

웨이블릿 기반의 데이터 매트릭스와 계수변환을 이용한 블라인드 워터마킹

박 중 삼, 남 부 희
 강원대학교 IT학부대학 전자통신공학과
 jspark@ics.kangwon.ac.kr, boonam@kangwon.ac.kr

A Blind Watermarking Using Data Matrix and Transform Coefficients In Wavelet Domain

Jong Sam Park, Boo Hee Nam
 Department of Electronic and Communication Engineering, Kangwon National University

Abstract - 본 논문은 DWT(Discrete Wavelet Transform)기반의 블라인드 워터마킹 기법을 제안 하였다. DWT를 하였을 때, 두 개의 서브밴드들의 계수 값을 변환하여 워터마크를 삽입한다. 기존에는 워터마크를 로고나 signature등을 많이 사용 하였으나, 여기서는 이차원 바코드인 Data Matrix를 워터마크로 사용 하였다. Data Matrix자체가 오류 검출 및 복원 알고리즘을 가지고 있어, 워터마크 추출 시 비교적 작은 에러는 Data Matrix의 복원 알고리즘에 의해 Data Matrix의 암호화된 정보를 복원 할 수 있다.

1. 서 론

오늘날 통신기술의 발달로 디지털 콘텐츠에 대한 저작권 보호 문제가 크게 부각되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 워터마킹(Watermarking) 기법의 연구가 활발히 진행되고 있다. 디지털 워터마킹이란 콘텐츠에 워터마크(Watermark)라고 하는 자신만의 정보를 삽입시킴으로 불법 복제를 막고, 지적재산권 및 저작권을 보호하며, 소유권을 주장할 수 있는 근거를 제시할 수 있도록 하는 기술을 말한다.[1] 워터마킹의 방법으로는 공간영역(Spatial domain)에서의 방법과 주파수영역(Frequency domain)에서의 방법으로 나눌 수 있다. 공간영역의 방법은 영상처리나 잡음 등의 공격에 약하다는 단점이 가지고 있다. 주파수 영역의 방법은 계수들의 변화나 교환을 통해서 이루어진다.[2] 대표적인 방법으로는 DFT(Discrete Fourier Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform), DCT(Discrete Cosine Transform) 등이 있다. 주파수영역의 방법은 공간영역의 방법보다 공격에 강하다는 장점이 있다. 그리고 워터마크의 추출 시 원본영상의 필요유무에 따라 블라인드 워터마킹(Blind Watermarking)과 논블라인드 워터마킹(Non-Blind Watermarking)으로 나누어진다. 전자는 워터마크 추출 시 원본영상이 필요 없는 경우를 말하고, 후자는 워터마크 추출 시 반드시 원본 영상이 필요한 경우를 말한다. 본 논문은 데이터 매트릭스라는 2차원 바코드를 DWT의 서브밴드간의 계수 변환을 통해 원본 영상이 필요 없는 블라인드 워터마킹 방식을 사용 하였다.

2. 데이터 매트릭스

본 논문에서 사용한 데이터 매트릭스는 2차원 바코드로서 미국의 International Data Matrix사가 개발 하였으며 ISO/IBC 16022, ABSI/AIM BC11에 명시된 국제표준이다. 고밀도의 데이터 저장 능력과 오류수정 기능이 포함되어 있다. 오류검출 및 복원 알고리즘은 Convolutional 방법을 사용하는 ECC00-140과 Reed-Solomon방법을 사용하는 ECC200이 있다. [3][6]

그림 1은 데이터 매트릭스 형태를 보여준다. 데이터 매트릭스는 규칙적인 배열로 설계된 정사각형 모듈을 포함하는 정사각형 모듈을 포함하는 데이터 영역으로 구성된다. 왼쪽과 아래쪽으로 분포하고 있는 L자 모양의 검은 테두리는 실제 크기, 방위, 심벌 뒤틀림을 결정 하는데 사용된다. 우측과 위쪽으로는 검은색과 흰색이 교대로 나타나도록 구성되어 있는데, 심벌의 셀 구조를 정의 하는데 사용되고, 바코드의 실제 사이즈와 왜곡을 결정하는데 도움을 준다. ASCII 128개 문자를 모두 표시 할 수 있으며 최대 2,300여개의 문자 및 숫자 저장용량을 가진다. 전 방향 판독이 가능하며, 바코드의 30%가 손상이 되어도 복원이 가능하다.[3][6]



<그림 1> 데이터 매트릭스

3. 제안방법

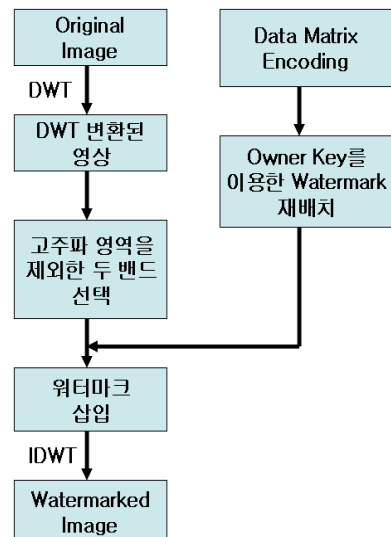
본 논문에서는 그림2 에서와 같이 웨이블릿 변환을 통해 나타나는 4개의 서브밴드 중 LL밴드를 제외한 HL, LH, HH 밴드만을 사용 하였으며, 이중 두 개의 밴드를 선택하여 밴드의 계수 값에 가중치를 가감하여 계수변환을 통한 워터마크를 삽입 및 추출하는 방법을 사용 하였다.



<그림 3> 웨이블릿 변환

4. 워터마크 삽입

본 논문에서는 HL, LH 밴드를 사용 하여 이진 Data Matrix를 Original Image에 삽입하는 과정을 아래 그림에서 보여 주고 있다.



<그림 3> 삽입 알고리즘

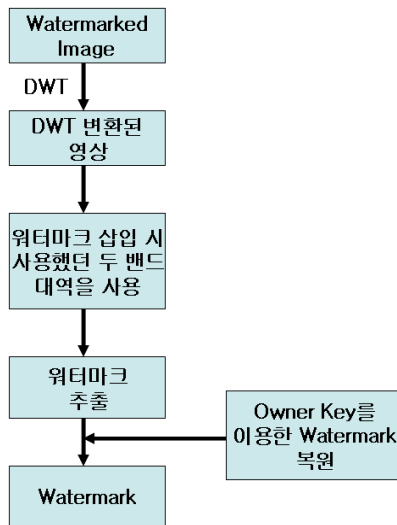
HL밴드와 LH밴드의 계수 값을 변화 시켜 워터마크를 삽입 시킨다. 워터마크를 삽입할 때 random함수를 사용 하여 워터마크를 재배치하고, 클리핑과 같은 공격을 피하기 위해 화면 워터마크를 재배치하듯 변경할 계수 선택도 random함수를 사용하여 화면 전체에 골고루 뿌려 지도록 한다. X와 Y는 HL, LH 밴드의 임의의 명칭을 말한다.

$$\begin{cases} \text{if } W=1, & X(i,j) + \text{sgn}(X(i,j)) * \alpha \\ & Y(i,j) - \text{sgn}(Y(i,j)) * \alpha \\ \text{if } W=0, & Y(i,j) + \text{sgn}(Y(i,j)) * \alpha \\ & X(i,j) - \text{sgn}(X(i,j)) * \alpha \end{cases} \quad (1)$$

(1)은 워터마크 삽입 알고리즘이다. α 값은 $\|X(i,j) - Y(i,j)\|$ 를 나타낸다. α 값에 $\|X(i,j) - Y(i,j)\| * \beta$ 과 같이 β 만큼의 가중치를 더 주게 되면 이미지의 왜곡이 커져서 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)값이 낮아지는 단점이 있지만 복원율이 좋아지는 장점이 있다. α 값이 0일 경우 두 계수가 모두 0일 경우는 위와 같은 알고리즘을 사용하면 결과 값이 같게 나오므로 둘 다 0일 경우는 한쪽에만 α 값을 더하거나 빼 준다. $\text{sgn}()$ 은 계수의 (+, -) 극성을 나타낸다.

5. 워터마크 추출

워터마크 추출방법은 삽입방법의 역순으로 진행된다. 아래의 그림은 추출 알고리즘이다.



〈그림 4〉 추출 알고리즘

$$\begin{cases} \text{if } X(i,j) > Y(i,j), & W=1 \\ \text{if } X(i,j) < Y(i,j), & W=0 \end{cases} \quad (2)$$

식(2)는 추출 알고리즘이다. 워터마크를 추출하고 Owner Key를 이용하여 random하게 재배치된 워터마크를 복원한다.

6. 성능 평가

본 논문에서 barbara 영상(Original Image)와 Data Matrix(watermark)를 사용 하였고, Daubechies1 필터를 사용 하였다. 워터마크의 삽입 후 원영상의 손실정도를 측정하기 위해 PSNR를 사용 하였다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{MN \max f(x,y)^2}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [f^{\sim}(x,y) - f(x,y)]^2} \quad (3)$$

또한, 유사성을 측정하기 위해 NC(Normalized Correlation)을 사용하였다.

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j u(i,j) w^{\sim}(i,j)}{\sum_i \sum_j u(i,j)^2} \quad (4)$$

〈표 1〉 실험 결과

Test Image	PSNR (dB)	Watermark	Attack	NC
	40.68		No attack	1
			밝기변화 (60%)	0.99
			대비변화 (60%)	0.99
			좌상단 25%절단	0.96
			JPEG (Quality 80)	0.98
			JPEG (Quality 60)	0.93

표1에서처럼 JPEG 압축률의 증가(Image Quality의 감소)로 인한 공격을 제외한 나머지 공격에서는 대체적으로 강인함을 보였다.

7. 결론

본 논문은 DWT를 이용하여 LL 밴드를 제외한 나머지 LH, HL, HH 밴드 중 2개의 서브밴드를 이용하여 계수 변환을 통한 워터마킹 기법을 제안 하였다. Data Matrix를 이용하여 워터마크가 손상 되어도 저작권 정보를 찾아 낼 수 있었다. 앞 절에서 언급 했듯이 JPEG의 압축률이 높아질수록 성능이 NC값의 많이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 향후 JPEG과 같은 손실 압축 공격에서도 강인하게 알고리즘 연구가 필요하다.

[참고 문헌]

- [1] I. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for images, audio and video", in Proc. Int. Conf. Image Processing, Vol. 3, pp. 243-246, Sept. 1996.
- [2] 주낙근,이재현,김동서, "웨이블릿 계수 교환을 이용한 워터마킹 기법", 2003. 10.
- [3] 전성구,김명동,김일환, "데이터 매트릭스와 암호 키를 이용한 하이브리드 워터마킹 기법", 대한전기학회, 2006
- [4] N. Nikolaidis and I. Pitas, "Copyright protection of images using robust digital signatures", in Proc. Int. Conf. Acoustics Speech and Signal Processing, Vol. 4, pp. 2168-2171, May 1996.
- [5] 배기혁,정성환, "시각적 특성을 이용한 효과적인 브라운더 워터마킹", Telecommunication Review, 제 12권 5호, pp.679~687, 2001.
- [6] ISO/IEC 2000, International symbology specification - Data Matrix, 2000.
- [7] Tomokazu Onuki, Takeharu Adachi, Madoka Hasegawa, and Shigeo Kato, "A study on a digital watermarking method for still images", International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, pp. 19-22, July 2000.
- [8] Gonzalez, Woods, Eddins(저), 유현준, 김태우(공역) "MATLAB을 이용한 디지털 영상처리", 2004. 8. 20.