디지털 콘텐트 보호를 위한 강인한 웨이블릿 기반 로고 워터마킹 알고리즘

A Wavelet Based Robust Logo Watermarking Algorithm for Digital Content Protection

김 태 중* 홍 충 선** 황 재 호***
Tae-jung Kim Choong Seon Hong Jae Ho Hwang

요 약

워터마킹 분야의 많은 연구 가운데 최근 JPEG2000과의 호환성, 다중해상도 분해, HVS에 기반한 시스템의 구현 등의 이점으로 웨이블릿 변환 기반 알고리즘에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 대부분 강인성 등에 중점을 두고 이론적 측면만을 지나치게 강조하여 복잡하고 실제적으로 적용하기 곤란한 면이 있다. 본 논문에서는 대용량의 많은 데이터를 대상으로 로고를 워터마크로 이용하는 강인한 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 웨이블릿 2단계 변환을 수행하며 랜덤 치환을 위해 LFSR을 채택하였으며 원영상과 랜덤 치환된 워터마크 영상을 8x8 블록으로 나누어 '1'의 순서로 매핑하여 워터마크를 삽입한다. 실험결과로 성공적으로 워터마크가 삽입되어 가시적으로 워터마크가 드러나지 않으며 JPEG 압축, 저주파 필터, 고주파 필터, 밝기 변화 등의 영상 처리에 강인성이 있음을 보여 준다.

Abstract

Due to the advantage of wavelet transform such as the compatibility with JPEG2000, multi-resolution decomposition, and application of HVS(Human Visual System), watermarking algorithm based on wavelet transform (DWT) is recently most interesting research subject. However, most of researches are focused on theoretical aspects for the robustness rather than practical usage, and, may be not suitable too much complicated to use in practice. In this paper, robust logo watermarking algorithm based on DWT is proposed for large and huge data processing.

The proposed method embeds the logo watermark by mapping of 8x8 blocks in order of the number of '1' of the original image and the randomized watermark image with LFSR. The original image is transformed by 2 level wavelet. The experimental results shows that the watermark is embedded successfully, and the proposed algorithm has the valuable robustness from the image processing like JPEG compression, low pass filter, high pass filter and changes in brightness and contrast.

☞ ketyword : digital watermarking, wavelet transform, logo, copyright protection

1. 서 론

디지털 워터마킹은 디지털 매체에 저작권 정보를 강인하고 비밀스럽게 삽입하는 것으로 워터마크가 삽입된 후에 시각적으로 드러나지 않는 비가시성, 일반적인 신호처리 조작이나 공격에 대한 강인성, 적당한 크기로 필요한 정보만을 담을 수 있는 용량 그리고 소유권자를 쉽게 인식할 수 있는 명확성 등이 중요한 요소이다. 강인성과 가시성, 용량은 서로 반비례관계[1]가 있어서 강인성을 지나치게 향상시키면 용량이 증가하여 워터마크 삽입여부가 쉽게 밝혀질 우려가 있으며 가시성이 떨어질 가능성이 있다.

워터마킹은 워터마크 삽입 영역에 따라 공간영

* 정 회 원 : 한국과학기술정보연구원 책임연구원
taejung@kisti.re.kr
** 종신회원 : 경희대학교 전자정보학부 부교수
cshong@khu.ac.kr, 교신저자
*** 정 회 원 : 수원여자대학 그래픽디자인과 교수
jaeho@swc.ac.kr
[2007/10/30 투고 -2007/11/15 심사 - 2007/11/26 심사완료]

역 기반 기술과 주파수 영역 기반 기술로 나눌 수 있으며 이 가운데 주파수 영역 기반 기술은 다시 주파수 변환 방식에 따라 크게 DWT, DFT, DCT로 구분된다. DWT(Discrete Wavelet Transform)은 JPEG2000과의 호환성, 다중해상도 표현과 HVS (Human Visual System)의 적용, 암호 키를 적용해서 강인한 워터마크를 구현할 수 있다는 장점으로 최근 가장 많이 사용되고 있다[2].

Wang 등[3]은 웨이블릿 필터뱅크를 이용한 알고리즘을 발표했다. private key에 의해 랜덤하게 생성된 12개의 서로 다른 웨이블릿 필터를 이용하여 5레벨 웨이블릿 분해를 하여 워터마크를 삽입하였다. 워터마크는 스크램블 기술을 응용하여 암호화하여 워터마크 생성에서 삽입까지 복잡한 암호화를 과정을 통해 워터마킹된 영상을 얻었다. 보안적 측면에서 우수한 결과를 보였지만 계산 과정이 너무 복잡하다는 단점이 있다.

Reddy 등[4]은 HVS 특성을 활용하여 4레벨 웨이블릿 변환하였으며 그레이 스케일 로고를 워터마크로 사용하였다. 로고(logo)는 의미 있는 마크이며 수치나 암호를 검출하는 것보다 추출된 로고를 보여줌으로서 비 기술적인 심판자들에게 저작권 사항을 쉽게 확신시킬 수 있다. 또한, 어느 정도 잡음이 있어도 인지가 가능하다는 장점이 있다. HVS 모형에 의존한 결과로 비가시성은 우수한 반면 강인성 측면에서는 국부 기하학적 공격에서는 강인하나 평균화 필터와 같은 글로벌 기하학적 왜곡에 매우 취약한 결과를 보이고 있다. 또한, 가중치 함수 계산으로 인해 워터마크 삽입속도가 느리고 계산양이 많다는 문제가 있다. JPEG 압축에서 압축률이 60%를 넘어서면 워터마크를 인식할 수 없다.

Hien 등[5]은 RDWT (Redundant Discrete Wavelet Transform)에 의한 로고 워터마킹을 연구하였다. DWT의 다운 샘플링 과정이 없으며 워터마크 랜덤 치환을 위해 NVF(Noise Visible Function)을 사용하였다. 블라인드 워터마크를 위해 ICA(Independent Component Analysis)를 사용하였다. 고주파 성분이 적은 평탄 이미지가 많은 영상에서는 적용하기 곤란할 정도로 강인성에 문제가 있으며 NVF의 영향으로 검출된 워터마크 영상의 가시성에 차이가 크며 별도의 암호 키를 사용한다.

Lou 등[6]은 시각 암호 기법을 이용한 워터마크 기법을 제안했다. (k,n)시각암호를 이용했으며 3레벨 웨이블릿 변환으로 워터마크 검출에 원본이 필요 없는 블라인드 워터마크를 제안하였다. 워터마크 삽입시 사용했던 워터마크 영상과 암호 키를 달리 적용해서 검출하였을 경우 알아볼 수 없을 정도의 잡음과 같은 이미지가 검출되었으며 부대역 정보, 암호 키, 코드 북 등을 별도로 비밀로 보관해야 한다는 새로운 관리 문제가 있다.

워터마킹 기술은 많은 연구에도 불구하고 아직 초보 단계라 해도 지나치지 않을 정도이며 완벽하게 공격에 대응하는 알고리즘은 존재하지 않다. 다만, 저작권 보호를 위해 삽입된 워터마크를 제거하거나 파괴하려면 대상 매체의 품질이 심가하게 떨어지거나 제거하려는 비용과 노력이 정당하게 구입하는 경우보다 더 많이 소요되는 정도의 강인성과 비밀성이 중요하다[1].

본 논문에서는 비가시성 강인한 워터마킹을 목적으로 로고를 워터마크로 사용하며 대용량의 대량의 영상 데이터를 처리하기 위해 복잡하거나 번거로운 관리나 계산을 필요로 하지 않는 실질적으로 현장에서 활용 가능하면서 강인한 워터마킹 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 제1장은 서론 부분으로 관련 연구들을 비교 분석하여 이 논문에서 요구되는 사항을 검토해 보았으며, 제2장에서 제안하는 알고리즘과 워터마크 삽입 및 검출 방법에 대하여 설명하고 제3장에서는 실험결과를 제시하고 분석한다. 제4장에서 결론과 향후 연구방향을 제시하고자 한다.

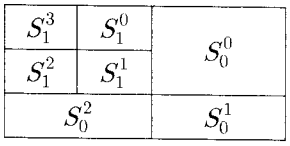
2. 제안하는 워터마킹 알고리즘

본 논문에서는 2레벨 DWT 영역에서 HVS 특성을 활용하며 의사 랜덤 시퀀서 LFSR(Linear Feedback Shift Register)를 사용한다. HVS를 사용

함에 있어 최상단 고주파 성분은 손실압축 과정에서 손실될 우려가 있으므로 사용하지 않으며 워터마크의 중주파 성분을 대상 영상의 중주파 영역에 삽입한다. LFSR은 피드백함수로 XOR 연산을 사용하며 가장 빠른 의사 랜덤 시퀀서 가운데 하나다[7].

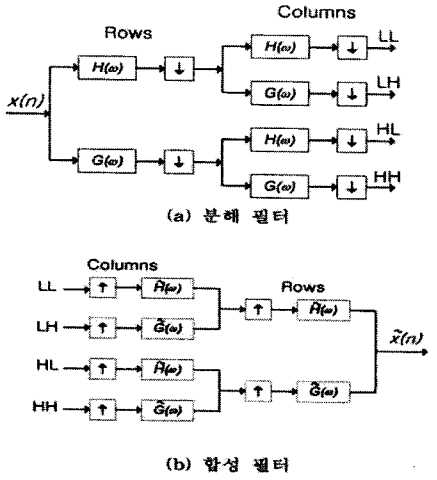
2.1 디지털 영상의 웨이블릿 변환

2레벨의 DWT 영역에서 해상도 레벨이 $l=0,1$, 방향이 $\theta=\{0,1,2,3\}$인 부대역을 S_l^θ라 하면 HVS 특성을 이용하여 그림 1의 S_0^2, S_0^0, S_1^2, S_1^0에 워터마크를 삽입하는 것이다.



(그림 1) 2레벨 DWT 분해

중간 밴드 저대역 필터링은 중간 주파수 대역보다 높은 주파수 는 모두 제거한다. 샘플링 과정을 거치면서 새로운 밴드와 해상도를 얻게 된다. 그림 2는 이러한 웨이블릿 특성과 분해 및 복구 과정을 보여준다.

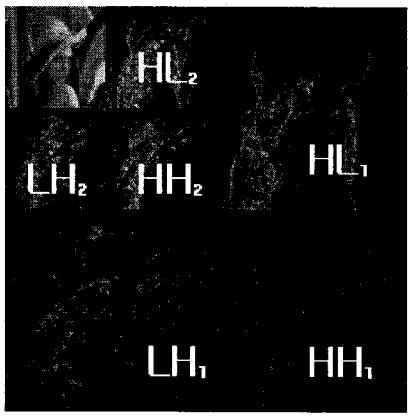


(그림 2) DWT를 이용한 영상의 분해와 합성

여기서 $H(w)$는 저역 통과필터이고 $G(w)$는 고역 통과필터이다.

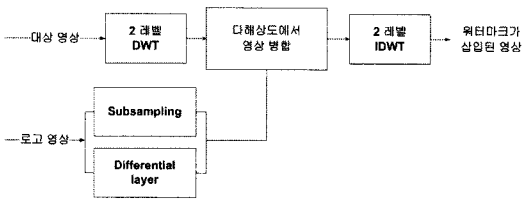
2.2 워터마크 삽입

Lena 512 x 512 영상을 2-레벨 웨이블릿 변환을 수행하면 그림 3과 같은 다중해상도 영상을 얻을 수 있다.



(그림 3) Lena 영상의 2레벨 DWT 분해

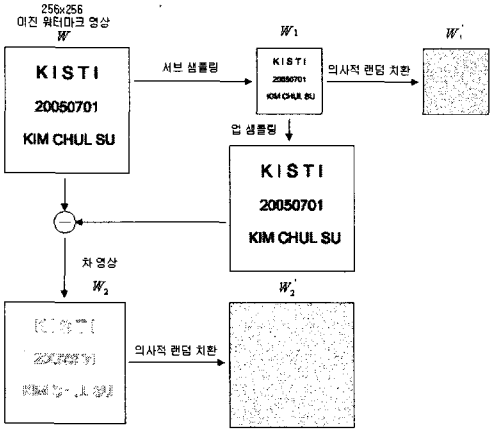
그림 4의 개념도와 같이 대상 영상을 2-레벨 DWT 변환하여 얻어지는 다중해상도 영상에 로고영상을 서브 샘플링하고 Differential Layer 기법을 통해 얻어진 이진 워터마크 영상을 다중해상도 영상에 병합한 다음 다시 2-레벨 IDWT 과정을 통하여 워터마크가 삽입된 영상이 얻어진다.



(그림 4) 웨이블릿 영역에서 워터마크 삽입 개념도

저작권 정보로 사용되는 워터마크 영상은 그림 5와 같은 과정을 거쳐 준비된다. 워터마크 영상

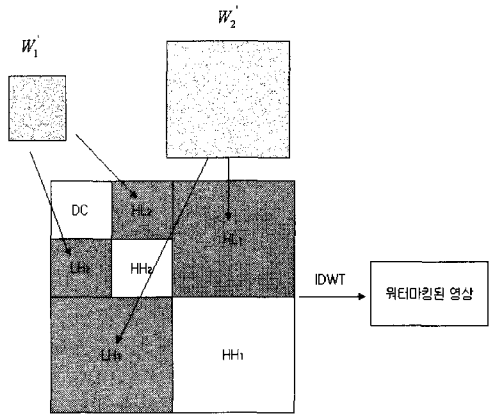
(*W*)은 기관명, 워터마크 생성 날짜, 워터마크 소유주 성명으로 구성된다. *W*는 서브 샘플링되어 128 x 128의 *W1* 영상이 되며 의사 랜덤 치환 과정에 의해 *W1*'의 영상을 얻게 된다. 의사 랜덤 치환은 선형 피드백 쉬프트 레지스터(LFSR : Linear Feedback Shift Register)에 의해 수행된다. 한편 *W1* 영상은 다시 업 샘플링되어 얻어진 영상과 이진 워터마크 영상(*W*)과의 차를 통해 차영상(*W2*)을 구한다. 이 *W2* 영상도 의사 랜덤 치환에 의해 *W2*' 영상을 얻는다.



(그림 5) 워터마크 영상의 분해 및 의사 랜덤 치환

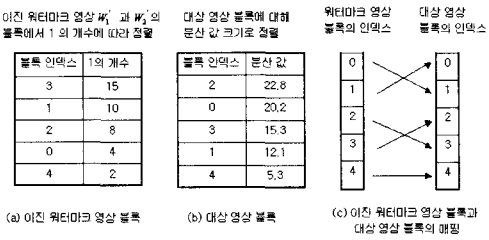
W1' 와 *W2*' 가 영상이 그림 3과 같이 분해된 영상에 삽입 된다. 워터마크 삽입과정 그림 6에서 *W1*' 영상은 HL_2와 LH_2 밴드에 *W2*' 영상은 HL_1와 LH_1 밴드에 삽입한 다음 역 웨이블릿 변환(IDWT) 과정에 의해 워터마킹된 영상을 얻는다.

웨이블릿 영역에서 W_1'을 대상 영상의 HL_2와 LH_2 밴드에 그리고 W_2' 을 HL_1와 LH_1 밴드에 삽입할 때 HVS 특성을 고려하게 된다. W_1'과 W_2'을 8x8의 블록으로 나눈 다음 각 블록에 1의 개수를 센 다음 블록의 인덱스를 내림차순으로 정렬한다. 또한, 대상 영상의 각 밴드(HL_2, LH_2, HL_1, LH_1)도 8x8 블록으로 나눈 다음 각 블록의 분산 값에 따라 내림차순으로 정렬한다. 1의 개수가 많은 워터



(그림 6) 웨이블릿 영역에서 워터마크(W_1'와 W_2') 삽입

마크 영상 블록은 분산 값이 큰 대상 영상 블록에 삽입되며 1의 개수가 적은 워터마크 영상 블록은 분산 값이 작은 대상 영상 블록에 삽입된다.



(그림 7) 워터마크 블록과 대상영상 블록의 매핑

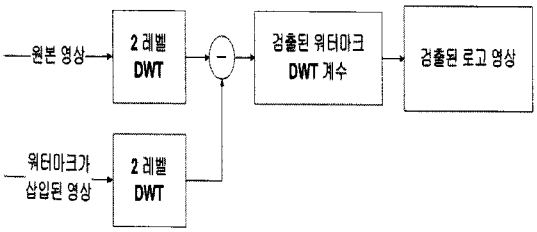
이와 같이 과정을 거쳐서 이진 워터마크 영상과 영상 블록의 매핑이 결정되었으면 다음과 같은 식 1에 의해 워터마킹이 수행된다. 여기서 $c'(x,y)$는 워터마크 삽입에 의해 변경된 웨이블릿 계수 값을 나타내며, $c(x,y)$는 워터마킹 전의 웨이블릿 계수 값이다. $w(x,y)$는 워터마크 영상의 값으로 0 또는 1을 갖는다.

$$c'(x,y) = c(x,y) + \alpha$$
$$if\ w(x,y) = 1,\ \alpha = 1.5 \qquad \text{(식 1)}$$
$$if\ w(x,y) = 0,\ \alpha = -1.5$$

파라미터 α는 $w(x,y)$가 1일 때는 1.5를, 0일 때는 -1.5의 값을 갖는다.

2.3 워터마크 검출

워터마크의 검출은 워터마크 삽입의 역과정을 통해 이루어진다. 본 논문에서 사용된 워터마크는 시각적으로 인지할 수 있는 로고 영상이기 때문에 그림 8과 같은 워터마크 추출 과정을 통해 얻어진 로고 영상을 눈으로 확인하면 된다.



(그림 8) 워터마크 영상 검출 개념도

3. 실험 결과

윈도우 기반 Visual C++ 6.0 환경에서 구현되었으며 실험 영상들은 구성요소와 영상의 복잡도면에서 서로 차이가 있는 512×512 크기의 그레이스케일(8 bits/pixel) 표준 영상인 Airplane과 Lena를 사용하였다. 그림 9는 본 논문에서 사용된 워터마크로 이진 로고 영상(256×256)이다.

워터마크가 삽입된 영상에 대해 워터마크의 비가시성과 강인성 측면에서 실험하였다. 제안한 워터마킹 기법을 비가시성 측면에서 평가하기 위하여 연구자의 판단으로 워터마크를 삽입한 영상과 삽입하기 이전의 영상과의 시각적 차이여부를 관찰하였고, 식 2의 PSNR를 이용하여 화질 저하를 평가하였다. 여기서 X_{ij}와 X'_{ij}는 각 각 원 영상과 워터마크가 삽입된 영상의 픽셀 값을 나타낸다.

(그림 9) 사용된 워터마크

$$PSNR = 10\log_{10}\frac{255^2(dB)}{\frac{1}{m\times n}\sum_{i=0}^{m-1}\sum_{j=0}^{n-1}(X_{ij}-X'_{ij})^2}$$

(식 2)

강인성 측면을 평가하기 위하여 워터마크가 삽입된 영상에 대한 밝기(brightness) 변화, 밝기와 대비(brightness & contrast) 변화, 저주파 필터링(blurring), 고주파 필터링(sharpening), JPEG 압축과 같은 인위적인 왜곡을 가한 후 워터마크를 검출하였다.

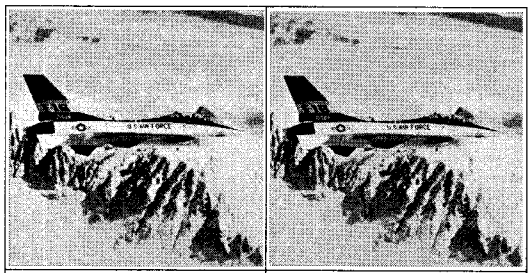
워터마크 검출에 대한 시각적 판별은 각각의 삽입 영역(HL 영역, LH 영역)에서 검출된 워터마크인 이진 로고 영상으로 평가하였다. 이진 로고 영상은 시각적으로 형태를 볼 수 없으므로 화소값을 그레이 스케일 영상으로 전환하였고 수치적 판별은 식 3의 정규화상관도(NC)를 이용하였다. 영상 형태의 워터마크에서는 항상 시각적 판별이 수치적 판별을 우선한다. 왜냐하면 수치적 판별은 검출된 워터마크와 원본 워터마크의 상관성을 비교하여 결과를 도출하지만, 영상 형태의 워터마크에서 중요한 위치를 고려하지는 않기 때문에 원본 워터마크와 다를 수 있다.

검출된 로고 영상이 시각적으로 인지할 수 없는 경우에는 원래의 로고 영상과 검출된 로고 영상의 유사도를 측정하여 워터마크 삽입 여부를 판단하게 되며 유사도는 NC(Normalized Correlation)를 측정하여 나타낸다. 여기서 $W(p,q)$은

원본 로고 영상을 나타내고, 그리고 $\widetilde{W}(p,q)$은 검출된 로고 영상을 나타낸다.

$$NC=\frac{\sum_{p=0}^{N-1}\sum_{q=0}^{N-1}[W(p,q)\widetilde{W}(p,q)]}{\sum_{p=0}^{N-1}\sum_{q=0}^{N-1}[W(p,q)]^2} \quad \text{(식 3)}$$

본 논문에서 제안하는 워터마킹 기법은 비가시성 워터마킹이므로 워터마크가 삽입된 영상에서 워터마크의 존재가 육안으로 판별되지 않아야 한다. 그림 10은 원본 Airplane 영상과 워터마크가 삽입된 Airplane 영상 그리고 원본 Lena 영상과 워터마크가 삽입된 Lena 영상을 비교한 것이다.



(a) 원본 Airplane 영상 (b) 워터마크 삽입영상

(a) 원본 Lena 영상 (b) 워터마크 삽입영상

(그림 10) 워터마크 삽입 영상에 대한 시각적 비교

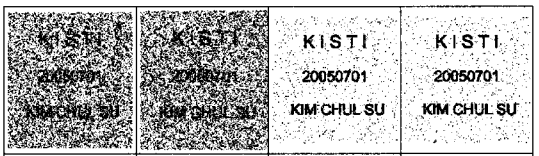
워터마크 존재가 시각적으로 나타나지 않는 것을 알 수 있다. Airplane 영상은 평탄 영역이 많아 영상이 잘못될 경우 시각적으로 명확하게 드러난다. 표 1은 실험 영상들에 대해 워터마크를 삽입한 뒤 PSNR를 조사한 것이다.

(표 1) 워터마크가 삽입된 영상의 PSNR

PSNR / 영상	PSNR
Airplane	39.97
Lena	43.98

워터마크 검출은 대상 영상의 웨이블릿 영역의 HL 영역과 LH 영역이며 HL 영역에서 검출된 워터마크를 'HL 검출', LH 영역에서 검출된 워터마크를 'LH 검출' 이라 정한다.

그림 11은 워터마크가 삽입된 영상들의 밝기 값을 50% 증가시킨 후 검출된 워터마크이며 표 2는 PSNR과 NC 값이다.



(a) Airplane의 HL 검출 (b) Airplane의 LH 검출 (c) Lena의 HL 검출 (d) Lena의 LH 검출

(그림 11) 밝기 값을 50% 증가시킨 경우의 검출 결과

(표 2) 밝기 값을 50% 증가시킨 경우의 PSNR과 NC

평가 / 영상	PSNR	NC	
		HL 검출	LH 검출
Airplane	14.62	0.63	0.64
Lena	14.19	0.95	0.95

표 2에서 Airplane 영상의 경우 HL 영역에서 검출된 워터마크와 LH 영역에서 검출된 워터마크가 약간 차이가 있는 것은 영상 내 성분들이 왜곡에 의해 변형되는 정도가 서로 틀리기 때문이다. Airplane 영상의 경우에는 수평방향(LH 영역)의 윤곽선 성분이 수직방향(HL 영역)의 윤곽선 성분보다 밝기의 변화에 더 많이 변형되었음을 알 수 있다. 그리고 NC 값에서 Airplane과 Lena 영상의 차이가 큰 이유는 영상 구성 요소가 서로 많이 다르기 때문으로 Airplane 영상의 경우 평탄 영역이 많기 때문에 Lena 영상보다 밝기의

변화에 의해 변형되는 정도가 더 크다. 표 3은 워터마크가 삽입된 영상의 밝기와 대비를 각각 20%씩 증가시킨 경우의 PSNR과 NC 값이다.

(표 2) 밝기와 대비 20%씩 증가 경우의 PSNR과 NC

평가 / 영상	PSNR	NC	
		HL 검출	LH 검출
Airplane	19.31	0.81	0.80
Lena	19.36	0.82	0.87

표 3은 저주파 필터링인 블러링(blurring)한 경우 PSNR과 NC 값이다. 저주파 필터링은 화소값의 변화율이 낮은 저주파 성분을 통과시키는 고주파 차단 필터링이며 잡음제거에 사용된다.

(표 3) 저주파 필터링한 경우의 PSNR과 NC

평가 / 영상	PSNR	NC	
		HL 검출	LH 검출
Airplane	36.85	0.67	0.67
Lena	39.68	0.62	0.67

Lena 영상의 경우 NC 값에서 HL 영역에서 검출된 워터마크와 LH 영역에서 차이는 Lena 영상의 경우에 수직방향(HL 영역)의 윤곽선 성분이 수평방향(LH 영역)의 윤곽선 성분보다 저주파 필터링에 더 많이 변형되기 때문이다.

표 4는 고주파 필터링(sharpening)에 PSNR 및 NC 값이다. 고주파 필터링은 영상의 세세한 정보를 강조하기 위해 사용된다[8].

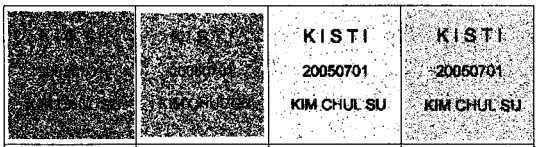
(표 4) 고주파 필터링한 경우의 PSNR과 NC

평가 / 영상	PSNR	NC	
		HL 검출	LH 검출
Airplane	32.19	0.77	0.76
Lena	32.82	0.74	0.79

Lena 영상의 경우 수직방향 윤곽선 성분이 수평방향 윤곽선 성분보다 고주파 필터링에 더 많이 변형되는 것을 알 수 있다.

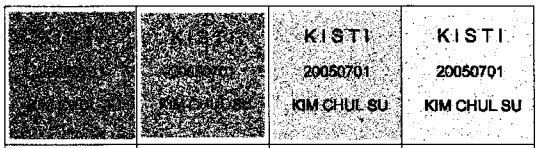
JPEG 압축할 경우, 그 압축률에 따라 워터마크의 검출 정도가 달라진다. 표 5는 압축률에 따른 PSNR과 NC의 값이다.

그림 12는 워터마크가 삽입된 영상을 JPEG 압축한 경우, HL 검출과 LH 검출의 시각적 결과이다. 압축률이 79.7%인 경우에는 워터마크의 존재 여부는 알 수 있지만 정확한 내용을 파악하기는 어렵다. 압축률이 79.7%인 경우 표 6을 보면 NC 값이 0.5 이하의 값인 것을 알 수 있다.



6.9:1 (79.7%) | 4.7:1 (77.0%) | 2.9:1 (63.3%) | 1.5:1 (38.3%)

(a) Airplane HL 검출

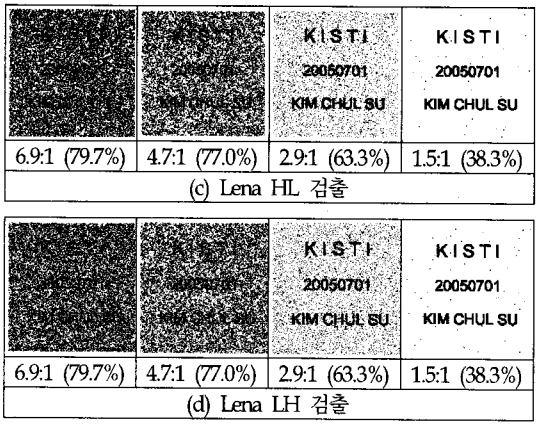


6.9:1 (79.7%) | 4.7:1 (77.0%) | 2.9:1 (63.3%) | 1.5:1 (38.3%)

(b) Airplane LH 검출

(표 5) JPEG 압축률에 따른 PSNR과 NC

압축률 / 평가 / 영상	1.5:1 (38.3%)			2.9:1 (63.3%)			4.7:1 (77.0%)			6.9:1 (79.7%)		
	PSNR	NC		PSNR	NC		PSNR	NC		PSNR	NC	
		HL 검출	LH 검출		HL 검출	LH 검출		HL 검출	LH 검출		HL 검출	LH 검출
Airplane	39.78	0.98	0.98	38.84	0.86	0.87	37.45	0.58	0.57	37.35	0.47	0.46
Lena	43.51	0.99	0.99	40.75	0.84	0.85	38.35	0.59	0.58	38.22	0.48	0.47



(그림 12) JPEG 압축률에 따른 검출 결과

4. 결론

본 논문에서 제안한 알고리즘을 실험한 결과 시각적 관찰에서는 차이를 발견할 수 없었으며 밝기 변화에서는 영상에 따라 차이가 있지만 평탄 영역이 많은 경우 밝기 값이 50% 증가한 경우까지 워터마크 검출이 가능하였다. 그리고 밝기와 대비를 동시에 변화시킨 경우는 각각 20%씩 증가시킨 경우까지 워터마크 검출이 가능하였다. 저주파 필터링과 고주파 필터링에서도 워터마크 검출이 가능하였다. 그리고 가장 많이 사용하는 파일 형식인 JPEG 압축의 경우에도 77% 압축한 경우에도 워터마크 검출이 가능하였다.

Reddy 등[4]의 연구 결과에서 JPEG 압축의 경우 압축률이 60%를 넘어서면 비교적 간단한 형태의 로고 워터마크임에도 검출결과 식별이 곤란하다고 하였으나 본 논문에서 제안하는 알고리즘에서는 문자들로 구성된 복잡한 로고 워터마크이지만 70% 압축률에서도 인식이 가능한 결과를 보이고 있어 상대적으로 매우 우수하다.

향후 연구 방향은 관리문제가 복잡하지 않은 블라인드 워터마킹 기법과 특정 응용 분야의 요구 사항을 만족하는 워터마킹 그리고, 통신 기술의 발달에 맞추어 전자상거래가 확대되고 있어 단순 워터마킹 기술뿐만 아니라 DRM과 연계된 멀티미디어 저작권 보호 및 관리와 관련된 기술을 연구하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] Seitz, J., 'Digital Watermarking for Digital Media', Information Science Publishing, 2005

[2] Meerwald, P., and Uhl, A., 'Survey of Wavelet-domain Watermarking Algorithms', SPIE Symposium, Electronic Engineering Conference on Security and Watermarking of Multimedia contents III, San Jose, CA, USA, pp.505-516, Jan. 2001

[3] Wang, Y., Doherty, J.F., and Van Dyck, R.E., 'A wavelet-based watermarking algorithm for ownership verification of digital images', IEEE Transactions on Image Processing, Volume 11, Issue 2, pp.77 - 88, 2002

[4] Reddy A. A., and Chatterji, B.N., 'A new wavelet based logo-watermarking scheme', Pattern Recognition Letter, 26, pp.1019-1027, 2005

[5] Hien, T. D., Nakao, Z. and Chen, Y.-W., "Robust multi-logo watermarking by RDWT and ICA", Signal Processing, 86, pp.2981-2993, 2006

[6] Lou, D.-C., Tso, H.-K., and Liu, J.-L., 'A copyright protection scheme for digital images using visual cryptography technique', Computer Standards & Interfaces, vol. 29, pp.125-131, 2007

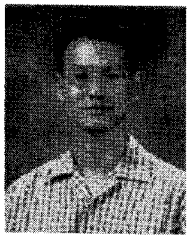
[7] http://www.doe.carleton.ca/~jknight/97.478/dig5cirH.pdf 및 http://www.doe.carleton.ca/~jknight/97.478/97.478_03F/Advdig5cirJ.pdf

[8] 정성환, 이문호, '오픈소스 CxImage를 이용한 Visual C++ 디지털영상처리', 홍릉과학출판사, 2007

◐ 저 자 소 개 ◑

김 태 중(Tae-jung Kim)
1978년 성균관대학교 금속공학과(공학사)
1990년 성균관대학교 경영대학원 정보처리학과(경영학석사)
2005년 경희대학교 정보통신대학원 멀티미디어시스템공학과 박사과정 수료
1981~1995년 한국과학기술정보연구원 선임연구원
1995~1999년 한국데이터베이스진흥센터 부장
1999~현재 한국과학기술정보연구원 책임연구원S
관심분야 : 저작권 보호 및 관리 기술, 정보검색
E-mail : taejung@kisti.re..kr

홍 충 선(Choong Seon Hong)
1983년 경희대학교 전자공학과(공학사)
1985년 경희대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1997년 Keio university 정보통신전공(공학박사)
1988~1999년 한국통신 통신망연구소 수석연구원/ 네트워크연구실장
1999~현재 경희대학교 전자정보학부 부교수
관심분야 : 인터넷 서비스 및 망관리, 네트워크 보안, 모바일 네트워킹
E-mail : cshong@khu.ac.kr



황 재 호(Jae Ho Hwang)
1986년 경희대학교 전자공학과(공학사)
1991년 경희대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
2000년 경희대학교 대학원 전자학과(공학박사)
1991~1998년 한국통신 전송기술연구소 전임연구원
1998~2000년 극동정보대학 멀티미디어과 전임강사
2001~현재 수원여자대학 그래픽디자인과 교수
관심분야 : 영상 및 비디오 압축, 인터넷 서비스, 객체지향 시스템 등
E-mail : jaeho@swc.ac.kr