

# 기하학적 공격에 대한 영상의 주파수 변환 Watermarking 검출 알고리즘 개발

\*배준수<sup>o</sup>, \*\*장진수, \*이문호

\* 전북대학교 영상 공학과, 정보통신 연구소

\*\* 전북대학교 컴퓨터 공학과

## Watermarking Extraction Algorithm Using Frequency Transform in Geometric Attacks

\* Jun-Soo Bae, \* Jin-Su Chang, \* Moon Ho Lee

\*Dept. of Image Eng. Institute of Inform. and Comm. Chonbuk University

\*\*Dept. of Computer Eng. Chonbuk University

E-Mail : soohol@ndmc.chonbuk.ac.kr

**요약** - 본 논문은 DCT, FFT 및 Wavelet 등과 같은 주파수 영역에 의한 Watermarking 기법에서 정확한 Watermark를 검출하기 위하여 제안한 알고리즘이다. 본 논문에서 사용한 알고리즘은 기존의 왜곡된 영상에서 원 영상의 주파수 변환 값을 제거하여 왜곡된 상태의 영상 값에서 삽입된 Watermark를 검출하는 알고리즘에서 벗어나 왜곡된 값을 완전히 제거한 상태에서 영상의 Watermark를 검출함으로써 보다 완벽한 Watermark를 검출할 수 있는 향상된 알고리즘을 제안하였다.

### 1. 서론

디지털 영상을 제작하는 각종 도구들이 발달하면서 영상 데이터의 생성, 편집, 저장 등이 쉬워지고 영상을 왜곡 없이 전송하기 위해 장애에 강한 디지털데이터로의 변경이 확산되고 있다. 영상의 공급과 수요가 급속하게 증가하고 있는 이러한 상황에서 디지털 원 영상과 복원한 영상을 구분할 수가 없다는 문제가 발생되었다. 이러한 문제점은 디지털 영상의 소유권 및 저작권보호와 인증에 대한 분쟁으로 이어지고 있으며 현재까지 이

러한 분쟁을 해결하기 위해 학술적으로 여러 가지 연구가 진행되어 왔다. 그 중에서도 네트워크상의 모든 이용자들이 자유로이 영상을 이용할 수 있고 전송이 가능하면서 영상의 소유권 보장과 불법적인 내용 조작을 동시에 막을 수 있는 디지털 워터마킹 방법이 가장 활발하게 연구되고 있다[1]. 디지털 워터마킹 기술은 멀티미디어 정보의 저작권 보호를 위한 효과적인 수단이다. 워터마크를 삽입, 검출하는 과정은 공간 영역 방법과 주파수 영역 방법으로 나눌 수 있는데, 주파수 영역으로는 DFT, DCT, DWT 등이 사용된다[2]. 최근에는 주파수 영역에서 HVS(Human Visual System)를 고려하여 워터마킹을 하는 방법이 사용되고 있다[3].

또한 효과적인 워터마킹이 이루어지기 위해서는 첫째, 비가시성으로서 워터마크가 시각적, 통계적으로 보이지 않아야 한다. 둘째, 견고성으로서 기하학적변환을 포함한 여러 가지 형태의 공격을 이겨낼 수 있어야 한다. 셋째, 인위적인 어떠한 공격에 대해서도 삽입된 워터마크를 정확히 검출해 낼 수 있는 알고리즘을 가지고 있어야 한다. 본 논문에서는 영상에 가해지는 어떠한 공격에도 삽입되어 있는 워터마크를 정확히 검출할 수 있는 워터마크 검출 알고리즘에 대한 방식을 제안한다.

본 논문의 2절에서는 워터마킹의 주파수 영역에 관한 기존의 알고리즘을 설명하고, 절에서는 기존의 알고리즘을 개선하여 임의적인 공격에 대하여 공격에 대한 변환을 완전히 제거하여 삽입된 워터마크를 검출할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안하였으며, 4절에서는 제안한 검출 알고리즘을 이용하여 워터마크를 검출한 결과를 보였으며, 5절에서 본 논문의 결론을 맺는다.

## 2. 주파수 변환을 이용한 Watermarking

주파수 변환을 이용한 워터마킹 기술은 외부의 인위적인 공격에 대하여 공간적 변환보다 강력하기 때문에 이 방법을 주로 사용한다[6].

### (a) Watermarking Embedding Algorithm

그림[1]은 기존의 주파수 변환을 이용한 워터마킹 절차를 나타내고 있다[5].

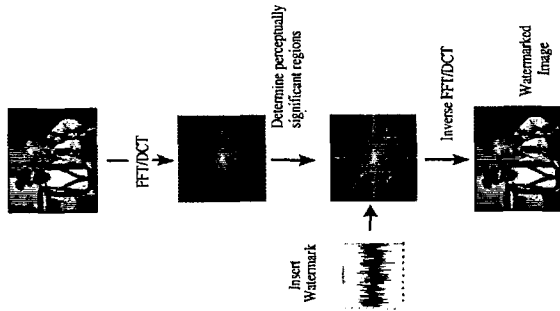


그림 1 주파수변환을 이용한 Watermark 삽입 알고리즘

$$v_i = v_i + \alpha x_i \quad (1)$$

$$v_i = v_i(1 + \alpha x_i) \quad (2)$$

여기서,  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  : 원 이미지를 DCT 또는 FFT로 변형한 값.

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  : Watermark Image

$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  : Watermarked Image

$\alpha$  : scaling parameter

식 (1)의 워터마크 삽입 방법은 원 영상의 DCT 계수 값에 관계없이 일정한 값이 삽입이 되고, 식 (2)에서는 원 영상의 DCT 계수 값의 크기에 따라 비례적인 값이 삽입된다. 본 논문은 식(2) 값을 DCT변환 실험하였다. 워터마크의 이득계수는 시각인지도[7][8]인 MPSNR로서 표시하였다.

$$MPSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{E^2} \quad (3)$$

여기서, E는 각 픽셀에서의 원래의 영상과 워터마킹 된 영상의 차이인  $e(x,y)$ 의 절대값의 평균치이다.

$$E = \frac{1}{N_x N_y} \sum_{x=1}^{N_x} \sum_{y=1}^{N_y} |e[x, y]| \quad (4)$$

표1은 최적의 워터마크 계수의 선정의 이론적 분석을 검증하는 실험결과이다. 워터마크 계수  $\alpha$ 에 따라서 MPSNR을 DCT와 FFT 변환을 가지고 실험하였다.

### (b) Watermarking Extraction Algorithm

표 1 워터마크 이득계수에 따른 MPSNR

Image	Processing	Alpha	MPSNR (dB)	E
Lenna	DCT	1	28.8331	9.2233
		0.5	33.0496	5.6762
		0.1	34.8413	1.4604
		0.01	54.8703	0.4603
	FFT	1	7.1863	111.4871
		0.5	92.3673	8.8204
		0.1	21.6000	21.2101
		0.01	43.3511	1.7337

영상에 워터마크가 삽입이 되었으면 과연 인위적인 공격을 받은 Watermark가 Original Watermark와 어느 정도의 상관성을 가지고 있는지 확인하기 위하여 일반적으로 식(5)와 같은 Cox의 이론[5]을 이용한다.

$$SIM(X, X^*) = \frac{X^* \cdot X}{\sqrt{X^* \cdot X^*}} \quad (5)$$

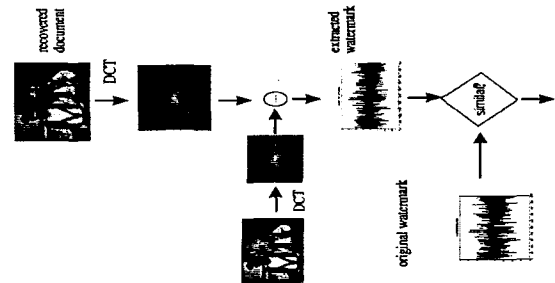


그림 2 워터마크 검출 알고리즘

기존의 Watermark 검출 알고리즘은 외부의 인위적인 공격으로 인하여 왜곡된 영상에서 삽입된 Watermark를 검출하여 Original Watermark와 상관성을 비교하고 여러 가지 상관관계식을 가지고 Watermark의 삽입여부를 판단하였다. 따라서 왜곡된 상태에서 검출된 Watermark는 Original Watermark와의 상관성에서 정확한 값을 제시하기가 어려웠다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 제거하기 위하여 새로운 검출 알고리즘을 제안하였다.

### 3. 제안한 Watermark 검출 알고리즘

논문 2절에서 살펴본 Cox 방법에는 손실부호화 등에는 견고하나 일반적으로 행하여지고 있는 영상처리, 기하학적 변환 등에 대하여 견고하지 못한 단점이 있다. 그러므로 위와 같은 문제를 해결하고 시각적 특성을 고려한 워터마크를 삽입 및 검출하는 방법이 필요하다. 따라서 본 논문은 이와 같은 기하학적 변환에도 정확한 Watermark를 검출하기 위한 새로운 알고리즘을 제안하였다.

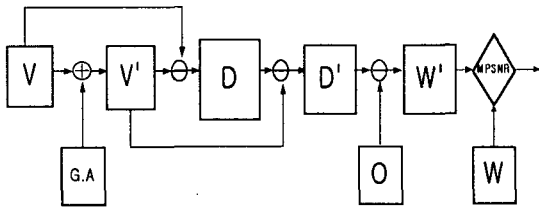


그림 3 제안한 Watermark 삽입 알고리즘

제안한 Watermark Extraction Algorithm을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$D = (V'' - V') \quad (6)$$

$$D' = (V'' - D) \quad (7)$$

$$W' = (D' - O) \quad (8)$$

$$MPSNR = (W, W') \quad (9)$$

여기서

$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  : 원 이미지를 DCT 또는 FFT로 변형한 값.

$W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$  : Watermark Image

$V' = \{v'_1, v'_2, \dots, v'_n\}$  : Watermarked Image

$V'' = \{v''_1, v''_2, \dots, v''_n\}$

: Attacked Watermarked Image

$D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$

: Different Image between  $V''$  and  $V'$

$D' = \{d'_1, d'_2, \dots, d'_n\}$

: Different Image between  $V''$  and  $D$

$W' = \{w'_1, w'_2, \dots, w'_n\}$

: Extracted Watermark Image

식 (6)은 왜곡된 영상과 공격당하기 전의 영상과의 차이값을 검출하며, 식 (7)은 식(6)의 차이값을 가지고 다

시 왜곡된 영상에서 차이값을 검출한다. 이 값은 왜곡되기 전의 영상 값에 근사하게 된다. 식 (8)은 식 (7)의 영상에서 원 영상을 제거함으로써 삽입된 Watermark를 검출하게 된다. 따라서 제안한 알고리즘은 변형된 값을 다시 주파수 변환하여 처리함으로써 외부의 어떠한 공격에도 관계없이 삽입된 Watermark를 정확히 검출할 수 있다.

### 4. 실험을 통한 Watermark 검출 결과

본 논문에서 제안한 Watermark 검출 알고리즘을 가지고 여러 가지 인위적 공격에 대하여 Watermark를 검출한 결과를 MPSNR로 비교 분석하고 그에 따른 검출된 Watermark를 Original Watermark를 영상으로서 비교하였다.

표 2 제안한 알고리즘 비교표

Image	Processing	Attack	MPSNR (dB)	
			기존	제안
Lenna	DCT	Median	10.7482	33.9657
		Mean	10.0695	33.9657
		Gaussian Noise	7.9414	33.9657
		Histo Equator	11.0727	33.9657
		Transition	8.7109	33.9657
	FFT	Median	10.7724	46.1166
		Mean	6.9191	46.1168
		Gaussian Noise	17.7811	46.1162
		Histo Equator	6.4784	46.1168
		Transition	4.5665	46.0984

표 2에서 제시된 것과 같이 제안한 알고리즘을 사용한 Watermark 검출결과 기존 알고리즘에서 왜곡된 영상에서 원 영상을 제거한 결과값 보다 왜곡된 값을 제거한 상태에서 원 영상을 제거하여 삽입된 Watermark를 검출하는 제안된 알고리즘을 사용한 결과가 Original Watermark와 비교한 MPSNR이 좋은 결과를 보였다.

또한 어떠한 외부의 인위적인 공격에 관계없이 동일한 값을 가짐으로써 인위적인 공격에 의해서 왜곡된 값들을 완전히 제거한 결과를 보였다.

(a) Original Image



그림 4 Cover Image

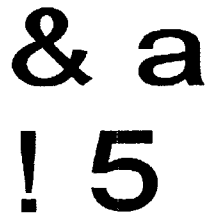


그림 5 Watermark

(b) FFT 변환 후 위치변환 왜곡 영상과, 검출 영상



그림 6 위치변환왜곡

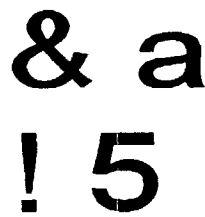


그림 7 검출 Watermark

(c) DCT 변환 후 위치변환 왜곡 영상과 검출 영상



그림 8 위치변환왜곡

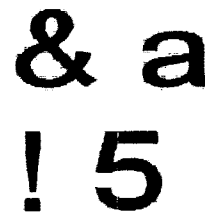


그림 9 검출 Watermark

### [참고 문헌]

- [1] R. Wolfgang, C. Podilchuk, "Perceptual water for digital images and video", Proceedings of the Vol. 87, No. 7, pp.1108-1126, July 1999
- [2] G. Langelaar, I. Setywan, R. Lagendijk, "Watermarking digital image and video data", IEEE Signal Processing Magazine, pp.20-46 Sep. 2000
- [3] W Zeng, B Liu, "A statistical watermark detection technique without using original image for res rightful ownerships of digital images", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 8, No.11, pp.1534-1544, November 1999.
- [4] M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, A. Piva, "Copyright protection of digital image embedded unperceivable marks", Image and Vision Computing, Vol. 16, pp.897-906, 1998
- [5] Ingemar J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, T. Shafer, "Secure Spread Spectrum Watermarking of Multimedia", IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 6, No. 12, pp 1673-1687, 1997
- [6] J. Zhao, E. Koch, "Embedding Robust Labels in Images for Copyright Protection," Proc. of International Congress on Intellectual Property Rights and Specialized Information, Knowledge and New Technologies, Vienna, Austria, Aug. 1995
- [7] S. Comès, O. Bruyndonckx, B. Macq, "Image quality criterion based on the cancellation of the masked watermark", ICASSP-95, Vol. 4, pp. 2635-2638
- [8] C. B. Lambrecht, O. Verscheure, "Perceptual quality measure using a spatio-temporal model of human visual system", in Proceedings of the SPIE, Vol. 2668, pp. 450-461, 1996

### 5. 결론

본 논문에서는 256 x 256 Lena 영상을 Cover Image로 사용하였으며 Watermark로 256 x 256 Logo영상을 사용하였다. Original Watermark 와 Extraction Watermark을 비교 분석하기 위하여 MPSNR 값을 사용하였으며 기존의 알고리즘에서 검출된 Watermark 와 비교한 결과, 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용하여 왜곡된 영상에서 검출한 Watermark가 어떠한 기하학적 공격에 대해서도 향상된 값을 나타냄을 보였다.