNR 이 Wong[3]의 방법 보다 약 2dB 향상되었고, DCT 를 이용한 방법[5]과는 비슷하게 나타났다. 본 실험에서 웨이블릿 변환의 레벨을 증가 시키면 PSNR 은 향상되나, 검출된 워터마크에서 변형된 위치의 정확성은 상대적으로 감소 된다.

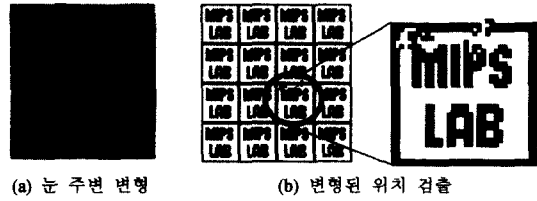
다음 (그림 4)는 워터마크가 삽입된 영상(a)과 (a)에서 좌측 상단 화소가 변형된 영상(b)을 나타낸다. (c)는 (b)를 이용하여 추출한 워터마크이다.



(그림 4) 변형된 영상에서의 워터마크 추출

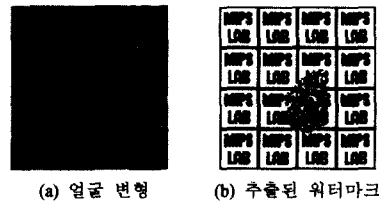
위 그림 (b)에서는 변형된 부분을 눈으로 쉽게 판별할 수 없으나, 워터마크의 추출 결과인 (c)와 같이 변형된 부분을 쉽게 알 수 있다.

(그림 5)는 눈 주변을 미세하게 변형한 영상(a)과 추출된 워터마크(b)를 나타낸다. 미세하게 변형된 영상에서도 워터마크 추출 결과, (b)와 같이 변형된 세부 위치를 쉽게 알 수 있다.



(그림 5) 눈 주변 변형에 따른 워터마크 검출

(그림 6)은 비교적 큰 영역인 얼굴 부분을 변형한 영상(a)과 추출된 워터마크(b)이다. 추출된 워터마크에서는 얼굴부분이 변형된 것을 확인할 수 있다.



(그림 6) 얼굴 변형에 따른 워터마크 검출

5. 결론

본 논문에서는 디지털 콘텐츠 보호를 위해 웨이블릿 계수의 비트 플레인에 워터마크를 삽입하여, 영상의 변형 유무와 변형 위치를 알 수 있는 fragile 워터마킹 방법을 제안하였다.

실험 결과, PSNR 면에서 Wong 방법보다는 향상되었으며, DCT 를 이용한 방법과는 비슷한 결과가 나타났다. 그리고 미세한 변형에도 변형 유무를 알 수 있었으며, 눈 또는 얼굴 같은 부분적인 변형에도 해당 위치를 쉽게 확인할 수 있었다.

향후 과제는 악의가 없는 변형에 대한 워터마크의 강인성 연구와 JPEG2000 과 병행하여 적용할 수 있는 워터마크의 삽입 방법에 대한 세부적 연구가 수행 되어져야 할 것이다.

참고문헌

- [1] S. Walton, "Information Authentication for a Slippery New Age," DR. Dobbs Journal, Vol.20, No.4, pp. 18-26, 1995.
- [2] M.M.Yeung and F.Mintzer, "An Invisible Watermarking Technique for Image Verification," In Proc. ICIP '97, IEEE Comput. Soc, vol.2, pp. 680-683, 1997.
- [3] P. Wong, "A Public Key Watermark for Image Verification and Authentication," In Proc. of ICIP'98, vol. I, pp. 425- 429, 1998.
- [4] JPEG 2000 Document, "JPEG 2000 Verification Model 5.0 (Technical description)," ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1409, 1999.
- [5] 이해란, 박지환, "인증과 무결성을 위한 DCT 기반 워터마킹," 한국 멀티미디어학회 춘계학술발표논문집, 제 4 권 1 호, pp. 506-509, 2001.