

DWT(Discrete Wavelet Transform) 기반의 강인한 워터마킹(watermarking) 기법

김상욱, *오상현, 류용준, 이근영
성균관대학교 영상통신연구실, *삼성전자
전화 : 031-290-7193/ 핸드폰 : 011-235-5248

A Robust Digital Watermarking Method based on A Wavelet Transform

Sang-Wook Keem, *Sang-Hun Oh, Yong-Jun Ryu, Keun-Young Lee
ICL Lab. Of SungKyunKwan University, *Samsung Electronics
e-mail: keegun@mickey.skku.ac.kr

Abstract

In this paper, we have introduced a new watermarking method using the Discrete Wavelet Transform (DWT). This method has two features. Firstly the trade-off between the quality and the robustness, and between the quality and the capacitance can be controlled. Next, this method use different scheme according to the watermarks.

We have also implemented numerical examples for several kinds of attack. It is found that watermarking method in this paper is robust to above attacks.

I. 서론

최근에 인터넷이 활성화되면서 모든 정보들이 디지털 화되고 있다. 이에 따라 디지털 오디오, 이미지, 비디오 데이터의 불법 복제와 위조, 그리고 무단배포를 막을 수 있는 기술이 필요하게 되었다. 이에 따른 저작권이나 지적 재산권 문제를 해결하기 위해 등장한 것이 바로 디지털 워터마킹 기술이다.

워터마킹 기법은 크게 이미지의 픽셀 값에 직접 조작을 가해서 워터마크를 삽입하는 공간 영역(spatial

domain) 방법 [1][2]과 주파수 영역(frequency domain)의 계수 값에 워터마크를 삽입하는 주파수 영역 방법 [3][4]으로 나누어진다.

주파수 영역 방법은 어떤 변환방법을 쓰느냐에 따라 다시 한번 나뉘는데, 대표적으로 DCT(Discrete Cosine Transform) 기반의 워터마킹 방법과 DWT(Discrete Wavelet Transform) 기반의 워터마킹 방법이 있다.

본 논문에서는 여러 종류의 신호처리와 의도적인 공격에 뛰어난 강인성을 보이는 DWT 기반의 새로운 워터마킹 기법을 제안한다.

II. DWT 기반의 워터마킹 알고리즘

1. 워터마크 삽입 알고리즘

본 논문에서 제안하는 워터마킹 기법에서는 그림 1 처럼 원 영상을 웨이블릿 변환으로 3계층까지 분할 한 후 그 중 가장 하위 레벨인 LH3, HL3, HH3와 최저주파 부대역(subband)인 LL3의 계수들을 조작함으로써 워터마크를 삽입한다.

임계값(Threshold) T1과 T2는 $\Delta\alpha$ 와 최하위레벨의 부대역 LH3, HL3, HH3의 계수 중 절대값이 가장 큰 계수인 C_{max} 에 의해서 결정된다.

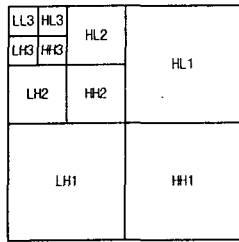


그림1 원영상의 DWT 피라미드 분할

■ 임계값(Threshold) 결정(j= LH, HH, HL, LL)

$$T2(\alpha, j) = \alpha C_{max}(j)$$

$$T1(\alpha, j) = (\alpha - \Delta\alpha) \times C_{max}(j)$$

■ 워터마크를 삽입할 계수 선택

$$\text{Set } \Delta T = (T2(\alpha, j) - T1(\alpha, j)) / \beta$$

And find the coefficients C_i ($i=0, 1, \dots, M$),

Which satisfying

$$T1(\alpha, j) + \Delta T < |C_i| < T2(\alpha, j) - \Delta T$$

■ 선택된 C_i 값을 조작해서 워터마크 삽입

If $W(k)=1$, then $C_i = \text{sign}(C_i) \times T2(\alpha, j)$

If $W(k)=0$, then $C_i = \text{sign}(C_i) \times T1(\alpha, j)$

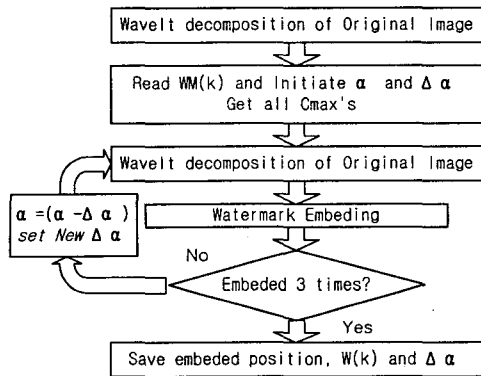


그림2 워터마크 삽입 과정

워터마크는 총 3번 삽입된다. 한번은 최저주파 부대역인 LL3에, 나머지 두 번은 LH3, HL3, HH3 에 삽입한다. 값이 작은 계수를 조작하면 영상에 알아볼 수 있는 열화가 생긴다는 것은 잘 알려져 있다. 이것을 피하기 위해서 우리는 $\Delta\alpha$ 를 계수값이 0에 가까워질정도로 줄이고, $T1(\alpha, j)=0$ 에 의해서 선택된 계수들은 조작을 가하지 않는 방법을 제안한다. 반대로 $\Delta\alpha$ 를 C_{max} 만큼 크

게 하면 영상의 열화는 심해지지만 워터마크는 더욱 강하게 삽입된다.

2. 워터마크 검출 알고리즘

워터마크 검출엔 워터마크 $W(k)$ 와 워터마크가 삽입된 위치에 대응하는 $\Delta\alpha$ 를 이용한다. 신호처리(image processing)나 공격(attack)이 가해지면 하나의 임계값에 맵핑되었던 워터마크가 삽입된 계수값은 왜곡이 된다. 따라서 워터마크의 추출과 공격에 의한 왜곡의 정도를 측정하기 위해서는 임계값 $T2(\alpha, j)$ 와 $T1(\alpha, j)$ 을 재설정할 필요가 있다.

■ 워터마크가 삽입된 계수들을 읽어 들임

α 와 워터마크가 삽입된 위치 정보를 이용하여 웨이블릿 계수들 중 워터마크가 삽입된 계수 $C_i(i=1, 2, \dots, M)$ 를 읽어 들인다.

■ 임계값 재설정

Read $W(k)$ and set $i=k, x=0, 1, 2, \dots, y=0, 1, 2, \dots$

If $W(k) = "1"$ then $|C_i| \in C_x,$

If $W(i) = "0"$ then $|C_i| \in C_y.$

$$T2(\alpha) = E[C_x]$$

$$T1(\alpha) = E[C_y]$$

■ 왜곡 정도 측정

$$\text{Diff} = \text{Max}[C_y] - \text{Min}[C_x]$$

$$\text{Dist}(i) = \text{Diff}$$

■ 워터마크 추출

If $|C_i| < (T1(\alpha, j) + T2(\alpha, j)) / 2$, then $\hat{W}(i) = "0"$

If $|C_i| > (T1(\alpha, j) + T2(\alpha, j)) / 2$, then $\hat{W}(i) = "1"$

■ 워터마크 비트 결정

Select one bit among three extracted watermark bits

$$\text{Dist}(k) = \text{Max}[\text{Dist}(i), \text{Dist}(i+N), \text{Dist}(i+2N)]$$

$$W(k) = \hat{W}(k)$$

만약 임계값 재설정 과정에서 C_x 와 C_y 에 포함되는 계수가 하나도 없다면 $T2(\alpha)$ 는 C_{max} 로 $T1(\alpha)$ 는 $(\alpha - \Delta\alpha)C_{max}$ 로 바꾼다.

DWT(Discrete Wavelet Transform) 기반의 강인한 워터마킹(watermarking) 기법

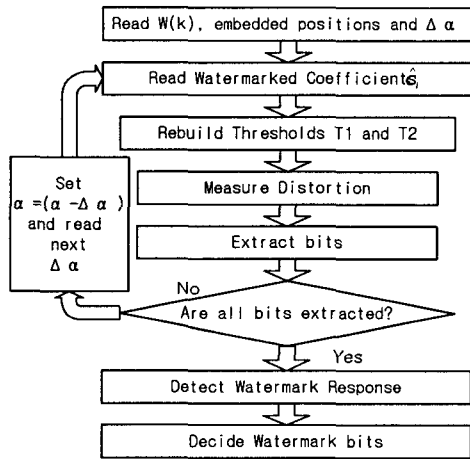


그림3 워터마크 검출 과정

III. 실험 결과

본 논문에서 제안한 워터마킹 알고리즘을 평가하기 위해 256×256, 8bits/pixel 영상, “Lenna” 와 “Baboon”을 사용하였다.



그림4 원영상, “Lenna”와 “Baboon”



그림5 워터마크 이진영상, “ICL” 과 “Stamp”

초기값으로 중요한 성분을 찾기 위해 α 는 1.0에서 0.6, $\Delta\alpha=0.2$ 로, 그 다음으로 중요한 성분을 위해 α 는 0.6에서 3.0, $\Delta\alpha=0.15$, 그리고 부대역 LL3만 제외하고 α 는 0.3에서 1.0, $\Delta\alpha=0.1$ 로 초기화한다. LL3에서는 모든 α 에서 $\Delta\alpha=0.02$ 로 초기화한다. 최종적으로 $\beta=3$ 으로 초기화한다.

워터마크로는 80비트의 검증용 문자열과 64×64의 이

진영상 “ICL”과 “Stamp”를 사용할 것이다.

1. 워터마크가 삽입된 영상의 품질

그림6과 7은 각각 “ICL” 워터마크가 삽입된 “Lenna” 와 문자열을 삽입한 “Baboon” 영상이다.



그림6 워터마크가 삽입된 “Lenna”
PSNR=42.08dB

그림7 워터마크가 삽입된 “Baboon”
PSNR=48.41dB

2. 여러 가지 공격에 대한 강인성

그림8은 JPEG 압축에 대한 강인성을 실험한 결과이다.

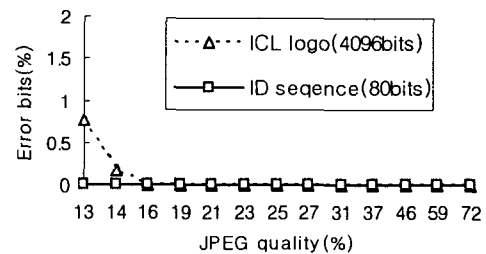


그림8 JPEG 압축 퀄리티에 따른 Error bits

그림8에서와 같이 낮은 압축 퀄리티(13%)로 JPEG 압축을 해도 문자열을 워터마크로 삽입한 경우는 에러가 없었고, 영상을 삽입한 경우에도 에러가 0.8%밖에 나지 않는다.

또한 크롭핑(cropping), 스케일링(scaling), 필터링(Low-pass & High-pass filtering, 그림9)을 가해도 에러는 거의 없었고, 워터마크가 완전하게 추출되었다.

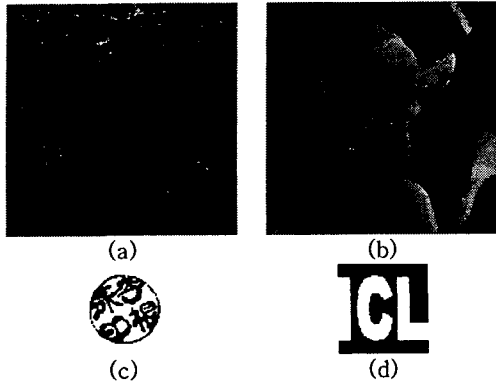


그림9 (a)워터마크 삽입 후 Highpass 필터를 통과한 "Baboon" 영상. (b)워터마크 삽입 후 Lowpass 필터를 통과한 "Lenna" 영상. (c)(a)에서 추출한 "Stamp". (d)(b)에서 추출한 "ICL"

지금까지의 실험 결과들은 워터마크로 영상을 사용한 결과이다. 워터마크로 80비트의 문자열을 사용한 경우의 결과는 아래 표로 나타내었다.

attack	PSNR(dB)	Error(bit)
Low pass filtering(3by3)	27.88	1
High pass filtering	18.19	0
Scaling(256 to 128)	29.19	0
Scaling(256 to 512)	38.55	0
Cropping(127 by 127)	48.17	4

IV. 결론

본 논문에서는 DWT(Discrete Wavelet Transform)를 이용한 새로운 워터마킹 기법을 소개하였다. 이 기법에는 2가지 특징이 있다.

첫번째 특징은 DWT된 영상의 어느 계수들 속에 워터마크를 삽입할지 결정해주는 변수 α 로써 영상의 품질과 강인성간의 균형(trade-off)을 조절할 수 있고, 변수 β 로 영상의 품질과 워터마크 데이터의 최대 크기(capacitance)와의 균형을 조절할 수 있다는 것이다.

두번째 특징은 워터마크로 어떤 정보를 쓰느냐에 따라

서 워터마크 삽입방법이 적합하게 변화하는 것이다. 워터마크로 영상을 쓰는 경우 워터마크 영상의 유사도를 분석하여 중요한 성분을 추출해 낸 후 임계값을 변화시켜 공격에 강한 영역에다 삽입한다. 워터마크 검출에서는 워터마크가 삽입된 후의 훼손된 정도에 따라 임계값을 재설정하고 반복되는 추출된 비트 중에서 공격에 의한 훼손이 가장 작은 계수에서 나온 비트를 선택한다.

마지막으로 워터마크의 검출을 위한 새로운 측정 방법을 제안하였다.

실험결과 제안된 워터마킹 기법은 여러가지 의도적인 공격에 우수한 강인성을 보였다.

Reference

- [1] G. Voyatzis, I. Pitas, "Embedding Robust Watermarks by Chaotic Mixing", Proc. DSP'97, Satorini, Greece, Vol.2, pp.1121-1124, June 1997.
- [2] I. J. Cox, J. Kilan, F. T. Leighton and T. Shannon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia", IEEE Trans. Image Processing. Vol 6. no 12. pp. 1673-1687 1997.
- [3] M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, A. Lippi, A. Piva, "DWT-based technique for spatio-frequency masking of digital signatures", Proc. SPIE'99 California, USA, pp.31-39, January 1999.
- [4] Xiang-Gen Xia, Charles G. Boncelet, Gonzalo R, Arce, "Wavelet transform based watermark for digital images", Proc. OCIS'98, Vol.3, pp.497-511, November 1998.
- [5] Houngh-Jyh Mike Wang, Po-Chi Su, C.-C. Jay Kuo "Wavelet-based digital image watermarking", Proc. OCIS'98, Vol.3, pp.491-496, November 1998.
- [6] H. Inoue, A. Miyajaki, A. Yamamoto, T. Katsura, "A Digital Watermark Technique Based on the wavelet Transform and Its Robustness on Image Compression and Transformation", Proc. IEICE. Trans. Fundamentals, Vol.E82-A, pp.2-10, January 1999.
- [7] <http://www.cl.cam.ac.uk/~app2/watermarking/stirmark>