

ROI를 이용한 웨이블릿 기반 디지털 영상의 워터마킹 기법

김 태 중[†] · 홍 충 선^{**} · 성 지 현^{***} · 황 재 호^{****} · 이 대 영^{*****}

요 약

일반적인 워터마킹 기술들은 영상의 특성을 고려하지 않은 채 전체적인 영상에 워터마크를 삽입하는 경우가 많다. 본 논문에서는 워터마킹 알고리즘을 웨이블릿을 기반으로 구현을 하였으며, 견고한 워터마크 삽입을 위해 Multi-Threshold Watermark Coding(MTWC)의 원리에 기초하여 Region of Interest(ROI)라고 불리우는 영상의 영역에 큰 계수를 찾아 워터마크를 삽입하게 된다. 이때 Human Visual System(HVS)을 이용하여 견고성과 비가시성의 향상을 도모하였다. 워터마크 삽입대역은 중주파 대역에 삽입을 하게 되는데 중주파 대역에 삽입한 워터마크는 어떠한 영상 처리과정 후에도 높은 비율의 추출을 보였으며, 워터마크가 삽입된 영상의 왜곡정도도 다른 대역보다 상대적으로 적게 나타나므로 중주파 대역에 워터마크를 삽입하였다. 워터마크는 의사 랜덤 시퀀스(Pseudo Random Sequence)로 구성되어 있고 워터마크의 검출은 Cox의 유사도 측정식을 이용하여 워터마크의 삽입여부를 판단한다

A Wavelet-Based Watermarking Scheme of Digital Image Using ROI Method

Tae-Jung Kim[†] · Choong-Seon Hong^{**} · Ji-Hyun Sung^{***}
Jae-Ho Hwang^{****} · Dae-Young Lee^{*****}

ABSTRACT

General watermarking techniques tend not to consider intrinsic characteristics of image, so that watermarks are embedded to entire images. In this paper, we present a watermarking algorithm based on wavelet domain, and the watermark is embedded into large coefficients in region of interest(ROI) being based on principle of multi-threshold watermark coding(MTWC) for robust watermark insertion. We try to accomplish both image quality and robustness using human visual system(HVS). The watermarks are embedded in middle frequency bands because the distortion degree of watermarked images appears to be less than lower frequency bands, and the embedded watermarks in the middle bands showed high extraction ratios after some distortion. The watermarks are consisted of pseudo random sequences and detected using Cox's similarity measurement.

키워드 : 워터마킹(Watermarking), Multi-Threshold Watermark Coding(MTWC), Human Visual System(HVS)

1. 서 론

워터마킹은 크게 공간영역 기반의 기술[1], 그리고 주파수 영역 기반의 워터마킹 기술이 있다[3-5]. 두 가지 방법 모두 장단점이 있지만 주파수 영역 기반의 워터마킹 기술이 잡음이나 압축 등에 보다 강한 이점 때문에 현재 많이 사용되고 있다.

Caronni[8]는 인지할 수 없는 어두운 부분에 디지털화된 영상에 아주 작은 기하학적 패턴(geometric patterns)과 같은 태그(tags)를 첨가하는 것을 제안했다. 하나의 영상 안

에 공간적 워터마크를 숨기는 아이디어가 근본적으로 확실한 경우, 이 기법은 필터링(filtering)과 재디지털화(redigitization)에 의한 공격에 영향을 받기 쉬울 수 있다. 또한 기하학적 패턴들은 암호화된 정보와 함께 제한된 알파벳만을 제공함으로써 크로핑(cropping)과 같은 일반적인 기하학적 왜곡현상들에 견고할 수 없다.

Macq와 Quisquater[9]는 주로 암호화와 디지털 TV상에 일반적인 연구의 한 부분으로서 디지털 영상의 워터마킹이슈에 대해서 논의하였다. 영상의 윤곽선 근접 부분에 위치한 픽셀들의 LSB(least significant bits)에 워터마크를 삽입하는 절차를 기술하였다. 영상 픽셀의 마지막 비트에 워터마크의 정보를 넣음으로써 구현이 쉽고 영상에 최소한의 변형을 주는 것이지만 작은 영상의 변형에도 워터마크가 검출되지 않는다는 단점이 있다.

* 본 연구는 University ITRC 프로젝트 지원에 의해 수행되었음.

† 정 회 원 : 한국과학기술정보연구원 정책마케팅부장

** 종 신 회 원 : 경희대학교 전자정보학부 교수

*** 장 회 원 : (주)플래넷 기술연구소 연구원

**** 정 회 원 : 수원여자대학 전자상거래과 교수

***** 정 회 원 : 경희대학교 전자정보학부 교수

논문접수 : 2003년 10월 16일, 심사완료 : 2004년 3월 30일

Bender[10] 등은 두 가지 워터마킹 기법을 제안하였다. 첫 번째 방법은 패치워크(patchwork)라 불리는 통계적인 방법이다. 이진수로 랜덤벡터를 생성한 후 1의 정보를 나타낼 때는 삽입하고자 하는 픽셀에 더하고 0의 정보를 나타낼 때는 삽입하고자 하는 픽셀에 빼기 연산을 하여 저작권 정보를 영상에 심었다. 이는 기하학적 왜곡에 안 좋은 결과를 나타냈고 압축에서도 워터마크 검출율이 매우 낮았다.

앞에서 언급했듯이 영상 픽셀에 직접 공간 주파수 대역을 이용하여 워터마크 코드를 삽입한다는 것은 기본적인 영상 처리에도 쉽게 워터마크가 사라진다. 그래서 1990년대 중반부터 워터마크 삽입 밴드는 주파수 대역으로 전이되기 시작하였다.

Wang[11] 등은 웨이브렛 필터 뱅크를 이용한 알고리즘을 발표했다. 개인 키에 의하여 랜덤하게 생성된 12개의 서로 다른 웨이브렛 필터를 이용 5-레벨을 가지는 웨이브렛 분해를 하여 워터마크를 삽입하였다. 생성된 워터마크 또한 스크램블(scramble)기술을 응용하여 암호화하여 워터마크 생성에서 삽입까지 복잡한 암호를 통해 워터마크된 영상을 얻는다. 하지만 이는 보안적인 측면에선 우수하고 결과도 좋지만 계산 과정이 너무 복잡하다는 단점이 있다.

Zhang[12] 등은 영상을 8×8 블록 DCT 후 고주파 성분(AC)과 저주파 성분(DC) 모두에 각 계수의 특성에 따라 워터마크의 크기를 조절하는 방법으로 워터마크를 삽입하였다. 크기를 조절하는 상수 α 와 β 를 영상의 밝고 어두운 정도(brightness)와 복잡도(texture) 특성을 우선 결정하고 이에 따라 워터마크를 삽입하였다. 그러나 α 와 β 가 상수라는 점에서 알고리즘의 한계가 있었고 본 논문에서 사용되는 HVS(human visual system)에 대한 관심이 늘어나게 되었다.

M.Barni[4]는 영상을 4레벨로 DWT변환을 한 후 가장 고주파 영역에 워터마크를 삽입하였다. 워터마크는 1과 -1인 의사 랜덤 수를 사용하였으며, A. S Lewis와 Knowles [3]에 의해 제안된 인간의 시각적인 특성을 고려한 HVS를 사용하여 워터마크를 삽입하였다. 가장 고주파 밴드에 워터마크를 삽입하게 되면 어떠한 영상처리나 왜곡에 대하여 견고성은 떨어질 수 있는 단점이 있지만 비가시성은 향상되는 장점이 있다. 반면 저주파 밴드에 워터마크를 삽입하게 되면 견고성은 향상되나 영상 복원 시 화질이 떨어지는 단점이 있다.

본 논문은 이러한 워터마크 삽입밴드에 따른 특성을 고려하여 중간 주파수 밴드에 워터마크를 삽입하였다. 대부분의 워터마킹 기술들은 모든 주파수 밴드 또는 특정 밴드에 전체적으로 워터마크를 전체적으로 삽입하는 기술들이 많았다. 하지만 영상처리나 압축과정 후 변화가 적은 DWT계수 값에만 워터마크를 삽입하게 되면 좀 더 견고성이 향상

되는 특성이 있다[5]. 본 논문은 이러한 특성을 고려하였으며, 워터마크 삽입 시에 HVS를 사용하여 변조되는 계수 값에 적절한 가중치를 줌으로써 견고성과 비가시성을 동시에 향상시켰다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련연구에 대해 살펴보고 3장에서는 MTWC원리를 기초로 하여 ROI를 찾아 어떻게 HVS를 접목하여 워터마크를 삽입하고 검출할 것인지에 대해서 설명하고, 4장에서는 실험 및 고찰, 끝으로 5장에서는 결론을 맺고 향후 과제에 대해서 설명하도록 하겠다.

2. 제안한 워터마킹 알고리즘

본 논문에서는 3-레벨의 DWT 영역에서 해상도 레벨이 $l=0, 1, 2$, 방향이 $\theta \in \{0, 1, 2, 3\}$ 인 서브밴드를 I_l^θ 로 칭한다. 의사 랜덤 이진 시퀀스로 구성되어 있는 워터마크는 레벨이 1인 3개의 밴드에 DWT계수의 변조를 통해 삽입된다. 본 논문에서 제안된 알고리즘은 영상을 3개의 레벨로 고주파밴드와 저주파밴드로 분해한 후 중주파 밴드 즉, I_1^0, I_1^1 그리고 I_1^2 밴드의 ROI를 찾아 HVS를 이용하여 워터마크를 삽입하는 것이다.

2.1 디지털 영상의 웨이브렛 변환

웨이브렛 변환은 디지털 신호처리 계통에 속하는 여러 분야에서 각자의 특수한 목적에 부합되도록 개별적으로 발전시켜온 특수한 기술들을 하나로 통합하면서 등장하였다. 컴퓨터 비전에서 이용된 다해상도(multi-resolution) 분석 방법이나 음성과 영상압축에서 사용되던 서브밴드(sub-band) 코딩 기법, 응용 수학에서 사용된 웨이브렛 시리즈 전개 등 많은 기본 기법들이 최근에 들어 웨이브렛 이론의 특수한 응용으로 밝혀졌다.

웨이브렛 변환은 연속 신호와 이산 신호의 경우에 모두 적용될 수 있으며 다양한 분야에서 그 응용 가능성을 인정받고 있다. 웨이브렛 변환은 특별히 비정형(nonstationary) 신호의 분석에 유리한 특징을 지니고 있다.

최근에 디지털 신호 해석엔 DWT가 많이 사용되는데 연속 신호에 대한 웨이브렛 변환은 모태함수의 크기(scale)를 변화시켜가면서 시간 축으로 이동하면서 계수 값을 얻어내는 반면 이산 신호에 대한 웨이브렛 해석은 저 대역 통과 필터(low pass filter)와 고 대역 통과 필터(high pass filter)를 이용하여 신호의 주파수 성분을 해석한다. 신호의 정보량을 나타내는 해상도(resolution)는 필터링이 되면서 바뀌어져 가고 스케일은 샘플링(sampling)을 통해 바뀐다. 필터링은 임펄스 응답(impulse response) $h[n]$ 과 입력 신호와의 컨볼루션(convolution)으로 생각할 수 있다. 이산 시간에 대한 콘

별루선 연산식은 다음과 같다.

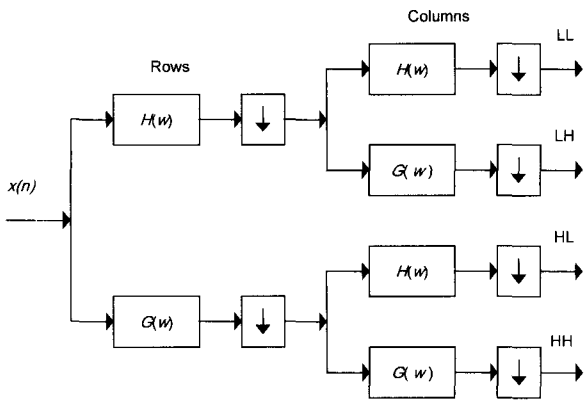
$$x[n] \times h[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \cdot h[n-k] \quad (1)$$

중간 밴드 저 대역 필터링은 중간 주파수 대역보다 높은 주파수는 모두 제거한다. 이 후 샘플링과정을 거치면 새로운 밴드와 해상도를 얻게 된다. 아래 식과 그림은 이러한 웨이블릿 특성을 잘 나타낸다. (그림 1)(a)는 웨이블릿 분해 과정을 나타내고 (그림 1)(b)는 웨이블릿 복구과정을 보여 준다.

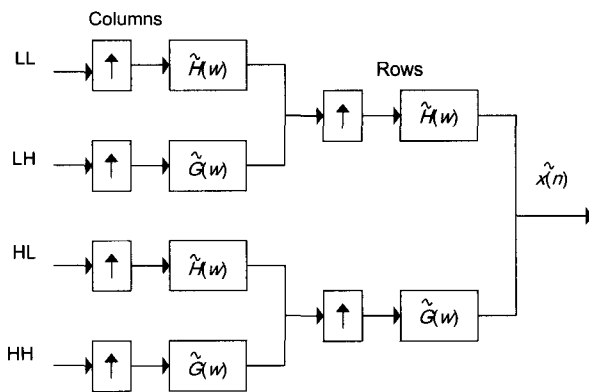
$$y_{high}[k] = \sum_n x[n] \cdot g[2k-n] \quad (2)$$

$$y_{low}[k] = \sum_n x[n] \cdot h[2k-n] \quad (3)$$

여기서 $g[n]$ 은 고 대역 필터이고 $h[n]$ 은 저 대역 필터이다. $y_{high}[k]$ 와 $y_{low}[k]$ 은 각각 필터링과 샘플링을 통해 얻은 값이다.



(a) 분해 필터



(b) 합성 필터

(그림 1) 웨이블릿 필터를 이용한 영상의 분해 및 합성

다음은 본 논문에서 사용한 웨이블릿 필터인데 9/7 탭을 가지는 Antonini[6]가 제안한 방법을 이용했다.

<표 1> 웨이블릿 필터 계수

수직방향 분해 필터	수평방향 분해 필터
-6.4538883e-002	-3.7828456e-002
-4.0689418e-002	-2.3849465e-002
4.1809227e-001	1.1062440e-001
7.8848562e-001	3.7740286e-001
4.1809227e-001	-8.5269868e-001
-4.0689418e-002	3.7740286e-001
-6.4538883e-002	1.1062440e-001
	-2.3849465e-002
	-3.7828456e-002

2.2 Region of Interest(ROI)

견고한 워터마크의 삽입을 위해 시각적으로 중요한 계수 값을 선택하게 되는데 이때 MTWC의 원리를 이용하여 ROI를 찾아 삽입하게 된다. 시각적으로 중요한 계수 값은 보통 큰 값을 가지고 있는데 일반적으로 이러한 계수 값은 압축과 같은 영상 처리 후에도 변화가 적다. 만약에 이러한 계수 값들이 변화한다면 역 DWT 과정을 거친 영상은 원본 영상과 매우 다를 것이다. 시각적으로 중요한 계수 값을 찾는 과정은 다음과 같다.

- ① 초기화 : 워터마크가 삽입 될 밴드의 초기 임계값 (T_s)를 설정한다. 이 때 임계값은 그 밴드의 계수 값 중 절대값이 가장 큰 계수값(C_{max})의 반이다. 즉, $T_s = \frac{C_{max}}{2}$ 이다.
- ② 워터 마크가 삽입될 밴드의 중요한 계수 값을 찾기 위해서 그 밴드의 모든 계수 $C_s(i, j)$ 와 임계값과 비교하여 $C_s(i, j) > T_s$ 이면 중요한 계수로서 선택된다.
- ③ 선택된 시각적으로 중요한 계수에 HVS를 이용하여 워터마크를 삽입한다.

2.3 HVS를 이용한 워터마킹 삽입

I_2^3	I_2^0	I_1^0	I_0^0
I_2^2	I_2^1		
I_1^2	I_1^1	I_1^0	I_0^0

(그림 2) DWT과정을 거쳐 3개의 해상도 레벨로 분해된 이미지

첫 번째로 영상은 워터마크가 삽입되기 위하여 세 개의 레벨로 DWT 과정을 통하여 분해 된다.

그 다음 선택되어진 시각적으로 중요한 계수 값에는 HVS를 이용하여 워터마크를 삽입하게 되는데 워터마크 삽입 식은 다음과 같다.

$$C_s(i, j) = C_s(i, j) + \alpha \cdot q(i, j) \cdot W_k \quad (4)$$

C_s 는 선택된 원래의 계수 값이고, C'_s 는 워터마크가 삽입된 계수 값이다. 그리고 α 값은 워터마크의 강도를 나타내는 파라미터고 $\alpha \in (0.0, 3.0)$ 이다. 여기서 α 값은 사용자가 원하는 견고성과 비가시성의 정도에 따라 많은 실험을 통하여 결정된다. $q(i, j)$ 는 HVS의 특성을 이용한 weighing 함수이다. W_k 는 워터마크 시퀀스의 k 번째 요소이고 -1과 1인 Pseudo Random 시퀀스이다. 이 워터마크는 ID number 나 serial number를 사용할 수도 있다.

2.4 가중치 함수

영상에 지각할 수 없을 정도의 워터마크를 최대로 삽입하기 위해서 가중치 함수 $q(i, j)$ 를 사용한다. Lewis and Knowles[3]가 고안한 HVS는 다음과 같은 인간의 시각적인 특성을 고려하였다.

- ① 인간의 눈은 높은 해상도 밴드와 45° 방향의 밴드, 즉 $\theta=1$ 인 밴드에서는 노이즈에 대하여 덜 민감하다.
- ② 인간의 눈은 영상의 밝거나 어두운 곳에서는 노이즈에 대하여 덜 민감하다.
- ③ 인간의 눈은 높은 texture지역에서는 노이즈에 대하여 덜 민감하나 윤곽선 근처의 지역에서는 노이즈에 더욱 민감하다.

이러한 특성을 기반으로 하여, 3개의 수식의 곱으로써 각각의 계수에 대한 양자화 과정을 계산한다.

$$q(i, j) = \Theta(l, \theta) L(l, i, j) E(l, i, j)^{0.034} \quad (5)$$

여기서 수식의 각각에 대한 항의 의미는 아래에 설명된다. 식 (5)에서 첫 번째 항은 인간의 시각특성 중 고해상도 밴드와 45° 방향의 밴드($\theta=1$)에서 인간의 눈이 노이즈에 덜 민감한 특성을 나타내며 식 (6)과 같이 계산된다.

$$\theta(l, \theta) = \begin{cases} \sqrt{2}, & \text{if } \theta=1 \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \cdot \begin{cases} 1.00, & \text{if } l=0 \\ 0.32, & \text{if } l=1 \\ 0.16, & \text{if } l=2 \\ 0.10, & \text{if } l=3 \end{cases} \quad (6)$$

식 (5)의 두 번째 항은 영상의 저주파 밴드의 그레이 레벨 값을 기초로 지역적인 밝기를 고려한 항이다. Lewis와

Knowles[3]는 인간의 눈이 아주 밝은 지역에서는 민감도가 덜하다고 가정하였다. 이 두 번째 항은 다음과 같이 계산된다.

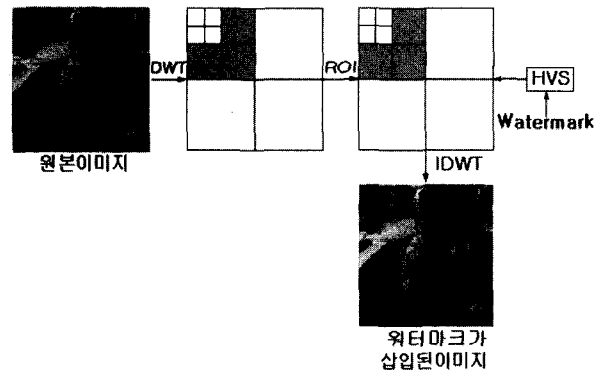
$$L(l, i, j) = 3 + \frac{1}{256} \sum_{x=1}^2 \sum_{y=1}^2 I_l^3(x + \lfloor \frac{i}{2^{3-l}} \rfloor, y + \lfloor \frac{j}{2^{3-l}} \rfloor) \quad (7)$$

인간의 눈이 매우 어두운 곳에서도 어떤 변화에 대하여 덜 민감하기 때문에 이 식은 아래와 같이 변형되었다.

$$L'(l, i, j) = \begin{cases} 1 - L(l, i, j), & \text{if } L(l, i, j) < 0.5 \\ L(l, i, j) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

마지막으로 식 (5)의 세 번째 항은 영상의 텍스처 지역과 윤곽선 지역에서의 민감도를 고려한 항임으로써 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E(l, i, j) = \sum_{x=0}^{3-l} \frac{1}{16^k} \sum_{s=0}^2 \sum_{t=0}^1 \sum_{u=0}^1 \left[I_{k+t}(\lfloor y + \frac{i}{2^k} \rfloor, \lfloor x + \frac{j}{2^k} \rfloor) \right]^2 \sigma \left\{ I_l^3(1 + y + \lfloor \frac{i}{2^{3-l}} \rfloor, 1 + x + \lfloor \frac{j}{2^{3-l}} \rfloor) \right\} \quad (9)$$



(그림 3) 워터마크 삽입과정

(그림 3)은 워터마크 삽입 과정으로서 원본 영상을 DWT 과정을 통하여 3개의 레벨로 고주파와 저주파 대역으로 분할한다. 그리고 워터마크가 삽입될 중주파 대역인 I_1^0, I_1^1 과 I_2^2 밴드의 Region of Interest (ROI)를 찾는다. 그런 다음 HVS를 이용하여 워터마크를 삽입하고 다시 역 DWT 과정을 거치면 워터마크가 삽입된 영상을 얻게 된다.

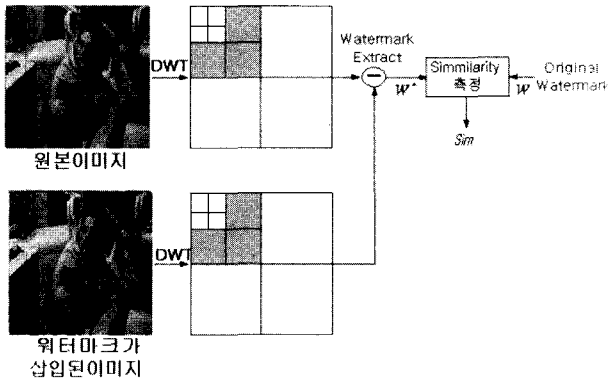
2.5 워터마크 검출

워터마크의 검출은 Cox[1]의 유사도 측정식을 이용하게 되는데 그 식은 아래와 같다.

$$Sim(W, W^*) = \frac{W^* \cdot W}{\sqrt{W^* \cdot W^*}} \quad (10)$$

이 식에서 W 는 원래 삽입되기 전 워터마크이고, W^* 는

추출된 워터마크이다. 워터마크의 유사도를 측정하기 위하여 식 (10)에 의해 구하여진 측정값과 임계 값(Threshold)을 비교한다[1]. 이 때 임계값 보다 큰 값 측정되는 경우 워터마크가 삽입된 것으로 간주하고 그렇지 않은 경우는 워터마크가 삽입되지 않은 것으로 간주한다.



(그림 4) 워터마크 검출과정

(그림 4)는 워터마크 추출 과정으로서 원본영상과 워터마크가 삽입된 영상을 DWT과정을 거친 후 3개의 레벨로 각각 분할한다. 그리고 나서 워터마크를 추출한 뒤 식 (10)에 의해 워터마크를 검출하게 된다.

3. 실험 및 고찰

실험은 2.0GHz PentiumIV를 이용하여 시뮬레이션을 하였으며 C++언어를 사용하였다. 9/7탭 쌍직교 웨이브렛 필터[6, 7]를 이용하여 3-level의 서브밴드 영상으로 원 영상을 분할하였다. 그 다음 ROI(Region of Interest)를 찾아서 워터마크를 HVS(Human Visual System)을 이용하여 삽입, 검출하였다. 실험 영상은 512×512, 256 grey Barbara 영상을 이용하였다.

첫 번째 실험으로써 워터마크의 비가시성을 실험 하였다. (그림 5)(a)는 원본 “Barbara” 영상이고 반면 (그림 5)(b)는 워터마크가 삽입된 영상이다. (그림 5)에서 보는 바와 같이 두 영상의 차이를 거의 구별 할 수 없다.

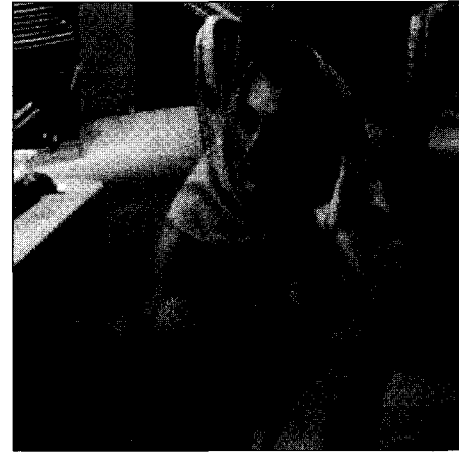
(그림 5)(c)는 원본 영상에 제안한 기법으로 워터마크를 삽입한 후 JPEG압축(30 : 1) 방법으로 압축한 다음 다시 역 변환 과정을 거친 영상이다. 이 때 PSNR값은 26.38dB이 측정되었다.

(그림 6)은 워터마크의 유일성 측정 결과로써 300개의 랜덤 워터마크 생성 후 실험 영상에 삽입, 검출 하였다.

(그림 6)에서 보는 바와 같이 299개의 위조된 워터마크에서는 반응을 보이지 않는 것을 볼 수 있다.

(그림 7)은 영상에 대한 여러 가지 공격 방법을 나타낸 것이고, <표 2>는 그에 따른 워터마크 Correlation response

와 PSNR값을 도표화 하였다. Detection value는 검출된 워터마크와 원래 삽입된 워터마크와의 Correlation response를 의미한다.



(a)

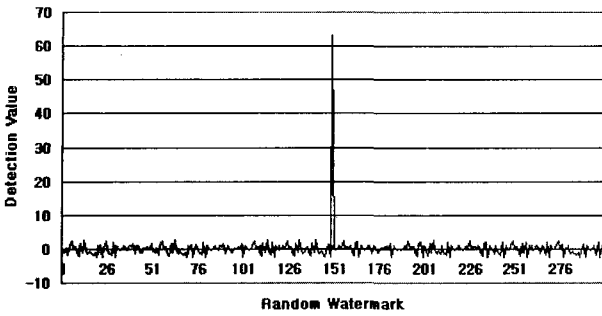


(b)

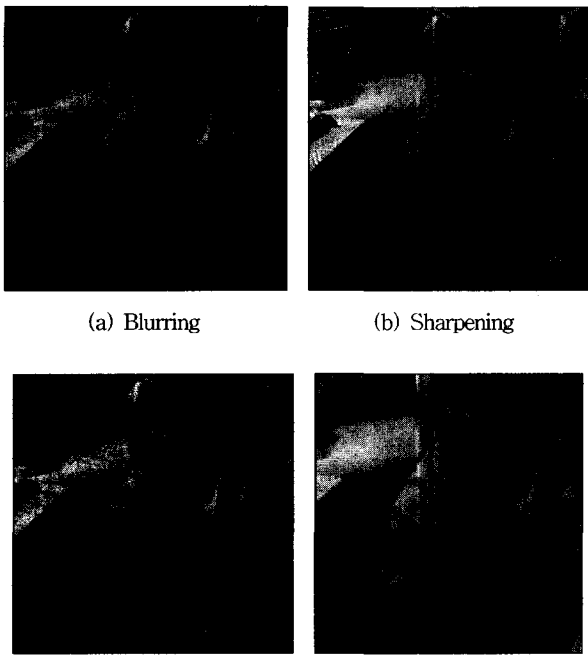


(c)

(그림 5) (a) 원본 영상 “Barbara”와 (b) 워터마크가 삽입된 영상(PSNR 45.65dB) (c)워터마크가 삽입된 영상을 JPEG 압축 후 복원한 영상(압축비 30 : 1, PSNR 26.38dB)



(그림 6) 워터마크의 유일성 측정 결과. 300개의 랜덤 워터마크를 생성 후 삽입



(a) Blurring (b) Sharpening

(c) Gaussian noise(10%) (d) Cropping

(그림 7) 여러 가지 공격(Attack) 방법

<표 2> 여러 가지 공격방법에 따른 워터마크의 Correlation response와 PSNR값

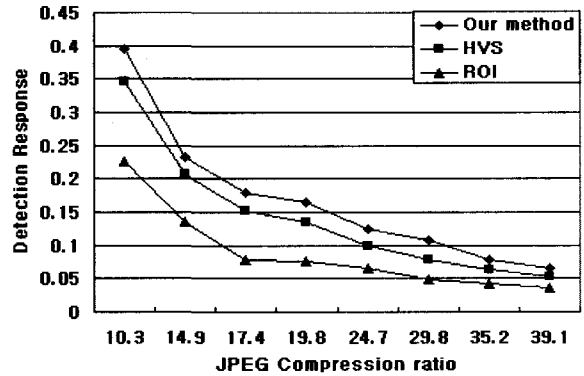
Attack	Detection Value	PSNR
Blurring	16.745	31.881dB
Gaussian noise(10%)	13.454	20.727dB
Sharpening	13.727	22.505dB
Cropping	8.020	11.045dB

<표 3>은 각각의 워터마크 삽입 방법에 대해 Barbara 영상의 원 영상과 복원된 영상의 화질을 비교하기 위해 실험한 결과를 보여 주고 있다. <표 3>에서 제안된 기법은 HVS기법만을 사용하였을 때보다 PSNR 값이 상당히 높아졌으며 ROI기법만을 사용했을 때는 제안된 기법과 비슷한 수치로 측정이 되었다. 이 실험에서는 동일한 조건일 때의 성능을 비교하기 위해 동일한 워터마크 길이와 워터마크가 삽입되는 지역을 중간 주파수 대역으로 하였다.

<표 3> 각각의 워터마크 삽입 방법에 대한 PSNR(dB) 비교

Image	our method	ROI method	HVS method
Lena	51.62dB	53.08dB	42.12dB
Barbara	45.65dB	47.19dB	39.60dB
Bridge	41.90dB	43.03dB	38.18dB
Gold hill	42.89dB	43.37dB	39.37dB
Airplane	39.50dB	39.79dB	36.82dB

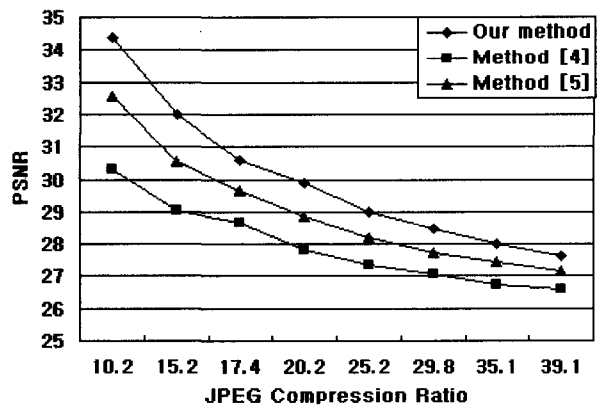
(그림 8)은 워터마크의 삽입 방법에 따라 JPEG 압축률을 변화 시킬 때 워터마크의 유사도를 측정한 결과이다. 이 실험에서도 PSNR값을 구할 때와 마찬가지로 동일한 조건 하에서 실험을 하였다.



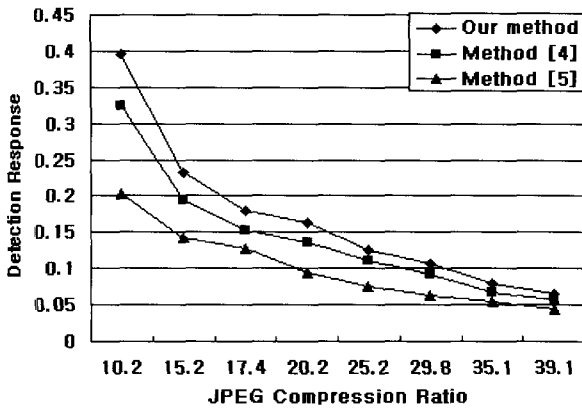
(그림 8) 워터마크 삽입 방법에 따른 JPEG 압축률과 유사도와의 관계

(그림 8)에서 보는 바와 같이 제안된 기법이 HVS 기법만을 사용하였을 때 보다 견고성 측면에서 향상되었음을 볼 수 있고 ROI 기법만을 사용하였을 때는 복원된 영상의 PSNR 값은 가장 높은 반면 견고성은 가장 낮게 측정이 되었다.

(그림 9)는 Barni[4]와 Wang[5]의 기법과 제안된 워터마크 기법에 대하여 JPEG 압축률을 변화 시킬 때 PSNR값을 측정한 결과이다. [4]와 [5]에 비해 PSNR 값이 향상되었으나 처리 시간이 다소 오래 걸리게 되는 단점이 있다.



(그림 9) JPEG 압축을 했을 때 각각의 방법에 따른 PSNR 수치



(그림 10) JPEG 압축을 했을 때 각각의 방법에 따른 유사도 측정 수치

(그림 10)은 (그림 9)와 유사한 실험인데 각 기법에 따른 JPEG 압축률을 변화 시킬 때 유사도를 측정 한 결과이다.

(그림 9)와 (그림 10)에서 보는 바와 같이 본 논문에서 제안된 기법을 사용했을 경우 비가시성이나 견고성 측면에서 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 DWT변환을 기반으로 하여 ROI, 즉 시각적으로 중요한 계수 값을 찾아 HVS를 이용하여 워터마크를 중주파 대역에 삽입하는 알고리즘이 제안되었다. 이러한 방법은 HVS만을 사용하여 워터마크를 삽입하였을 때와 비교해 볼 때 처리 시간은 50% 더 소요되나 JPEG 압축과 같은 영상 처리나 공격에 대해 견고성과 비가시성을 동시에 향상시킬 수 있음을 실험을 통하여 확인할 수 있었다. 추가적으로 원본 영상 없이 워터마크를 추출할 수 있는 블라인드 워터마킹(Blind Watermarking) 기법에 대해서도 연구할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.6, No.12, pp.1673-1687, Dec., 1997.

[2] I. Cox and M. L. Miller, "A Review of Watermarking and the Importance of Perceptual Modeling," in *Proc. Electronic Imaging*, Feb., 1997.

[3] A. S. Lewis and G. Knowles, "Image Compression Using the 2-D Wavelet Transform," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol.1, No.2, pp.244-250, Apr., 1992.

[4] M. Barni, F. Bartolini and A. Piva, "Improved Wavelet Based Watermarking Through Pixel-Wise Masking," *IEEE*

Trans. Image Processing, Vol.10, No.3, pp.783-791, May, 2001.

[5] H. J. Wang and Jay Kuo, "A Multi Threshold Wavelet Coder For High Fidelity Image Compression," *IEEE Image Processing*, Vol.1, No.2, pp.652-655, 1997.

[6] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu and I. Daubechies, "Image Coding Using Wavelet Transform," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol.1, No.2, pp.205-220, Apr., 1992.

[7] J. D. Villasenor, B. Belzer and J. Liao, "Wavelet Filter Evaluation for Image Compression," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol.4, No.8, pp.1053-1060, Aug., 1995.

[8] G. Caronni, "Assuring Ownership Rights for Digital Images," in *Proc. Reliable IT Systems, VIS '95*, Vieweg Publishing Company, pp.1074-1077, 1995.

[9] B. M. Macq and J-J Quisquater, "Cryptology for digital TV broadcasting," *Proc. of the IEEE*, Vol.7, No.2, 1995.

[10] W. Bender, D. Gruhl and N. Morimoto, "Techniques for Data Hiding," in *Proc. of SPIE*, Vol.2420, pp.1088, 1995.

[11] Yiwei Wang and John F. Doherty and Robert E., "A Wavelet-based Watermarking Algorithm for Ownership Verification of Digital Images," *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol.3, No.9, 2002.

[12] Yu Jin Zhang, Ting Chen and Juan Li, "Embedding Watermarks into Both DC and AC Components of DCT," *Proceeding of SPIE*, 2001.



김 태 중

e-mail : taejung@kisti.re.kr

1978년 성균관대학교 금속공학과(공학사)

1990년 성균관대학교 경영대학원 정보처리학과(경영학석사)

2003년 경희대학교 정보통신대학원 멀티미디어공학과(박사 수료)

1981년~1995년 한국과학기술정보연구원 선임연구원

1995년~1999년 한국데이터베이스진흥센터 부장

1999년~현재 한국과학기술정보연구원 정책마케팅부장

관심분야 : 저작권 보호 및 관리 기술, 정보 검색



홍 충 선

e-mail : cshong@khu.ac.kr

1983년 경희대학교 전자공학과(학사)

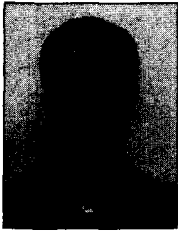
1985년 경희대학교 전자공학과(공학석사)

1997년 Keio University 정보통신전공(공학박사)

1988년~1999년 한국통신 통신망 연구소 선임 연구원/네트워크연구실장

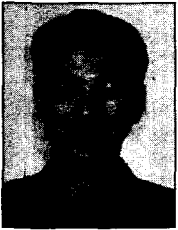
1999년~현재 경희대학교 전자정보학부 조교수

관심분야 : 인터넷 서비스 및 망 관리, 네트워크보안, 모바일 네트워크



성 지 현

e-mail : yonggary9@hanmail.net
2001년 경희대학교 전자공학과(학사)
2003년 경희대학교 전자공학과(공학 석사)
2003년~현재 (주) 플래넷 기술연구소
연구원
관심분야 : 영상 및 비디오 압축, 워터마킹
기법



황 재 호

e-mail : mjrin@unitel.co.kr
1986년 경희대학교 전자공학과(학사)
1991년 경희대학교 전자공학과(공학 석사)
2000년 경희대학교 전자 공학과 (박사수료)
1991년~1998년 한국통신 전송기술 연구소
전임 연구원

1998년~2000년 극동정보대학 멀티미디어과 전임강사
2001년~현재 수원여자대학 전자상거래과 전임강사
관심분야 : 영상 및 비디오 압축, 인터넷 서비스, 객체지향
시스템 등



이 대 영

e-mail : dylee@khu.ac.kr
1964년 서울대 물리학과(학사)
1971년 캘리포니아 주립대학원 컴퓨터학과
(공학석사)
1979년 연세대학교 전자공학과(공학박사)
1971년~현재 경희대학교 전자정보학부
교수

1990년~1993년 경희대학교 산업정보대학원 대학원장
1999년~2000년 한국통신학회장
관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 네트워크, 컴퓨터 시스템등