

서브 샘플링을 이용한 블라인드 워터마킹

이재혁*, 문호석*, 박상성*, 장동식*
*고려대학교 산업정보시스템공학과
e-mail : disciple@korea.ac.kr

Wavelet-Based Image Watermarking Using Subsampling

Jae-Hyuk Lee*, Ho-Seok Moon*, Sang-Sung Park*, Dong-Sik Jang*
*Dept. of Industrial System and Information Engineering, Korea University

요 약

본 논문에서는 Discrete Wavelet Transform(DWT) 기반의 워터마크 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방법은 원 이미지를 4 개의 subimages 로 나누고, DWT 후 한 개의 subimage 의 저주파 영역에 워터마크를 삽입하였다. Subsampling 방법을 사용해 원 이미지 없이 워터마크를 추출하였다. 워터마크는 저주파(LL2) 영역에 삽입해 외부의 공격에 강인한 성격을 가지도록 하였고, 화질 열화도 줄일 수 있었다. 잘 알려진 이미지에 대한 실험을 통해 본 논문의 알고리즘의 타당성을 입증하였다.

1. 서론

인터넷의 발달은 오디오, 비디오 및 영상 이미지와 같은 다양한 디지털 콘텐츠를 누구나 손쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 하지만 디지털 콘텐츠는 원본의 변형, 또는 복사가 매우 용이하다. 이러한 네트워크 환경하에서 디지털 콘텐츠의 소유자에 대한 저작권의 보호가 새로운 이슈로 떠올랐고, 디지털 워터마크의 삽입이 해결책으로 제시되어져왔다[1-4].

워터마크 기술은 그 추출방법에 따라 블라인드 워터마킹과 난-블라인드 워터마킹 기법으로 나눈다. 난-블라인드 워터마킹 기법은 워터마크 추출 시에 원 이미지가 필요한 반면, 블라인드 워터마킹 기법은 원 이미지가 필요하지 않다. 따라서 최근에는 원 이미지를 필요로 하지 않는 블라인드 워터마킹 기법이 더욱 선호되는 추세이다.

일반적인 워터마크는 공간 영역(Spatial domain)에 삽입하는 것보다 주파수 영역(Frequency domain)에 삽입하는 것이 외부의 공격으로부터 강인한 특성을 지닌다. 그 이유는 주파수 영역에 삽입된 워터마크는 대역확산(Spread Spectrum)에 의해서 이미지 전체로 퍼지기 때문이다[2],[5-6]. 또한 저주파 (Low-

Frequency)영역이 고주파(High-Frequency)영역 보다 외부의 공격에 더욱 강인한 특성을 지닌다[7-8].

본 논문에서는 저주파 영역에 워터마크를 삽입하여 JPEG 압축, 절단, 히스토그램 평활화와 같은 외부의 공격에 강인한 특성을 가지도록 하였고, subsampling 기법을 이용해 원 이미지 없이 워터마크를 추출하였다.

2. Subsampling

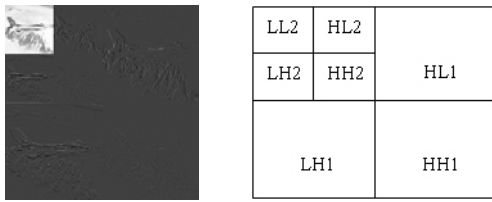
본 논문에서는 워터마크 추출 시에 원 이미지가 필요없는 블라인드 워터마킹 기법을 사용하였다. 이를 위해서 원 이미지를 subsampling 하여 4 개의 subimages 로 나눈다. 원 이미지($V[n_1, n_2]$)는 (식 1)에 의해서 $v_1[k_1, k_2]$, $v_2[k_1, k_2]$, $v_3[k_1, k_2]$, $v_4[k_1, k_2]$ 로 subsampling 된다.

$$\begin{aligned} v_1[k_1, k_2] &= V[2n_1, 2n_2], \\ v_2[k_1, k_2] &= V[2n_1 + 1, 2n_2], \\ v_3[k_1, k_2] &= V[2n_1, 2n_2 + 1], \\ v_4[k_1, k_2] &= V[2n_1 + 1, 2n_2 + 1] \end{aligned} \tag{식 1}$$

$m_1 = 0,1,\dots,N_1$, $m_2 = 0,1,\dots,N_2$ 는 원 이미지의 크기를 나타내며, $k_1 = 0,1,\dots,N_1/2$, $k_2 = 0,1,\dots,N_2/2$ 는 subimages 의 크기를 나타낸다. 한 이미지 내에서 인접한 화소값들은 비슷한 값을 가지므로, subimage 를 이용하여 원 이미지 없이 워터마크를 추출하게 된다.

3. Discrete Wavelet Transform(DWT)

(식 1)에 의해서 나누어진 subimages 에 워터마크를 삽입하기 위해서 DWT 를 한다. 본 논문에서는 Haar Wavelet Filter 를 사용하였다. [그림 1]은 각 subimage 에 대한 Wavelet 이미지와, 2 번 변환된 Wavelet 영역을 나타낸다.



[그림 1] Two Level Wavelet decomposion

일반적으로 고주파 (LH_2, HL_2, HH_2) 영역은 외부의 공격에 약한 반면에 화질열화를 줄이는 특징이 있고, 저주파 (LL_2) 영역은 외부의 공격에 강한 반면, 화질을 저하시키는 특성이 있다[3]. 본 논문에서는 외부의 공격에 강인하도록 저주파 (LL_2) 영역에 워터마크를 삽입하였다.

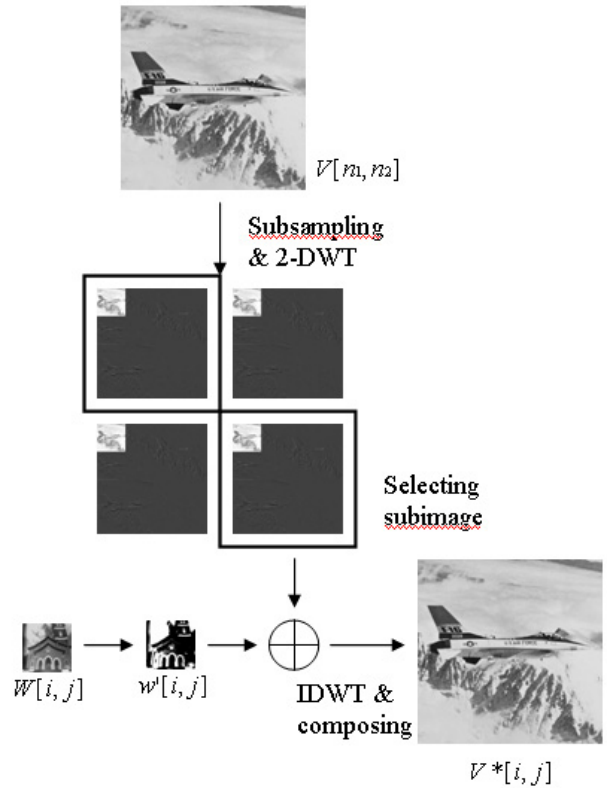
4. Watermark Insertion

Subimages 에서 두 개의 이미지를 임의로 선택한다. 선택된 subimages 에서 LL_2 영역을 추출한다. 워터마크 이미지 ($W[i, j]$) 로 사용되는 바이너리 이미지 ($w[i, j]$) 의 화소값에 상응하는 추출된 LL_2 영역의 화소값을 서로 비교하여 한 개의 subimage 의 LL_2 영역에 워터마크를 삽입한다. 워터마크의 삽입을 단계별로 설명하면 다음과 같다.

- 1) 원 이미지를 4 개의 subimages 로 나눈다.
- 2) 각 Subimages 에 2-DWT 를 한다.
- 3) 2 개의 subimages 를 선택하고, LL_2 영역을 추출한다.
- 4) 워터마크 이미지의 각 화소값과 두 개의 LL_2 영역의 화소 값을 비교하여 한 개의 LL_2 영역에 워터마크를 삽입한다. 만일, 워터마크 이미지의 값이 '1' 이면 한 개의 LL_2 영역의 값을 다른 LL_2 영역의 값보다 크게 하고, '0' 이면 작게 한다. 더해주거나 빼주는 값의 세기는 화질과 강인성을 고려하여 선정한다.
- 5) 워터마크 삽입 후 각 subimages 를 Inverse

DWT 한 후에 한 개의 이미지로 결합한다.

[그림 2]는 위의 워터마크 삽입 순서를 나타낸 것이다.



[그림 2] The steps of wawermark insertion

5. Watermark Extraction

워터마크의 추출은 삽입의 역순으로 쉽게 구할 수 있다. 추출된 워터마크를 $W^*(i, j)$ 라 하고, DWT 의 이미지를 각각 $v_1(k_1, k_2)$, $v_2(k_1, k_2)$ 라 했을 때, 워터마크의 추출은 다음의 (식 2)에 의해서 구해진다.

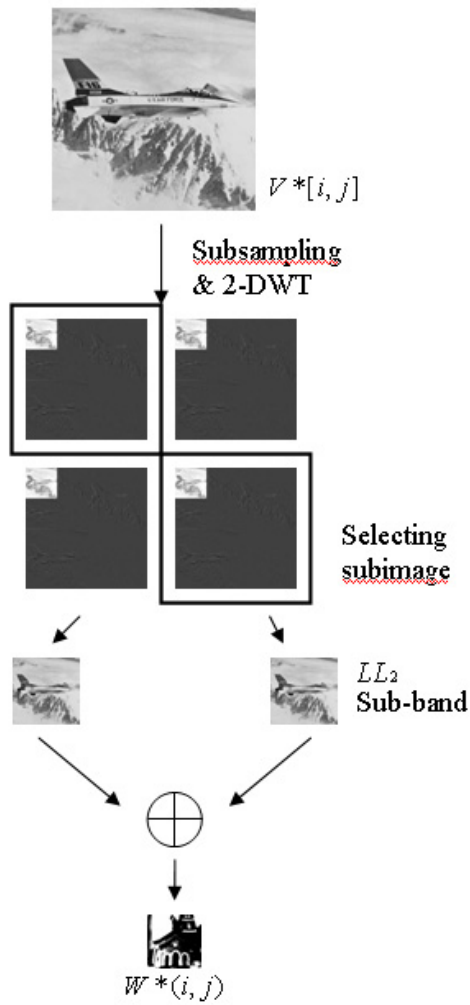
$$W^*(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{if } v_1(k_1, k_2) > v_2(k_1, k_2) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{식 2})$$

워터마크의 추출 단계를 보면 다음과 같다.

- 1) 워터마크가 삽입된 이미지를 4 개의 subimages 로 나눈다.
- 2) 각 Subimages 에 2-DWT 를 한다.
- 3) 워터마크가 삽입된 이미지와 임의의 이미지를 선택한다.
- 4) 선택된 이미지의 LL_2 영역을 비교하여 워터마크 이미지를 추출한다.

위와 같은 과정으로 워터마크를 추출하므로 원 이미지 없이 워터마크를 추출할 수 있다. 다음의 [그림 3]은 위의 워터마크 이미지의 추출과정을 나타낸 것

이다.



[그림 3] The steps of watermark extraction

6. 실험 결과

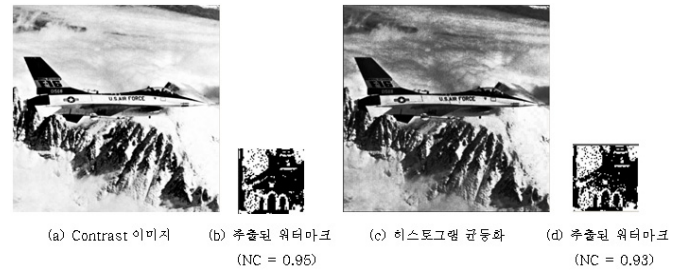
본 논문에서는 256×256 크기의 원 이미지를 사용하였고, 워터마크 이미지의 크기는 32×32 를 사용하여 실험하였다. 실험은 일반적인 영상의 화소 값을 변화시키는 공격과 JPEG 공격에 대하여 실시하였다. 실험 결과의 객관성을 검증하기 위해서 NC(Normalized Correlation)를 사용하였다[3].

[그림 4]는 워터마크를 삽입 했을 때의 화질과 추출된 워터마크를 보여주고 있다. PSNR 이 40dB 이 상으로 화질 열화가 적음을 보여준다.



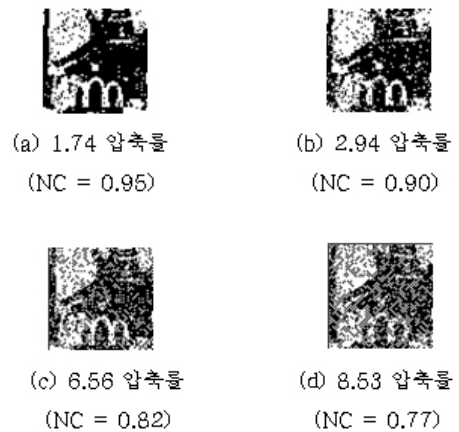
[그림 4] 워터마크가 삽입된 영상 및 워터마크 추출

[그림 5]는 워터마크가 삽입된 이미지의 화소 값을 변환 시키는 공격에 대한 실험 결과이다. 실험결과 추출된 워터마크의 NC 값이 큰 것으로 보아 이미지 처리 공격에 강인함을 보여주고 있다.



[그림 5] Contrast 와 히스토그램 균등화 공격

[그림 6]은 JPEG 압축에 대한 결과를 보여주고 있다. 압축률이 높을수록 추출된 워터마크의 정확도가 떨어지거나 주관적으로나 NC 를 통해서도 워터마크가 들어 있음을 알 수 있다. 압축률이 8.53 일 때도 추출된 워터마크의 NC 가 0.77 임을 통해 저주파 (LL2) 영역에 워터마크를 삽입하여 압축에 강인함을 보여주고 있다.



[그림 6] JPEG 공격

7. 결 론

본 논문에서는 DWT 기반의 원 이미지 없이 워터마크 이미지를 삽입하는 것을 제안하였다. 실험을 통해서 보았듯이 본 논문에서 제안한 방법은 블라인드 워터마킹을 사용하였고, 뿐만 아니라 저주파 (LL2) 영역에 워터마크를 삽입하므로 여러 공격에 강인함을 보여주었다. 화질 또한 일정 수준을 유지하므로 강인성과 함께 원본 유사성을 동시에 만족시킬 수 있었다.

참고문헌

- [1] Y.J. Dai, L.Zhang, and Y.X. Yang, "A New Method of MPEG Video Watermarking Technology", Proc.of IEEE ICCT, vol. 2, Apr. 2003.
- [2] S.D. Lin and C.F. Chen, "A Robust DCT-Based Watermarking for Copyright Protection", IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol.46, no.3, Aug. 2000.
- [3] M.A. Suhail and M.S. Obaidat, "Digital Watermarking-Based DCT and JPEG Model", IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, vol. 52, no. 5, Oct. 2003.
- [4] L.H. Chen and J.J. Lin, "Mean Quantization Based Image Watermarking", Image and Vision Computing, vol. 21, Aug. 2003.
- [5] C.T. Hsu and J.L. Wu, "Multiresolution Watermarking for Digital Images", IEEE Trans on Circuits and Systems, vol. 45, no. 8, Aug. 1998.
- [6] X.M. Miu, Z.M. Lu, and S.H. Sun, "Digital Watermarking of Still Images with Gray-Level Digital Watermarks", IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol. 46, no. 1, Feb. 2000.
- [7] J. Huang, Y.Q. Shi, and Y. Shi, "Embedding Image Watermarks in DC Components", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 10, no. 6, Sep. 2000.
- [8] S.H. Joo, Y.H. Suh, J.H. Shin and H. Kikuchi, "A New Robust Watermark Embedding into Wavelet DC Component", ETRI J, vol. 24, no. 5, Oct. 2002.