

워터마킹 영상의 비가시성 개선에 관한 연구

A Study on Invisibility Improvement of Watermarking Image

김형균*, 이양원**

Hyeong-Gyun Kim*, Yang-Weon Lee**

요 약

최근 몇 년 동안 인터넷을 기반으로 한 디지털 영상 기술과 디지털 콘텐츠의 사용이 빠르게 증가하고 있어서 디지털 영상 보호에 대한 요구가 더욱 중요시되고 있다. 디지털 이미지의 저작권 보호를 위해, 콘텐츠 인증, 소유권 인증, 불법 복제등과 같은 인증 기술의 검증이 필요하다. 영상에 디지털 워터마크를 삽입하는 비가시적 부호화 기술인 디지털 워터마킹은 정교한 인지 정보를 워터마킹 과정에 영상의 투명도와 강건함을 제공하기 위해 사용되어야 한다. 본 논문에서는 시각 특성을 이용한 주파수 영역에서 DWT 변환을 이용해 위조 공격, 소유권 보호 및 인증 방지를 위한 디지털 워터마킹 알고리즘을 구현하고자 한다.

Abstract

The use of digital imaging technique and digital contents based on internet has grown rapidly for last several years, and the needs of digital image protection become more important. For the purpose of copyright protection on digital image, the verification of authentication techniques like content authentication, ownership authentication, illegal copy and etc are needed. Digital watermarking, the invisible encryption technique to insert digital watermark into image, the sophisticated perceptual information should be used for providing transparency and robustness of images on watermarking process. In this paper, we implement the digital watermarking algorithm for preventing forged attack, ownership protection and authentication by transforming the wavelet algorithms in frequency domain in terms of human visual system.

Key words : digital watermarking, watermarking image, digital image protection

I. 서 론

최근에 대두된 디지털 콘텐츠에 대한 인증과 보호 기술에 이용되는 디지털 워터마크는 소유자가 만들어 낸 기술과 관련 작업에 대한 지적 재산을 주장할 수 있는 하나의 표시로 사용된다. 디지털 워터마크가 실용화된 것은 IBM사의 디지털 바티칸 도서관

프로젝트에서 시각적인 디지털 워터마크를 사용하게 되면서부터이다.[1]

디지털 워터마크는 공간 영역을 이용한 디지털 워터마크, 주파수 영역을 이용한 디지털 워터마크, 압축 영역을 이용한 디지털 워터마크로 분류한다. 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법은 DWT (Discrete Wavelet Transform), DCT (Discrete Cosine

* 호남대학교 공학교육혁신센터

** 호남대학교 정보통신공학과

· 제1저자 (First Author) : 김형균

· 접수일자 : 2007년 7월 4일

Trans-form), DFT (Discrete Fourier Transform)으로 구분되며, 공간 영역에서 디지털 워터마크를 삽입하는 것보다 공격에 대해 견고하다[2],[3].

본 논문에서는 주파수 영역에서 DWT 변환을 이용해 2차원 이미지를 대역별로 각기 다른 신호로 분할한 후, 분할된 저주파 성분과 고주파 성분에 다른 값의 임계치(Threshold Value)를 적용함으로써, 조정된 계수 간에 시각 특성을 이용한 워터마킹으로 이미지의 손실을 최소화함으로써 비가시성을 개선하고자 한다.

II. 이산 웨이브릿 변환(DWT)을 이용한 워터마킹

이산 웨이브릿 변환은 푸리에 변환과 같이 기저 함수(Basis Function)들의 집합에 의한 신호 분해로써 이해될 수 있다. 이 때 웨이브릿 변환에서 하나의 기저 함수를 웨이브릿이라 부르며 웨이브릿은 하나의 대역 통과 필터이다. 푸리에 변환의 기저 함수들과는 다르게 웨이브릿은 유한의 길이를 가지는 기저 함수이므로 웨이브릿 변환은 모함수(Mother Wavelet)라 불리는 원형의 웨이브릿 수축과 팽창에 의해 얻어지는 웨이브릿들의 집합에 의해 구성된다. 그리고 웨이브릿 변환에서는 주파수라는 용어 대신 스케일(Scale)이라는 용어를 사용하며, 하나의 웨이브릿을 통과한 신호를 스케일의 상세 신호(Detail Signal)라 한다[4].

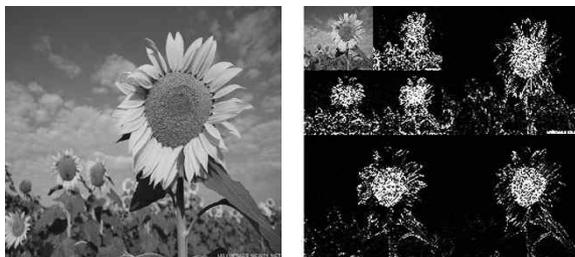


그림 1. 웨이브릿 변환 영상
Fig. 1. Wavelet Transform image.

웨이브릿 변환은 기본 함수로서 사인, 코사인 함수뿐만 아니라 좀 더 복잡한 웨이브릿 모함수를 사용

할 수 있고, 푸리에 변환에는 없는 공간에 대한 지역적인 특성을 가지고 있어서 물리적 상황에서 전체적인 특징뿐만 아니라 지역적인 특징까지도 분석이 가능하다. 또한, 웨이브릿 변환은 영상에 대하여 다중 해상도 분석이 가능하며, 웨이브릿 변환으로 나온 계수들은 영상의 본래 해상도에 대하여 독립적인 정보를 제공한다.

웨이브릿은 단일 원형 함수에 기반을 둔 뛰어난 time-scale 국부성으로 데이터를 다중해상도 표현 및 분석이 가능하여 네 개의 각각 다른 부 영상으로 구성된다. 웨이브릿으로 변환된 각 부대역 영상들은 저주파 대역으로부터 고주파 대역으로의 계층적 정보를 가지고 있다. 그림 1 은 원본 영상과 원본 영상을 웨이브릿 변환한 그림(오른쪽)이다.

그림 2 는 웨이브릿 변환 후의 3레벨 부대역을 나타낸다. 여기서 LL는 저주파 성분, LH는 영상의 수평 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분을 나타내고, HL은 수직 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분, HH는 대각선 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분을 나타낸다.

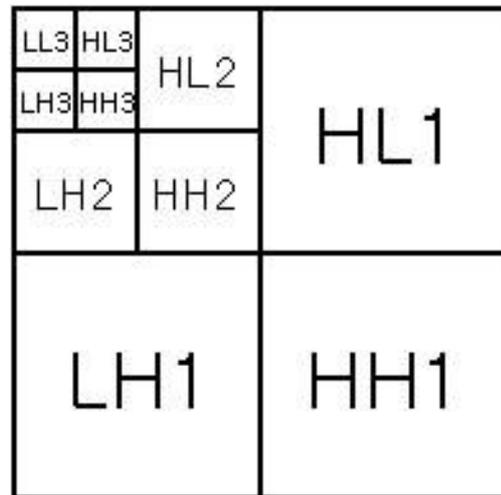


그림 2. 3레벨 부대역
Fig. 2. 3 level sub-section.

따라서 웨이브릿은 Ψ_x 로 정의되고, 모함수를 변이시키고 확대, 축소시킴으로써 얻어지는 함수들의 집합이다. 웨이브릿의 기저 함수는 아래의 식 (1)과 같고, 식 (2)는 직교 웨이브릿 변환 함수로 분석 필터 뱅크와 합성 필터 뱅크가 똑같은 웨이브릿 함수로부

터 유도된다.

$$\Psi_{(s,t)}(x) = 2^{-s/2} \Psi(2^{-s} x^{-t}) \quad (1)$$

여기서 s는 웨이브릿 기저의 크기이고, t는 웨이브릿 기저의 위치이다.

$$WT = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \Psi_{(s,t)}(x) dx \quad (2)$$

III. 웨이브릿 변환의 이미지-적응 워터마크 알고리즘

웨이브릿 변환을 한 이후에 손실 압축이나 필터링, 잡음 등에 크게 영향을 주는 저주파 성분과 시각 특성에 큰 의미를 갖는 명도(Brightness)와 대비(Contrast) 변화에 강한 고주파 성분에 각각 임계치를 적용하여 소유자에 대한 정보인 워터마크를 시각적으로 보이지 않게 삽입하는데 있어서 중요한 요소는 비가시성과 견고성을 어느 정도 유지할 수 있느냐에 달려 있다.

본 논문에서는 인간 중심의 시각 시스템 관점에서 주파수 기반의 워터마크인 이산 코사인 변환과 이산 웨이브릿 변환보다 더욱 개선된 투명성과 견고성을 제공하기 위하여 이산 웨이브릿 변환에 이미지-적응 워터마크(Image Adaptive Watermark : IA-W) 알고리즘을 적용을 제안하여 워터마킹 영상의 비가시성을 개선하고자 한다.

IA-W 구조의 워터마크 encoder는 식 (3)을 이용하며, 여기서 $X_{u,v}$ 는 최초의 원본 이미지 $x_{i,j}$ 의 주파수 계수이며, $X^*_{u,v}$ 는 워터마크된 이미지의 주파수 계수, $W_{u,v}$ 는 워터마크 값의 순서이며, $J_{u,v}$ 는 개개의 주파수 계수의 계산을 위해 처리된 임계값 즉 JND(just noticeable difference) 값이다.

$$\begin{cases} X^*_{u,v} = X_{u,v} + J_{u,v} W_{u,v} & (X_{u,v} > J_{u,v} \text{일 경우}) \\ X^*_{u,v} = X_{u,v} & (X_{u,v} \leq J_{u,v} \text{일 경우}) \end{cases} \quad (3)$$

웨이브릿 변환을 이용한 주파수 분할에 이미지-적응 워터마킹 구조를 적용한 블록도는 그림 3과 같다. block-기반 DCT 변환을 이용한 주파수 분할에도 이미지-적응 워터마킹 구조를 도입하여 시각화할 수 있다. IA-W 구조의 주파수 분할을 위한 임계값은 9-7 쌍직교 필터(biorthogonal filter)를 사용한 계층적인 분할에 의해 결정할 것이다. IA-W 구조를 계층적으로 분할함으로써 DCT 기반의 어떤 구조보다 여러 형태의 다양한 왜곡에 대하여 더욱 견고하고, 공간 영역에서 지역적이고 총괄적인 워터마크가 가지는 장점을 모두 제공할 수 있도록 하였다. 지역적 공간 영역에서 지원을 받는 워터마크의 주파수 성분은 지역적인 시각 특성 효과에 알맞고, cropping과 같은 신호 처리에 견고할 뿐만 아니라 총괄적인 공간 영역에서 지원을 받는 워터마크 주파수 성분은 저역 통과 필터링에 견고하다.

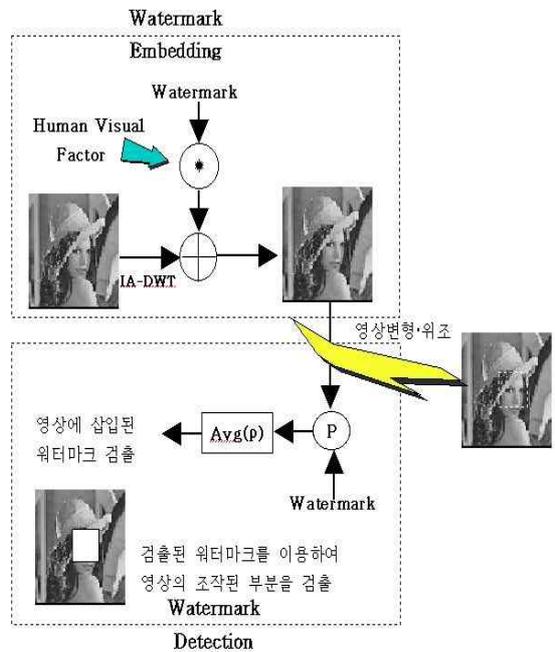


그림 3. IA-W 블록도
Fig. 3. IA-W Block diagram

본 논문에서 사용하는 웨이브릿 기반의 이미지-적응 알고리즘(IA-W)은 DCT 기반의 알고리즘보다 더 단순하게 구현된다. 웨이브릿 기반의 알고리즘에서 이용하는 임계값(JND 값, 즉 $J_{u,v}$)은 전형적인 viewing 조건의 특성에 따라 각각의 주파수대를 결

정한다. 워터마크의 견고성을 유지하기 위해서 저주파 성분 대역에 워터마크를 삽입하는 것이 더욱 유익하다.

그림 4는 4 단계 웨이브릿 변환 구조를 나타내며, 여기서 해상도의 수준 1은 1, 2, 3, 4 로 나타내었고, 주파수의 방향 f 는 1, 2, 3으로 나타내었다. 주파수의 삽입 위치는 4개의 서로 다른 주파수 성분에 삽입하게 된다. 저주파 대역의 저주파 성분(LL)과 고주파 대역의 고주파 성분(LH, HL, HH)은 각각 이미지의 행, 열, 대각선에 해당하는 고주파 성분만을 나타내기 때문에 계수의 값이 작고, 인접 계수 간의 차이도 적은 편이다.

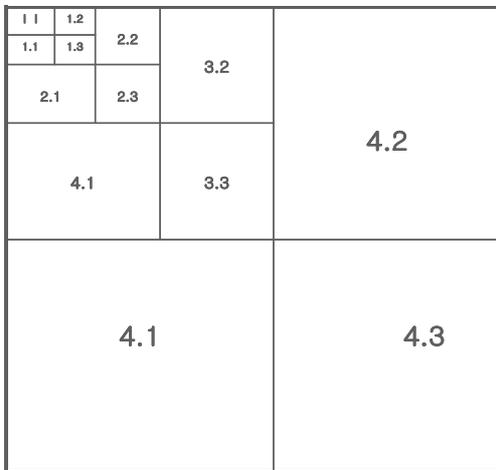


그림 4. 4 단계 웨이브릿 변환 구조
Fig. 4. Structure of 4-level Wavelet transform

여기서 1은 수평 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분(LH) 즉 저-수평, 고-수직 주파수 성분을 나타내고, 2는 수직 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분(HL) 즉 저-수직, 고-수평 주파수 성분을 나타내었다. 또한 3은 대각선 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분(HH) 즉 고-수평, 고-수직 주파수 성분을 나타낸다. LL, LH, HL, HH 영역에 워터마크를 삽입하여 각 대역별 원본 이미지의 왜곡 정도를 비교하면 LL 대역에서는 이미지의 정보를 대부분 포함하고 있으나, 인접 계수의 변화 상태에 따라 원본 이미지의 왜곡 정도에 심한 차이를 보인다.

그림 4에서 LH의 요소는 $\{(1,2), (2,2), (3,2), (4,2)\}$ 이며, HL의 요소는 $\{(1,1), (2,1), (3,1), (4,1)\}$ 이며, HH의 요소는 $\{(1,3), (2,3), (3,3), (4,3)\}$ 이다.

3.1 워터마크 삽입 절차

워터마크 삽입은 다음과 같은 과정으로 이루어진다.

첫째, 소유권자와 이미지 내용에 대한 정보를 포함하는 워터마크를 생성한다.

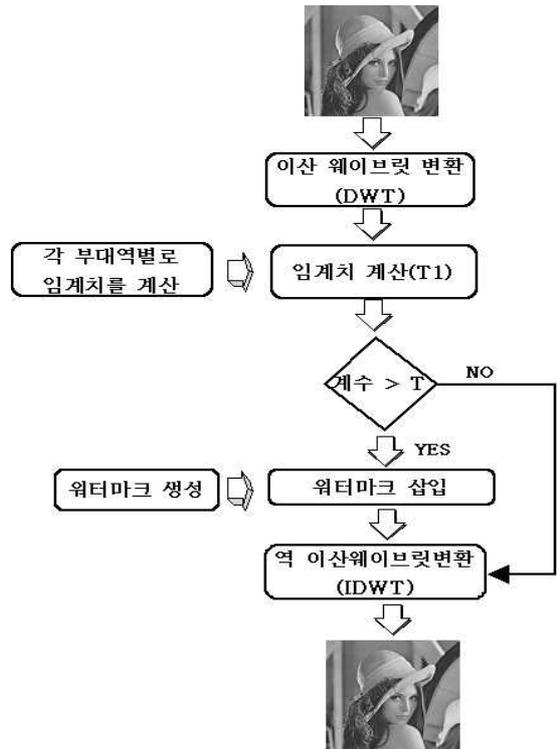


그림 5. 워터마크 삽입 알고리즘
Fig. 5. Watermark insertion algorithm

둘째, 3 단계 웨이브릿 변환을 통하여 원본 이미지를 주파수 영역으로 변환하며, 고주파 대역에서는 계수의 절대치 기준의 임계치를 설정한다.

셋째, 주파수 영역에서 워터마크를 삽입할 저주파 성분(LL) 영역과 수평 방향과 수직 방향과 대각 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분 영역에 임계치를 설정한다. 이 임계치는 이미지에 워터마크를 비시각적으로 삽입하기 위한 설정이다.

넷째, 설정한 임계치를 적용하여 식 (4)에 의한 웨이브릿 변환에 의해서 워터마크를 인코딩한다.

여기서 DC는 정해진 해상도 계층과 정해진 주파수 방향에 따른 원본 이미지의 주파수 영역에서의 웨이브릿 계수의 값, DC는 워터마크가 삽입된 이미

지의 주파수 영역에서의 웨이브릿 계수의 값, W는 워터마크 순서, 주파수 방향과 일치되는 t_i 는 임계치를 나타낸다.

$$\begin{cases} D'_C = D_C(1 + \alpha W_C) & (|D_C| > t_i) \text{ 일 경우} \\ D'_C = D_C & (\text{그 이외의 경우}) \end{cases} \quad (4)$$

식 (4)에서 스케일 매개변수 α 는 워터마크의 크기 조절을 위해서 사용한다. 매개변수 α 는 웨이브릿 변환이 대역별로 주파수 분할이 이루어지는 특성이 있으므로 워터마크의 견고성과 이미지의 비시각화를 고려하여 다르게 부여하였다.

다섯째, 워터마크가 삽입된 계수의 시퀀스를 역이산 웨이브릿 변환하여 워터마크가 삽입된 이미지를 생성한다. 2차원 이미지를 웨이브릿 변환하게 되면 데이터가 $1/2n+1$ 로 감소한다. 스케일 매개변수 α 는 변환 단계에 따라 식 (5)에서 산출하며, 여기서 N은 웨이브릿 변환의 단계를 나타내고, i는 계수 값들의 집합 D의 순서이다. 변환 단계에 따라 데이터가 감소하게 되는 특성을 고려하여 전체의 스케일 매개변수를 적당한 값으로 설정하고($\alpha = 0.5$), 개개의 대역에 감소 비율을 정하여 서로 다른 값의 스케일 매개변수를 적용시켜서 실험하였다. N은 DWT 변환 단계를 반복할 때마다 1씩 증가시킨다.

$$\alpha_i = \frac{2^{N-i}}{2^N-1} \times 0.5 \quad (5)$$

3.2 워터마크 추출 알고리즘

워터마크를 추출하는 과정은 삽입과 반대로 이루어지게 된다. 워터마크된 영상으로부터 워터마크를 검출하기 위해서는 먼저 원영상과 워터마크된 영상을 웨이브릿 변환 한 후 계수의 차를 구하고 삽입과 동일하게 생성된 의사잡음코드의 값과 비교하여 삽입된 워터마크 영상을 검출한다. 워터마크 검출 알고리즘은 그림 6과 같다.

첫째, 원본 이미지와 워터마크가 삽입된 이미지를 각각 웨이브릿 변환에 의해 주파수 대역으로 변환한다.

둘째, 변환된 원본 이미지와 워터마크가 삽입된 이미지 사이의 계수의 차를 구한다.

셋째, 임계치를 설정하여, 그 임계치를 앞 단계에서 구한 값에 적용하여 워터마크가 삽입된 위치를 찾아내고 추출한다.

넷째, 유사도를 측정한다.

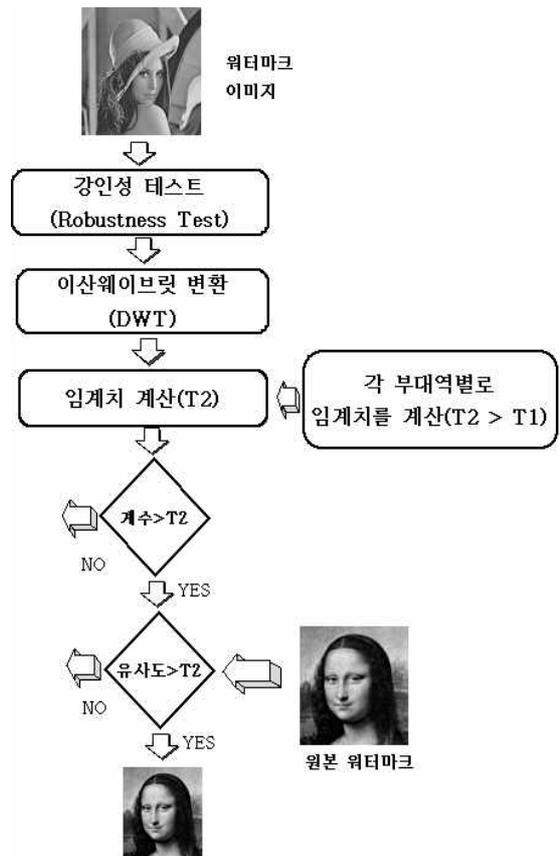


그림 6. 워터마크 검출 알고리즘
Fig. 6. Watermark detection algorithm

3.3 워터마크 인증

워터마크의 추출은 삽입 단계의 역추적 과정에 의하여 처리하고, 추출된 워터마크가 원소유자의 정보가 담긴 워터마크인지 아닌지, 통계학적 접근 방법을 이용하여 인증한다. 워터마크가 삽입된 이미지의 변형이나 삽입된 워터마크를 제거하기 위한 다양한 공격 형태, 즉 손실 압축, 필터링, 잡음 첨가, 크로핑, 리샘플링 등의 이미지 처리를 한 경우에 추출되는 워터마크를 인증할 필요가 있다.

본 논문에서는 추출된 워터마크를 인증하기 위해

통계학적 접근 방법을 이용하여 추출된 워터마크의 유사도를 판단하는 상관 계수를 이용한다. Cox가 제안한 식 (6)의 유사도를 이용하여 식 (7)을 유도하였다.

식 (6)에서 W는 원본의 워터마크이고, W*는 워터마킹된 이미지로부터 추출된 워터마크를 나타내며, Sww*는 w와 w* 사이의 표준 상관관계 계수이다. w가 w*와 동일하고, 표준으로 분산되면, 상관 계수는 1에 가깝다. 또 w와 w*가 독립적이라도 Sww*는 표준으로 분산된다. 따라서 임계값 Ts를 증가하는 표준 분산으로 직접 계산할 수 있다. 임계값 Ts는 워터마크 추출에 이용한다. 만일 Sww*가 Ts 값보다 크면 워터마크가 추출되고, Sww*가 Ts 값보다 같거나 작으면 추출되지 않은 것으로 인정되며, 이 때 워터마킹된 이미지로부터 추출된 워터마크 w*는 다양한 형태의 공격이나 각종 이미지 처리, 전송 오류 등에 의해 변형되었으리라 추측될 것이다.

$$S(w, w^*) = \frac{w \cdot w^*}{\sqrt{w^* \cdot w^*}} \quad (6)$$

$$S(w, w^*) = \frac{w \cdot w^*}{\sqrt{w^* \cdot w^*}} / \frac{w \cdot w}{\sqrt{w \cdot w}} \times 100 \quad (7)$$

식 (7)에서 상관 계수는 공분산을 각각의 표준편차로 나누어서 표준화한 것으로 -1 에서 1 까지의 값을 갖는다. w와 w*의 상관관계가 강할수록 상관 계수의 절대값이 1 에 가깝고, w와 w*의 상관관계가 약할수록 상관 계수의 절대값이 0 에 가깝다.

식 (7)의 경우는 워터마크의 종류나 수에 따라 변동 폭이 심하여, 이미지 내에 포함된 워터마크의 수가 많을수록 유사도의 값도 커지게 되며, 워터마크의 수가 적을수록 유사도도 작게 나타난다.

저주파 성분(LL) 영역에서 추출된 워터마크의 상관 계수가 1에 가까운 값이라면, 고주파 성분 {(2,2), (2,1), (3,2), (3,1)} 영역에 삽입한 워터마크의 상관 계수는 비교할 필요가 없으며, 그대로 원본 소유자의 소유권을 인증할 수 있다. 그러나 저주파 성분(LL) 영역에서 추출한 워터마크 상관 계수가 1에 가까운 값이 아니면 고주파 성분{(2,2), (2,1), (3,2), (3,1)} 영역에서 추출한 워터마크의 상관 계수를 다

시 구해주어야 하며, 근사치가 1이 되어야만 원본의 소유권을 인증할 수 있다. 결국은 저주파 성분과 고주파 성분 중 어느 한쪽 성분이 상관 계수가 근사치 1인 값을 나타내어야만 이미지의 소유권을 인증받을 수 있다. 소유권에 대한 인증 절차는 그림 7과 같다.

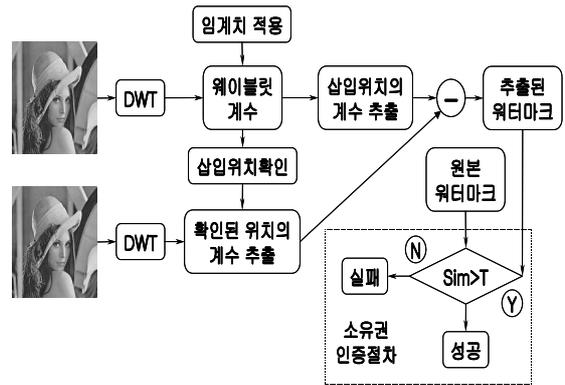


그림 7. 소유권 인증 절차
Fig. 7. Ownership authentication process

IV. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 이미지 적응 워터마킹의 투명성과 견고성을 위해서 다양한 이미지에 DCT 프레임 워크와 웨블릿 프레임워크를 사용하여 다양한 각도에서 워터마크이미지를 대입하여 실험하였다. 실험 영상으로는 다양한 512×512 RAW그레이, RGB 영상과 256×256 RAW 그레이 영상을 사용하였다. 실험에 사용된 기존의 웨이브릿 변환 알고리즘은 DWT 중 Walsh, Haar, Daubechines 알고리즘이다.

본 논문에서는 그중에 이미지 적응 알고리즘을 적용하여 영상을 4 레벨 부대역으로 분할하고, 저주파 성분, 중주파 성분, 그리고 고주파 성분에 각각 워터마크를 삽입하였으며, 이미지 적응 워터마크로는 특정 정보가 담겨져 있는 로고 이미지를 사용하였다.

또한 이러한 방법으로 워터마크를 삽입 시켰을 때 원본 영상과 비교해서 볼 경우 시각적으로 잘 구별되지 않는 워터마크가 삽입된 영상이 생성되었다. 제안하는 방법에 의한 워터마크 삽입 알고리즘으로 손실 압축과 필터링, 잠음 첨가, 리샘플링 등의 영상 처리와 변형에 대해서 워터마크를 추출할 수 있는지

실험 하였고, 원본 영상에 삽입된 워터마크와 각종 영상 처리에 의해 변형된 영상에 대한 워터마크의 유사도 측정을 실험하여 워터마크를 인증하였다.

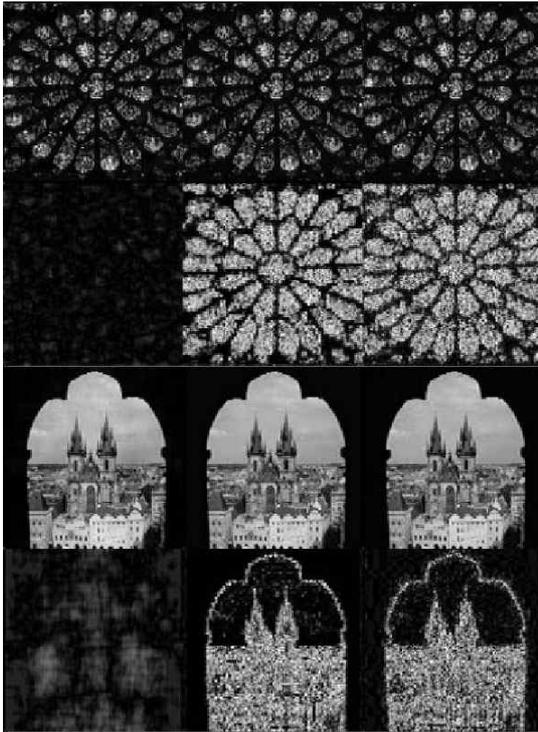


그림 8. 워터마크된 이미지
Fig. 8. Watermarked image

표 1. 워터마킹 기법들의 quality factor 비교
Table 1. Quality factor comparisons of watermarking method

Image	Algorithm	quality factor Q					
		80	60	40	20	10	5
IM1	DCT	0.57	0.43	0.48	0.35	0.2	0.08
	DWT	0.90	0.75	0.62	0.48	0.36	0.25
	IA-DWT	0.93	0.89	0.79	0.75	0.46	0.18
IM2	DCT	0.66	0.55	0.46	0.21	0.15	0.07
	DWT	0.91	0.81	0.68	0.52	0.4	0.23
	IA-DWT	0.97	0.91	0.82	0.67	0.55	0.32
IM3	DCT	0.9	0.8	0.68	0.53	0.43	0.23
	DWT	0.8	0.66	0.56	0.42	0.29	0.16
	IA-DWT	1.0	0.95	0.75	0.54	0.45	0.44
IM4	DCT	0.86	0.76	0.62	0.67	0.46	0.22
	DWT	0.9	0.77	0.66	0.51	0.38	0.24
	IA-DWT	0.98	0.88	0.81	0.68	0.42	0.2

본 논문에서 제시한 알고리즘이 한 개의 워터마크 검출 실험에서 다른 알고리즘과 비교 분석한 결과 비가시성과 견고성면에서 뛰어났고 유연성 면에서도 뛰어난을 알 수 있었다. 다음 실험 영상 결과 그림들은 워터마크 영상 알고리즘에서 서로 비교 분석 DCT, DWT, 그리고 IA-DWT 워터마크된 영상 결과물이다. 아래의 실험 결과 그림에서도 보이듯이 IA-DWT를 적용한 워터마킹이 탁월한 비가시성과 견고성을 보이고 있음을 알 수 있다.

본 논문에서 제안한 워터마킹 알고리즘의 성능 평가를 위해서 기존에 제안된 다른 워터마킹 알고리즘과 비교를 하였다.

표 2. 워터마킹 기법들의 비교
Table 2. Comparison of watermarking methods

워터마크 방법 \ 공격	제안한 방법 (IA-DWT)	DFT	DCT	DWT
Gaussian noise	81	43	53	60
JPEG 압축	89	50	69	74
Averaging	87	44	55	69
Center Cropping	78	41	47	61
Salt & Pepper noise	83	24	40	64

표 2는 Sunflower 영상에 5가지 공격을 가했을 때의 견고성과 투명성을 평균하여 다른 워터마킹 알고리즘과 비교하여 보았다. 비교에서 사용된 워터마킹 알고리즘은 DCT 변환을 이용한 Cox 등이 제안한 방법과 웨이블릿 변환(DWT)을 이용한 Kundur 등이 제안한 방법, 그리고 DFT 방법이다. 그 결과 DCT 변환을 이용한 방법뿐 아니라, 웨이블릿 변환을 이용한 다른 워터마킹 방법보다도 우월함을 확인하였다.

V. 결 론

본 논문에서는 디지털 콘텐츠에 소유권을 보호하기 위한 워터마크 삽입 알고리즘에 웨이블릿 변환에

의한 계수의 특성을 이용하여, 분할된 주파수의 대역별로 각기 다른 임계치를 적용하였다. 저주파 영역에서는 계수 값의 차를 이용하여 임계치보다 큰 값들은 제거한 후에 워터마크를 삽입하였고, 고주파 영역에서는 계수 간의 차가 적으므로 절대값의 크기를 이용하였다. 워터마크의 추출은 원본 이미지와 워터마크가 삽입된 이미지에 역-웨이브릿 변환을 수행하여 계수의 차를 구하고, 임계치를 적용하여 이루어진다. 추출된 워터마크를 인증하기 위해 상관관계를 이용하여 유사도 측정 실험을 하였다. 저주파 성분에서 추출된 워터마크의 상관 계수가 1 에 가까운 값을 나타내면 견고성이 뛰어나며, 고주파 성분에 삽입한 워터마크의 상관 계수는 비교할 필요 없이 견고함을 확인하였다. 실험 결과는 손실 압축, 잡음 첨가, 필터링에 대하여 견고성과 비가시성이 향상되었음을 알 수 있었다.

향후 연구 방향은 다양한 공격의 형태인 손실 압축, 회전, 필터링, 크로핑, 리샘플링 등에 의해 여러 단계로 변환된 이미지에 대한 확실한 워터마크 검출 기법과 인증에 대하여 연구하고 정지영상에 대한 워터마킹이 아닌 동영상과 MPEG 압축에 대해서도 소유권 인증을 위한 워터마킹에 대해서도 연구 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] I. Cox , J . Kilian, F . Leighton, and T . Shammon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *IEEE Trans . Image Processing*, vol. 6, no. 12, pp. 1673- 1687, 1997.
- [2] J. Brassil, S. Low, N. Maxemchuk, and L. O'Gorman, "Electronic marking and identification techniques to discourage document copying," *in Proc. Infocom'94*, pp. 1278-1287.
- [3] R. Schyndel, A. Tirkel, and C. Osborne, "A digital watermark," *in IEEE Proc. Int. Conf. Image Processing*, 1994, vol. 2, pp. 86-90.
- [4] G. Caronni, "Assuring ownership rights for digital images," *in Proc. Reliable IT Systems, VIS'95*, 1995.
- [5] W. Bender, D. Gruhl, and N. Morimoto, "Techniques for data hiding," *MIT Media Lab Tech. Rep.*, 1994.
- [6] K. Matsui and K. Tanaka, "Video-steganography," *in IMA Intellectual Property Project Proc.*, 1994.
- [7] F. Goffin, J. F. Delaigle, C. De Vleeschouwer, B. Macq, and J.J. Quisquater, "A low cost perceptive digital picture watermarking method," *in Proc. SPIE Electronic Imaging '97: Storage and Retrieval of Image and Video Databases V, Feb.*, vol. 3022, pp. 264-277.
- [8] I. Pitas, "A method for signature casting on digital images," *in IEEE Proc. Int. Conf. Image Processing*, 1996, vol. 3, pp. 215-218.
- [9] G. C. Langelaar, J. C. A. van der Lubbe, and R. L. Lagendijk, "Robust labeling methods for copy protection of images," *in Proc.SPIE Electronic Imaging '97: Storage and Retrieval of Image and Video Databases V, Feb.*, vol. 3022, pp. 298-309.

김 형 균 (金炯均)



1998년 2월 : 조선대학교 대학원 전자계산전공 (공학석사)
 2004년 2월 : 조선대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학박사)
 2002년 3월 ~ 2007년 8월 : 동강대학 컴퓨터인터넷과 초빙전임강사
 2007년 9월 현재 : 호남대학교 공교육혁신센터 선임연구원

관심분야 : 영상처리, 영상암호화, 모바일 통신

이 양 원 (李陽源)



1992년 : 서울대학교 제어계측공학과 졸업 (공학석사)
 1996년 : 포항공과대학교 전자전기공학과 졸업 (공학박사)
 1996년 - 현재 : 호남대학교 정보통신공학과 교수
 1982년 - 1996년 : 국방과학연구소 선임연구원

관심분야 : 신호처리, 인터넷 응용기술, stochastic filtering