

웨이브릿 특성을 이용한 객체기반 디지털 워터마킹

준회원 김 유 신*, 정회원 원 치 선*, 이재 진*

Object-based Digital Watermarking Using Wavelet Property

Yu-shin Kim*, Chee-sun Won*, Jaejin Lee* *Regular Members*

요 약

본 논문은 전체 영상으로부터 그 영상을 구성하는 특징을 갖는 객체를 추출하여 워터마크 시퀀스로 카오스 시퀀스를 사용, 인간시각 특성을 이용한 웨이브릿 영역에서 워터마크를 삽입하는 객체기반 디지털 워터마킹 방법을 제안한다. 제안한 방법의 장점은 영상 전체뿐 아니라 영상을 구성하는 특징을 가지는 객체를 선별하여 보호할 수 있어 기존의 방법이 영상의 객체 그 자체를 보호하는데 취약한 단점을 보완하고자 하였으며, 웨이브릿 변환의 시간-주파수 특성을 이용 인간시각특성에 맞게 워터마크를 삽입하였다.

ABSTRACT

In this paper we present an object-based watermarking scheme, which cuts out several featured portions from an image and casts chaotic sequences as a watermark into the extracted object image in the discrete wavelet domain with respect to the models of the human visual system. In such a way we can insert watermark to several objects of an image separately. Advantages of the proposed scheme include that it can protect featured object out of an image selectively as well as entire image and casts watermark sequences according to human visual masking utilizing the time-frequency localization property of the wavelet transform.

I. 서론

멀티미디어 데이터의 급속한 발달로 인하여 인터넷을 통한 디지털 데이터와 이러한 디지털 데이터를 조작하는 강력한 도구들을 쉽게 구할 수 있으며, 이러한 것은 멀티미디어 데이터의 저작권보호를 위한 방법의 필요성을 증가 시켰다. 디지털 워터마킹이란 디지털 매체의 저작권에 대한 소유권을 보호하기 위하여 디지털 데이터에 특정한 코드나 서명(워터마크)을 삽입하는 것을 말하며, 워터마크가 삽입된 디지털 매체에서 워터마크를 추출함으로써 멀티미디어 데이터의 인종뿐 아니라 올바른 소유자를 구별하기 위하여 사용될 수 있다. Cox^[1]가 대역확산 워터마킹 기술을 제안한 이후에 많은 워터마킹 방법들이 폭발적으로 제시되어져 왔으며, 대부분의

제안된 방법은 워터마크의 강인성과 비가시성^{[2][3]} 또는 워터마크를 검출하는 과정에서 원 영상을 필요로 하지 않는 방법^{[4][5]}에 관한 것이 대부분이다. 기존의 방법중^[6]은 DCT(Discrete Cosine Transform) 영역에서 워터마크를 삽입할 경우 Wiener 필터를 사용한 de-noising 방법으로 삽입된 워터마크를 제거할 수 있다는 것과 삽입된 워터마크를 검출하는 과정에서 원 영상을 필요로 하지 않는 알고리즘의 경우 다른 공격자에 의해 충분히 소유권자가 바뀔 수 있음을 강조하고, DWT(Discrete Wavelet Transform) 기반의 워터마킹 방법을 강조하고 이에 대한 장점을 기술하였다. 그러나 모든 이러한 방법들은 영상 내에서 각각의 특징을 가지고 있는 객체는 고려하지 않고 DCT 또는 DWT 영역에서 전체영상에 만 워터마크를 삽입하였다. 얼굴, 모자 또는 질과 같이 영상을 구성하는 특징을 가진 다른 객체들이

* 동국대학교 전자공학과 (yushins@hanmail.net)

논문번호 : 00097-0317, 접수일자 : 2000년 3월 17일

워터마크가 들어간 영상에서 잘려져 그 객체부분만이 사용되어졌을 경우 객체 그 자체에서 워터마크를 검출하기란 매우 어려울 뿐 아니라 일반적인 신호처리, 즉 공격에 매우 약하다. 게다가 기존의 방법들은 전체 영상에 워터마크를 삽입함으로써 불필요한 부분에도 워터마크가 들어가 워터마크의 손실을 초래한다. 따라서 기존의 방법들은 영상의 객체를 고려할 경우 디지털 영상 보호에 실질적으로 적합하지 않다. 최근에 Fridrich^[7]은 강한 워터마크와 약한 워터마크를 각각 영상에 삽입하는 hybrid 워터마킹 방법을 제안하였다. 이는 강한 워터마크를 삽입함으로써 일반적인 신호처리에 강하게 하였고, 약한 워터마크를 삽입하여 영상의 객체가 다른 그림으로 바뀌었을 경우에 대비하여 기존의 워터마킹 방법을 보완하였으나 객체 그 자체에 대한 공격은 고려되지 않았다. Kim 등^[8]은 불규칙한 모양의 객체에 SA-DCT(Shape Adaptive Discrete Cosine Transform)를 적용한 객체기반 워터마킹 방법을 제안하여 기존의 방법들이 객체에 취약한 단점을 보완하였다. 그러나 워터마크 삽입 후 시각적으로 느낄 수 있는 약간의 화질저하가 발생하는 점과 객체 크기가 110*110(약 12,000개 픽셀)이하일 경우 적용이 어려운 단점이 있다.

기존의 방법이 가지는 가장 큰 문제점은 “공격자가 영상에서 자기가 원하는 객체부분만을 잘라내어 자기의 영상에 사용하였을 경우 삽입된 워터마크를 검출할 수 있는가?”하는 점이다. 실제로 Lenna 영상(그림 3)에 [1]의 방법을 이용 전체 영상에 워터마크를 삽입한 후, 워터마크가 들어간 영상에서 모자와 얼굴만을 각각 떼어내어 그 객체 영상에 각종 공격을 가한 후 공격자의 워터마크를 삽입해본 결과 공격자의 워터마크는 제대로 나오는 반면 원 소유자의 워터마크는 검출되지 않는 결과를 보였다. 본 논문에서는 영상에서 특징이 있는 몇 개의 객체를 잘라내어 각각에 워터마크를 삽입함으로써 허가되지 않은 사용자로부터 멀티미디어 데이터를 보호하고자 한다.

이러한 방법으로 전체 영상 단위로 워터마크를 삽입하는 기존의 방법보다 더욱 효과적으로 영상을 보호할 수 있다. 본 고는 워터마크를 강하게 삽입하기 위하여 ‘0’으로 패딩된 512×512크기의 배경영상을 사용하고, 시각적인 특성을 고려하여 웨이브릿 영역에서 워터마크를 삽입하였다. 또한 워터마크 시퀀스로 가우시안 시퀀스대신 카오스 시퀀스를 사용하여 유사도의 변화량을 줄였다^[9].

II. 제안한 방법

2.1 워터마크 개수

워터마크의 개수를 증가시킬 경우 워터마크는 일반적인 신호처리에는 강하지만 워터마크가 삽입된 후 영상의 질을 저하시키는 단점이 있고, 반대로 감소하면 영상의 질의 보장되지만 각종 신호처리에 약한 단점을 보인다. 또한 워터마크의 개수를 계속적으로 증가시킬 경우 어느 정도까지는 유사도가 증가하지만 그 이후로는 오히려 유사도가 감소하는 결과를 보인다. 따라서 워터마크의 개수는 워터마크의 강인성과 영상의 질을 고려하여 적절하게 선택되어야 하며, 선택시 에너지, 프레임 크기, 발광도와 같은 영상의 성질과 함께 워터마크 삽입 방법이 중요하게 고려되어야 한다. 본 논문의 실험에서는 제안한 방법을 이용 객체영상 크기의 1.5% ~3.5%에 해당하는 개수를 삽입하였을 경우 강인성과 비가시성에 있어서 만족할만한 결과를 보였으며, 객체크기에 대한 워터마크의 비율을 그림 1에 도시하였다. 이는 객체영상의 크기, 강인성 그리고 워터마크를 삽입 후 영상의 왜곡정도를 고려하여 워터마크의 개수를 객체 크기의 1.5%~3.5% 사이의 값으로 사용하였다.

2.2 배경영상의 크기 설정

객체를 잘라내어 “0”값으로 채워진 배경영상으로 옮길 때 고려해야 할 것이 배경영상의 크기이다. 웨이브릿 변환시 원 신호의 웨이브릿 계수는 웨이브릿 변환 시 레벨을 많이 나눌수록 에너지를 저주파 영역으로 집중시킬 수 있다. 웨이브릿 변환 후 원 신호는 아래와 같이 approximation 계수와 detail 계수의 합인 $S = A_J + \sum_{j=1}^J D_j$ (S:원신호, A_J: approximation 계수, D_j:detail 계수, J:레벨 수)으로 표현할 수 있으며, $A_{J-1} = A_J + D_J$ 이다. 또한 웨이브릿 변환시 레벨이 J인 경우 주파수 계수, A_J,의 개수는 다음과 같다.

$$L_j = \frac{L_{j-1}}{2} = \frac{L_{j-2}}{2} = \dots = \frac{N+L_0-1}{2^j} \quad (N=\text{웨이브릿 함수 크기}, L_0=\text{원 신호의 길이}).$$

이는 신호의 길이가 길수록 레벨을 나눈 후 얻을 수 있는 웨이브릿 계수의 개수가 많고 상대적으로 신호의 길이가 작은 경우보다 레벨을 많이 나눌 수 있어 보다 큰 주파수 계수, A_J,를 얻을 수 있다. 결과적으로 추출한 객체영상의 크기가 200×200 픽셀 이상의 크기에

해당할 만큼 충분히 많은 픽셀 개수를 갖는다면 객체의 배경영상은 그 객체의 크기에 맞게 선택하여도 무리가 없지만, 객체의 크기가 84×84 픽셀 크기에 해당하는 개수만큼 작을 경우 배경화면이 충분히 커야 웨이브릿 영역에서 큰 주파수 계수를 얻어 강인한 워터마크를 삽입할 수 있다. 그러나 상대적으로 큰 주파수 계수를 얻기 위하여 배경영상 선택 시 무리하게 큰 배경영상을 사용하거나, 웨이브릿 영역으로 변환시 레벨을 너무 많이 나누면 객체 영상에 워터마크를 삽입 후 영상의 화질저하를 초래할 수 있다. 따라서 객체의 크기를 고려하여 배경영상과 웨이브릿 변환 시 레벨 수를 적절하게 선택하여야 하며, 그림 2는 본 논문에서 사용한 객체영상 대 배경영상의 비율을 나타낸다.

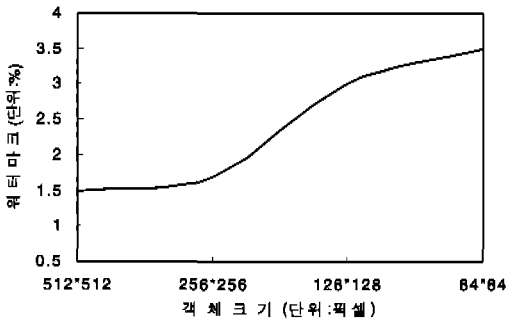


그림 1. 객체의 크기에 따른 워터마크의 비율

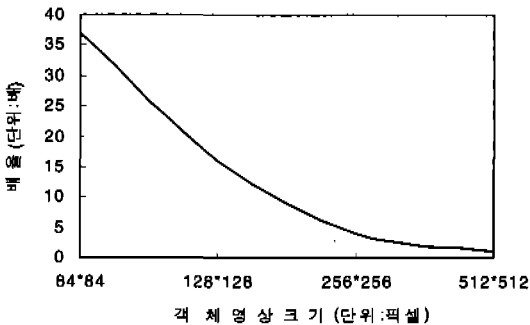


그림 2. 객체의 크기에 따른 배경영상의 비율

2.3 배경영상의 값 설정

배경영상에 객체를 옮긴 후 워터마크를 삽입하여 공간영역으로 변환 시 배경영상에 채워진 값과 어떠한 변환을 사용했는지에 따라 객체 주변으로 워터마크가 확산되기도 하고 그렇지 않은 결과를 보이기도 한다. 배경영상에 채워지는 값을 선택 시, 배경영상의 값이 '0'이고 크기가 '1'인 웨이브릿 합

수를 사용하였을 경우, 워터마크를 삽입 후 공간영역으로 변환하였을 때에 워터마크가 거의 객체 안으로 들어갔으며 배경영상에 채워지는 값이 '0'대신에 '255', '0-255' 또는 '랜덤(0,1)'의 값으로 채워도 반복적인 실험의 결과 모두 비슷한 결과를 보였다. 또한 SA-DCT의 경우 역시 워터마크가 모두 객체 안으로 들어가나^[8], N×N DCT의 경우 주파수 영역에서 공간영역으로 변환 시 하나의 픽셀 값을 표현하기 위해 N×N개의 주파수 계수를 사용하기 때문에 워터마크 삽입 후 그림 8과 비슷하게 객체 외에 다른 영역으로 워터마크가 확산되는 결과를 보이며, 웨이브릿의 경우도 공간영역으로 변환 시 하나의 픽셀을 표현하기 위해 k² 개(k:웨이브릿 함수 크기, J:레벨 수)의 주파수 계수를 사용하기 때문에 배경영상이 '0'값을 가지지 않으며 동시에 크기가 '2' 이상인 웨이브릿 함수를 사용하면, 그림 8처럼 객체 주변에도 워터마크가 삽입되는 결과를 보인다. 따라서 워터마크 손실을 방지하기 위해서는 크기가 '1'인 웨이브릿 함수를 사용하거나, 웨이브릿 함수의 크기가 '2'이상일 경우 배경영상의 값을 '0'으로 채워야 한다.

2.4 유사도 계산

본 논문에서 사용한 유사도 계산방법은 [1]에서 사용한 방법을 일반화하였다. [1]에서 사용한 방법은 원래의 워터마크와 추출한 워터마크의 상호상관 계수를 구하여 평균을 취하지 않은 방식으로 수식 (1)과 같다.

$$Sim_a(W, W'') = \frac{(W - E(W'')) \times (W'' - E(W''))}{\sqrt{(W - E(W''))^2} \times \sqrt{(W'' - E(W''))^2}} \quad (1)$$

여기서 $W = \sum_{all_i} w_i$ 는 원 워터마크, $W'' = \sum_{all_i} w'_i$ 는 추출한 워터마크를 나타내고, E(W)와 E(W'')는 W와 W''의 평균을 나타낸다. [1]은 수식 (1)에서 원래의 워터마크가 N(0,1)분포를 따르기 때문에 $E(W'') = 0$, $\sqrt{(W - E(W''))^2} = 1$ 으로, $(W'' - E(W'')) = W''$ 으로 치환하여 수식 (2)를 유도하여 추출한 워터마크의 유효성을 검증하는데 사용하였다.

$$Sim_b(W, W'') = \frac{W'' \times W''}{\sqrt{W'' \times W''}} \quad (2)$$

그러나 [1]에서 사용한 워터마크 시퀀스는 정확하게 N(0,1) 분포를 가지지 않으며, 또한 워터마크 시

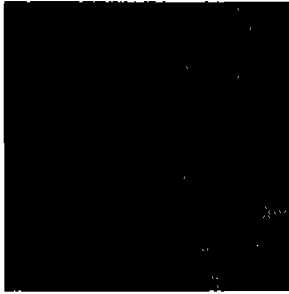


그림 3. 원 영상, 512×512 크기



그림 4. Lena 얼굴

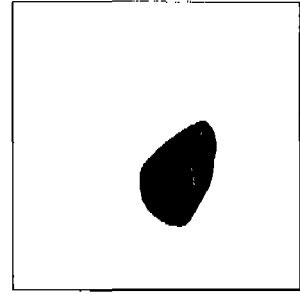


그림 5. '0'으로 채운 배경영상으로 옮겨진 Lena 얼굴

퀀트의 개수가 증가할수록 유사도 또한 같이 증가하여 그때마다 임계치를 변경해야하는 단점을 가지고 있으며, 이에 본 논문에서는 [1]의 방법을 일반화한 수식 (3)을 사용하여 워터마크 개수가 계속 바뀌어도 그 임계치를 고정할 수 있도록 하였다.

$$Sims(W, W''') = \frac{var(W, W''')}{\sqrt{var(W)} \times \sqrt{var(W''')}} = \frac{E((W - E(W)) \times (W''' - E(W'''))) }{\sqrt{(W - E(W))^2} \times \sqrt{(W''' - E(W'''))^2}} \quad (3)$$

여기서 $-1 \leq Sims(W, W''') \leq 1$ 사이의 값을 가지며, 만약 유사도, $Sims$, 가 임계치보다 크다면 두 워터마크는 서로 같은 것으로 간주하여 저작권의 소유가 인정이 되며, 임계치가 그 이하일 경우 인정이 유효하지 않음을 나타낸다. 임계치는 0.19로 설정하였으며, 이때의 유사도 오차율은 $P_{error} = 9.82 \times 10^{-10}$ 이다.

2.5 워터마크 삽입 및 추출방법

제안한 워터마크 삽입방법은 다음의 순서와 같다.

- ① 원 영상(그림 3)에서 특징을 가진 객체(그림 4)를 잘라낸다.
- ② 그림 2를 이용 잘라낸 객체의 크기에 따른 배경영상의 크기를 선택하여 잘라낸 객체를 '0' 값으로 채워진 배경영상으로 옮긴다. (그림 5).
- ③ 옮겨진 객체영상을 크기가 '1'인 Haar 웨이브릿 함수를 사용하여 4-단계 웨이브릿 변환을 한다.
- ④ 그림 1을 이용 객체영상의 크기에 해당하는 워터마크 시퀀스의 개수를 선택한 후, LH4, HL4, HH4, LH3, 그리고 HL3 부 밴드중의 주파수 계수 중 절대치가 가장 큰 계수를 워터마크 시퀀스의 개수만큼 선택한다.

⑤ 아래의 수식 (4)를 이용하여 워터마크를 삽입한다.

$$V_r''' = V_r(1 + a W) \quad (4)$$

V_r' - 워터마크가 삽입된 주파수 계수, V_r 주파수 계수, a - 스케일 변수(0.1로 고정), W 워터마크 시퀀스.

⑥ 마지막 단계는 워터마크가 들어간 영상을 얻기 위하여 역 웨이브릿 변환을 수행한다.

워터마크 검출 과정은 다음 순서와 같다.

- ① 공격당한 영상으로부터 객체부분만을 잘라낸다.
- ② 추출한 객체를 워터마크 삽입 시 사용한 크기의 '0'값으로 채워진 배경영상으로 옮겨 놓는다.
- ③ 배경영상으로 옮겨진 공격당한 영상과 원 영상을 4단계 웨이브릿 변환을 수행한다.
- ④ 수식 (4)를 사용하여 워터마크를 검출한다.
- ⑤ 마지막 단계는 수식 (3)을 이용하여 유사도 즉 상호상관계수를 구하여 워터마크의 유효성을 결정하는 것이다.

본 논문은 첫째, 인간 시각 구조를 이용하여 워터마크를 삽입하였고^[2], 둘째, '0'으로 채운 512×512 영상에 추출한 객체를 삽입하여 웨이브릿 영역으로 변환 후, 상위 부밴드(LH4, HL4, LH3, HL3)로 에너지를 집중시켜 큰 주파수 계수를 얻고자 하였다. 그 결과 워터마크를 강인하게 내장할 수 있었으며, 셋째는 영상을 구성하는 특징적인 부분에 객체단위로 워터마크를 삽입함으로써 영상 전체뿐 아니라 그 영상을 구성하는 각각의 객체를 보호할 수 있어 기존의 워터마킹 방법이 객체공격에 취약한 점을

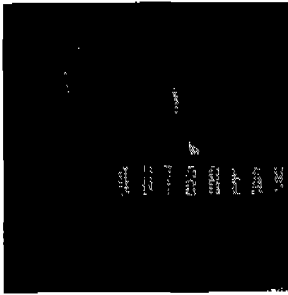


그림 6. 여배우의 얼굴이 Lena의 얼굴로 바뀐 포스터

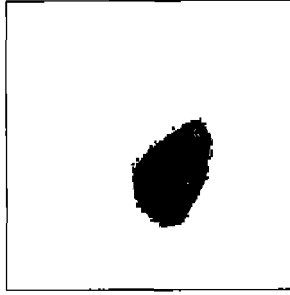


그림 7. 크기가 1인 웨이브릿 함수를 사용 워터마크를 삽입 후 복원한 영상

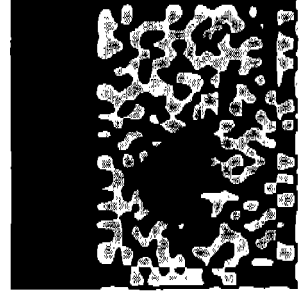


그림 8. 크기가 8인 웨이브릿 함수를 사용 워터마크를 삽입 후 복원한 영상

보완하였고, 넷째, 워터마크 시퀀스로 가우시안 시퀀스대신 카오스 시퀀스를 사용하여 유사도의 변화 오차를 줄였다. 그리고, 다섯째, 유사도를 계산하기 위하여 원 워터마크와 추출한 워터마크의 분산을 사용([1]에서 사용한 방법을 일반화한 것임)하여, 객체마다 변화하는 워터마크 시퀀스의 개수와 상관없이 임계치 레벨을 고정시켰다.

III. 실험 및 실험결과

본 논문에서는 워터마크가 들어갈 객체영상으로서 Lena 영상(512×512 크기)에서 잘라낸 Lena 얼굴을 사용하여, 총 17527픽셀로 구성된 객체 영상(Lena 얼굴)의 3%에 해당하는 픽셀 개수인 526개의 카오스 시퀀스를 워터마크로 삽입하였다. 본 실험에서는 실험결과의 설명을 도도하고자 객체 하나만을 잘라내어 사용하였지만 하나의 영상에서 여러개의 객체를 추출하여 사용하여도 동일한 결과를 보였다. 실험은 공격자가 Lena의 얼굴을 잘라내어(그림 4) 워터마크를 제거하기 위해 각종 공격을 가한 후 자신의 광고 포스터에 있는 여배우의 얼굴을 Lena의 얼굴로 대체(그림 6)하였다는 가정 하에 실험을 하였으며, 본 논문에서 적용 가능한 객체 크기는 84×84(대략 7000개)크기의 픽셀개수 이상을 가져야한다.

1. 노이즈 - 워터마크가 삽입된 객체영상에 또 다른 카오스 노이즈를 삽입한 후, 유사도를 측정. 가우시안 노이즈를 삽입하여도 결과는 같다.
2. 확대 및 축소 - 워터마크가 삽입된 객체영상을 1/4로 축소한 후 다시 원래의 크기로 복원하여 유사도를 측정.

3. 클리핑 - 워터마크가 삽입된 객체영상의 중앙 부분(전체영상의 1/4)을 잘라낸 후, 워터마크를 추출하여 유사도를 측정.

4. Collusion - 워터마크가 삽입된 하나의 객체영상에 각기 다른 워터마크가 들어간 객체영상 5개를 만든 후, 이 객체영상들의 각 픽셀 값을 더하여 평균값을 구한 다음, 단일 객체영상을 만든 후 유사도를 측정.

5. Lossy compression - 워터마크가 들어간 객체영상을 JPEG 압축(Quality 8%)과 웨이브릿 압축(zero mark 95%)을 수행한 후, 유사도를 측정.

그림 7은 추출한 객체를 DWT 영역에서 크기가 '1'인 웨이브릿 함수를 이용 워터마크를 삽입한 결과로서, 웨이브릿 함수 크기가 '1'이기 때문에 거의 모든 워터마크가 객체로 들어갔다. 그러나 그림 8은 배경영상을 0, 255값으로 채우고, 크기가 '8'인 웨이브릿 함수를 사용하여 워터마크를 삽입 후 복원한 영상인므로 워터마크가 객체 주변으로 많이 흩어져 들어가 워터마크의 손실이 발생함을 보이며, 이는 $N \times N$ DCT의 경우에도 같은 결과를 보였다. SA-DCT를 사용한 경우^[8]에는 객체안으로 모든 워터마크가 삽입되나, 워터마크 삽입 후 화질 저하가 발생하고 객체 크기가 110×110 이하일 경우 워터마크 검출이 제대로 되지 않았으며, 특히 확대 및 축소와 클리핑 공격에 있어서는 취약하였다. 그림 9는 제안한 방법의 유사도가 모두 임계치 레벨: $\delta = 0.19$ 을 넘고 있어 일반적인 신호처리에 강함을 나타내며, JPEG, Wavelet 압축과 같은 손실 압축의 경우에 있어서는 워터마크의 개수를 줄이거나 스케일 변수를 크게 하여 압축의 양자화 단계에서 워터마크가 제거되는 것을 줄여 워터마크를 보다 강하

게 삽입할 수 있다. 그리고 큰 주파수 계수값(위터마크가 들어갈 계수)을 얻기 위하여 객체영상을 '0'값으로 채워진 512×512크기의 배경영상에 위치시킨 후 웨이브릿 변환을 수행하였으며, 배경화면을 '0'값 대신에 255, 0-255 또는 랜덤(0,1)하게 채워도 결과 값은 별 차이가 없음을 보였다.

IV. 결론

본 논문에서는 멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위해 위터마크로 카오스 시퀀스를 사용한 객체기반의 디지털 위터마킹 방법을 제안한다. 기존의 위터마킹 방법은 영상을 구성하는 특징적인 객체를 고려하지 않았다. 그 결과 허가받지 않은 사용자가 그림에서 어느 특징을 가진 객체만을 뽑아내어 사용하였을 경우 기존의 위터마킹 방법은 영상을 구성하는 객체단위가 아닌 전체영상 단위로 위터마크를 삽입하기 때문에 공격받은 객체 그 자체에서의 위터마크 검출이 힘들어 사실상 디지털 영상매체

보호에 적합하지 않다. 제안한 방법은 하나의 영상으로부터 그 영상을 구성하는 몇 개의 특징이 있는 객체들을 뽑아내어 객체보다 크고, '0'으로 채워진 배경영상으로 옮긴 뒤, 웨이브릿 영역에서 각각의 객체에 자기 다른 위터마크를 삽입함으로써, 불법적인 사용자가 영상에서 일부분만을 잘라내어 사용하더라도 전체 영상과 그 영상을 구성하는 각각의 객체를 따로따로 보호할 수 있다. 실험 결과(그림 9. (a)-(f))는 제안한 방법이 일반적인 신호처리에 강하고, 인간시각특성을 고려한 웨이브릿 영역에서 위터마크를 삽입하여 위터마크 삽입 후 영상의 시각적 왜곡을 최소화 하였으며, 영상 전체가 아닌 특징적인 객체에만 위터마크를 삽입하여 불필요하게 위터마크가 삽입되는 것을 줄였다. 또한 크기가 '1'인 웨이브릿 함수를 사용하여 위터마크를 삽입함으로써 위터마크가 객체 밖으로 퍼지는 것을 최소화하여 위터마크의 손실을 최소화 하고자 하였으며(그림 7, 그림 8), 웨이브릿 변환시 512×512 크기의 배경영상을 사용하여 큰 주파수 계수를 얻을 수 있어 결

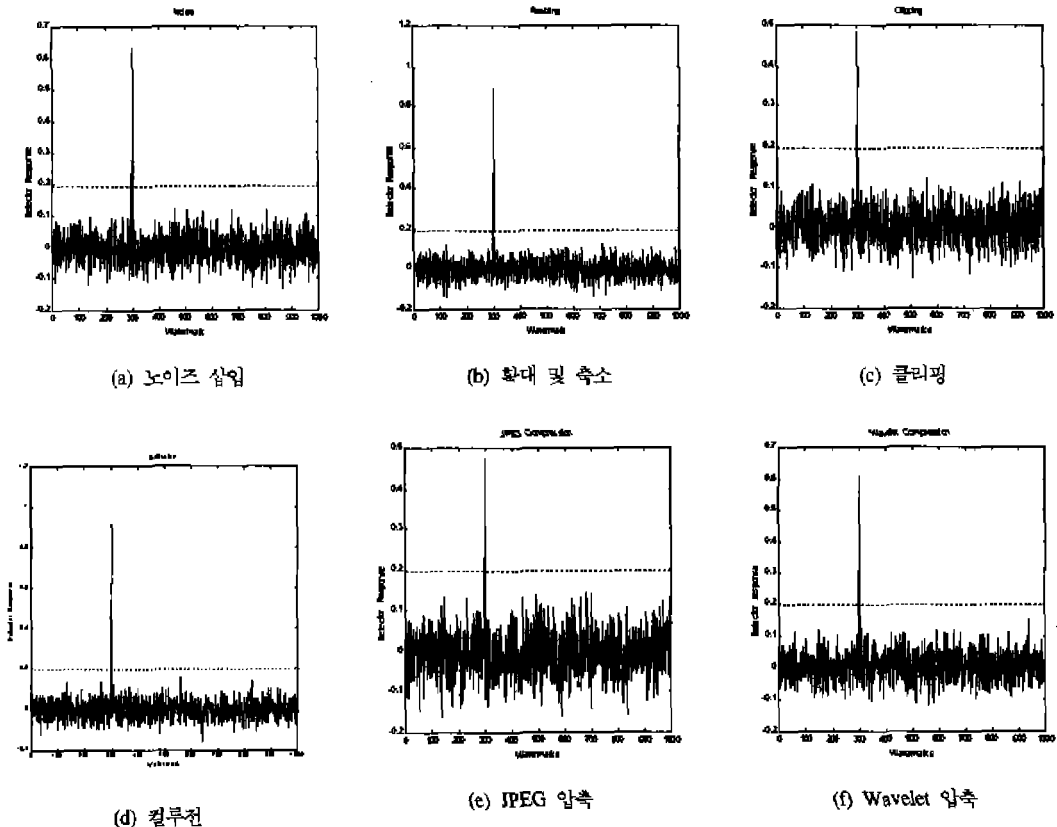


그림 9. 실험 결과 : 그래프 (a) ~ (f)는 X-축에 자기 다른 위터마크 시드 값을, Y-축에 검파기 응답을, '---'표시는 임계치 (0.19)를 나타낸다. 원 객체영상은 시드 값이 300인 위터마크를 삽입하였다.

과적으로 강인하게 워터마크를 삽입하였다.

참고 문헌

[1] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure spread spectrum watermarking for image, audio and video," *Proc. 1996 International Conference on Image Processing, ICIP 1996*, Vol. 3, pp. 243-246, Jan. 1996.

[2] D. Kunder and D. Hatzinakos, "Digital watermarking using multiresolution wavelet decomposition," *Proc. Of IEEE ICASS*, vol. 5, pp. 2969-2972, Oct. 1997.

[3] M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, A. Lippi, and A. Piva, "A DCT- domain system for robust image watermarking," *SPIE* vol. 66, pp. 357-372, May. 1998.

[4] I. Pitas, "A method for signature casting of digital images," *International Conference on Image Processing*, pp. 215-218, 1996.

[5] R. Dugad, K. Ratakonda, and N. Ahuja, "A new wavelet based scheme for watermarking image," in *International Conference on Image Processing*, Oct. 1998.

[6] K. Ratakonda, R. Dugad, and N. Ahuja, "Digital image watermarking: Issues in resolving rightful ownership," in *International Conference on Image Processing*, (Chicago), Oct. 1998.

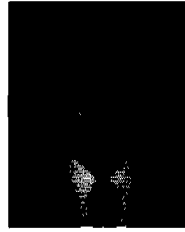
[7] J. Fridrich, "A hybrid watermark for tamper detection in digital images," *ISSPA '99*, pp. 301-304, 1999.

[8] G. Y. Kim, J. Lee, C. S. Won, "An object-based video watermarking," *Proc. of IECC*, pp. 100~101, 1999

[9] 김유신, 김민철, 원치선, 이재진, "카오스 시퀀스를 이용한 웨이브릿-기반 디지털 워터마크," *한국통신학회논문지*, 25권, pp. 99~104, 2000. 1.

김 유 신(Yu-Shin Kim)

준회원



1998년 2월 : 동국대학교 전자공학과 학사
 1998년 3월~현재 : 동국대학교 전자공학과 석사과정
 <주관심 분야> 영상정보보호, 통신이론, DSP H/W 설계

원 치 선(Chee-sun Won)

정회원



1982년 2월 : 고려대학교 전자공학과 학사
 1986년 2월 : Univ. of Massachusetts / Amherst 석사
 1990년 2월 : Univ. of Massachusetts / Amherst 박사

1989년 11월~1992년 8월 : 금성사 선임연구원
 1992년 9월~현재 : 동국대학교 전자공학과 조교수, 부교수
 <주관심 분야> 영상분할 기반 영상압축, 비디오 정보검색 및 비디오정보보호

이 재 진(Jaejin Lee)

정회원



1983년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업
 1984년 12월 : U. of Michigan, Dept. of EECS 석사
 1994년 12월 : Georgia Tech, Sch. of ECE 박사

1995년 1월~1995년 12월 : Georgia Tech, 연구원
 1995년 1월~1997년 2월 : 현대전자 정보통신연구소, 책임연구원
 1997년 3월~현재 : 동국대학교 전자공학과 조교수
 <주관심 분야> 통신이론, 비밀통신, 기록저장시스템