

HVS 특성을 이용한 Wavelet 변환 공간에서의 효과적인 워터마킹 기법에 관한 연구

준회원 노 상 윤*, 정회원 박 상 주**

A Study on Wavelet Based Watermarking using Human Visual System Property

Sang Yun Roh*, Sang Ju Park** *Regular Members*

요 약

최근 멀티미디어 기술의 발전 및 인터넷의 보급과 더불어 디지털 데이터가 가지는 복제의 용이성으로 인해 저작자의 소유권 보호와 인증에 대한 문제가 중요시되고 있다. 이에 따라 디지털 데이터에 워터마크를 삽입하여 소유권을 보호하고 데이터의 무결성을 보증하도록 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 디지털 영상을 주파수 공간으로 변환시킨 후 효과적인 워터마크 삽입을 위해 인간의 감지능력이 떨어지는 주파수 영역과 중요한 주파수 영역을 선택하였다. 그 다음 영상 전체에 반복적이며, 그 내용에 따라 적응적인 워터마크를 삽입하는 방법을 제시하였다. 주파수 공간으로 변환하는 방법으로는 수직, 수평, 대각선의 3가지 방향성과 다 해상도 (Multi-resolution) 특성을 갖는 웨이블릿 변환을 택하였다. 웨이블릿으로 분해된 주파수 공간에서 인간의 시각 특성(HVS)을 이용하였다. 특히 고주파가 집중된 텍스트 영역을 선택해서 삽입된 워터마크가 눈에 띄지 않도록 하였다.

ABSTRACT

Recently, aegis of authentication and creator's copyright has become a matter of great concern by the diffusion of multimedia technique and the growth of the internet and the easily duplicated property of digital data. Consequently, many active researches have been made to protect copyright and to assure integrity by inserting watermark into the digital data. In this paper, watermark is repeated through the entire image and adapted to the content of the image. It is achieved by an underlying process of transforming the digital image to the frequency domain by wavelet transform, which has three (vertical, horizontal, diagonal) directions and Multi-resolution features, and then choosing frequency area inferior to the human perceptibility and significant for invisible and robust watermark. Watermark is inserted by utilizing Human Visual System (HVS) feature in the wavelet transformed frequency domain. Especially, watermark inserted into the high frequency concentrated textual area makes itself invisible.

1. 서 론

최근 데이터의 디지털화와 멀티미디어 기술의 발달, 그리고 인터넷의 폭발적인 보급으로 인해 디지털화 된 음성이나 정지영상, 동영상 등의 유통이 대중화되었다. 이와 같은 디지털 데이터의 유통의 대

중화에 따라 디지털 데이터에 대한 저작권 보호의 필요성이 요구되고 있다. 디지털 데이터는 복사가 용이하고 복사본과 원본의 차이가 없을뿐더러 쉽게 조작될 수 있으므로 이에 대한 대책이 필요하다. 디지털 워터마킹 기법은 이와 같은 철향로부터 디지털 데이터를 보호하기 위한 기술이다.

워터마킹 기법은 사용목적에 따라 소유권을 주장

* 삼성전자, 디지털미디어 네트워크총괄(unisist@samsung.co.kr),
논문번호 : 010339-1116, 접수일자 : 2001년 11월 16일
※ 본 연구는 2001년도 두뇌한국21 사업에 의해서 지원되었음

** 홍익대학교 전자전기공학부

하는 워터마킹 기법과 인증을 위한 워터마킹 기법으로 나눌 수 있다²⁾. 소유권 주장을 위한 워터마킹 기법은 2인 이상의 디지털 데이터의 소유권 분쟁에서 원 저작권자의 소유권을 분명히 하기 위해 워터마크를 사용하는 것이다. 디지털 콘텐츠를 만드는 저작권자는 자신의 콘텐츠의 소유권을 주장하기 위해 비밀키를 이용해서 워터마크를 생성하고 원본 콘텐츠에 삽입하여 공개한다. 이후 워터마크가 삽입되어 공개된 콘텐츠에 대해 제 3자가 소유권을 주장하게 되면 원 저작권자는 자신이 삽입한 워터마크를 추출하여 자신의 콘텐츠임을 주장할 수 있다. 워터마크를 추출에는 원본이 있어야하는 경우 (non-oblivious) 와 원본 없이 워터마크가 삽입된 영상만을 이용하여 워터마크를 추출하는 경우(oblivious or blind)로 두 가지 방법이 있다.

소유권주장을 위한 워터마킹 기법은 디지털 데이터에 대한 압축이나 각종 필터링과 같은 일반적인 처리를 하여도 워터마크가 사라지지 않고 남아 있어야 하는 강인성을 필요로 한다.

디지털 영상의 저작권 보호를 위한 워터마킹 기법으로는 크게 세 가지가 있다. 공간영역 (spatial domain) 에서 워터마크를 삽입하는 방법과 주파수 영역 (frequency domain) 의 변환 계수에 워터마크를 삽입하는 방법, 압축영역 (compressed bit-stream) 에서 워터마크를 삽입하는 방법들이다. 공간 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법의 경우 간단하고 빠르게 워터마크를 삽입할 수 있다는 장점이 있으나 노이즈와 압축 손실 등에 워터마크가 쉽게 손상되는 단점을 가지고 있다. 주파수 영역에서의 워터마킹 기법은 손실 압축을 수행한 후에도 워터마크가 존재할 수 있도록 DCT (Discreet Cosine Transform), DFT (Discreet Fourier Transform), 혹은 DWT (Discreet Wavelet Transform) 등을 이용하여 영상을 주파수 영역으로 변환한 뒤, 중간 주파수의 계수에 워터마크를 삽입한다¹¹⁾¹³⁾. 최근에는 기하학적인 변형에 강인한 영상 데이터 워터마킹 알고리즘이 소개되고 있다. 이 방법들은 회전 (rotation), 이동 (translation), 크기변환 (scaling) 에는 강하나 잘라내기 (Cropping), 중횡비 변환에는 약한 결점을 보인다.

마지막으로 압축영역에 워터마크를 삽입하는 방법은 보호하려는 데이터가 이미 압축되어 있는 경우 복원, 재압축의 과정이 없이 워터마크 삽입이 가능하여 동영상 등에 실시간으로 사용될 수 있지만 포맷의 전환이나 GOP (Group of Pictures)의 변화

에 약한 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 다 해상도 웨이블릿 변환을 기반으로 하는 소유권 주장을 위한 워터마킹 기법을 제안하였다. DWT 변환계수에 워터마크를 삽입하는 방법은 인간의 시각 특성을 쉽게 적용할 수 있을 뿐 아니라 DWT를 기반으로 하는 압축 기법인 EZW, SPIHT⁸⁾ 등과 차세대 압축 규격인 JPEG 2000등의 압축기법에도 적용이 쉽다. 제안한 방법은 워터마크 추출시 원본 영상이 필요하지 않고 DWT를 이용한 주파수의 계수 값에 인간의 시각 특성을 이용하므로 삽입된 워터마크가 원본의 화질을 손상시키지 않으며 영상의 특성에 따라 적응적으로 워터마크가 삽입되도록 하였다. 워터마크는 웨이블릿 계수를 양자화 하고 이에 따라 발생하는 양자화 에러 부분에 삽입된다.

본 논문의 구성은 2장에서 웨이블릿 변환과 기존 워터마킹 방법에 대한 간단한 설명을 하고, 3장에서 제안한 내용과 그 방법 대해서 설명하였다. 4장에서는 제안한 방법의 모의실험결과를 보이고 5장에 결론을 맺는다.

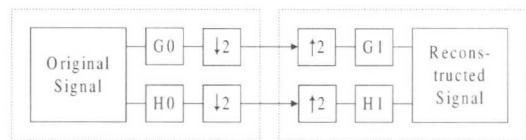
II. 웨이블릿 변환과 일반적인 워터마크 삽입과정

2.1. 웨이블릿 변환

웨이블릿은 단일 원형 함수에 기반을 둔 뛰어난 Scaling 특성으로 원 신호의 다중해상도(Multi-resolution) 표현 및 분석이 가능하다. 웨이블릿 변환은 식 (1) 에 의해서 저주파수 측정에서는 기저함수 신호의 폭이 늘어나고, 고주파수의 경우 좁아지는 모양을 갖게 된다¹⁵⁾.

$$\Psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (1)$$

[그림 1]은 일반적인 1차원 신호의 웨이블릿 분해와 복원이 이루어지는 과정을 나타내고 있다. 여기서 G0는 고역 여파기이고 H0는 저역 여파기이다. 2차원 신호인 영상 신호의 경우 수직과 수평방



웨이블릿 분해

웨이블릿 복원

그림 1. 웨이블릿 분해와 복원 과정

향에 각각 저역 여파기와 고역 여파기를 사용해서 분해하게 된다. 그 결과 서로 다른 4개의 대역이 생기게 되는데 수평 수직 저주파수 대역인 LL-band, 수평 방향으로 저주파수, 수직 방향으로 고주파수 대역인 LH-band, 수평 방향으로 고주파수, 수직 방향으로 저주파수 대역인 HL-band, 수평 수직 고주파수 대역인 HH-band가 생긴다. 자연 영상의 경우 특성상 수평, 수직 저주파수 대역에 신호의 에너지가 집중되게 된다.

이렇게 영상의 대부분의 정보가 담겨 있는 저주파수 대역만을 보면 또 하나의 새로운 영상으로 생각할 수 있으며 이 대역에 다시 한번 웨이블릿 분해를 적용할 수도 있다. 이때 일반적으로 대역간에 번호를 붙여서 구분하게 된다. 가장 영역의 크기가 크며 세밀한 구조를 가지고 있는 하위 레벨의 각 대역에 HL1, LH1, HH1, 새로 분해된 상위 레벨의 4개의 대역에 대해서는 HL2, LH2, HH2, LL로 각각의 대역을 구분할 수 있다. 이러한 분해 방법을 Octave Band 분해라고 한다. 워터마크 삽입에 있어서 웨이블릿 분해가 가지는 지역적 특성을 활용해서 수직, 수평, 대각선 방향으로 모두 고주파 성분이 나타나는 경우 변형에 덜 민감한 텍스처 영역으로 판단해서 인간 시각 특성에 맞는 워터마크를 삽입할 수 있게 된다.

2.2 일반 적인 워터마크 삽입과정

입력 영상을 C라고 하고 삽입하고자 하는 정보를 I, 영상에 삽입될 수 있도록 워터마크 형태로 변환된 데이터를 W 라고 하면 일반 적인 워터마크 삽입과정은 [그림 2] 와 같이 표현할 수 있다. C'은 워터마크가 삽입된 영상을 표시한다.

일반 적인 워터마크 삽입 방법들은 아래 식(2)과 (3)와 같은 형태로 표현 될 수 있다^[4].

$$C'(x, y) = C(x, y) + \alpha \times W(x, y) \quad (2)$$

$$C'(x, y) = C(x, y)(1 + \alpha \times W(x, y)) \quad (3)$$

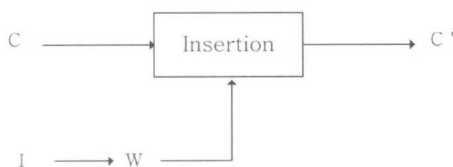


그림 2. 기본적인 워터마크 삽입 알고리즘

식 (2) 와 (3)에서 α 는 워터마크가 삽입될 때 워

터마크의 가중치로 쓰이며 큰 값일수록 워터마크의 강도가 높아 공격에 강해진다. 하지만 그에 따라 영상의 질도 같이 나빠지게 된다. 식 (2)의 경우 입력 영상에 내용에는 상관없이 워터마크를 삽입하는 방법이며 식 (3)의 경우에는 입력 영상의 내용에 따라 적응적인 워터마크를 삽입하는 방법이다.

III. 제한한 방법

3.1. 인간의 시각특성 (HVS)에 부합하는 계수 선택

원 영상에 삽입된 워터마크가 시각적으로 보이지 않으면서 보다 강한 워터마크를 삽입하기 위해서는 워터마크 삽입시 사용되는 워터마크의 강도가 인간 시각에 미치는 영향을 고려해 보아야 한다. Lewis 와 Knowles^[7]는 인간 시각의 특성에 따라 계수의 양자화 단계를 적음 적으로 변경시켜 압축에 활용하였는데 다음과 같은 가설을 이용하였다.

- 인간의 시각은 고주파대역과 대각선 방향의 노이즈에 덜 민감하며
- 고주파가 집중되어 있는 텍스처 영역에서의 노이즈에 덜 민감하다.

위와 같은 가설을 바탕으로 워터마크가 인간 시각에 덜 민감한 영역에 더 큰 가중치를 가지고 삽입됨으로써 보이지 않으면서 보다 강한 워터마크가 될 수 있다.

워터마크를 삽입할 때 이러한 가중치를 활용하기 위해서는 워터마크를 삽입하기 전에 각각 계수의 위치와 크기에 따라 미리 가중치를 구해 두어야 한다. 그렇게 하기 위해서 먼저 원 영상을 웨이블릿 변환을 하고 각 레벨과 대역에서 평균값을 구한 후 크기가 작은 상위 레벨에서부터 하위레벨 순으로 평균값보다 큰 값을 중요 계수로 정의한다.

웨이블릿의 트리 구조 특성에 따라 상위 레벨에서 중요계수가 발견되었다면 하위 레벨에서도 중요 계수가 될 가능성이 높다^[6]. 따라서 상위레벨에서 중요계수로 선택되었다면 하위 레벨의 자손들도 중요 계수로 판단하여 같은 가중치를 주게 된다. 하위 레벨에서도 동일한 방법으로 가중치를 부여하게 되므로 상위레벨에서 먼저 평균값보다 큰 중요계수로 판단되어 가중치를 부여받은 하위레벨의 계수가 하위레벨에서도 역시 중요계수로 판단되었다면 가중치는 두배가 된다. 하위레벨로 갈수록 가중치가 누적 되어 큰 값의 가중치를 가지게 된다. 이것은 고

주파 대역에서의 노이즈에 덜 민감하다는 인간의 시각 특성을 이용한 것이다. 또한 인간 시각의 특성이 대각선 방향의 노이즈에 덜 민감하다는 것을 이용해서 HH 대역에는 가로, 세로 대역인 HL 대역과 LH 대역보다 1.5배 더 큰 가중치를 주었다. [그림 3]에 Lena 영상의 가중치 값을 보였다.



그림 3. HVS 특징을 활용한 가중치 맵

고주파가 밀집되어 있는 텍스처 영역의 특징은 고주파 성분이 가로, 세로, 대각선 방향으로 모두 집중되어 분포한다. 일반적인 에지 (edge) 영역의 경우 고주파 성분이 집중되어 분포하지 않고 수평 또는 수직, 대각선 방향으로 어느 한 곳에만 방향성을 가지고 나타나게 된다. 이런 텍스처 영역에서는 웨이블릿 계수의 값들이 HL, LH, HH의 3가지 대역에 걸쳐 큰 값으로 밀집되어 있기 때문에 수평, 수직, 대각선 방향의 각각의 계수가 모두 중요한 계수로 선택된 경우 텍스처 영역으로 판단하고 각각의 계수에 더 큰 가중치를 부여한다.

3.2. 제안한 워터마크 삽입과정

웨이블릿 계수값을 양자화 하여 양자화 잡음의 형태로 워터마크를 삽입하는 방법은 fragile watermarking 기법의 하나로 제안되었다^[10]. 본 논문에서는 이와 유사한 방법을 사용하되 입력된 영상의 내용에 따라 적응 적인 워터마크를 삽입하는 robust watermarking 기법을 제안한다. 즉, 웨이블릿 변환을 통해 원 영상을 주파수 계수 값으로 바꾸고 양자화기의 특성을 결정하는 Δ 값을 이용해서 계수값을 양자화 하고 이에 따라 발생하는 양자화 에러

부분에 워터마크를 삽입하고 삽입한 후의 값이 양자화 단계값을 넘어 가지 않도록 하여 영상의 내용에 따른 적응 적인 워터마크가 되도록 하였으며 인간의 시각 특성에 잘 부합하여 워터마크 삽입 후 영상의 손상을 최대한 줄이도록 하였다.

단계 1 (워터마크 생성)

키(key)를 사용해서 PN-Sequence를 생성하고 삽입하려는 데이터를 Scramble해서 워터마크를 $w(x,y)$ 생성한다. 생성된 워터마크 $w(x,y)$ 를 하나의 정방향 블록으로 만든 후 영상 전체에 삽입될 수 있도록 반복하여 워터마크를 삽입하려는 원 영상 크기의 $W(x,y)$ 를 만든다.

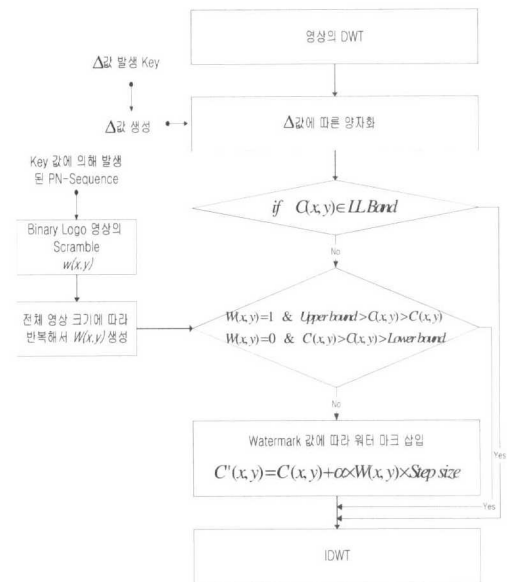


그림 4. 제안한 워터마크 삽입 과정

단계 2 (양자화)

입력 영상을 웨이블릿 변환한다. 변환 후 Δ 값을 이용해서 각각의 계수값을 식 (4)와 같이 양자화 한다. Δ 값이 큰 값일수록 워터마크의 강도를 크게 하지만 화질의 열화는 심해진다.

또한 모든 계수에 대해서 비균등양자화를 할 경우 값이 큰 계수에서 화질의 열화가 심해지는 큰 양자화 에러가 생긴다. 또한 하나의 Δ 값을 이용해서 워터마크를 삽입한 경우 사용한 Δ 값으로 모든 웨이블릿 계수를 다시 양자화 하게 되면 삽입된 워터마크가 모두 지워지게 된다. 본 논문에서는 임의의 Δ 값으로 다시 양자화 하는 공격에 대응하기 위해 앞서 단계 1에서 사용한 키(key)와는 다른 키

를 사용해서 Δ 값을 난수로 발생시켜 사용한다. 또한 비균등양자화기에 의해 야기되는 화질의 열화를 줄이기 위해 일정한 값 이상에서는 양자화기의 양자화 단계를 고정해서 [그림 5] 에서와 같이 균등양자화기가 되도록 하였다. 균등양자화기를 적용하는 시점(T)을 작은 값으로 할수록 화질의 열화는 적어지지만 워터마크의 강인성은 낮아진다. 그러므로 Δ 값과 균등양자화기를 적용하는 시점(T)은 화질의 열화와 워터마크의 강도를 고려해서 선택하였다.

- S : 양자화 단계 크기
- U : 양자화 단계의 상한값
- L : 양자화 단계의 하한값

$C(x, y) < T$ 일 때 \rightarrow 비균등양자화

$$S = \Delta \times 2^n$$

$$U = \Delta \times 2^{n+1}$$

$$L = \Delta \times 2^n$$

$$n = 0, 1, 2, \dots$$

$C(x, y) > T$ 일 때 \rightarrow 균등양자화

$$n' = \lceil \log_2 \frac{T}{\Delta} \rceil$$

$$S = \Delta \times 2^{n'}$$

$$U = L + S$$

$$L = \Delta \times 2^{n'} + m \times S$$

$$n, m = 0, 1, 2, \dots$$

$U > C(x, y) > L$ 이면

$$C'(x, y) = (U + L) / 2 \tag{4}$$

$C(x, y)$: 원 영상의 웨이블릿 계수값

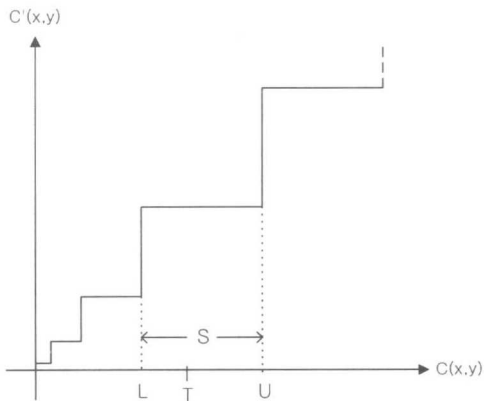


그림 5. 제안한 방법의 양자화기

단계 3 (워터마크 삽입)

워터마크를 삽입했을 때 현재 양자화 단계의 하한값보다 작아지지 않고 양자화 단계의 상한값 보다 커지지 않도록 하기 위해 현재 양자화 단계의 크기를 고려해서 워터마크를 삽입한다. 워터마크 삽입후의 계수 값이 현재 임계값과 상위 임계값의 범위를 벗어나지 않으므로 비슷한 방식의 웨이블릿 기반의 압축 알고리즘인 EZW와 SPIHT 등에도 쉽게 적용 할 수 있으며 압축 후에도 워터마크가 손상되지 않는 장점이 있다. 또한 워터마크를 삽입 할 때는 미리 계산 하여둔 계수값에 따른 가중치를 이용해서 인간의 시각 특성에 잘 부합하는 워터마크를 삽입한다.

화질의 열화를 최소화 하기 위해 원 영상 웨이블릿 계수값의 위치와 삽입하려는 워터마크 값에 따라 워터마크를 삽입하지 않았다. [그림 6]과 [표 1] 은 제안한 워터마크 삽입을 나타낸 것이다. 또한 LL 대역의 계수값까지 양자화를 하고 워터마크를 삽입하면 영상이 심하게 왜곡되는데 이는 LL 대역이 영상의 대부분의 에너지가 모여있는 저주파 대역이기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 LL 대역의 계수에는 워터마크를 삽입하지 않았다.

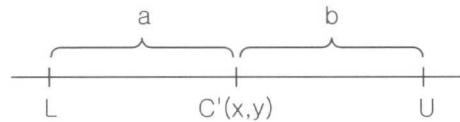


그림 6. 제안한 양자화기의 양자화 단계

표 1. 제안한 워터마크 삽입방법

$W(x, y)$	$C(x, y)$	$C''(x, y)$
1	$C(x, y) \in a$	$C'(x, y) + \alpha \times \frac{S}{2}$
0	$C(x, y) \in a$	$C(x, y)$
1	$C(x, y) \in b$	
0	$C(x, y) \in b$	$C'(x, y) - \alpha \times \frac{S}{2}$

[표 1]에서 $C'(x, y)$ 는 워터마크가 삽입된 계수 값이고 α 는 워터마크 삽입시 가중치로 HVS 특성에 따라 미리 계산하여 둔 가중치이며 $0 < \alpha < 1$ 이다.

마지막으로 워터마크가 삽입된 웨이블릿 계수들을 다시 웨이블릿 역 변환을 통하여 워터마크가 삽

입된 영상을 얻을 수 있다.

3.3. 제안한 워터마크 추출과정

워터마크의 추출과정은 삽입과정과 같은 방법으로 워터마크가 삽입된 영상을 웨이블릿 분해를 하고 워터마크 삽입 과정에서 사용한 양자화 계수를 이용해서 웨이블릿 계수값을 비교해서 워터마크를 추출해 낸다. 여러 가지 공격에 의해 웨이블릿 계수값이 변하게 되는데 특히 작은 값의 계수들은 간단한 영상처리에도 쉽게 그 값이 변한다. 이에 반해 큰 값의 계수들은 쉽게 값이 변하지 않기 때문에 큰 값의 계수에서 추출한 워터마크 값에는 큰 가중치를 주어 워터마크를 추출하게 된다. 영상 전체에 반복되어 워터마크가 삽입되어 있으므로 반복된 모든 워터마크를 통해 더 많이 검출된 값을 추출된 워터마크 비트의 값으로 한다.

워터마크를 생성할 때 사용한 키를 입력해서 PN-Sequence를 다시 생성한다. 생성된 PN-Sequence를 이용해서 추출된 워터마크 값에서 Unscramble을 통해 삽입한 데이터를 읽어 낸다. 그렇기 때문에 워터마크 삽입시 사용한 키와 Δ 값을 생성할 때 사용한 키를 사용해야만 영상에 삽입한 데이터를 추출해 낼 수 있다.

제안한 방법을 이용한 워터마크 삽입 및 추출 기법은 correlation receiver를 사용하는 기존의 기법에 비해 그 구현이 간단한 장점을 가지며 보다 많은 양의 정보를 삽입할 수 있다.

IV. 모의실험 결과

본 논문에서는 영상에 대하여 일반적인 영상처리인 잘라내기, 노이즈 첨가, JPEG 압축, SPIHT 압축 등에 대해 실험해 보았다. 영상에 삽입한 데이터는 128x32 크기의 이진 로고영상으로 4096 비트에 해당한다. 워터마크 블록은 64x64 블록으로 LL 대역을 제외한 전체 대역에 반복 삽입하였다. 실험에 사용한 영상은 LENA 영상으로 512x512 크기의 8비트 그레이 영상을 3번 Octave Band 분해하여 사용하였다. (T=50, Δ : 평균 5)



그림 8. 원 영상



그림 9. 삽입한 로고

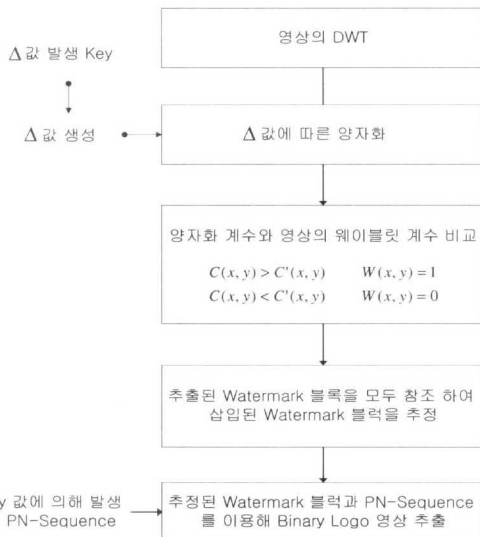


그림 7. 제안한 워터마크 추출 과정



그림 10. 워터마크 삽입 영상
(Δ 평균 : 5)

모의 실험 결과를 그림으로 보면 아래와 같다. 여기서 [그림 8]은 워터마크를 삽입하기 전의 원 영상이며 [그림 10]은 워터마크가 삽입된 영상으로 워터마크를 삽입하고 나서 PSNR을 계산하였을 때 37.58[dB]가 측정되었다. [그림 11] 부터 [그림 16]

까지 다양한 형태의 공격 이후의 영상과 추출된 워터마크 로고를 보였다. JPEG 압축 40% 경우 및 SPIHT 0.5bpp 에서도 삽입한 로고가 추출되었으며 가우시안 잡음의 첨가나 잘라내기 등의 공격을 가

하였을 때도 삽입한 로고가 잘 추출되었다. 특히 웨이블릿 압축을 기반으로 하는 SPIHT 압축에서는 워터마크가 선명하게 추출되었다.

추출된 로고영상과 삽입한 로고 영상간의 차이



그림 11. JPEG 압축 (Q=80)



그림 14. SPIHT압축(0.5 bpp)



그림 12. JPEG 압축 (Q=40)



그림 15. Additive Noise (10%)



그림 13. SPIHT압축(1.0 bpp)



그림 16. 잘라내기 (75%)

(NC)를 식 (9)로 정의하여 JPEG압축과 SPIHT 압축, JPEG2000^[9] 압축시 워터마크의 성능을 세 가지 테스트 영상 (Lena, Barbara, Goldhill)을 이용해서 측정하였다.

$$NC = \frac{\sum_x \sum_y w(x,y)w'(x,y)}{\sum_x \sum_y [w(x,y)]^2} \quad (9)$$

[그림 17], [그림 18], [그림 19] 에 서로 다른 세 가지 영상을 가지고 워터마크의 성능을 시험한 결과를 보였다. 결과를 보면 Barbara 영상에서의 결과가 보다 우수하게 측정되었는데 이것은 해당 영상이 가지는 고주파 성분이 다른 영상보다 많아서 보다 큰 값의 워터마크를 많이 삽입할 수 있었기 때문에 다른 영상보다 더 정확하게 로고영상을 추출할 수 있었다.

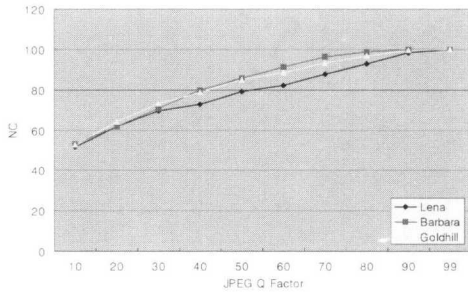


그림 17. JPEG Q 값에 따른 워터마크 성능

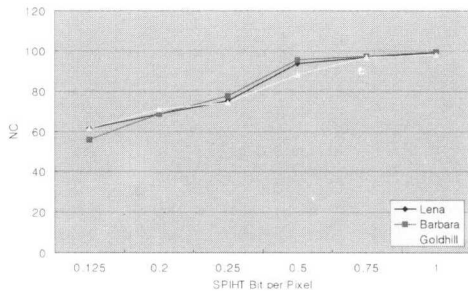


그림 18. SPIHT 압축에 따른 워터마크 성능

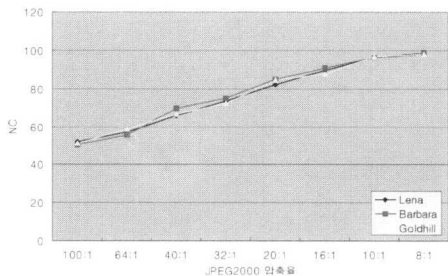


그림 19. JPEG2000 압축에 따른 워터마크 성능

V. 결론 및 향후 연구 과제

웨이블릿 변환을 이용한 주파수 영역에서 영상의 내용에 적응 적이며 인간의 시각 특성에 부합되어 워터마크 삽입 후 화질의 열화가 적은 워터마크 삽입 알고리즘을 제안하였다. 이러한 알고리즘으로 JPEG 압축, 노이즈 첨가, 특히 웨이블릿 기반의 SPIHT 압축과 차세대 압축 기법인 JPEG2000 압축 등의 영상 처리에서도 삽입한 워터마크를 추출할 수 있었다. 향후 연구 과제로는 워터마크를 추출하기 위해 워터마크가 삽입된 위치를 찾아내는 과정과 회전 및 크기 변환과 같은 기하학적인 변형에서도 워터마크를 추출해 낼 수 있는 기법에 관한 연구가 필요하다. 또한 워터마크의 성능을 객관적으로 비교 할 수 있는 기준을 마련하기 위한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] Ingemar J. Cox and Joe Kilian, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia" *IEEE Trans. on Image Porcessing*, vol. 6, No. 12, pp. 1673-1687, Dec. 1997
- [2] Gerhard C. Langelaar and Iwan Setyawan, "Watermarking Digital Image and Video Data" *IEEE Signal Processing Magazine*, vol.17, No.5, pp. 20-46, Sep. 2000
- [3] Houg-Jyh Mike Wang and Po-Chyi Su, "Wavelet-Based Blind Watermark Retrieval Technique" *SPIE Conference Multimedia Systems and Application*, November 1998
- [4] Stefan Katzenbeisser and Fabien A.P. Petitcolas, *Information Hiding Techniques for Seganography and Digital watermarking*, Artech House
- [5] G. Strang and T. Nguyen, *Wavelets and filter banks*, Wellesley-Cambridge Press.
- [6] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelets coefficients," *IEEE Trans. on Signal Processing*, vol. 41, No. 12 pp. 3445 -3462, Dec. 1993.
- [7] AS. Lewis and G. Knowles, "Image compression using the 2-D wavelet transform" *IEEE Trans, on Image Processing* vol. 1, No.

2, pp. 244-250, April 1992.

- [8] A. Said, W. A. Pearlman, "A New Fast and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees", *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol 6, No.3, pp. 243-250, June 1996
- [9] A. Skodras, C. Christopoulos and T. Ebrahimi, "The JPEG 2000 Still Image Compression Standard", *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 18, No. 5, pp. 36-58, Sep. 2001
- [10] D. Kunder, D. Hatzinakos, "Digital Watermarking for Telltale Tamper Proofing and Authentication," *Proceedings of IEEE*. vol. 87, No.7, pp. 1167-1180, July 1999

노 상 윤(Sang Yun Roh)

준회원



2000년 2월 : 홍익대학교 전자공학과 졸업
 2002년 2월 : 홍익대학교 전자공학과 석사
 2002년 3월 ~ 현재 : 삼성전자 디지털 미디어 총괄

<주관심 분야> 디지털 영상처리, 디지털 워터마크

박 상 주(Sang Ju Park)

정회원



1984년: 서울대학교 전자공학과 학사
 1986년: 서울대학교 전자공학과 석사
 1992년: Stanford University, Electrical Eng., 박사
 1992년~1993년: Philips Research Palo Alto, MTS

1993년~1995년: Philips Semiconductors, MTS

1996년~현재 : 홍익대학교, 전자전기공학부

<주관심 분야> 영상 처리 및 압축, 디지털 워터마크