

양자화와 DC 계수를 이용한 연성 워터마크 시스템

Fragile Watermark System using Quantization and DC Coefficients

유 흥 렬*, 손 영 득*[★]

Heung-Ryol Yoo*, Yung-Deug Son*[★]

Abstract

This paper presents fragile watermark system using quantization and DC coefficients. It is a way to prevent the watermark from being detected if the original has been modified in any way. In other words, the detection of a watermark can be said to be originality after the watermark is inserted, without any damage. Since lossy compression such as JPEG is often allowed or required in practical applications, authentication methods should be distinguished from malicious modifications such as image shifting, cropping, filtering, and replacement. The proposed algorithm implements a fragile watermarking algorithm that shows image authentication with JPEG compression and the watermark easily breaks other malicious variants.

요 약

디지털 도메인에서 이미지나 비디오의 수정 및 합성은 매우 용이하다. 경우에 따라 주어진 이미지나 비디오가 진품인지를 확인해야 하는데, 전문가들의 경우 눈으로도 확인 할 수 있는 길이 있지만 그리 쉬운 것은 아니다. 게다가 손상된 부분을 정확히 찾아 복구해야 하는 일은 전문가에게도 불가능한 일이다. 이러한 응용분야에 적용할 수 있는 것이 연성 워터마킹(Fragile Watermarking) 기술로 원본이 어떠한 형태로든 변형된 경우 워터마크(Watermark)를 검출 할 수 없게 하는 방법이다. 즉, 워터마크가 검출 되었다는 것은 워터마크가 삽입된 후 아무 손상이 가지 않은 독작성(originality)이라 할 수 있을 것이다. 실제 응용분야에서 JPEG과 같은 손실 압축은 종종 허용 또는 필요함으로 인증방법은 이미지 Shifting, Cropping, Filtering 그리고 Replacement 등의 악의적인 변형과 구분되어야 한다. 따라서 제안하는 알고리즘은 JPEG 압축에는 강인한 이미지 인증을 보이며, 다른 악의적인 변형에는 워터마크가 쉽게 깨지는 Fragile Watermarking 알고리즘을 구현한다.

Key words : DC Coefficients, Fragile, Quantization, Watermark, Watermarking

* Dept. of Mechanical Facility Control Engineering,
Korea University of Technology and Education

[★] Corresponding author

E-mail : ydson@koreatech.ac.kr, Tel : +82-41-560-1297
Manuscript received Sept. 7, 2018; revised Sep. 19, 2018;
accepted Sep. 19, 2018

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

워터마킹 알고리즘은 응용분야에 따라 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

첫 번째 삽입된 정보가 여러 가지 공격(Attack)에도 보존 될 수 있는 있어야 하는 Robust Watermarking 이 있으며, 두 번째로 Authentication 목적으로 주로 사용되는 Fragile Watermarking으로 나눌 수 있다[1][2].

현재, 워터마킹 기술이 다양한 Attack 들로부터 완전히 자유로운 Robust Watermarking 기술이 없는 실정이며 디지털 콘텐츠의 저작권 보호라는 본

연의 목적을 이루기에 어느 정도 한계가 있다. 이러한 사실은 우리에게 요구되는 완벽한 보안 도구로 사용될 정도의 워터마킹 기술을 구현하기가 그만큼 어렵다는 사실이다[3]. 그러나 Watermarking은 Security라는 생각을 벗어나면 Watermarking 기술을 적용할 수 있는 응용 분야를 쉽게 찾을 수 있다. 그 중 하나가 Fragile Watermarking이다.

II. 본론

1. 주파수 영역에서의 워터마킹 알고리즘 이용

공간영역에서 워터마킹 하는 방법은 공간영역에서 임의의 위치나 전체 영역을 대상으로 직접적으로 워터마크 신호를 더하는 방법이므로, 워터마크 신호를 빠르게 삽입 및 추출할 수 있는 장점을 가지고 있다. 하지만 이러한 방법들은 삽입 알고리즘에 의해 워터마크 신호를 영상의 공간적인 값에 더한 결과를 나타내므로 영상 왜곡에 직접적으로 영향을 주게 되어 결과적으로 영상의 가시적인 면에서 품질을 보증할 수 없게 된다.

가시적인 면을 보충하기 위해 그리고 영상의 왜곡을 최소화하기 위해 전체 공간적 영역의 LSB(Least Significant Bit)에 삽입하게 되는데, 이와 같은 방법은 임의의 사용자가 워터마크 신호 열을 쉽게 찾아내지는 못해도, 쉽게 지울 수가 있게 된다. 그리고 잡음에 직접적으로 영향을 받게 되어 잡음에 약하다. 또한 JPEG 손실 압축과 같은 영상처리에 매우 약하다. 이에 반해, 변환 도메인에서 워터마킹 하는 방법은 워터마크의 삽입과 검출을 변환 도메인에서 하는 것을 말하는데 Fourier Transform, Discrete Cosine Transform(DCT), 그리고 Wavelet Transform이 주로 사용되고 있는 방법이다. 위에서와 같이 주파수 영역에서 워터마킹 하는 방법으로 Koch[4]는 이미지를 8×8 의 블록으로 구분하고 각 블록에 DCT를 계산하여 워터마크를 삽입하는 방법을 제안했고, Cox[5]는 이미지 전체를 DCT 변환 한 후 대역확산을 이용한 워터마킹을 제안하였다. 이 방법은 원본 영상과 워터마크가 된 영상의 차이에서 신호 열을 추출 한 후 상관관계를 구해서 워터마크의 존재 여부를 구하는데, 영상의 크기변화, 잡음, JPEG 손실 압축 등에 강한 특성을 보인다.

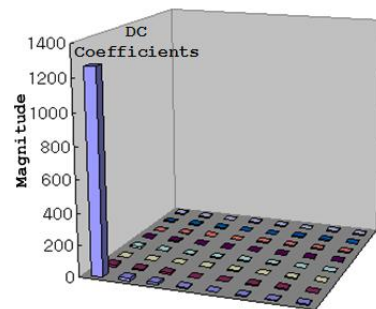
2. 기존의 DC 계수에 워터마크 삽입방법

주파수 영역에서의 워터마킹 방법보다 효율적이고 강인하며 비가시적으로 알려진 DCT 기반의 워터마킹 방법으로 Huang 등이 DC계수에 워터마크를 삽입하여 더 강인한 워터마킹 알고리즘을 제안하였다[6][7]. DCT 도메인에서 워터마크는 눈에 보이지 않고 강인하기 위해서 다음과 같은 요구조건을 만족하는 계수에 삽입 되어야 한다. 가시적인 왜곡 없이 삽입되기 위해서 강인한 워터마크를 허용하는 수용 능력이 커야 하며 일반적인 영상처리와 노이즈 첨가에도 거의 변화가 없어야 한다. 이러한 이유로 AC계수 보다 DC 계수를 이용하는 것이 더 적합한 워터마킹 방법이라고 제안하였다. 일반적으로 DC 계수의 크기는 어떠한 AC 계수보다 더 크다[6].

그림 1(a) Lena 사진을 실험한 것을 그림 1(b)에 DC 계수의 크기로 나타내었다. 그림에서와 같이 크기 항목에서 DC계수가 어떠한 AC 계수와 비교할 때 상당한 차이를 나타내고 있다



(a) Lena



(b) Magnitude of DC Coefficients

Fig. 1. DC Coefficients Experiment data.

그림 1. DC계수 실험데이터

Huang[7]의 제안한 논문은 이미지 워터마킹은 강한 배경 신호 또는 이미지(원본 영상)에 약한 신호 또는 이미지(워터 마크)가 첨부된 것으로 볼 수

있다. Weber's law에 의하면 만약 이것들이 HVS (human visual system)의 검출 임계값을 초과한다면 첨가된 신호는 단지 HVS에 의해서만 검출될 수 있다. 삽입된 신호를 위한 가시성의 검출 임계값은 배경신호의 크기에 비례한다. 바꾸어 말하면 비록 AC 계수와 비교해서 DC 계수는 가시성의 제약에서 인위성(Block Artifact)을 피하기 위해 큰 비율로 변화될 수는 없지만, 크기 분포에서 거대한 피크 때문에 더 많은 양으로 수정 될 수 있다. 따라서 DC 계수는 AC 계수 보다 더 많은 지각적인 수용 능력을 가지고 있다. 따라서 [7]에 의해서 제안된 DC 계수에 워터마크를 삽입하는 비가시적인 워터마킹은 JPEG과 부가적인 가우시안 노이즈 첨가에 대해서 강인성을 제시하고 있다.

3. 제안하는 워터마크 삽입 방법

본 논문에서는 기존의 DC계수에 워터마크를 삽입방법에 비해 더 강인한 알고리즘으로 DCT DC 계수에 워터마크 비트를 삽입하기 위한 양자화 기법을 제안한다. 원본 이미지를 8 × 8 블록 크기로 나누어 DCT 변환 한 DC 값을 임의의 양자화 스텝으로 양자화 한 후 그 값을 이진화를 통해 우수와 기수를 갖게 하고 워터마크 비트와 비교해서 같을 경우 '0', 다를 경우 '1'을 출력한다. 이와 같이 워터마크 해당 시퀀스와 이진화 된 DC 값과의 비교는 하드웨어를 만드는 과정인 XOR연산을 적용하였으며 그림 2와 같이 양자화 기법을 이용하여 워터마크를 삽입 하였다. 그리고 양자화 스텝으로 DC 계수를 양자화 후 양자화 된 값이 우수 또는 기수 값을 가지게 하는 된다. 그림 3는 워터마크 해당 시퀀스와 양자화 된 DC 계수와 비교 하여 출력을 정하는 것을 보여주고 있다. 그림 4는 오류정정 기법의 삽입방법으로 양자화 스텝이 2³ 일 때 워터마크 삽입과정은 DC 계수의 비트 시퀀스에서 a₃와 워터마크비트와 XOR연산을 하여 Pass와 Toggle을 결정한다. 그 다음에 a₂ a₁ a₀ 의 값에 따라 공격에 따른 내성을 강하게 하기 위해서 n⁻¹ 비트 이하를 Clear시키고 2ⁿ⁻¹을 더하는 과정을 수행한다.

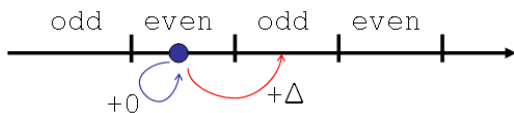


Fig. 2. Watermark embedding method using quantization. 그림 2. 양자화를 이용한 워터마크 삽입 방법

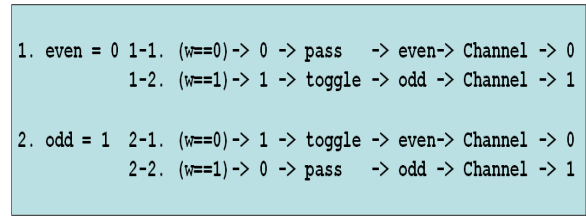


Fig. 3. Comparison and output of DC coefficients
그림 3. DC 계수의 비교 및 출력

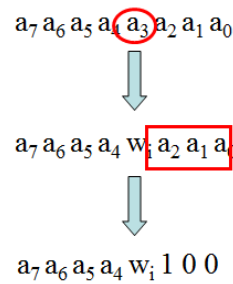


Fig. 4. Watermark embedding using Error-correcting capability.
그림 4. 오류정정 기법의 삽입.

본 논문에서 제안하는 오류정정 기법(Error correcting capability)을 식 (1)을 이용하여 계산하면 t = 3으로 3bit의 변화량까지 워터마크 복원능력이 보장됨을 알 수 있다[6]. 비교 과정에서 단순한 하드웨어 구성을 통해 매우 간단하게 구현 가능하고 복잡한 계산량도 줄일 수 있다.

$$t = \frac{d^m - 1}{2} \tag{1}$$

여기서, d_{min} 은 n 피트에 대한 Error-correcting capability이다.

4. Simulation 결과 및 성능 결과

그림 5와 6은 원 이미지(original image) 256×256 (a) Barbara, (b) Airplane, (c) Pepper, (d) Lena에 워터마크를 삽입한 그림과 워터마크이다. 표 1은 원본 이미지에 워터마크를 삽입하여 원본 영상과 워터마크 된 영상에 대해 공격이 없는 경우 PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)과 NC (Normalized Correlation)의 값을 나타내었다. 각 이미지 PSNR은 모두 43 [dB]정도로 화질의 열화가 적음을 알 수 있다. 또한 NC = '1'을 나타냄으로써 워터마크 검출 시 에러가 전혀 발생 되지 않았다.



Fig. 5 Original image and Watermark.
그림 5. 원 이미지와 워터마크



Fig. 5 Watermarked Image.
그림 5. 워터마크가 삽입된 이미지

4.1. JPEG 공격에 따른 PSNR과 NC 비교

그림 6과 7은 제안하는 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 공격당한 이미지의 PSNR, NC에 대해 수행한 시뮬레이션의 결과이다. 그림 6에서 비가시성을 만족하기 위해서 각 4개의 이미지에 대한 JPEG 압축을 하여 10개의 Quality Factor로 구분하고 PSNR을 비교하고 있다. Airplane 이미지의 경우 Quality Factor 100에서 43.17629를 나타내어 객관적인 화질의 우수함을 증명하고 있다. 그리고 그림 7을 통해 각 이미지에 대한 NC를 통해 워터마크의 추출 성능을 비교할 수 있다. 그래프에서

Quality Factor 80까지는 워터마크의 손상 없이 추출이 가능함을 보이고 있으므로 JPEG 압축에 강한 인증을 보일 수 있다.

Table 1. PSNR and NC Analysis.

표 1. PSNR과 NC 성능분석

Image	PSNR [dB]	NC
Barbara	43.0707	1
Airplan	43.1763	1
Pepper	42.7129	1
Lenna	43.1671	1

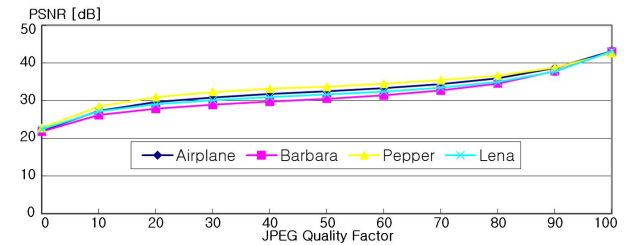


Fig. 6. PSNR Simulation.

그림 6. PSNR 시뮬레이션

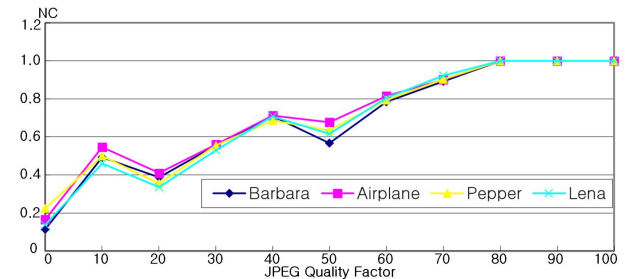


Fig. 7. NC Simulation.

그림 7. NC 시뮬레이션

4.2 공격당한 위치 찾기

Fragile watermark의 목적 중 하나인 공격 당한 위치 정보를 찾아 낼 수 있다[8]. 이를 확인하기 위하여 워터마크가 삽입된 Airplane 이미지의 몸체 부분에 로고를 지운 후 삽입된 워터마크를 추출 하였다. 그림 8과 같이 추출된 워터마크에서 워터마크 삽입 된 영상에 공격을 한 위치와 같은 장소에 워터마크가 손상 된 것을 볼 수 있다. 그림 9는 워터마크 삽입된 Lena 이미지에 가장자리 선명효과의 공격을 한 경우이다.



Fig. 8 Original image and attacked Image.
그림 8. 원 이미지와 공격당한 이미지



Fig. 6 Original image and attacked Image.
그림 6. 원 이미지와 공격당한 이미지

III. 결론

본 논문에서는 공격(Attack)에 의한 이미지 변형(Manipulation)은 허용 될 수 없는 방법을 제시 한다.

첫 번째, 포맷 변환(Format Transformation)과 손실 없는 압축에서 픽셀의 값을 계산하는 동안 정확성 제한을 일으키는 노이즈는 무시하기 때문에 변형 후에도 픽셀의 값은 변하지 않는다. 이것은 실험 결과에서와 같이 변환 도메인에서 워터마크를 삽입하므로 JPEG 압축에 좋은 결과를 보이고 있다.

두 번째, 공격(Attack)이라 정의 할 수 있는 양질(Quality)의 변화, 크로핑(cropping), 사이즈 변화 또는 다른 종류의 연산과 같은 응용에서 공통적으로 나타나는 변환의 특징은 픽셀의 값을 변화 시킨다는 것이다. 따라서 이것은 이미지에 시각적인 왜곡이 일으킨다.

워터마크 삽입 시 8×8 블록을 DCT 하여 각 블록마다 DC계수에 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다. 이것의 장점은 삽입과 추출이 간단하고 계산의 복잡성을 줄이는 것이다. 위와 같은 공격이 있으면 복호기 단에 들어오는 픽셀의 값은 상당히 변화되어 있다. 이것은 이미 영상의 평균 밝기를 변화 시키므로 워터마크가 삽입 된 DC 계수 값은 변화되어 있다. 따라서 워터마크 추출 시 워터마크가 삽입된 비트가 변하게 될 수 있으므로 오류가 발생 할 수 있다. 이런 이유를 분석 하여 보면 JPEG

압축에는 강하고 악의적인 변형에는 약한 Fragile Watermarking 알고리즘을 보일 수 있다.

References

- [1] C. T. Li, D. C. Lou, and T. H. Chen, "Image Authenticity and Integrity Verification via Content based Watermarks and a Public Key Cryptosystem," in *Proc. IEEE Int Conf. Image Processing*, vol.3, pp.694-697, Vancouver, Canada, 2000. DOI:10.1109/ICIP.2000.899549
- [2] Ching-Yung Lin, Shih-Fu Chang, "A Robust Image Authentication Method Distinguishing JPEG Compressing from Malicious Manipulation," *IEEE Trans, Circuits and Systems for Video Technology*, pp.153 - 168, 2001. DOI:10.1109/76.905982
- [3] Michael Arnold, Martin Schmucker, Stephen D. Wolthusen, *Techniques and Applications of Digital Watermarking and Content Protection*, Arttech House Publishers, Boston, London, 2003.
- [4] E. Koch, J. Rindfrey, J. Zhao, "copyright protection for multimedia data," in *Proc. Int. Conf. Digital Media and Electronic Publishing*, 1994.
- [5] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *IEEE Trans. On Image Processing*, vol.6, No.12, pp.1673-1687, 1997. DOI:10.1109/83.650120
- [6] Jiwu Huang, Yun Q. Shi, "Embedding Strategy for Image Watermarking in DCT Domain," *APCC/OECC '99. Fifth Asia-Pacific Conference on and Fourth Optoelectronics and Communications Conference*, pp.18-22, 1999. DOI:10.1109/APCC.1999.820428
- [7] Jiwu Huang, Yun Q. Shi, Yi Shi, "Embedding Image Watermarks in DC Components," *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, 2000. DOI:10.1109/76.867936
- [8] Yanling Zhao, Xiaoshi Zheng, Na Li, Guangqi Liu, Qingxi Wang "A Digital Image Watermark Based on DC Coefficients Quantization," *2006 6th World Conference on Intelligent Control and*

Automation, pp.9734-9738, 2006.
DOI:10.1109/WCICA.2006.1713894

BIOGRAPHY

Heung-Ryol Yoo (Member)



2002 : BS degree in Electronics Engineering, SoonChengHang University.
2007: MS degree in Electronics Engineering, Kunkuk University.
2018: MS degree in Mechanical Facility Control Engineering, Korea University of Technology and Education.

2018~ : PhD degree in Electrical Engineering, Korea University of Technology and Education.

2004~2013 : Senior Research Engineer, SEMES. Co., LTD.

Yung-Deug Son (Member)



1997 : BS degree in Control and Instrumentation Engineering, Korea Maritime University.

2001 : MS degree in Ocean Electro-Mechanical Engineering, Kobe University.

2015 : PhD degree in Electrical Engineering, Pusan National University.

1998 : Research student, Tokyo Institute of Technology

2001~2009 : Senior Research Engineer, Hyundai Heavy Industries Co., LTD.

2016~Present : Assistant Professor, Korea University of Technology and Education.