논문-02-07-4-10

멀티해상도 웨이블릿 변환을 이용한 디지털 영상 워터마킹

이 호 준*, 고 형 화**

Digital Image Watermarking Using Multiresolution Wavelet Transform

Ho-Joon Lee* and Hyung Hwa Ko**

요 약

본 논문에서는 디지털 영상 워터마킹을 위해 멀티 해상도 웨이블릿 변환을 적용했다. 본 논문에서는 워터마킹 기법 중에 각종 시퀀스를 이용한 워터마크 삽입 방법에 대해서 실험했고, 각 대역별로 가중치와 임계값을 설정하였다. 대역별 다중 임계값은 각 부대역의 시각적 특성을 고려하여 결정한다.

제안한 방법에 대해 몇몇 영상을 대상으로 워터마킹해 본 결과 시각적으로 손상이 적고, 영상압축 및 기하학적인 변화 등에서도 강인한 워터마킹 방법임을 확인했다.

Abstract

In this paper, we apply multiresolution wavelet transform for the digital image watermarking. For better result, we insert watermark into the images and set a proper weighting factor for each subband based on HVS model.

With proposed algorithm, we confirm that the image quality is satisfactory and this method outperforms the previous methods against image compression and cropping.

I. 서 론

인터넷의 특징은 모든 자료가 디지털 데이터화 되어 있다는 점이다. 이런 환경에 있는 멀티미디어 자료들은 특성상 복사하기 쉽고, 저장매체가 허용하는 한 무한정 복사가 가능하고, 원본 자료와 동일하게 복사하기 때문에 자신의 자료라는 소유권(Copyright)을 주장 하기 어려울 수도 있다. 이러한 저작권 보호를 위해서 사용되는 방법이 사용자 등록을 하는 방법이다. 현재 저작권 보호를 위한 방법이 많이 등장하였으나 사용자 이름과 비밀 번호는 사이트의 접근에 제한을 두는 것이다. 그러나 인터넷상에 존재하는 영상 데이터들에 대한 소유권 주장은 큰 의미를 갖지 못하고 있는 실정이다[1][2].

현재 이러한 보호와 소유권 주장에 대한 대안인 암호화(Encryption) 방식은 암호화된 데이터에 키(Key)를 소유한 사람에게만 정상적인 접근이 허용된다. 또한 키를 소유하고 있는 사람만이 암호화된 데이터를 다시 복호화(Decryption) 과정을 통해서 얻은 데이터를 관리 할 수 있는 방법 등이 제시되고 있다. 이런 방식을 워터마킹(Watermarking) 기술이라고 한다. 따라서 실제적인 저작권 보호를 위한 데이터에 저작권 정보를 삽입한 데이터가 인가된 사용자가 유포했을 때는 추적과 통제가 가능하게 된다[3][4].

본 논문에서는 멀티 해상도 웨이블릿에 각종 시퀀스를 생성하여, 이를 워터마크의 요소인 임계값을 사용하여, 멀티 해상도 웨이블릿의 공간 영역에 워터마크 삽입을 위한 적정한 삽입량을 넣을 수 있는 밴드별 영역을 나누어서 실험 하

* 한림정보산업대학 전자통신과
Dept. of Electronics communication Hallym College of Information and Industry

** 광운대학교 전자공학부
School of Electronics Engineering, Kwangwoon Univ.

였고, 이때 가중치를 통해 삽입 조건 결정은 원영상과 워터마크 영상간의 유사도를 근거로 인증 기준을 설정하도록 하였다. 본 논문의 구성은 2장에서 일반적인 디지털 워터마킹 알고리듬에 대해 살펴보고, 3장은 제안한 워터 마크 기법을 기술하고, 4장은 모의실험 결과와 고찰을 하고, 5장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 디지털 워터마킹 알고리듬

1. 일반적인 워터마킹의 기법들

디지털 워터마킹은 멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위해 디지털 데이터 내부에 개인의 정보를 은닉하고 확인할 수 있는 기술을 말한다. 워터마킹 기법에는 공간 영역과 주파수 영역에 대한 방법을 제시한다.

1.1 공간영역에서의 영상 워터마킹

공간영역에서의 워터마킹 방법들 중에서 가장 기본적인 방법은 그림 1에 나타낸 공간적인 워터마킹 방법으로, 각 화소에 임의의 작은 값을 더해주거나 빼주는 것에 의해서 워터마크를 삽입하는 방법이다. 여기서 값을 더해 줄 것인지 아니면 빼줄 것인지는 전체 비트의 소유권 정보로 구성된 이진 마스크를 영상 내 각 화소의 LSB와 비교하여 결정한다.

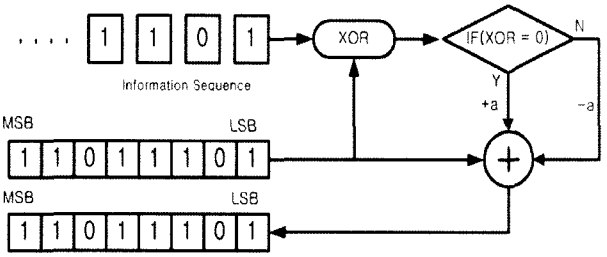


그림 1. 워터마크의 공간영역 삽입 방법
Fig. 1. Watermark insertion method in spatial

만약 해당 화소의 LSB가 대응되는 마스크 비트와 같다면 임의의 값이 그 화소에 더해지고 그렇지 않다면 임의의 값을 빼준다. 이렇게 삽입된 워터마크는 원래 영상과 워터마크된 영상 사이의 차이를 계산하고 각 화소별로 그 차이 값의 부호를 조사하는 것에 의해서 추출될 수 있다.

이것을 수식적으로 표현하면 다음과 같다. 워터마크 신호를 W, 영상 신호를 X, 워터마크된 영상을 X^* 라 하면 워터마크를 삽입하는 과정은

$$XOR = \begin{cases} X+\alpha, & \text{if} \quad \vee(W, LSB(X)) = 0 \\ X-\alpha, & \text{if} \quad \vee(W, LSB(X)) = 1 \end{cases} \tag{1}$$

여기서, $XOR(a, b)$은 a, b의 배타적 논리합(exclusive OR)을 나타내고, $LSB(a)$는 a의 LSB 값을 얻는 함수를 나타낸다. 워터마크를 추출하는 과정은

$$W = \begin{cases} LSB(X), & where(X^* - X) > 0 \\ !(LSB(X)), & where(X^* - X) < 0 \end{cases} \tag{2}$$

여기서, $!(A)$는 A 비트를 플립시키는 함수를 나타낸다.

1.2 주파수 영역에서의 영상 워터마킹

영상의 주파수 특성을 고려하지 않은 워터마킹 방법은 일반적인 신호처리나 기하학적인 변형 그리고 노이즈 등에 약한 문제점을 가지고 있다. 따라서 워터마크가 보다 강인한 특성을 지니도록 하기 위해서는 주파수 영역에서 워터마킹을 수행하는 것이 효율적이다. 주파수 영역에서의 워터마킹 방법 중 가장 기본적인 방법은 DCT(Discrete Cosine Transform)변환 계수 값을 바꾸어 워터마크를 삽입하는 방법이다. 이 방법은 먼저 영상을 8×8의 블록들로 나누고 각 블록들에 대해서 DCT를 수행한다. DCT된 블록들 중에서 유사 임의로 블록들을 선택하고 이 선택된 블록 내에서 중간 주파수에 해당하는 부분(저주파 영역과 고주파 영역의 중간 영역)의 상대적인 크기가 저작권 정보 비트의 1 또는 0을 나타내도록 계수 값을 바꾼다. 그림 2에 DCT된 블록의 주파수 영역을 나타내었다[5].

최근에는 DCT 대신에 이산 퓨리에 변환(DFT)이나 이산 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)등을 이용한 방법들이 이용되고 있다.

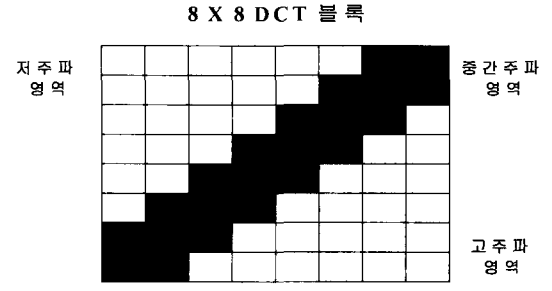


그림 2. 8×8 DCT 블록의 주파수 영역
Fig. 2. 8×8 Frequency region of DCT block

Barni[6] 등은 주파수 영역에서의 워터마킹은 DCT 변환에서 화질의 열화를 막기 위해서 중간 주파수 대역에 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 워터마크를 검출할 때에 원 영상이 필요 없다는 장점이 있으나, 영상의 공격에서 강인성이 떨어진다. DCT 영역에서의 워터마크 삽입 알고리듬으로 우선 $N\times N$ 영상을 $N\times N$ DCT를 취한다. 여기에서 얻어지는 $N\times N$ 개의 DCT 계수들을 JPEG에서처럼 지그재그 주사(Zig-zag scan)를 하여 계수 집합 T를 식 (3)으로 얻는다.

$$T = t_1, t_2, \ldots t_L, t_{L+1}, \ldots t_{L+M}, \ldots t_{N\times N} \quad (3)$$

DCT 계수로 이루어진 집합 T 중, DC 계수, t_1 부터 t_{L-1}까지의 저주파 계수들은 제외하고, 중간 주파수 대역인 t_L 부터 t_{L+M} 까지의 계수만을 선택한다. 워터마크의 삽입은 식 (4)에 따른다.

$$t_{L+i} = t_{L+i} + \alpha \mid t_{L+i} \mid x_{L+i}, i = 1, ..M \quad (4)$$

여기서 α는 스케일 계수이다.

Cox[7][8]등은 스펙트럼 확산법을 이용하여 DC 계수를 제외한 DCT 계수 중 크기가 큰 1000개의 선택된 계수들에 대하여 워터마크를 삽입한다. 이때 삽입된 워터마크 역시 정규분포를 따르는 랜덤값을 사용한다. 워터마크를 삽입하는 수식은 (5)과 같다

$$v_i' = v_i + \alpha w_i, \quad i = 1, 2, ..1000 \quad (5)$$

여기서 v_i'는 워터마크가 삽입된 DCT 계수, v_i 는 워터마크가 삽입될 DCT 계수, w_i 는 워터마크를 나타내고, α는 0.1로 한다. 이렇게 삽입된 영상을 얻을 수 있다. 워터마크의 검출은 원래의 워터마크와 검출된 워터마크와의 유사도를 식(6)과 같이 측정한다.

$$Z(v, v^*) = \frac{v \cdot v^*}{\sqrt{v^* \cdot v^*}} \quad (6)$$

여기서 v는 원래의 워터마크이고, v^*는 검출된 워터마크이며 $\langle \cdot \rangle$는 벡터의 내적을 나타낸다.

2. 디지털 워터마킹 삽입 방법

공간영역에서의 워터마크 삽입 방법은 영상과 같은 데이터를 공간적 측면에서 분석하여 삽입하려는 정보를 공간영역에 뿌려서 삽입된 데이터를 쉽게 구별할 수 없도록 하는 방법으로, 화면 화소값의 미세한 변화를 워터마크로 사용하는 방법이다. 이 방법은 워터마크를 삽입하는 가장 간단한 방법으로 공간 영역에 픽셀들을 임의적으로 선택하여 밝기값의 LSB를 변형시키는 것이다. 그러나 공간영역에서 워터마킹 하는 방법은 잡음 및 일반적인 필터링에 의한 영상처리에서 강인하지 못하다는 단점을 가지고 있다. 데이터 전송 및 잡음에 매우 민감하고, 데이터 압축과 같은 영상의 변형에도 내장된 워터마크가 쉽게 손실되는 문제점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서는 인간의 시각특성을 이용하는 것이 좋다.

주파수 영역에서의 워터마킹 방법은 영상 데이터를 이산 코사인 변환(DCT), 이산 프리에 변환(DFT)과 웨이블릿 변환(Wavelet Transform)등을 이용한다. 이러한 주파수 변환을 시킨 영상의 주파수 영역들 중에서 시각적으로 덜 민감한 부분에 적응적으로 워터마크를 삽입하는 방법이다. 최근에는 변환영역에서의 워터마크는 영상이 갖고 있는 주파수 영역으로 확산시켜 특정 주파수 대역에 에너지를 넣어 영상의 변화를 쉽게 감지하지 못하도록 하게 하는 것이 주된 특징이다. 다음은 변환 영역에서의 대표적인 워터마킹 알고리듬에 대한 예이다.

Piva[9]가 제안한 워터마킹 방법은 영상을 $N\times N$ 블록으로 DCT 변환을 수행한 뒤, 각 블록을 지그재그(Zig-Zag) 스캔을 통하여 중간대역에 워터마크를 삽입하는 방법을 제시하였다. 이는 저역, 고역 필터링에서 안전한 특징을 갖고 있다.

Xia[10]는 웨이블릿을 이용한 워터마킹 방법을 제안하였다. 워터마킹 알고리듬은 영상을 3-레이블 이산 웨이블릿 변환을 하고, LL 대역을 제외한 나머지 대역에 가우시안 잡음을 사용하여, 워터마크을 수행한다. 여기서 워터마크는 가우시안 잡음을 사용하였으며, 워터마크의 검출은 웨이블릿 변환된 원영상과 웨이블릿 변환된 워터마크 영상의 차를 구한 후 상관도(Correlation)를 계산함으로써 검출하였다.

Kundur[11]는 이진영상(Binary Image)을 워터마크로 사용하여 웨이블릿 변환을 통한 워터마킹 방법을 제안하였다. 원 영상의 웨이블릿 변환 후 LH, HL, HH 대역계수 중 중간크기의 계수에 대하여 워터마크가 1, -1에 따라 일정 크기만큼 증가 또는 감소하는 워터마킹 방법이다.

Ⅲ. 제안한 워터마크 기법

1. 워터마크 생성 시퀀스

본 논문에서 제안한 워터마크 알고리즘은 멀티 해상도를 갖는 웨이블릿 변환을 이용한 방법으로 워터마크의 판단을 쉽고 효과적으로 할 수 있도록 하였다. 여기서 암호화에 이용할 수 있는 여러 개의 키 값을 두어 불법적인 방법에 의한 워터마크의 삭제, 변조 등의 위험으로부터 보호할 수 있도록 하였다.

워터마크를 공간영역에서 선형적으로 워터마크를 더한 경우보다는 주파수 영역에서 사용자가 만든 워터마크 생성 시퀀스를 선형적으로 더하는 경우가 더 강인하고 복원된 신호에서 결과가 더 좋음을 알았다. 그러므로 이런 적절한 워터마크가 필요하여 현재의 많은 연구가 진행되고 있다. 현재 연구되었던 워터마크는 이진 워터마크(binary watermark)보다 견고한 가우시안 시퀀스, 임의의 난수를 이용한 시퀀스, 카오스 시퀀스 등을 이용하여 워터마크 시퀀스를 생성하였다. 그림 3은 제안한 워터마크의 삽입과정이다[12].

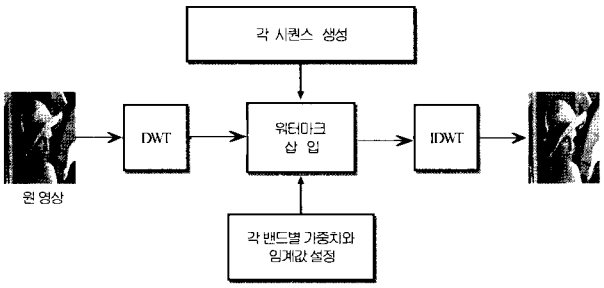


그림 3. 워터마크 생성과 삽입과정
Fig. 3. Watermark generation and insert process

1.1 가우시안 시퀀스

가우시안 분포는 가장 보편적이면서 많이 사용되는 확률분포함수이다. 가우시안 분포를 가지는 랜덤 벡터를 생성하기 위해서 가우시안 분포는 다음과 같이 주어진 밀도를 이용한 연속적이면서도 대칭적인 분포를 가진다. 이를 식(7)로 나타낸다.

$$P(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \tag{7}$$

여기서 두 매개변수 μ와 σ^2은 각각 식 (8)와 식 (9)에서 표현된 평균과 분산이다.

$$\mu = E[x] = \int xP(x)\,dx \tag{8}$$

$$\sigma^2 = E[(x-\mu)^2] = \int (x-\mu)^2 P(x)dx \tag{9}$$

1.2 임의의 난수 시퀀스

랜덤 함수를 발생시켜 범위 0~1까지의 범위을 이용한 랜덤 변수를 발생시킨 시퀀스이다.

1.3 카오스 시퀀스

카오스 시퀀스는 초기 값에 따라 전혀 다른 시퀀스를 생성한다. 가우시안 시퀀스 보다 상호 관련이 없으며 랜덤한 잡음 같지만 결정론적이며, 각종 변형을 가해도 그 특성이 유지되는 장점을 가지고 있다. 카오스 시퀀스는 초기 값 (X_k)과 분기 파라메타에 매우 민감하다. 초기조건을 조금만 바꿔서 카오스 시퀀스를 발생시켰을 경우 이 신호들은 전혀 다른 시퀀스가 되고, 그 신호들의 교차 상관성은 거의 "0"이 된다. 또 다른 맵은 차수 k를 변수로 같은 Chebyshev Map으로 아래식 (10)과 같이 정의된다.

$$\tau(x_{k+1}) = \cos(n(\cos^{-1}x_k)) \tag{10}$$

여기서 X_k는 [-1, 1] 구간에서 정의된다. 그리고 논리적인 식 역시 변수치환을 하여 Chebyshev Map 구간의 값 [-1, 1]을 갖도록 할 수 있으며 이는 아래와 같은 변환된 논리적인 식(11)로 표현 할 수 있다.

$$X_{k+1}=1-\lambda X_k^2 \tag{11}$$

여기서 λ는 분기 파라메타이며 $0 < \lambda \leq 2$ 이고, 초기 값은 $1 < X_0 < 1$ 이다. λ=2 일 경우 변환된 논리적인 식과 Chebyshev Map은 위상적인 결합을 이루어 같은 시스템으로 간주할 수 있다. 그리고 이 두 맵의 확률 밀도 함수 (PDF: Probability Density Function) 역시 같으며 아래의 식(12)로 정의 될 수 있다.

$$p(\chi)=\begin{cases}\dfrac{1}{\pi\sqrt{(1-\chi^2)}} & -1 < X < 1 \\ 0 & Otherwise\end{cases} \tag{12}$$

을 각 시퀀스로 생성하였다.

2. 제안한 확산 스펙트럼 워터마킹 삽입 및 검출 알고리듬

제안한 확산 스펙트럼 워터마킹 알고리듬은 멀티 해상도로 분해된 영상에 저주파 성분인 LL3 밴드와 고주파 성분인 나머지 밴드에 대한 임계값을 정해 실험하였다. 또한 대역별 LL2, LL1에 대해서도 웨이블릿 변환을 한 후 주파수 영역에서 계수값에 의한 화소값의 크기를 순서대로 나열하고 워터마크를 삽입할 곳을 화소수에 따라 삽입을 정한 후 삽입 조건식에 따라 삽입을 한다. 삽입 조건은 다음 식(13)으로 표현한다.

$$v_i' = v_i + \alpha_i \omega_i \tag{13}$$

여기서, α는 스케일(Scale) 변수 즉, 가중치를 나타내며 워터마크 ω를 주파수 계수값 v에 삽입함으로써 v'을 얻을 수 있다.

그림 4는 제안한 워터마크 블록도로서 주파수 영역에서의 영상을 다중 해상도로 분해 한 영상에 웨이블릿 역변환을 수행하여 워터마크가 삽입된 영상을 생성한다. 워터마크가 삽입된 각 부밴드의 계수와 워터마크가 삽입되지 않은 계수를 역 이진 웨이블릿 변환하여 워터마킹을 한다.

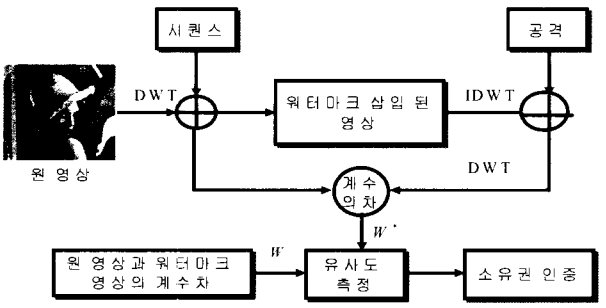


그림 4. 제안한 워터마크 블록도
Fig. 4. Proposed watermark block

각 대역별 분할한 영역에 대한 분류 방법은 다음과 같이 하였다.

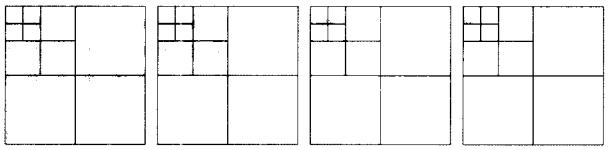


그림 5. 대역분할 후의 워터마크 삽입을 위한 조건 예
Fig. 5. Example for watermark insertion after subband split

본 논문에서 제안한 적응적인 워터마크 삽입 조건은 원영상을 각 레벨마다 임계값을 카운트하여 웨이블릿 변환을 한 후 분할된 여러 영역에 워터마크 삽입 대역을 결정하고 삽입하여 할 데이터를 각 대역별 가중치 (α_1, α_2)와 임계값 T_0, T_1은 워터마크가 삽입될 pixel의 수. 영상의 PSNR이 최저 38dB를 적용하여 강인성과 비가시성을 기준으로 정하고, 시퀀스가 삽입된 영상을 워터마크로 사용한다.

워터마크 시퀀스 삽입과 적응적인 삽입 알고리듬

단계 1. 원영상을 $V(i,j)$ 영상을 정한 레벨까지 다 해상도 분해한다.
단계 2. 멀티해상도 분해한 계수 중에 임계값 T_0를 넘는 계수를 카운트한다.
분해된 공간적인 영역의 임계값에 따라 분류된 픽셀 수들을 센다.
단계 3. 각 1~3 레벨의 밴드에 워터마킹 시퀀스를 삽입한다.
단계 4. 워터마크 삽입 계수 $v_i' = v_i + \alpha w_i$에 의해 삽입한다.
단계 5. IDWT를 실시한다
단계 6. 원영상과 워터마크 삽입된 PSNR을 계산한다.
단계 7. PSNR $< T_1$ 이하일 경우 임계값 T_0을 조정하면서 단계 2~단계 6까지 수행한다.

워터마크 검출과정은 삽입과정과 반대이며 제안한 전체 블록도 그림 3-2에서 제시한 소유권 인증에 대한 워터 마크 검출을 기준으로 하기 위한 유사도 식(14)으로 표현을 한다. 유사도 측정식은

$$Sim(W, W^*) = \frac{\sum_i \sum_j (W_{ij} \cdot W_{ij}^*)}{\sum_i \sum_j \sqrt{W_{ij}^* \cdot W_{ij}^*}} \tag{14}$$

각 영상에 대한 웨이블릿 변환 후 계수값 중 임계값에 워터마크를 삽입한 후 각종 공격을 받았을 시 유사도를 측정하여 잡음, 압축, 공모 등의 각종 공격 형태에서도 각 시퀀스를 대입하여 유사도 값을 계산한 결과 공격당한 영상과 워터마크가 삽입된 영상과 비교해 차 값을 이용하여 유사도 값을 설정하였다.

Ⅳ. 실험 결과 및 고찰

본 논문의 실험에서는 워터마크 삽입과 검출 시 다우비치(9, 7) 필터를 이용한 웨이블릿 변환을 사용하였다. 시험

영상으로는 Lenna, Baboon, Pappers 영상 등에 대해서 멀티해상도로 3 레벨 분해를 하여 워터마크를 삽입하였다. 워터마크는 각 시퀀스에서 생성된 계수를 원 영상에 삽입하였다. 시퀀스의 잡음 첨가 정도에 따라 유사도를 평가해 비교한 것을 표 1에 영상의 각 시퀀스 첨가 정도를 영상 전체 영역에 대한 유사도 식을 통해 유사도의 범위를 정하는 기준으로 삼았고 이는 실험 통계를 통해서 인증의 범위를 결정하였다. 통계 결과에서 인증의 범위를 유사도 $\delta \geq 12$ 일 때가 가장 최적의 소유권을 주장할 수 있다는 실험 결론을 얻었다. 그림 6은 실험에서 사용한 영상이고, 그림 7은 각종 시퀀스를 통한 이미지의 손상 정도를 나타낸 데이터이다. 비가시성과 강인성을 알아보기 위해 각종 공격에 대한 유사도 평가를 위해 워터마크가 삽입된 영상을 1/2, 1/4로 축소하거나 2, 4배로 확대한 후 원상태로 한 스케일, 영상의 평균을 취해 영상내에 존재하는 공모 기반 평균치로 워터마크를 없애고자 하는 공모 방법, 워터마크가 삽입된 영상을 임의의 부분을 1/4로 잘라 내는 기하학적인 변환, JPEG 압축과정에서 양자화를 1~10의 범위를 주어 공격 하였을때 워터마크가 존재하는 지에 대한 결과를 표 2, 표 3에 제시하여 인증할 수 있지를 유사도로 표시하였다.

실험에서 얻은 결과로 3 레벨 멀티해상도 웨이블릿 변환한 후 각 대역로 변환한 후 LL3을 포함한 대역에 각 시퀀스를 삽입하여 전 대역에 $T_0 = 10 \sim 120$, $T_1 = 38$dB를 설정하여 기준을 정했고, 각 임계 기준인 스케일링 α_1, α_2의 범위는 각각 0.01~0.05의 범위를 정해서 각 화소에 워터마크를 삽입하는 기준점과 인간시각 특성에 적합하도록 범위를 정해서 실험 하였다. 유사도의 임계값 12를 가질 때의 안정적으로 인증을 할 수 있는 결과를 얻어내었다. 워터마크된 영상과 원 영상 사이의 유사성으로 판단 기준을 새롭게 설정 하였다.

(a) Lenna

(b) Baboon

그림 6. 실험에 사용한 원 영상
Fig. 6. Original images

표 1. 원영상에 시퀀스 잡음첨가 정도의 유사도 비교
Table 1. Similarity by sequence noise addition with images

시퀀스 \ 영상			Lenna	Baboon	Peppers
가우시안 시퀀스	잡음첨가도	5 %	28.14	31.34	27.17
		10 %	22.40	28.92	21.45
		20 %	15.62	19.33	13.89
		30 %	10.41	13.12	10.01
		40 %	6.55	10.66	6.32
랜 덤 시퀀스	잡음첨가도	5 %	12.20	22.15	16.86
		10 %	7.36	14.03	11.42
		20 %	4.12	9.87	7.16
		30 %	3.57	6.45	5.54
		40 %	2.12	4.99	4.90
카오스 시퀀스	잡음첨가도	5 %	30.23	33.64	29.22
		10 %	24.12	30.54	20.56
		20 %	18.22	24.81	15.99
		30 %	15.01	18.33	13.75
		40 %	12.44	15.33	11.34

표 2. Lena 영상의 3 단계 분할 후 전체 영역에 적용한 실험결과
Table 2. Lena image: Experiment result of applying in Level 3 decomposition

Level 3 가중치		0.015		0.018				0.05	
임계값		10	50	10	20	40	80	10	50
화소수	LL3	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024
	LH3	223	26	223	61	30	12	223	26
	HL3	228	86	228	122	96	35	228	86
	HH3	205	24	205	62	31	8	205	24
	LH2	335	62	335	96	67	28	335	62
	HL2	623	122	623	277	128	86	623	122
	HH2	332	61	332	107	65	46	332	61
	LH1	1075	155	1075	275	164	98	1072	155
	HL1	1716	306	1716	613	354	162	1716	306
	HH1	1025	144	1025	244	157	97	1025	144
PSNR		42.13	41.75	39.84	39.78	39.68	38.88	31.44	31.33
공격이 없을때 유사도		12.82	19.2	60.1	57.5	56.8	49.5	86.6	92.5
공 격	Scaling	2.34	6.33	27.21	27.25	26.98	26.87	0.26	16.73
	Collusion	1.32	8.33	22.15	22.32	22.61	23.02	-0.74	46.24
	Cropping	-0.62	7.66	13.59	13.87	13.89	13.92	1.26	12.24
	JPEG	2.17	11.14	24.15	24.19	24.23	24.28	-0.39	12.28

표 3. 영상 압축에 따른 워터마크 상관값(CV)
Table 3. Watermark correlation table by JPEG

원영상		Lenna		Baboon		Pepper	
워터마크		카오틱 시퀀스					
		Proposed	Podilchuk[13]	Proposed	Podilchuk[13]	Proposed	Podilchuk[13]
JPEG 압축	5%	0.970	0.966	0.962	0.966	0.982	0.980
	10%	0.951	0.950	0.948	0.947	0.952	0.950
	20%	0.921	0.921	0.923	0.918	0.931	0.930
	30%	0.898	0.892	0.902	0.900	0.908	0.910
	40%	0.875	0.876	0.893	0.887	0.897	0.898

(a) 5% Chaotic noise (b) 5% Gaussian noise (c) 5% Random noise

그림 7. 워터마크가 삽입된 영상

Fig. 7. Insert image with watermarked

V. 결 론

본 논문에서는 다중 해상도를 갖는 웨이블릿 변환을 이용하여 영상에 워터마크 삽입을 각 시퀀스에 적용하여 워터마크 삽입과 검출에 대해서 제안하였다. 워터마크 삽입 방법은 웨이블릿 변환을 한 후 각 3 레벨의 공간 삽입 공간에 삽입 영역의 화소수를 선택하여 사용자 정의인 스케일과 임계값은 비가시성을 만족하기 위해서 PSNR이 38dB 이상이 되도록 하며 실험하였고, 가중치는 0.017~0.02의 범위일 때 가장 안정적인 결과를 나타내었다. 시각적으로 안정적인 가중치를 설정할 수 있는 범위를 결정할 수 있었다. 다중 임계값(T: 10~80)의 범위를 실험하였을 때와 저주파 영역의 화소의 에너지의 크기에서 100번째 이후부터 삽입 영역으로 선택하였을 때다 가장 안정된 실험 결과를 얻었다. 이는 고주파 필터와 같은 공격에도 큰 영향을 받지 않도록 중간 주파수에 삽입하므로서 각 공격에 강인하도록 하기 위함이다. 워터마크 삽입은 LL 대역을 포함한 레벨의 3, 2의 영역 고루 분포하도록 하고, 각각 부대역의 특성에 화소수와 화소의 특징을 고려하여 영상 화질 변화가 최소가 되도록 하여 영상의 비가시성을 만족하고, 워터마크된 영상의 강인성을 유지할 수 있는지를 유사 잡음(Psuedo noise)을 첨가하여 실험하였다. 유사 잡음으로는 카오틱 시퀀스가 잡음 첨가 범위가 넓고, 워터마크 검출을 위한 원 영상 사이의 유사도 값이 12이상일때 영상의 소유권을 안정적으로 인정할 수 있는 기준점을 도출해 내었다. 제안한 워터마크 알고리듬에서 공격을 받지 않았을 때와 각종 공격을 받았을 때의 유사도를 비교하여 임계값이 영상의 화질 및 유사도에도 영향을 미치는 것을 확인하였다. 실험에서 영상 소유권을 인증을 위한 적정한 기준을 만들 수 있는 실험적인 결과를 얻었다.

향후 워터마크의 제안한 블라인드 워터마킹 알고리듬을 이용하여 각종 공격의 복잡성을 갖고있는 RST(Rotate Scale Transform)과 같은 공격에서도 워터마크 삽입 및 검출 방법에 대한 적용에 대한 많은 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 향후 영상 추출 알고리듬의 확장을 통한 마크 영상 등을 변환하여 삽입하고 검출할 수 있는 다양한 실험 결과를 제시하는 연구가 발표될 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

[1] 원치선, "디지털 영상의 저작권 보호", *정보과학회지* 제 15권, 12호, pp. 22-27, 1997. 12.

[2] M. Kutter, F. Jordan, and F. Bosson, "Digital signature of color images using amplitude modulation," *Proceedings of the SPIE Storage and Retreval for Image and Video Databases*, Vol. 3022, pp. 518-526, 1997.

[3] K. Shen and E. J. Delp, "Wavelet Based Rate Scalable Video Compression," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 9, No. 1, pp. 109-122, Feb. 1999.

[4] 김형중, 여인권, "블라인드 워터마킹: 튜토리얼", *방송공학회논문지*, Vol. 6, No. 3, pp. 270-282, 2001.

[5] 이원경, "멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위한 Digital Watermarking 기법", *박사학위논문*, 충남대학교, 2001. 2.

[6] M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, and A. Piva, "Copyright protection of digital images by embedded unperceivable marks," Image and Vision Compuing, Vol. 16, pp. 897-906, 1998.

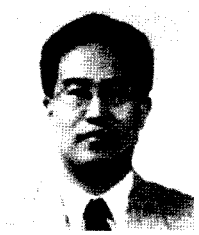
[7] I. J. Cox, J. Kilian, F. T. Leighton, and T Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *IEEE Transaction on Image Processing*, Vol. 6, No. 12 pp. 1673-1687, 1997.

[8] I. J. Cox, and M. L. Miller, "A review of watermarking and the importance of perceptual modeling," *Electronic Imaging II*, Vol. 3016, pp. 92-99, 1987. 2.

[9] A. Piva, M. Barni, F. Bartolini, and V. Cappellini, "DCT-based watermark recovering without resorting to the uncorrupted original

image." *Proceedings of ICIP'97*, Santa Barbara, CA, USA, Oct., 26-29, Vol. I, pp. 520-523, 1997.
[10] X. G. Xia, C. G. Boncelet, and G. R. Arce, "A multiresolution watermark for digital images," *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, Vol. 1, pp. 548-551, 1997.
[11] D. Kundur, and D. Hatzinkos, "Digital watermarking using multiresolution wavelet decomposion," *IEEE Inter. Conf. on Acostics, Speech and Signal Processing*, Vol. 5, pp. 2969-2972, 1999.
[12] T. Kohda, and A. Tsuneda, "Statistics of chaotic binary sequences," *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol 43, No.1, pp. 104-112, 1997.
[13] C. Podilchuk, and W. Zeng, "Image adaptive watermarking using visual models," *in IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, Vol. 16, No. 4, pp. 525-539, 1998. 5.

저 자 소 개



이 호 준

- 1988년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 졸업
- 1992년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 석사
- 1995년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 박사수료
- 1996년 3월~현재 : 한림정보산업대학 전자통신과
- 주관심분야 : 영상압축 부호화 및 영상코딩, MPEG

고 형 화

- 1979년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업
- 1982년 2월 : 서울대학교 전자공학과 석사
- 1989년 2월 : 서울대학교 전자공학과 박사
- 1985년 3월~현재 : 광운대학교 전자공학부 교수
- 1998년 8월~1999년 8월 : UCSD 전기공학과 객원교수
- 주관심분야 : 영상통신, 2진문서 압축, Wavelet 부호화, MJPEG2000 부호화