인간시각체계 특성을 이용한 정지영상 디지털 워터마킹 알고리즘

Digital Watermarking Algorithm of Still Image Using Human Visual System Characteristics

지남현
충북대학교 컴퓨터공학과
전병민
충북대학교 전기전자컴퓨터공학부

Nam-Hyeon Jee (jnhyeon@hanmir.com)
Dept. of Computer Engineering, Chungbuk University
Byoung-Min Jun (bmjun@cbucc.chungbuk.ac.kr)
School of Electrical and Computer Eng., Chungbuk National Univ.

중심어 : 워터마킹, 소유권, 인간시각체계

Keyword : Watermarking, Copyright, HVS

요 약

본 논문은 에지와 텍스처 영역의 큰 변화에도 둔감한 HVS(Human Visual System) 특성을 고려하여 강력한 워터마크를 삽입하는 방법을 제안한다. 기존의 푸리에 형태의 변환은 영상의 전체적 주파수 성분에 대한 정보를 구할 수 있는 반면, 웨이블릿 변환법은 국부적으로 에지와 텍스처 영역을 찾을 수 있다. 그러므로 웨이블릿 변환을 통해 해당 영역을 선택하여 저작권 형태의 워터마크를 삽입한다. 이러한 제안 알고리즘을 단순히 웨이블릿 변환을 이용한 Xia의 워터마킹 기법과 비교하여 실험하였다. 기존 논문에서 사용된 공격법으로 충실도(Fidelity)와 견고성(Robustness)에 대해 실험하였고, 그 결과 HVS 특성을 이용한 제안 알고리즘이 Xia의 기법보다 우수함을 확인하였다.

Abstract

This paper proposes method to insert strong Watermark considering dull HVS properties to big change of Edge and Texture area. While conversion of existent Fourier form can acquire information for whole frequency ingredient of image, but Wavelet transform can look for Edge and Texture area locally. Therefore, use Wavelet transform to use HVS properites, and compare with Xia's Watermarking techniques to use Wavelet transform simply and experimented these proposal algorithm. Experimented about fidelity and robustness by attack method that is used in existing paper, and as a result, confirmed that proposal algorithm that use HVS properties is more superior than Xia's techniques.

I. 서론

최근 디지털 미디어의 보편화와 전자 출판 산업의 급격하고 광범위한 성장, 그리고 다양한 멀티미디어 콘텐츠의 디지털화, 인터넷과 같은 디지털 통신망의 급속한 발전과 영상처리 기술의 향상으로 멀티미디어 디지털 데이터가 매우 빠르고 쉽게 배포 및 활용되고 있다. 그러나 이러한 기술의 발전에 따른 부작용으로 불법 복제와 콘텐츠의 인위적 조작이 성행되고 있다. 디지털 콘텐츠의 불법 복제 및 조작과 유통은 저작자의 창작 의욕과 수입원을 차단하는 매우 중요한 문제이며, 이를 방지하기 위해서 멀티미디어 데이터의 저작권을 가진 소유자가 원하는 정보를 삽입함으로써 데이터의 저작권 보호와 복사 방지 및 불법적인 유통을 막고자 하는 기술이 연구되어왔다. 이러한 방법은 크게 3가지로 나눌 수 있다.

Access-Control Header 방법은 데이터의 헤더 부분에 부가 정보를 삽입하는 방법으로 해당 정보가 제거되기가 쉽고, Encryption 방법은 공개키 암호와 알고리즘을 이용하여 주어진 데이터를 암호화 하는 것으로 이 방법은 수학적으로는 매우 안전하지만, 한 번 복호화된 콘텐츠에 대해서는 소유권을 주장 할 수 없다는 단점을 지닌다. 위 두 방법은 콘텐츠 외에 부가적인 정보를 추가함으로써 저작권을 알리거나 보호하는 방식이다. 마지막 디지털 워터마킹 방법은 콘텐츠 자체에 저작권 정보를 삽입함으로써 제거되기 어렵

접수번호 : #030605-002
접수일자 : 2003년 6월 5일, 심사완료일 : 2003년 6월 17일

고, 인지 모델을 이용하여 해당 콘텐츠의 질을 저하시키지 않는다. 디지털 워터마킹 기술은 인터넷을 통한 콘텐츠의 유통에 절대적으로 필요한 저작권 보호 솔루션의 마지막 보루로 인식되고 있으며, 표준화된 저작권 정보의 확립과 함께 건전한 디지털 콘텐츠의 유통을 위해서 반드시 필요한 기술로 인정받고 있다.

영상 이미지에 저작권 관련 정보를 은닉하는 형태에는, 다음 두 가지의 중요한 은닉 구조상의 특징이 있다[1]. 워터마크의 견고성(robustness)과 충실도(fidelity)가 그것이다. 사실상 이 두 가지 특징은 서로 상충하기 때문에 안전한 저작권 보호를 위해 상호간의 절점(trade-off)을 찾는 것이 중요하다. 기존의 음성 및 영상 이미지에 대한 워터마킹 기술들도 역시 이러한 점에 초점을 맞추고 있다. 본 논문은 견고성과 충실도에 대한 성능을 향상시키기 위하여 저작권 정보를 효과적으로 은닉하는 방법을 제시하며, 제시된 방법으로 워터마킹 된 영상을 히스토그램 조절, 잡음 추가, 필터링, 압축 등의 영상처리 실험을 통하여 견고성과 충실도 측면에서 기존의 방법과 비교·분석한다.

본 논문의 구성은 연구 배경을 담은 1장을 서두로, 제 2장에서는 워터마킹 시스템의 일반적인 이론, 즉 워터마킹의 시스템과 요구조건, 그리고 공간/주파수 영역에서의 워터마킹 기법에 대해 다루고 제 3장에서는 본 논문에서 HVS와 이를 이용한 워터마크의 삽입 및 추출 알고리즘과 특징들을 설명한다. 이어서 제 4장에서 실험 및 결과를 분석한다. 마지막으로, 본 논문을 시작으로 향후 연구되어야 할 부분에 대하여 언급을 하고 끝을 맺는다.

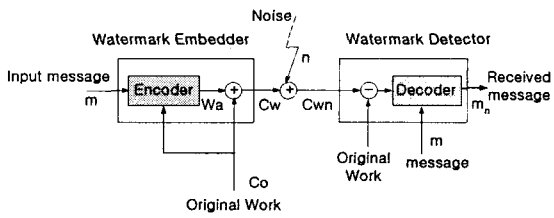
II. 본론

디지털 워터마킹은 텍스트, 이미지, 오디오 그리고 비디오 등의 멀티미디어 콘텐츠에 저작권 정보 등 소유권을 주장하고자 하는 특정의 데이터를 사람의 육안이나 청각으로는 구별할 수 없게 삽입하는 기술이다. 만약, 유통 과정에서 소유권의 분쟁 등 원 소유자를 확인해야 하는 경우 이를 다시 검색, 추출하여 소유권, 저작권 등의 권리를 행사할 수 있는 근거를 마련할 수 있도록 해준다. 여기서, 특정 콘텐츠에 소유권 여부를 확인할 수 있도록 숨겨놓은 데이터를 워터마크라 하며 그 형태는 이미지나 신호열이 될 수 있다[2].

1. 디지털 워터마킹 시스템

일반적으로 워터마킹 시스템은 그림 1에서 처럼 삽입부(embedder)와 검출부(detector)로 이루어져 있다[3]. 삽입부는 두 개의 입력을 갖는데, 하나는 워터마크(watermark)로서 암호화하기 원하는 메시지(message)이고, 다른 하나는 워터마크를 추가하기 위한 원본(Original Work)이다.

삽입부 측에서 원본을 사용할 수 있다면, 입력 메시지를 삽입하기 전에 원본을 조사하여 삽입부에 사용하면 더욱 효과적인 시스템을 만들 수 있다. 즉, 원본의 특성에 따라 강하거나 약한 워터마크를 삽입하여 충실도 특성을 향상시키고, 워터마크 또한 제거하기 어렵게 만든다.



m : 메시지, Co : 원영상, Wa : 워터마크, n : 공격형태
Cw : 워터마크 삽입된 영상, Cwn : 공격받은 Cw
mn : 공격받은 m

그림 1. 삽입부 / 검출부

2. 요구 사항

각 워터마킹 기술은 응용 분야에 따라 특정한 요구사항을 갖는다. 다음은 저작권 보호와 관련된 기술에 필요한 워터마킹의 특징에 대해 설명하였다[4].

2.1. 충실도(Fidelity)

대부분의 응용 분야에서 워터마킹 알고리즘은 워터마크가 원본의 품질에 영향을 미치지 않도록 삽입돼야 한다. 워터마크 삽입 과정은 사람이 원본 데이터와 삽입된 데이터를 구분할 수 없다면 완전히 인지할 수 없다고 할 수 있다.

2.2. 견고성(Robustness)

원본에 대한 인증을 검증해야 하는 연약한 워터마크는 약간의 조작이나 위조에도 쉽게 손상되므로 견고성이 필요하지 않다. 그러나 대부분의 다른 응용분야에서는 원본에 숨겨진 워터마크를 제거하려는 악의적인 공격이나, 압축 등에 의해 워터마크 손실이 발생될 수 있다. 이러한 공격에

대해서 워터마크는 검출할 수 있어야 한다.

2.3. 보안성(Security)

워터마크의 보안성은 암호화에서의 보안성과 같은 개념으로 설명될 수 있다. 워터마크의 삽입과 검출 알고리즘이 알려져도 워터마크의 자체가 중요시 될 때 필요한 요소이다.

3. 워터마킹 기법

3.1. 공간 영역에서의 워터마킹

워터마크를 삽입하는 방법이나 응용 기술에 따라 데이터를 공간적 관점에서 삽입하는 방법 (Spatial Domain Method)과 주파수 영역에서 삽입하는 방법 (Frequency Domain Method)으로 나눌 수 있다.

공간적 관점에서 워터마크를 삽입하는 방법은 이미지와 같은 데이터를 공간적 측면으로 분석하여 삽입하려는 정보를 공간상에 흩어 버려서 쉽게 구별할 수 없도록 하는 방법으로, 일반적으로 화면 화소 값의 미세한 변화를 워터마크로 사용하는 방법이다. 이 방법은 워터마크의 삽입은 쉽지만 손실 압축이나 필터링과 같은 이미지 처리에 약하다는 단점이 있다. 또한 공간 영역에서의 비인지 영역을 찾는 것이 어렵기 때문에, 인지체계와 밀접한 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법이 더욱 많이 사용되고 있다.

3.2. 주파수 영역에서의 워터마킹

주파수를 이용하는 방법은 멀티미디어 데이터를 주파수 성분의 신호로 변환하고 워터마크를 삽입하는 방법이다. 일반적으로 데이터를 변환하는 방법으로 이산코사인 변환(DCT), 이산푸리에 변환(DFT), 웨이블릿 변환(DWT) 등을 이용한다.

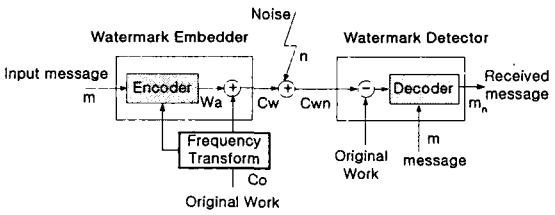


그림 2. 주파수 영역에서의 워터마킹

이러한 방법들은 삽입하려는 워터마크 계수들이 원래 데이터의 전 영역에 분포하게 되며, 한 번 삽입된 워터마크는 삭제가 어려운 장점이 있어 최근 워터마킹 기법에 많이 사용하고 있으며, 잡음과 압축 영상에 강하다.

Cox가 제안한 워터마킹은 DCT 영역에서 랜덤 신호 발생기에 의해 생성된 신호열을 DC를 제외한 가장 큰 계수의 AC 영역에 삽입하는 방법이다. 워터마크가 삽입되는 영역이 주로 JPEG 압축 코딩의 처음 전송되는 부분이므로, JPEG 공격에 대해 높은 견고성을 갖는다. 하지만, DC를 제외한 큰 계수에 워터마크를 삽입하는 것은, 거의 모든 저주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 것이어서 충실도는 상당히 낮은 값을 갖는다.

Cox의 저주파수 대역의 워터마크 삽입과 비교하여, 중간 주파수 대역의 워터마크 삽입 방법도 고려할 수 있다[5]. 하지만, 실험에 의해 Cox의 결과값 보다 견고하지 않음을 알 수 있었다.

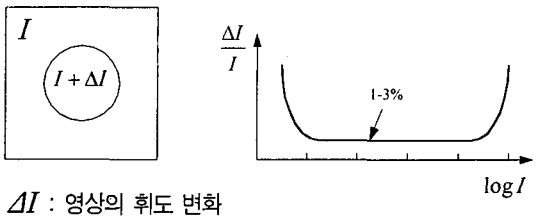
앞에서 설명한 워터마킹 기법은 푸리에분석을 통하여 넓은 주파수 대역을 선택하여 워터마크를 삽입하는 방식이다. Xia가 제안한 기법은 웨이블릿 이론[6],[7]을 이용하여, LL2 대역을 제외한 모든 영역에 워터마크를 삽입한다. 웨이블릿 변환의 특성으로 인해, LL 대역을 제외한 나머지 대역에 워터마크를 영상의 평평한 면에 분포되는 것이 아니라, 에지나 텍스처 부분인 고주파부분에 주로 분포한다. 이것은 충실도를 좋게 하며, 더 강한 워터마크를 사용해도 기존 기법보다 충실도가 좋으므로 더욱 높은 견고성을 얻을 수 있다. Xia의 시스템은 제 4장에서 제안한 기법과 함께 그 결과를 비교하였다.

III. 제안 알고리즘

1. Human Visual System

Weber의 법칙은 한 영역의 밝기가 주변의 밝기와 구분이 되어지려면 밝은 곳에서는 더 큰 변화가 발생되어야 인지될 수 있음을 설명한다. 큰 신호에 실린 잡음보다 작은 신호에 실린 잡음이 더 크게 느껴지는 것이 한 예가 될 수 있다. 즉, 영상의 특정 휘도에서 미세한 휘도 레벨의 변화를 인지하는 JND(Joint Noticeable Difference)는 상수 값에 근접하므로 인간의 시각은 휘도레벨이 높을수록 큰 값의 변화에도 그 차이를 잘 인식하지 못하게 된다.

$$\Delta c = \Delta I / I = \Delta(\log I)' = constant \quad (1)$$



ΔI : 영상의 휘도 변화

그림 3. 휘도변화에 따른 JND

여기서 배경과 한 영역을 영상과 워터마크로 고려하면 강한 워터마크를 삽입하기 위해 영상의 밝기 변화가 큰 부분을 선택하면 된다는 것을 알 수 있다. 일반적으로 에지와 텍스처 부분이 영상의 밝기 변화가 크므로 웨이블릿 이론을 이용하여 더욱 특징적인 에지와 텍스처 부분을 선택하게 된다.

2. 워터마크의 삽입

2.1. 삽입 위치

위와 같이 HVS(Human Visual System)은 영상의 에지나 텍스처 등의 작은 변화에 민감하지 않는 반면 완만한 부분의 작은 변화를 민감하게 감지할 수 있다[8]. 따라서 일반 웨이블릿 이론으로 얻어진 H1, V1 부분을 다시 한 번 분해하여, 더욱 특징적인 에지(HH-1,VV-1)를 찾아 그곳에 워터마크를 삽입한다.

또한, 2-level DWT의 결과로 얻어진 D-2 대역은 원영상의 저주파영역을 한 단계 더 DWT하여 얻어진 대각고주파 영역으로, 이곳에 더 많은 워터마크를 삽입하여 LL2 대역에 삽입할 시 발생되는 충실도 성능 저하를 막고, Cox의 결과[9]에서 처럼 잡음 공격과 JPEG 압축에 대해 강한 견고성을 얻도록 하였다.

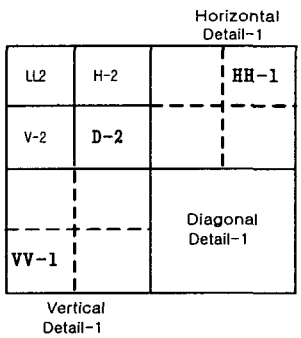


그림 4. 워터마크의 삽입 위치

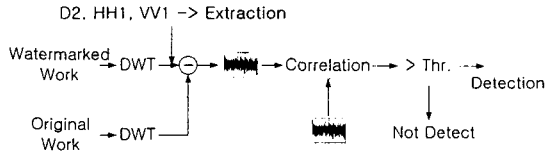


그림 5. 워터마크의 삽입과정

2.2. 삽입 방식

워터마크의 삽입 방식은 Cox가 제안하고, 대부분의 워터마킹 논문에 사용되는 수식을 이용한다.

$$Cw = Co(1 + \alpha \cdot Wa) \quad (2)$$

또한, 워터마크는 큰 정보량을 가지는 계수 값의 순서에 의해 삽입되어야 일반적으로 임의의 영상 변형에 대해 쉽게 제거되지 않으므로, 가장 큰 계수의 순으로 워터마크를 삽입한다[10].

3. 워터마크의 추출

원영상을 이용하여 워터마크가 삽입된 영상에서 공격 받은워터마크를 아래의 수식을 통하여 추출하여, 상관도를 통해 워터마크의 존재 유무를 판별한다.

워터마크의 추출식 : $$\tilde{Wa} = \frac{(Cw/Co - 1)}{\alpha} \quad (3)$$

워터마크의 유무파악 : $$m_n = Corr(\tilde{Wa}, Wa) \quad (4)$$

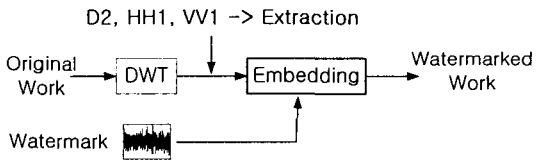


그림 6. 워터마크의 검출과정

IV. 실험 및 결과

1. 실험 환경

입력 영상은 압축되지 않은 Lena 256×256 크기의

256-gray level을 사용하였고, 웨이블릿 필터로는 가장 기본적인 Haar 웨이블릿을 사용하였다. 워터마크는 Cox의 논문에서 밝힌 바와 같이, 다중 워터마킹이 가능하고, 제거되기 어려운 가우시안 랜덤 신호를 사용하였다.

제안된 알고리즘에는 랜덤 신호열 N = 2000와 α = 0.4를 에지와 텍스처 영역에 1:2 비율로 사용했다. 비교대상인 Xia의 실험은 해당 논문[11]에서 제시된 방법으로 LL2를 제외한 모든 대역에 N = 1000 워터마크를 α = 0.1의 세기로 삽입하여 실험하였다.

2. 충실도 실험

원본과 워터마크가 삽입된 영상간의 유사성을 측정하는 방법은 다음과 같다. 이것은 워터마크를 잡음로 간주하여 원본과 얼마나 유사한가를 측정한다. 일반적으로 35dB 이상의 값을 가져야만 원영상과 유사하다고 판단할 수 있다.

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \frac{255}{MSE}[dB] \quad (5)$$

그림 7에서 알 수 있듯이 원본과의 시각적 차이는 구별하기 힘들지만 PSNR을 통해 제안한 기법이 원영상에 더 가깝다는 걸 알 수 있다.

Xia $PSNR = 27.95dB$, 제안 : $PSNR = 37.30dB$

그림 7. 원영상 Xia의 Cw 제안 알고리즘의 Cw

3. 견고성 실험

3.1. 잡음 추가

본 실험에 사용된 잡음은 세 가지이다. 가우시안 백색 잡음과 Speckle 잡음은 분산 0.1, Salt & Pepper 잡음은 밀도 0.05로 원영상에 추가되었다. D-2 영역에 많은 양의 워터마크를 삽입함으로써 Cox의 저주파 대역의 워터마크 삽입에 따른 효과를 얻었다.

표 1. 잡음 추가에 대한 워터마크 추출

상관도	Gaussian	Speckle	Salt & Pepper
Xia	0.0851	0.2468	0.5491
제안	0.3136	0.5941	0.2773

3.2. 필터링

필터링 공격으로 Gaussian Low/Laplacian High-pass, Unsharp 필터를 사용하였다. 특히, 영상향상에 많이 사용되는 Unsharp 필터링에 대해 충실도가 기존 논문에 비해 향상되었다. 이것은 에지와 텍스처 부분을 필터링 시키는 Unsharp 필터가 제안한 논문에 삽입된 워터마크 대부분을 통과시켰기 때문이다. 하지만 영상의 에지 부분을 필터링하는 Laplacian HPF에는 워터마크가 모두 제거 되었는데, Laplacian 필터가 에지를 강조하기 위해 픽셀 값을 임의로 조정했기 때문이다.

표 2. 필터링 공격에 대한 워터마크 추출

상관도	LPF	HPF	Unsharp
Xia	0.5481	-0,2017	0.2883
제안	0.9052	-0.0733	0.7813

3.3. JPEG 압축

JPEG 압축은 DCT 기반 압축방식[12]이므로 Cox가 제안한 워터마킹에서 매우 우수한 견고성을 갖지만, 웨이블릿을 바탕으로 한 Xia의 실험 결과도 좋은 성능을 보이고 있다. 제안 알고리즘에서는 D-2 대역에 더 많은 양의 워터마크를 삽입함으로써 Xia 보다 견고한 특성을 얻었다.

표 3. JPEG의 압축률에 대한 워터마크 추출

상관도	Quality 압축 30%	50%	70%
Xia	0.5070	0.3596	0.2747
제안	0.7796	0.6445	0.4722

3.4. JPEG2000 압축

JPEG 2000은 웨이블릿 이론을 바탕으로 구현된 압축 방식이다. 그러므로 웨이블릿 이론을 이용한 Xia의 실험과 제안된 논문의 실험 결과가 좋을 것으로 예상되었다. 그러나 실험 결과처럼 Xia의 결과 값은 예상보다 낮은 값을 얻었는

데, 그 이유는 JPEG2000의 EBCOT 코딩 방식 때문이다. EBCOT는 계수간의 상관도를 조사하여, 상관도가 높으면 그 하위 계수를 제외시켜 압축하는 방식이다. 제안된 논문에서의 워터마크 삽입 영역은 D-2와 HH-1, VV-1이 서로 연관성이 없으므로 거의 모든 워터마크가 압축에 사용되었음을 알 수 있다.

표 4. JPEG2000의 압축률에 대한 워터마크 추출

상관도	Quality 압축 30%	50%	70%
Xia	0.3121	0.2067	0.1005
제안	0.9993	0.9993	0.9993

3.5. 다중 워터마크 삽입 및 전체적인 성능 비교

다중 워터마크 삽입을 통해 상관도 값이 0.2 이하이면 워터마크가 삽입되지 않았다고 판단하여 경계 값으로 선택하였다. 실선은 회귀 분석을 통해 그려졌다.

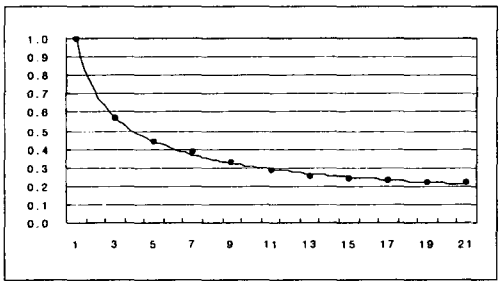


그림 8. 다중 워터마크 삽입에 따른 상관도

그림 11에 히스토그램 조절에 대한 워터마크 추출과 함께, 앞에서 실험한 결과에 대한 값을 그래프를 통해 비교하였다. 히스토그램 조절은 Correlation coefficient 측정법에 의해 아무런 영향을 끼치지 못함을 보여준다. 전체적으로 제안한 알고리즘이 Xia 논문에 비해 성능 향상을 얻었으며, 견고성만 강조한 Xia의 시스템에 비해 충실도 값에서 큰 차이가 남을 알 수 있다.

3.6. 다른 두 영상의 워터마킹

두 실험 영상은 텍스처 특성이 많은 Baboon 영상과 에지 특성이 많은 Paper machine이다. 제안한 알고리즘은 텍스처 영영에 더 많은 워터마크를 삽입하였으므로, Baboon 영상에서의 워터마크의 견고성이 더 좋음을 알 수 있다.

그림 9. 텍스처(Baboon)와 에지(Paper machine)

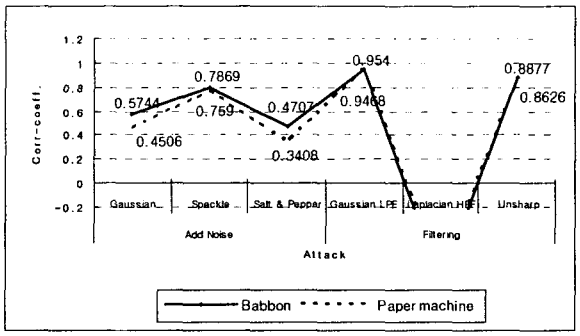


그림 10. Baboon 영상과 Paper machine 영상의 비교

V. 결론 및 향후 과제

Cox의 논문이나 중간 주파수대역에 워터마크를 삽입하는 방법은 일반적으로 저주파수와 관련된 공격에 대해 강한 견고성을 갖는 반면, 고주파수 필터링이나 충실도 값에는 낮은 성능을 보였다. Xia는 웨이블릿을 이용하여 모든 대역에 워터마크를 삽입하였고, 그로 인해 강한 워터마크를 삽입할 수 있었지만, 충실도와 EBCOT 기반의 JPEG2000 방식에서는 기존의 방식보다 약한 견고성을 얻었다.

본 논문에서는 잡음과 JPEG 공격에 강한 Cox 방식을 분석하고, HVS를 이용하여 D-2 영역과 HH-1, VV-1 영역에 다른 양의 워터마크를 삽입하였다. 그 결과, 잡음 및 JPEG 공격 그리고, 일반적인 영상처리에서 사용되는 Unsharp 필터링에 대해 향상된 결과를 얻었다. 그리고, 다른 영역에 워터마크를 삽입함으로써 JPEG2000 압축에서도 거의 손실되지 않는 견고함을 얻었다. 하지만, 워터마크 검출시 원영상을 필요로 하므로, 오프라인에서의 워터마킹 기술과 관련하여 원영상이 없이 워터마크를 검출 할 수 있는 기술이 필요하다. 향후 제안한 워터마킹의 삽입 기술을 원본 없이도 추출 가능한 알고리즘을 개발하고자 한다.

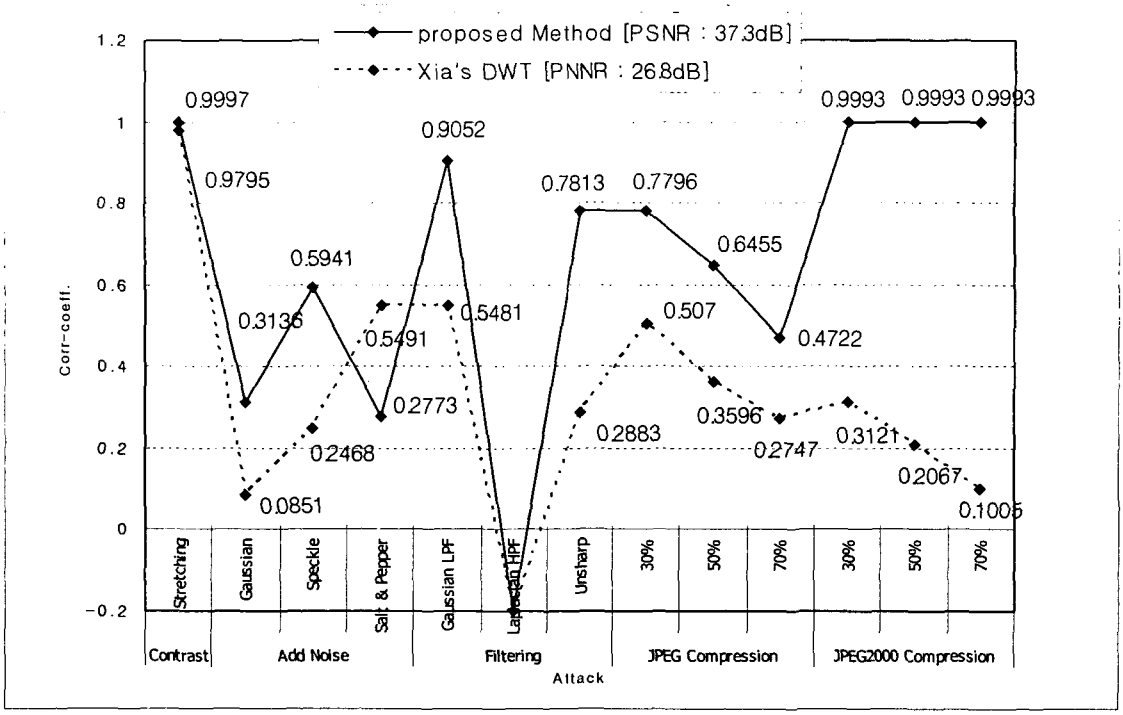


그림 11. Xia와 제안한 알고리즘의 비교

참 고 문 헌

[1] I. J. Cox, M. L. Miller, "A Review of watermarking and the Importance of Perceptual Modeling," Proc. SPIE Conf. on Human Vision Electronic Imaging II, Vol. 3-16. pp. 92-99.

[2] 최운종, "영상의 소유권 보호를 위한 웨이블릿-기반 디지털 워터마킹 방법", 2001.

[3] I. J. Cox, M.L. Miller, A.L. McKellips, "Watermarking as Communications with Side Information," IEEE 87,7, pp. 1127-1141, 1999.

[4] I. J. Cox, "Digital watermarking," Morgan Kaufmann, pp. 26-36, 2002.

[5] 배기혁, 정성환, "주파수 대역에 따른 워터마크의 강인성 연구", 창원대학교 정보통신 연구실 논문집 제 5권 pp. 103-112, 2001.

[6] Raghuveer M, RAO, "Wavelet Transforms Introduction to theory and application," Addison Wesley Longman, 1998.

[7] 이승훈, 윤동환, "알기쉬운 웨이브렛 변환", 진한도서, 2002.

[8] 김영식, "웨이블릿 영역에서의 디지털 영상 워터마킹 방법", 1999.

[9] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamoon," Secure Spread Spectrum watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, 6, 12, pp. 1673-1687, 1997.

[10] 임경진, 주파수 기반 디지털 워터마킹 기법의 성능 비교, 2000.

[11] X. G. Xia, C. G. Boncelet and G. R. Arce, "A multiresolution watermark for digital images," IEEE Int. Conf. On Image Processing, Vol. 3, pp. 548-551, 1997.

[12] Gonzalez, 디지털 영상처리, 그린출판사, pp. 394-408, 1992.

지 남 현(Nam-Hyeon Jee) 정회원

2001년 2월 : 상주대학교
전자공학과 졸업(공학사)
2001년 3월 ~ 현재 : 충북대학교
컴퓨터공학과 석사과정
<관심분야> : 워터마킹, DRM, 보안

전 병 민(Byoung-Min Jun) 종신회원

1976년 2월 : 한국항공대학교
전자공학과(공학사)
1978년 2월 : 연세대학교
전자공학과(공학석사)
1988년 8월 : 연세대학교
전자공학과 (공학박사)

1978년 8월 ~ 1982년 2월 : 공군사관학교 전자과 전임강사
1982년 4월 ~ 1986년 2월 : 동양공전 통신과 조교수
1986년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 컴퓨터공학과 교수
1991년 1월 ~ 1992년 1월 : 미국미시간대학교 교환교수
<관심분야> : 영상처리, 디지털신호처리