

웨이브렛 계수를 이용한 영상 워터마킹

임 용 순*, 강 은 영**

*경문대학 인터넷미디어정보과

**성균관대학교 컴퓨터공학과,

전화 : 031-610-8092 / 핸드폰 : 011-794-8068

Image Watermarking Using Wavelet Coefficient

Yong-Soon Im*, Eun-Young Kang**

*Dept. of Internet Media & Information, Kyungmoon College

**Dept. of Computer Engineering, Sungkyunkwan University

E-mail : *ysim@kmc.ac.kr

Abstract

In this paper, we proposed an watermarking algorithm in which invariable sign of DWT coefficients should be used and by which the quality of digital image can be preserved for the protection of copyright. According to the algorithm, through the calculation of the sign DWT coefficients and the use of elements, position of watermark and size value should be decided. By so doing, the algorithm can improve image quality(PSNR) and obtain good efficiency with which strong watermark can be inserted into the digital image.

I. 서 론

통신기술의 발달에 따라 전송하고자 하는 정보량이 증가하며 영상정보의 전송 및 저장을 위한 영상압축 기술의 중요성이 높아지고 있다. 또한 멀티미디어 통신(Multimedia Communication)의 발달로 음성, 영상과 비디오 등의 정보가 디지털화 되고 있다. 디지털 신호는 예러에 강하고 변형이 편리하다는 장점을 가지고 있으나 영상 정의의 디지털화에 따른 정보량과 정보의 구분이 불분명해질 수 있다는 점과 정보의 저작권 침해 및 불법 복제라는 문제점이 발생하게 되었다.

인간의 시각시스템(HVS, Human Visual System)에서 인식할 수 없는 정보를 삽입하게 되는데 영상정보에서는 이것을 워터마크라고 하며, 잠음과 같은 신호를 발생

하거나, 이진수 영상 등을 사용하게 된다. 디지털 워터마킹은 원 영상 화질의 변화를 최소화하며 저작권을 입증할 수 있는 정보를 삽입하고, 워터마크가 삽입된 영상에서 워터마크를 추출하여 저작권을 주장할 수 있도록 하는 방법이다.

디지털 정보의 보안을 위해 암호화 방법, 방화벽을 구축하는 방법(firewall)과 디지털 영상 정보의 소유권을 보호하기 위한 디지털 워터마크(digital watermark) 방법을 들 수 있다.^[3] 그중 디지털 워터마크 기법 분야에서 많은 연구가 필요하게 되었다.

본 논문에서는 디지털 영상의 저작권 정보보호를 위해 이진영상을 워터마크 신호로 사용하는 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 또한 원 영상을 웨이브렛(Discrete Wavelet Transform, DWT)하여 각 레이어의 HL, LH, HH 영역의 성분을 이용하여 사용 영역을 결정한다. 선택된 영역을 일정한 크기의 블록으로 분할하여 각 블록 내의 계수들을 이용하여 기울기를 결정하여 부호를 산출한다. 이때 얻은 좌표의 위치에 제안한 알고리즘을 적용하여 각 블록의 계수들을 조정하여 삽입할 위치와 값을 계산한다. 계수 값의 크기를 변화시켜 워터마크 값과 결합하여 삽입하게 된다. 그리고 워터마크가 삽입된 정보를 IDWT로 수행하여 워터마킹된 영상을 얻게된다. 또한 역으로 워터마킹된 영상을 DWT하여 워터마크를 추출하게 되어 영상 정보의 구분을 명확하게된다. 제안한 방법은 기존의 워터마킹 방법보다 우수한 성능(PSNR)을 보여 주었다.

2장에서는 기존의 워터마킹과 웨이브렛변환의 기법에 대하여 설명하고 3장에서는 제안된 방법에 대하여 설명한다. 그리고 4장에서는 실험 결과 및 고찰에 대하여 논하고, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

II. 워터마킹과 웨이브렛변환의 기법

2.1 워터마크의 정의

워터마크 기법^[1]은 멀티미디어 콘텐츠에 사용자의 ID (identification)나 자신만의 정보를 넣음으로써 불법적인 복제를 막고 데이터 소유자의 저작권과 소유권을 효율적으로 보호하기 위한 방법이다.^{[3][4]} 워터마크가 가져야 할 특성은 콘텐츠에 삽입한 워터마크가 보이지 않아야 하고, 일반적인 콘텐츠 변형으로써 압축, 저역통과필터, 확대, 축소, 회전등을 가해도 워터마크의 특징은 살아있어야 한다.

저작권 보호에 워터마크가 효율적으로 이용되기 위해서는 비가시성(invisibility), 강인성(robustness), 명확성(unambiguity)등의 특성을 갖추어야 한다. 비가시성이란 삽입 후에도 원본의 변화가 거의 없어, 워터마크의 삽입 여부를 감지하지 못하는 것을 말한다. 그리고, 강인성은 워터마크를 신호의 중요한 부분에 삽입하여 여러 가지 형태의 변형이나 공격에도 추출이 가능한 것을 말하며, 명확성은 추출된 워터마크가 확실한 소유권을 주장할 수 있도록 정확성을 유지하는 것이다. 디지털 워터마킹은 공간영역 (spatial domain)과 주파수 영역(frequency domain)에서 워터마크를 삽입한다.

2.2 공간 영역

공간영역에서의 워터마킹은 간단한 알고리즘으로 인하여 빠른 수행 시간을 갖는 장점이 있지만, 일반적으로 주파수영역에서의 워터마킹에 비하여 잡음 및 필터링이나 손실 부호화 등에 약하다는 단점이 있다.

공간영역의 방법은 변환 식을 사용하지 않고 영상의 화소 값을 직접적으로 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법이다. 그 중 Kutter는 특정 위치의 화소 정보를 변화시켜 인접 화소와의 비교로 신호를 검출해 내는 방법등을 제시하였다. 그러나, 이런 공간영역의 방법은 영상의 변형이나 잡음 등의 공격에 약하다는 단점이 있다.

2.3 주파수 영역

주파수영역에서는 공간영역의 취약점을 보완하기 위해 제안되며 DFT(Discrete Fourier Transform), DCT(Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform) 등을 들수 있다. 본 논문에서는 DWT를 사용하여 원 영상을 변환하고 고주파 영역인 LH, HL, HH 영역에 워터마크를 삽입하는 방법을 연구하였다.

웨이브렛 변환은 1910년 Harr가 처음으로 고조파 해석(harmonic analysis)을 위하여 푸리에 스펙트럼을 옥타브 밴드로 나눈 직교 웨이브렛을 만들었다.^[2] Morlet 등은 단일 원형 함수(single prototype function)를 기초

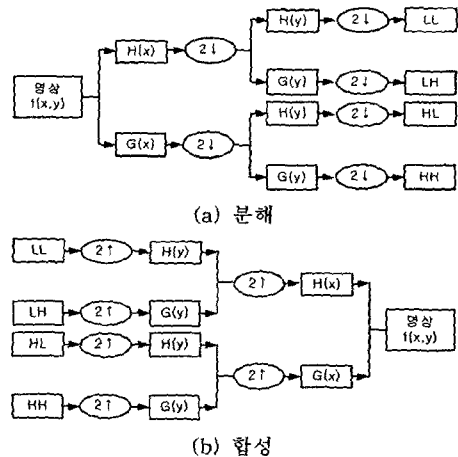
로 한 국부 푸리에 해석을 변형하여 지진과 연구에 웨이브렛을 이용하였다. Daubechies는 유한한 길이의 스케일링 함수 및 웨이브렛을 발생시킬 수 있는 Daubechies 웨이브렛을 제안하였고, Mallat 등이 다해상도 이론을 발표한 후 웨이브렛 변환 이론은 크게 발전 및 응용이 되어지고 있다.

2.4 웨이브렛 변환

웨이브렛이란 일정한 시간에 에너지가 집중되어 있는 파형으로, 다음 식과 같이 모 웨이브렛 ψ 를 스케일링(Scaling)과 이동(Translation)을 통하여 하나의 웨이브렛 함수(Wavelet Function)를 생성할 수 있다. 웨이브렛 기저함수들의 선형결합은 다음과 같다.

$$\psi_{m,n}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (1)$$

여기서 a 는 원형 웨이브렛을 확장/수축시키는 스케일 변수이고, b 는 천이를 나타내는 천이변수이다.



(a) 분해
(b) 합성
 $G(x)$: 고역통과필터, $H(x)$: 저역통과필터
그림 1. 웨이브렛변환의 분해와 합성

웨이브렛 변환시 가능한 모든 스케일과 위치에 대하여 웨이브렛 계수를 계산하는 것은 너무 많은 계산이 필요하므로, 스케일과 위치가 2^n 인 경우, 효과적으로 증명되어 이를 이산 웨이브렛 변환(Discrete Wavelet Transform)이라고 한다. 이산 신호에 대한 웨이브렛 변환은 정규 직교 기저함수로부터 유도되는 FIR 디지털 필터를 이용하여 수용될 수 있다. 주파수 특성이 서로 거울상(mirror image)의 형태가 되는 QMF(Quadrature Mirror Filter)를 사용하여 원 신호를 왜곡없이 복원이 가능하도록 한다. 영상과 같은 2차원 신호는 그림 1과 같이 웨이브렛 변환의 분해와 합성을 거치게 된다.

일반적으로 웨이브렛변환은 영상을 가로방향으로 저

역통과필터(LPF)와 고역통과필터(HPF))를 통과하게 되고 얻은 결과를 다시 수직방향으로 LPF와 HPF를 통과시키면 변환 한번의 웨이브렛변환(Layer 1)이 이루어진다. 이런 과정을 여러 번 반복시켜 Layer 2, 3을 수행하게 된다. 그림 2는 웨이브렛변환의 부대역별 특성과 변환된 영상을 보여준다.

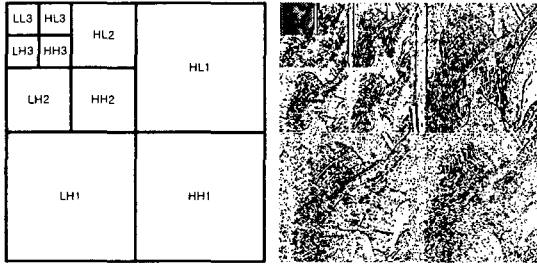


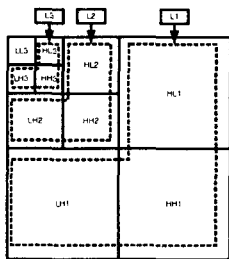
그림 2. 웨이브렛변환의 부대역의 특성

III. 제안한 워터마킹 알고리즘

본 논문에서는 워터마크의 강인성 연구를 위하여 주파수영역에서의 변환 방법으로 DWT를 사용하였다.

3.1 사용될 부대역 결정

DWT후에는 워터마크의 삽입을 위해 그림 3에서와 같이 변환 영역을 L_1, L_2, L_3 의 부대역으로 분리한다. 그리고 T_1, T_2, T_3 은 수행하게 될 부대역을 구분한다.



$$T_1 = L_1 + L_2 + L_3$$

$$T_2 = L_1 + L_2$$

$$T_3 = L_1$$

그림 3. 사용될 부대역(L_1, L_2, L_3)의 결정

3.2 워터마크 삽입

사용된 gray-level의 원영상 X 는 $N_1 \times N_2$ 크기로서 다음 식과 같이 표현한다.

$$X = \{ x(i, j), 0 \leq i < N_1, 0 \leq j < N_2 \} \quad (2)$$

여기서, $x(i, j) \in \{0, \dots, 2^L - 1\}$ 은 픽셀($x(i, j)$)의 크기이며, L 은 각 픽셀의 비트 수이다. 그리고 X 는 8×8 크기의 $(N_1/8) \times (N_2/8)$ 개의 서브영역으로 나누어진다.

$M_1 \times M_2$ 크기인 2진 영상 워터마크 W 는 다음 식과

같이 표현한다.

$$W = w(i, j), 0 \leq i < M_1, 0 \leq j < M_2 \quad (3)$$

여기서, $w(i, j) \in \{0, 1\}$ 이고, $M_1 = N_1/m$, $M_2 = N_2/m$ 의 크기로 구성하고, m 은 정수이다. 제안한 워터마크의 삽입과정 알고리즘은 다음 그림 4와 같이 표현된다.

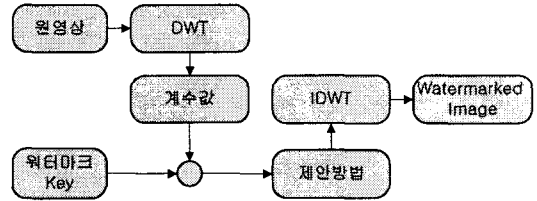


그림 4. 워터마크 삽입과정 알고리즘

제안한 방법은 원영상을 DWT로 계산하고 얻은 계수값에서 그림3의 L_1 부대역의 LH_1, HL_1, HH_1 영역을 블록(예, 8×8)의 크기로 스캔하고 4개의 좌표(예, $(0,0)$ 좌표와 $(0,1), (1,0), (1,1)$ 좌표)의 계수를 이용하여 3개의 기울기를 계산한다. 얻은 3개의 기울기가 가지는 부호를 이용하여, 3개의 좌표를 계산한다. 그리고 2진 영상의 워터마크 W 와 얻은 Key (부호, 좌표, 크기)를 가지고 계산하여 워터마킹 하게 된다. 그리고 나머지 L_2, L_3 부대역에도 적용하게 되어 DWT된 영상에 모든 워터마크를 삽입한다. 끝으로 IDWT를 수행하여 워터마킹된 영상을 얻게 된다. 일반적으로 LL_3 를 제외한 모든 DWT 계수의 부호는 영상에 대한 공격에 아주 민감하지 않다는 점을 가지고 있다. 그래서 본 알고리즘에서는 이 변화가 작다는 영역을 이용하여 계수의 부호에 의해 기울기를 계산하여 적용하게 된다. 그리고 얻은 기울기의 부호를 이용하여 워터마크를 삽입할 위치와 변형된 크기를 계산하는 점을 이용하였다.

3.3 워터마크 추출

제안한 워터마크의 추출과정 알고리즘은 그림 5와 같이 표현된다.

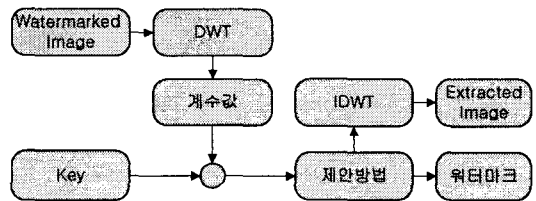


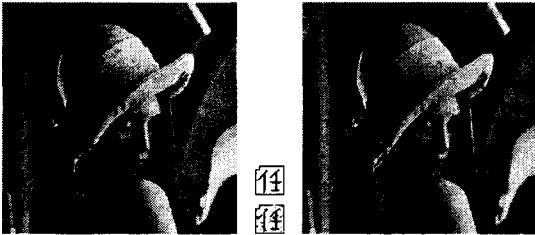
그림 5. 워터마크 추출과정

제안한 방법은 워터마킹된 영상을 DWT로 계산하고 얻은 계수값에서 L_1 부대역의 (LH_1, HL_1, HH_1) 영역을

블록(예, 8×8)의 크기로 스캔하고 4개의 좌표(예, $(0,0)$ 좌표와 $(0,1)$, $(1,0)$, $(1,1)$ 좌표)의 계수를 이용하여 기울기를 계산하여 얻은 3개의 부호를 가지고, 3부분의 영역의 좌표를 계산한다. 그리고 Key정보(부호, 위치)를 가지고 계산하여 워터마크를 얻게 된다. 그리고 나머지 L_2 , L_3 부대역에도 적용하게 되어 영상에 삽입된 모든 워터마크를 추출한다. 끝으로 역 IDWT를 수행하여 영상을 얻게 된다.

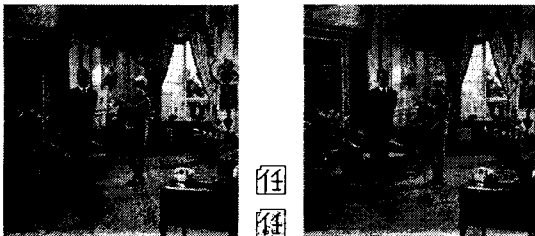
IV. 실험결과 및 고찰

본 논문에서의 실험환경은 PentiumIV-2.0GHz 컴퓨터와 Visual C++를 이용하여 시뮬레이션 프로그램을 작성하였다. 그리고 256×256 그레이 레벨의 Lena 영상과 Couple 영상을 사용하여 실험하였다. 그리고 워터마크 정보는 $m=8$ 일때 $(256/8 \times 256/8) = 32 \times 32$ 크기인 2진 영상을 사용하였다. 웨이브렛 변환으로 분해와 합성을 사용하였고, 제안한 알고리즘을 적용하여 워터마크 정보의 삽입과 추출을 하게되었다. 제안한 알고리즘을 적용하여 좋은 성능을 얻을 수 있게 되었다.



(a) 원영상 (b) 워터마크 (c) 워터마킹된 영상

그림 6. 원영상 Lena의 실험 결과(T_1 , $s=4$)



(a) 원영상 (b) 워터마크 (c) 워터마킹된 영상

그림 7. 원영상 Couple의 실험 결과(T_1 , $s=4$)

그림 6과 7의 (a)는 원영상 Lena와 Couple이고, (b)는 원 워터마크와 추출하여 얻은 결과이다. 그리고 (c)는 제안한 알고리즘을 적용하여 얻은 워터마킹된 영상을 보여 주고 있다. 표 1과 2에서는 s계수의 변화와 부대역의 결정(T_1, T_2, T_3)에 따른 워터마킹된 영상의 화질(PSNR)

의 변화를 얻게되었다. 제안한 알고리즘을 적용함으로써 영상의 화질을 향상시키며 워터마크의 삽입을 통하여 정보의 구분과 저작권의 판별을 명확하게 할 수 있게 되었다.

표 1. s 계수 변경에 대한 실험 결과(Lena 영상)

Attact(PSNR)	T_1	T_2	T_3
s=1	34.73	37.09	40.25
s=2	34.52	37.01	40.18
s=4	34.16	36.01	39.89
s=6	33.04	35.23	38.93

표 2. s 계수 변경에 대한 실험 결과(Couple 영상)

Attact(PSNR)	T_1	T_2	T_3
s=1	29.54	33.17	36.36
s=2	29.46	33.26	36.33
s=4	29.27	33.00	36.20
s=6	35.74	32.48	35.74

V. 결론

본 논문에서는 디지털 영상의 저작권의 정보보호를 위해 웨이브렛 변환을 사용하여 계수를 얻게 되었다. 얻은 계수의 영역 구분과 제안한 알고리즘을 적용하여 키 정보(기울기 부호, 위치, 크기)를 얻게되고 워터마크 정보를 삽입하였다. 제안한 방법의 역 과정을 수행 할 때 키 정보만으로도 워터마크를 산출할 수 있다는 장점을 얻게 되었다. 또한 압축된 영상의 화질을 유지하면서 워터마크의 정보를 삽입하게 되었고 기존의 알고리즘 보다 우수한 성능(화질)을 향상시킬 수 있었다.

참고문헌

- [1] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 6, no. 12, pp. 1673~1687, Dec. 1997.
- [2] I. Daubechies, "The wavelet transform, time frequency localizaton and signl analysis," IEEE Trans. Inform. Theory 36, 961~1005, 1990.
- [3] 원지선, "디지털 영상의 저작권 보호," 정보과학회지, 제15권 제12호, pp. 22~27, 1997.
- [4] X. Xia, C. G. Boncelet and G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," IEEE Int. Conf. on Image Processing, vol. 1, pp. 548~551, 1997.