

# 디지털 영상의 저작권 보호를 위한 워터마크의 강인성 비교

배기혁<sup>o</sup>, 정성환  
창원대학교 전자계산학과  
e-mail: bkihyeok@cdcs.changwon.ac.kr

## Comparison of the Robustness of Digital Image Watermark for Copyright Protection

Ki-Hyeok Bae<sup>o</sup>, Sung-Hwan Jung  
Dept. of Computer Science, Changwon National University

### 요 약

본 논문에서는 디지털 영상의 주파수 대역에 따른 워터마크의 강인성을 연구하였다. 먼저 영상 데이터를 주파수 대역별로 분리하여 이진 워터마크를 삽입하였다. 그리고 각 대역별로 워터마크된 영상에 대하여 JPEG 압축을 비롯한 다양한 공격을 시도하여 강인성을 비교하였다. 실험결과, 고주파 대역과 저주파 대역에 삽입된 워터마크는 특정한 공격에 대해 추출되지 않는 경우가 있었으며, 워터마크된 영상의 손상(열화)도 높게 나타났다. 그러나 중주파 대역에 삽입한 워터마크는 모든 공격으로부터 높은 비율의 추출을 보였다. 그리고 워터마크된 영상의 손실정도도 적은 것으로 나타났다. 따라서 워터마크를 삽입할 경우 가능하면 중주파 대역에 삽입하는 것이 유리함을 확인할 수 있었다.

### 1. 서 론

최근 컴퓨터통신, 인터넷과 같은 네트워크의 급속한 발전과 디지털 데이터의 증가로 인하여 불법복제로부터의 지적소유권 문제가 크게 부각되고 있다. 따라서 소유권자의 동의가 없는 불법적 복제를 방지하고 소유권을 효과적으로 보호하기 위한 저작권 보호기법의 기술이 요구되고 있다.

디지털 워터마크(Digital watermarking) 기법은 지적재산권 및 저작권을 보호하고, 소유권을 주장할 수 있는 근거를 제시할 수 있도록 하는 기술이다[1].

워터마크에 대한 최근 연구들은 공간영역보다 변환영역에서의 연구가 이루어지고 있다. 그러나 변환영역의 연구도 주파수 대역별 특성이 잘 분석되어 있지 않은 실정이다.

본 논문에서는 각 주파수 대역에 따른 워터마크의 강인성 연구에 중점을 두었으며, 변환영역 중에서 DFT(Discrete Fourier Transform)를 사용하여 각 대역별로 이진 워터마크를 삽입하였다. 그리고 각 대역별로 워터마크를 삽입한 후에 원 영상의 손실정도를 측정하고 다양한 공격에 대해 추출된 워터

마크의 견고성을 비교, 분석하였다.

### 2. 워터마크 기법

저작권 보호에 워터마크가 효율적으로 이용되기 위해서는 비가시성(Invisibility), 강인성(Robustness), 명확성(Unambiguity)등의 특성을 갖추어야 한다. 비가시성이란 삽입 후에도 원본의 변화가 거의 없어, 워터마크의 삽입여부를 감지하지 못하는 것을 말한다. 그리고, 강인성은 워터마크를 신호의 중요한 부분에 삽입하여 여러 가지 형태의 변형이나 공격에도 추출이 가능한 것을 말하며, 명확성은 추출된 워터마크가 확실한 소유권을 주장할 수 있도록 정확성을 유지하는 것이다.

디지털 영상의 저작권 보호를 위해 지금까지 연구되어온 워터마크 방법으로는 공간영역(Spatial domain)에서의 방법과 주파수영역(Frequency domain)에서의 방법으로 크게 나눌 수 있다.

공간영역의 방법은 변환 식을 사용하지 않고 영상의 화소 값을 직접적으로 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법이다. 그 중 Kutter[2]는 특정 위치의 화

소 정보를 변화시켜 인접 화소와의 비교로 신호를 검출해내는 방법 등을 제시하였다. 그러나, 이런 공간영역의 방법은 영상변형이나 잡음 등의 공격 등에 약하다는 단점이 있다.

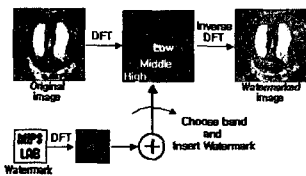
주파수 영역의 방법은 주파수 계수를 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법으로 Cox[3,4], Barni[5] 등은 DCT(Discrete Cosine Transform)를 이용하여 주파수 영역의 중요한 계수를 추출해 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다. 그리고, Xia[6], Hus[7] 등은 DWT(Discrete Wavelet Transform)의 Multiresolution을 이용한 방법을, Ruanaidh[8] 등은 DFT(Discrete Fourier Transform)를 이용하여 위상에 워터마크를 삽입하는 방법 등을 제안하였다. 주파수 영역의 방법은 공간영역의 방법보다 공격에 강하다는 특징을 가지고 있다.

### 3. 워터마크의 삽입 및 추출 알고리즘

본 논문에서는 워터마크의 강인성 연구를 위하여 주파수 변환 방법으로 DFT를 사용하였으며, 변환 후에는 워터마크의 삽입을 위해 변환 영역을 고, 중, 저주파 대역으로 분리하였다. 그리고 워터마크의 삽입 및 추출방법은 널리 알려진 Cox[4,5]의 방법을 확장하여 각각의 대역에 적용하였다.

#### 3.1 워터마크 삽입

(그림 1)은 본 논문에서의 워터마크의 삽입과정을 나타낸 것이다.



(그림 1) 워터마크 삽입과정

워터마크의 삽입을 위해 DFT를 수행하여 원영상과 워터마크를 주파수영역으로 변환하였으며 식은 (1)과 같다.

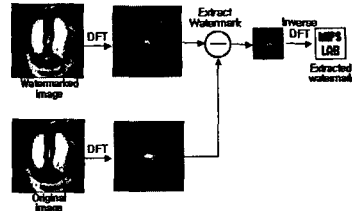
$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \exp[-j2\pi(ux + vy)/N] \quad (1)$$

다음으로 워터마크 삽입은 주파수 영역으로 변환된 원영상의 각 주파수 대역을 분리하여 워터마크를 삽입하였다. 마지막으로 주파수의 특정대역에 삽입 후에 역 DFT 수행으로 주파수 대역별 워터마킹 영상을 얻는다. 역 DFT 식은 (2)와 같다.

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \exp[j2\pi(ux + vy)/N] \quad (2)$$

#### 3.2 워터마크 추출

(그림 2)는 본 논문에서의 워터마크의 추출과정을 나타낸 것이다.



(그림 2) 워터마크 추출과정

워터마크의 추출을 위해서는 (그림 2)에서와 같이 원영상이 필요하며, 원영상과의 차를 이용하여 워터마크를 추출하게 된다.

먼저 원영상과 워터마킹된 영상에 DFT를 수행하여 주파수영역으로 변환하였다. 다음으로 워터마크 추출을 위해 주파수 영역으로 변환된 원영상과 워터마크영상의 차를 이용하여 각 대역별로 삽입되어 있는 워터마크를 추출하게 된다. 마지막으로 주파수의 특정대역에서 추출된 주파수영역의 워터마크는 역 DFT 수행으로 이진워터마크 영상을 얻게 된다.

### 4. 실험결과 및 고찰

본 논문에서는 원 영상으로 256×256 크기의 Baboom 영상에 워터마크의 삽입을 위해 32×32 크기의 시각적으로 쉽게 인지 할 수 있는 이진영상의 워터마크를 사용하였다. (그림 3)은 실험에 사용한 원영상과 워터마크 영상을 나타낸다.



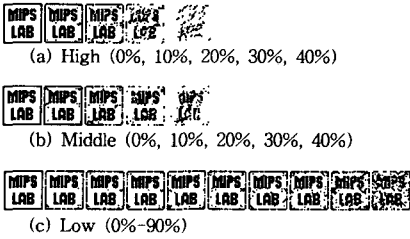
(그림 3) (a)원영상 (b)워터마크

원 워터마크와 추출된 워터마크 사이의 객관적인 유사성 측정을 위하여 NC(Normalized Correlation)를 사용하였다. 본 논문에서 사용한 NC는 식(4)와 같다. 여기서  $w(i, j)$ 는 원 워터마크이며,  $\hat{w}(i, j)$ 는 추출된 워터마크이다.

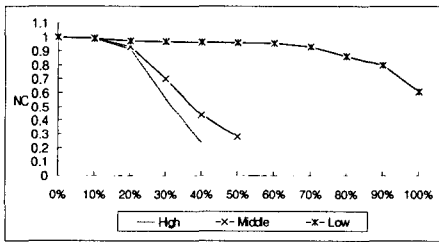
$$NC = \frac{\sum_i \sum_j w(i, j) \hat{w}(i, j)}{\sum_i \sum_j [w(i, j)]^2} \quad (4)$$

4.1 손실압축

위터마킹된 영상에 압축비율을 높여가며 압축공격에 대한 위터마크의 강인성을 실험하였다. (그림 4)는 압축비율에 따라 주파수 대역별로 추출된 위터마크 영상을 나타낸 것이다. 그리고 (그림 5)는 추출된 위터마크영상과 원 영상과의 NC의 결과를 나타낸 것이다.



(그림 4) 단계별 압축 후 추출된 위터마크

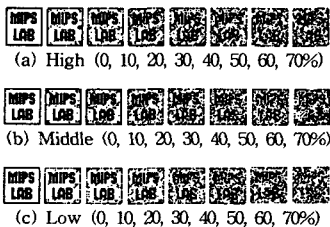


(그림 5) 압축률에 따른 NC 변화

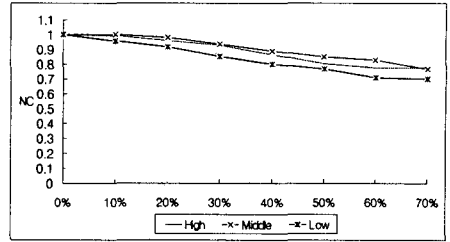
실험결과, (그림 4)에서 저주파에 삽입한 위터마크는 90%의 높은 압축률에도 위터마크의 형태를 알아볼 수 있는 강인함을 보였다. 그리고 중주파에 삽입한 위터마크는 30% 압축률까지, 고주파에 삽입한 위터마크는 20% 압축률까지 위터마크의 형태를 알아볼 수 있었다. (그림 5)의 NC 비교에서도 중주파와 고주파부분의 위터마크는 압축비율에 따라 그 강인성이 급격히 낮아지는 것을 볼 수 있었다.

4.2 잡음첨가

위터마킹된 영상에 잡음비율을 높여가며 잡음공격에 대한 위터마크의 강인성을 실험하였다. (그림 6)과 (그림 7)은 그 결과를 나타낸 것이다.



(그림 6) 노이즈 첨가 후 추출된 위터마크

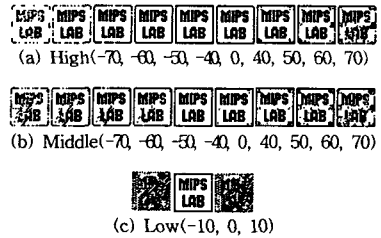


(그림 7) 노이즈 비율에 따른 NC 비교

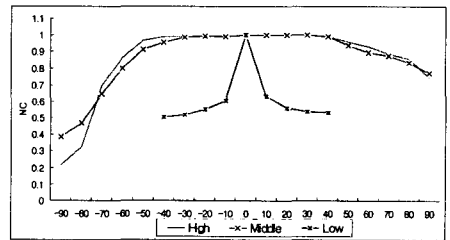
실험결과 (그림 6)에서 전 주파수 대역에서 추출된 위터마크들은 약 50% 이상의 잡음을 첨가할 때 위터마크가 많이 손실됨을 볼 수 있다. 또 대역에 따라 추출된 위터마크의 손실정도는 거의 차이를 보이지 않았다. 그러나 (그림 7)의 NC 비교에서 중주파 부분의 약간의 우수함을 보였다.

4.3 대비변화

위터마킹된 영상에 대비비율을 변화시켜가며 대비변화 공격에 대한 강인성을 실험하였다. (그림 8)과 (그림 9)는 그 결과를 나타낸 것이다.



(그림 8) 대비변화 후 추출된 위터마크



(그림 9) 대비변화에 따른 NC 비교

실험결과, (그림 8)에서 고주파와 중주파에 삽입한 위터마크는 -70~90%의 높은 대비변화율에도 위터마크의 형태를 알아볼 수 있는 강인함을 보였다. 그러나 저주파에 삽입한 위터마크는 -10~10% 정도의 낮은 변화율에도 불구하고 거의 추출되지 않음을 확인할 수 있다. (그림 9)의 NC 값의 비교에서도 같은 결과를 확인할 수 있다.

4.4 밝기변화

워터마킹된 영상에 밝기비율을 높여가며 밝기변화 공격에 대한 워터마크의 강인성을 실험하였다. (그림 10)과 (그림 11)은 그 결과를 나타낸 것이다.



(a) High (-70, -60, -50, -40, 0, 40, 50, 60, 70)

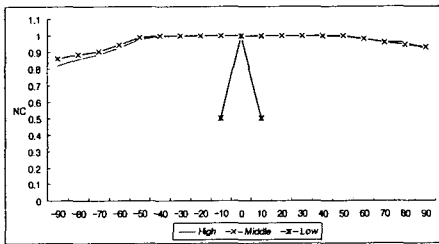


(b) Middle (-70, -60, -50, -40, 0, 40, 50, 60, 70)



(c) Low(-10, 0, 10)

(그림 10) 밝기변화 후 추출된 워터마크



(그림 11) 밝기변화 후 추출된 워터마크 NC 비교

실험결과, (그림 10)과 (그림 11)에서 저주파 대역에 삽입한 워터마크는 -10~10% 정도의 낮은 변화율에도 불구하고 거의 추출되지 않았다. 그러나 고주파와 중주파에 삽입한 워터마크는 -90~90%의 높은 밝기변화율에도 워터마크의 형태를 잘 알아볼 수 있는 강인함을 보였다.

4.5 히스토그램 평활화

워터마킹된 영상에 히스토그램 평활화 공격에 대한 워터마크의 강인성을 실험하였다. (그림 12)와 <표 1>은 그 결과를 나타낸 것이다.



(그림 12) 히스토그램 평활화 후 추출된 워터마크

<표 1> 추출된 워터마크의 NC 비교

대역	NC
고주파	0.99
중주파	0.98
저주파	0.53

실험결과, (그림 12)에서 고주파와 중주파에서 추출된 워터마크가 강인함을 보였으며, 저주파에 삽입한 워터마크는 거의 추출되지 않음을 알 수 있었다. 그리고 <표 1>의 NC 비교에서도 저주파의 경우 상당히 낮은 값을 보였다.

5. 결 론

본 논문에서는 워터마크의 강인성을 비교하기 위해 주파수 대역별로 워터마크를 삽입하고 다양한 공격에 대하여 각 대역에 따라 추출된 워터마크를 분석하였다.

실험결과, 고주파나 저주파 대역에 삽입한 워터마크는 특정한 공격에 대해 추출하지 못하는 경우가 있으며, 워터마킹된 영상의 손상도 높게 나타났다. 그러나 중주파 대역에 삽입한 워터마크는 실험의 모든 공격으로부터 대체로 높은 추출 비율과 워터마킹된 영상의 손실정도도 우수한 것으로 나타났다. 따라서 대역별 성능비교 결과, 중주파 대역에 워터마크를 삽입하는 것이 전반적으로 유리함을 확인할 수 있었다.

공격에 강인한 워터마킹을 위해서 전 대역에 확산하여 삽입하는 방식을 적용할 경우, 실험결과에서 우수한 성능을 보이는 중주파 대역에 워터마크의 많은 정보를 분포시키고, 저주파나 고주파 대역에는 좀더 견고한 알고리즘을 첨가하여 삽입한다면 강인한 워터마킹이 될 것이다.

참고 문헌

- [1] H.Berghel, "Protection Owner Ship Rights through Digital Watermarking," IEEE Computer Magazine, pp. 101-103, July 1996.
- [2] M.Kutter, F.Jordan and F.Bosson, "Digital Signature of Color Images using Amplitude Modulation," Proc. of SPIE, vol. 3022, pp. 518-526, 1997.
- [3] I.J.Cox, J.Kilian, T.Leighton, and T.Shammoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, December 1997.
- [4] I.J.Cox, and M.L.Miller, "A Review of Watermarking and the Impotance of Perceptual Modeling," Proc. of SPIE Conf. on Human Vision and Electronic Imaging II, vol. 3016, pp. 92-99, February 1997.
- [5] M.Barni, "Image Watermarking of Secure Transmission over Public Networks," Proc. of COST 254 Workshop on Emerging Techniques for Communication Terminals, Toulouse, France, pp. 290-294, July 1997.
- [6] X.G.Xia, C.G.Boncellet and G.R.Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," Proc. of IEEE ICIP, vol. 3, pp. 548-551, 1997.
- [7] C.T.Hus and J.L.Wu, "Hidden Digital Watermarks in Images," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 8, no. 1, pp. 58-68, January 1999.
- [8] J.O.Ruanaidh, W.J.Dowling, and F.M.Boland, "Phase Watermarking of Digital Images," Proc. of IEEE Conf. on Image Processing, vol. 3, pp. 239-242, 1996.