
웨이블릿 변환 및 인간 시각 시스템을 이용한 원문 워터마킹

Image Watermarking using Wavelet Transform and Human Visual System

김상국*, 김태중**, 황재호***, 이재광****

한국과학기술정보연구원 정보표준화실*, 한국과학기술정보연구원 정책마케팅부**
수원여자대학 컴퓨터응용학부***, 한남대학교 컴퓨터공학과****

Sang-Kuk Kim(skким@kisti.re.kr)*, Tae-Jung Kim(taejung@kisti.re.kr)**
Jae-Ho Hwang(jaeho@swc.ac.kr)***, Jae-Kwang Lee(jklee@netwk.hannam.ac.kr)****

요약

최근 인터넷을 통하여 멀티미디어 데이터와 응용물들이 아주 쉽고 빠르게 분배되며, 전자상거래와 온라인 서비스 등이 급격히 성장하고 있다. 따라서 디지털 데이터에 워터마크를 삽입하여 소유권을 보호하고 데이터의 무결성을 보증하도록 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 디지털 이미지를 대상으로 웨이블릿 변환과정을 거쳐 3개의 레벨로 고주파 밴드와 저주파 밴드로 분해하고, 그 후 중주파 밴드에서 시각적으로 중요한 계수를 찾아 인간 시각 시스템(HVS) 기술을 이용하여 눈의 특성에 맞게 워터마크를 삽입함으로써 한층 향상된 화질과 굳건함을 보여 준다. 또한 제안한 워터마킹 알고리즘의 성능평가를 위한 모의실험에서는 워터마크에 대한 여러 가지 공격에서도 삽입된 워터마크가 검출됨을 증명하고 PSNR 값을 구한 복원화질이 우수함을 보여 준다.

□ 중심어 : | 웨이블릿 변환 | 인간시각시스템 | 워터마킹 |

Abstract

As multimedia data and their applications are rapidly distributed on the Web, the research on watermark insertion and integrity assurance vigorously increases. In this paper, Discrete Wavelet Transformation dissolves an original image into the three level of low, middle, and high bandwidths. Human Visual System with the significant coefficients extracted from the middle obtains enhanced image quality and robustness using watermark insertion. Experimental results show that various attacks cannot destroy pre-inserted watermark and recovered image is of good quality by measuring PSNR.

□ Keyword : | Wavelet Transform | HVS | Watermarking |

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었습니다.

접수번호 : #040729-001

접수일자 : 2004년 7월 29일

심사완료일 : 2004년 8월 16일

교신저자 : 김상국, e-mail : skким@kisti.re.kr

I. 서론

최근 인터넷, 전자출판, 컴퓨터 그리고 멀티미디어 관련 기술의 발전으로 문서, 음성, 사진, 비디오 데이터 등의 다양한 매체들이 디지털 화 되어 효율적으로 이용 가능하게 되었고, 현대 사회가 점점 멀티미디어 정보화 사회로 발전함에 따라 인터넷과 통신망을 이용한 멀티미디어 데이터의 수요는 폭발적으로 증가하고 있다. 그러나, 이러한 디지털 데이터는 품질의 손상 없이 복제가 가능하기 때문에 디지털 데이터의 무단 복제 및 배포가 확산되고 있고, 이에 따라 저작권 및 소유권 보호에 대한 문제가 대두되고 있다.

이런 디지털 콘텐츠를 보호하기 위한 기술적인 방법은 크게 3가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 권리가 없는 사용자에게 콘텐츠 접근을 막는 접근제어방법, 두 번째는 암호화나 비밀키, 공개키를 이용하여 정당하지 않은 사용자의 콘텐츠사용을 막는 방법, 그리고 마지막으로 콘텐츠 내용에 보이지 않는 정보를 숨어 저작권을 보호하고 불법적인 복제를 막는 내용제어이다. 오래 전부터 연구되어 오던 것 중 하나는 암호화를 통한 방법이나 이는 일단 암호가 풀리게 되면 본문의 내용은 공격에 그대로 노출되게 되므로 저작권이나 진품여부를 판명하기에는 불충분하다. 워터마킹 기술은 내용제어에 해당하는 것으로 이미지, 오디오, 동영상등 디지털 콘텐츠에 사람이 인식하지 못하는 신호를 넣어서 소유권을 주장하고자 하는 특정 데이터를 보장해주고 임의로 콘텐츠에 대해 조작을 못하게 하는 기술이다. 워터마킹 기술은 원본 데이터를 인증하고 무결성을 증명하며 무엇보다도 디지털 콘텐츠의 최대 약점인 다수의 복사물에 대해 출처를 밝히고 진품여부와 원본의 소유자가 누구인지를 밝혀낼 수 있는 기술이다[1].

일반적인 디지털 워터마킹은 디지털 데이터에 소유자의 저작권이나 소유권을 증명해 줄 수 있는 로고나 문자열 난수발생기에 의한 특별한 패턴을 삽입하는 것이다. 워터마크는 여기에 삽입되는 특별한 패턴을 말한다. 이런 워터마크를 삽입하는 것은 결국 원본 데이터를 훼손하는 것이지만 사람이 인식하지 못하는 크기를 갖는다면 사용자 입장에서 불만은 없을 것이다. 즉 사람의

청각이나 시각이 인식하지 못하는 정도의 패턴이 삽입되고 이로 인하여 이 원본이 누구의 것인지 판명해 주는 기술이 디지털 워터마킹 기술이다. 영상의 소유자는 워터마크를 생성한 후 자신의 키를 이용해 영상에 워터마크를 삽입한다. 저작권을 증명하는 과정은 자신의 키를 이용해서 영상에서 워터마크를 검출한다[2]. 본 논문을 통하여 웨이블릿 변환 기법과 HVS 기술을 이용하여 이미지 형태의 원본 데이터를 보호하는 알고리즘을 제안하고자 한다.

II. 관련 연구

워터마크에 관한 연구는 1990년대에 접어들면서 활발히 전개되었다. L.F Turner는 인증코드의 비트들로 랜덤하게 선택된 오디오 샘플들의 비트에 "insignificant" 비트들을 대치하여 디지털 오디오 신호에 인증 문자열을 삽입하는 방법을 제안하였다[3]. 이런 시스템에서는 R.G. van Schynde에서 논의된 것처럼 이미지들의 2D 데이터에 대해서도 또한 적합하다[4]. 그러나 알고리즘이 두 개의 중요한 비트들에 영향을 미치는 것으로 알려질 경우 랜덤하게 모든 비트들을 뒤 짚는 것이 가능함으로써 어떤 존재의 인증코드도 파괴할 수 있는 것이 가능하다.

Caronni는 인지할 수 없는 어두운 부분에 디지털화된 이미지에 아주 작은 기하학적 패턴(Geometric patterns)과 같은 태그를 첨가하는 것을 제안했다[5]. 하나의 이미지 안에 공간적 워터마크를 숨기는 아이디어가 근본적으로 확실한 경우, 이 기법은 필터링과 재디지털화에 의한 공격에 영향을 받기 쉬울 수 있다. 또한 기하학적 패턴들은 암호화된 정보와 함께 제한된 알파벳만을 제공함으로써 크로핑과 같은 일반적인 기하학적 왜곡현상들에 견고할 수 없다.

Macq와 Quisquater는 주로 암호화와 디지털 TV상에 일반적인 연구의 한 부분으로서 워터마킹 디지털 이미지의 이슈에 대해서 논의하였다[6]. 이미지의 윤곽선 근접 부분에 위치한 픽셀들의 LSB(least significant bits)에 워터마크를 삽입하는 절차를 기술하였다. 이미

지 픽셀의 마지막 비트에 워터마크의 정보를 넣음으로써 구현이 쉽고 이미지에 최소한의 변형을 주는 것이지만 작은 이미지 변형에도 워터마크가 검출되지 않는다는 단점이 있다.

Bender는 두 가지 워터마킹 기법을 제안하였다. 첫 번째 방법은 패치워크라 불리는 통계적인 방법이다[7]. 이진수로 랜덤 벡터를 생성한 후 1의 정보를 나타낼 때는 삽입하고자 하는 픽셀에 더하고, 0의 정보를 나타낼 때는 삽입하고자 하는 픽셀에 빼기 연산을 하여 정보를 영상에 심었다. 이는 기하학적 왜곡에 안 좋은 결과를 나타냈고 압축에서도 워터마크 검출율이 매우 낮았다.

Koch, Rindfrey와 Zhao는 이산 코사인 변환(DCT : Discrete Cosine Transform)을 이용하였다[8]. DCT 계수에 비트 스트림을 삽입하는 방법이다. JPEG 압축 방법과 같이 8×8 블록으로 나눈 다음 각 블록에 대해 이산 코사인 변환 계수를 계산한다. 이 계수를 이미지의 질을 결정하는 Q-factor와 표준 양자화 행렬로 양자화하고 양자화 된 세 개의 블록을 비교하는데 세 번째 블록의 계수가 다른 두 개의 블록의 계수보다 작을 경우에는 블록을 '1'로 부호화 한다. 그러므로 주파수에 마스킹 하는 것과 같은 현상을 얻은 이 방법은 각각의 블록이 DCT 변환되며, 주파수 마스킹 모델을 이용하여 DCT 주파수 계수 각각의 최대 허용 변동 값을 계산하여 워터마크를 구조화한다.

Mohammed A. Al-Mohimeed는 바이너리 워터마크를 사용하여 삽입될 워터마크가 1이면 값을 변화시키지 않고 0이면 양자화 키를 이용하여 워터마크 삽입한다[9]. 워터마크가 삽입될 계수에 따라 양자화 키를 사용함으로써 각각 다른 크기의 워터마크를 삽입할 수 있다는 장점이 있으나 최적의 크기를 유도한 것은 아니므로 한계를 가지고 있다.

Zhang은 영상을 8×8 블록 DCT 후 고주파 성분(AC)과 저주파 성분(DC) 모두에 각 계수의 특성에 따라 워터마크의 크기를 조절하는 방법으로 워터마크를 삽입하였다[10]. 크기를 조절하는 상수 α 와 β 를 영상의 밝고 어두운 정도와 복잡도 특성을 우선 결정하고 이에 따라 워터마크를 삽입하였다. 그러나 α 와 β 가 상수라는 점에서 알고리즘의 한계가 있었고 본 논문에서 사용되

는 HVS(HVS : human visual system)에 대한 관심이 늘어났다.

Kaixiang Yi는 워터마크로 영상을 사용했다[11]. 우선 워터마크 이미지를 8×8 블록 DCT 후 삽입될 워터마크를 생성하고 원 영상은 8×8 블록 DCT와 HVS 특성을 블록별로 분류한다.

Yiwei Wang는 이를 착안, 웨이블릿 필터 뱅크를 이용한 알고리즘을 발표했다[12]. 개인키에 의하여 랜덤하게 생성된 12개의 서로 다른 웨이블릿 필터를 이용 5-레벨을 가지는 웨이블릿 해석을 하여 워터마크를 삽입하였다. 생성된 워터마크 또한 스크램블기법을 응용하여 암호화하여 워터마크 생성에서 삽입까지 복잡한 암호를 통해 워터마크 된 영상을 얻는다. 하지만 이는 보안적인 측면에선 우수하고 결과도 좋지만 계산 과정이 너무 복잡하다는 단점이 있다. 본 논문에서는 [12]에서 제안된 12개의 필터가 모두 적용된다는 보장이 없는 복잡한 암호화 기법 대신 원 영상의 예지영역을 구별하는데 최적의 성능을 가진 9/7 탭 쌍직교 웨이블릿 필터를 이용하였다. 또한 [10, 11]에서 제안한 DCT 워터마킹 삽입 방법을 DWT를 이용하여 중간주파수 밴드에 특정계수를 선택하고 HVS를 적용하여 워터마크를 삽입함으로써 보다 견고성 및 비가시성 면에서 우수한 성능을 보였다.

III. 제안된 디지털 워터마킹 알고리즘

1. 웨이블릿 변환

웨이블릿 변환은 신호처리 계통에 속하는 여러 분야에서 각자의 특수한 목적에 부합되도록 개별적으로 발전시켜온 특수한 기술들을 하나로 통합하면서 등장하였다. 컴퓨터 비전에서 이용된 다해상도 분석 방법이나 음성과 영상압축에서 사용되던 서브밴드 코딩 기법, 응용수학에서 사용된 웨이블릿 시리즈 전개 등 많은 기본 기법들이 최근에 들어 웨이블릿 이론의 특수한 응용으로 밝혀졌다.

웨이블릿 변환은 입력 신호를 특정 기저 함수의 집합으로 분리하는 과정으로도 이해될 수 있다. 웨이블릿 변

환에 사용되는 기저 함수의 집합은 하나의 기본 웨이블릿 기저 함수(mother wavelet basis function)에 대한 시간 축 방향으로의 확대 및 축소 그리고 평행 이동을 통해 얻어진다. 기본 웨이블릿 기저 함수는 특별한 형태의 밴드 필터로 생각할 수 있으며, 웨이블릿 변환의 상대 대역폭 불변성은 기본 웨이블릿 기저에 대한 시간축 방향 축소 및 확대에 의해 충족되어진다. 이에 따라 웨이블릿 변환에서는 주파수 대역이라는 용어 대신 스케일이라는 용어를 주로 사용하며, 입력 신호에 대한 웨이블릿 변환을 다른 말로 원신호의 시간, 스케일 공간표현이라 한다.

디지털 신호 해석엔 DWT가 사용된다. 연속 신호에 대한 웨이블릿 변환은 모태함수의 크기를 변화시켜가면서 시간 축으로 이동하면서 계수 값을 얻어내는 반면 이산 신호에 대한 웨이블릿 해석은 저 대역 통과 필터(low pass filter)와 고 대역 통과 필터(high pass filter)를 이용하여 신호의 주파수 성분을 해석한다. 신호의 정보량을 나타내는 해상도는 필터링이 되면서 바뀌어져 가고 스케일은 샘플링을 통해 바뀐다. 필터링은 임펄스 응답 $h[n]$ 와 입력 신호의 콘벌루션의 수학적식으로 생각할 수 있다. 이산 시간에 대한 콘벌루션 연산식은 식 (1)과 같다.

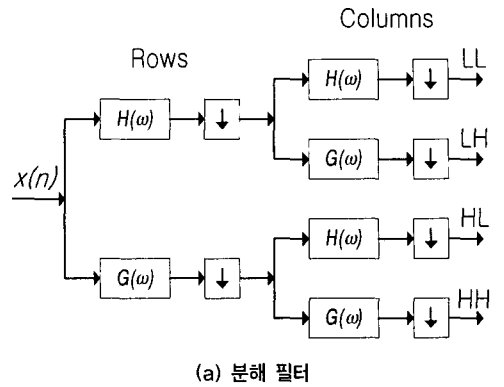
$$x[n] * h[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] \cdot h[n-k] \quad (1)$$

중간 밴드 저 대역 필터링은 중간 주파수 대역보다 높은 주파수는 모두 제거한다. 이후 샘플링과정을 거치면 새로운 밴드와 해상도를 얻게 된다. 식 (2)(3)과 [그림 1]은 이러한 웨이블릿 특성을 잘 나타낸다. [그림 1] (a)는 웨이블릿 분해 과정을 나타내고 [그림 1] (b)는 웨이블릿 복구과정을 보여준다.

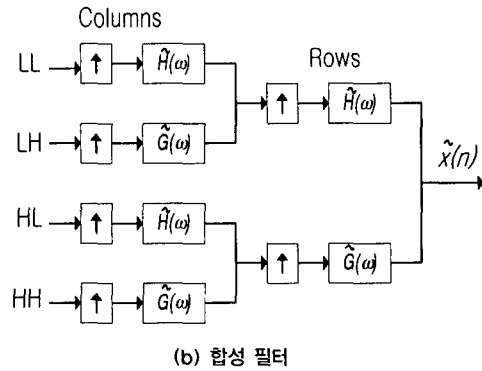
$$y_{high}[k] = \sum_n x[n] \cdot g[2k-n] \quad (2)$$

$$y_{low}[k] = \sum_n x[n] \cdot h[2k-n] \quad (3)$$

여기서 $g[n]$ 은 고 대역 필터이고, $h[n]$ 은 저 대역 필터이다. $y_{high}[k]$ 와 $y_{low}[k]$ 은 각각 필터링과 샘플링을 통해 얻은 값이다.



(a) 분해 필터



(b) 합성 필터

그림 1. 웨이블릿 필터를 이용한 분해 및 복구

[그림 2]는 영상을 3 레벨로 분해한 것인데 수평 예지, 수직 예지, 대각선 예지로 분석되고 왼쪽 위로 갈수록 저주파 대역의 성분이 분포한다. 이처럼 웨이블릿은 영상의 각 특성을 공간과 주파수 성분 모두를 분석이 가능하고 특성에 따라 워터마크를 자유자재로 삽입할 수 있는 장점이 있다. 또한 여러 해상도를 가진다는 것은 영상의 해석에 있어 큰 이점을 가져온다.

본 논문에서는 각 밴드의 표기법을 [그림 2] (a)와 같이 한다[13]. 즉, 3레벨의 DWT 영역상에서 해상도 레벨이 $l=0, 1, 2$ 방향이 $\theta \in \{0, 1, 2, 3\}$ 인 서브밴드를 I^θ 로 칭한다. 회색으로 칠해진 부분은 워터마크가 삽입될 밴드이다. [그림 2] (b) 영상을 DWT 변환을 했을시 고주파, 저주파 밴드를 일반적으로 나타내는 그림이다.

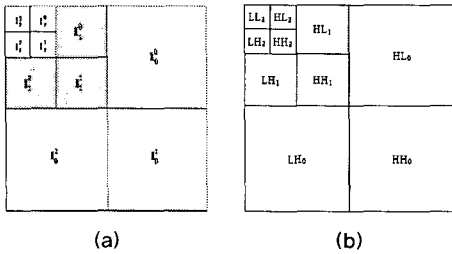


그림 2. DWT에 의한 각 밴드의 표기법 및 변환

2. 휴먼 비주얼 시스템(HVS : Human Visual System)

Lewis and Knowles가 고안한 HVS는 눈, 망막, 신경망 등 사람의 눈이 가지는 여러 가지 특성을 고려하여 워터마크를 삽입할 때 인간이 지각할 수 없을 수준의 워터마크를 삽입하기 위한 시스템이다. HVS은 다음과 같은 인간의 시각적인 특성을 고려하였다[13].

- (1) 인간의 눈은 높은 해상도 밴드와 45° 방향의 밴드, 즉 $\theta=1$ 인 밴드에서는 노이즈에 대하여 덜 민감하다.
- (2) 인간의 눈은 영상의 밝거나 어두운 곳에서는 노이즈에 대하여 덜 민감하다.
- (3) 인간의 눈은 높은 텍스처 지역에서 노이즈에 대하여 덜 민감하나 에지 근처의 지역에서는 노이즈에 더욱 민감하다.

이러한 특성을 기반으로 하여 사람의 눈에 덜 민감한 부분에 큰 크기를 갖는 워터마크를 삽입할 수 있고 이를 통해 워터마킹 알고리즘을 설계할 수 있다.

기존에 제안한 [13]은 두 신호 사이에 사람이 탐지할 수 있는 최소한의 차이를 나타내는 JND(Just Noticeable Difference)를 적용하였다. 그러나 이는 흑백 영상에만 적용이 가능하다는 단점과 각 DWT 계수들의 시각적인 영향을 고려하지 않고 워터마크를 삽입하므로 견고성이 떨어진다.

본 논문에서는 중간주파수 밴드에 특정계수를 선택하여 계산적인 부하도 적게 들고 영상에 미치는 영향도 적다. 또한 서로 독립적이고 연관성이 없으며 패턴 추측

을 할 수 없는 장점이 있는 가우시안 랜덤 벡터를 사용하여 견고성을 향상시켰다. 제안된 기법은 기존의 알고리즘[13]보다 PSNR 값이 우수함을 실험을 통하여 알 수 있다.

3. HVS를 이용한 워터마크 삽입 알고리즘

DWT 변환을 이용하여 중간 주파수 밴드에 특정계수를 선택하고 휴먼 비주얼 시스템을 적용하여 워터마크를 삽입하는 일련의 과정을 살펴본다. [그림 3]은 워터마크 삽입과정을 전체적으로 도식화 한 것이다.

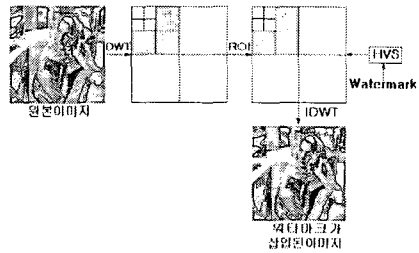


그림 3. 워터마크 삽입 과정

[단계 1] 첫 번째로 영상에 워터마크를 삽입하기 위하여 [그림 3]과 같이 세 개의 레벨로 DWT 과정을 통하여 분해한다. 본 연구에서 사용한 웨이블릿 필터는 9/7 탭을 가지는 Antonini[14]가 제안한 방법을 이용했다.

표 1. 웨이블릿 필터 계수

수직방향 분해 필터	수평방향 분해 필터
-6.4538883e-002	-3.7828456e-002
-4.0689418e-002	-2.3849465e-002
4.1809227e-001	1.1062440e-001
7.8848562e-001	3.7740286e-001
4.1809227e-001	-8.5269868e-001
-4.0689418e-002	3.7740286e-001
-6.4538883e-002	1.1062440e-001
	-2.3849465e-002

회색으로 채워진 중간주파수 밴드 즉, I_1^0, I_1^1 그리고 I_1^2 가 워터마크가 삽입되는 주파수밴드이다. 이렇게 중간 주파수 밴드에 워터마크를 삽입하는 이유는 중간

주파수 밴드에 삽입한 워터마크는 어떠한 영상 처리 과정 후에도 높은 비율의 추출을 보였으며, 워터마크가 삽입된 영상의 왜곡정도도 다른 대역보다 상대적으로 적게 나타났기 때문에 중주파 대역에 워터마크를 삽입하였다.

[단계 2] 견고한 워터마크의 삽입을 위해 시각적으로 중요한 계수 값을 선택하게 되는데 이때 MTWC의 원리를 이용하여 ROI를 찾아 삽입하게 된다[15]. 시각적으로 중요한 계수 값은 보통 큰 값을 가지고 있는데 일반적으로 이러한 계수 값은 압축과 같은 영상 처리 후에도 변화가 적다. 만약에 이러한 계수 값들이 변화한다면 역 DWT 과정을 거친 영상은 원본 영상과 매우 다를 것이다. 시각적으로 중요한 계수 값을 찾는 과정은 다음과 같다.

(가) 처음은 초기화 단계로써 워터마크가 삽입 될 밴드의 초기 임계값(T_s)을 설정한다. 이 때 임계값은 그 밴드의 계수 값 중 절대값이 가장 큰 계수값(C_{max})의 반이다.

$$\text{즉, } T_s = \frac{C_{max}}{2} \text{ 이다.}$$

(나) 워터 마크가 삽입될 밴드의 중요한 계수 값을 찾기 위해서 그 밴드의 모든 계수 $C_s(i, j)$ 와 임계값과 비교하여 $C_s(i, j) > T_s$ 이면 중요한 계수로써 선택된다.

(다) 선택된 시각적으로 중요한 계수에 HVS를 적용하여 워터마크를 삽입한다.

(라) 삽입되어야 할 워터마크가 모두 삽입되지 않았을 경우 나머지 워터마크를 모두 삽입하기 위하여 다시 (가)단계부터 위 과정을 반복수행 한다.

[단계 3] HVS를 이용한 워터마킹 삽입 : 워터마크가 삽입되는 중간주파수 밴드 즉, I_0^1 , I_1^1 그리고 I_1^2 밴드에서 선택된 시각적으로 중요한 계수는 HVS 특성을 적용한다. 워터마크의 삽입은 모든 계수에 대해서 적용하는 것이 아니므로 다른 알고리즘에 비해 계산적인 부하도 적게 들고 영상에 미치는 영향도 적다. 워터마크 삽입은 영상에 워터마크 정보를 삽입하는 과정으로 식

(4)을 따른다.

$$C'_s(i, j) = C_s(i, j) + \alpha \cdot q(i, j) \cdot W_k \quad (4)$$

C_s 는 선택된 원래의 계수 값이고, C'_s 는 워터마크가 삽입된 계수 값이다. 그리고 α 값은 워터마크의 강도를 나타내는 파라미터고 $\alpha \in (0.0, 3.0]$ 이다. $q(i, j)$ 는 HVS의 특성을 이용한 weighting 함수이다. W_k 는 워터마크로써 평균이 0이고 분산이 1인 가우시안 랜덤 벡터를 사용하였다. 가우시안 랜덤 벡터는 서로 독립적이고 연관성이 없으며 패턴을 추측할 수 없는 장점이 있다. 워터마크는 문자열, 영상, 로고, 난수열 등을 알고리즘의 특성에 맞게 사용할 수 있다.

4. 워터마크 검출 알고리즘

워터마크가 삽입된 영상에서 워터마크를 검출하여 워터마크의 삽입여부 및 유효성을 판단하는 방법을 기술한다. [그림 4]는 워터마크를 검출하는 과정을 전체적으로 도식화 하였다. 워터마크를 검출하는 과정은 다음과 같다.

- (1) 원본영상과 워터마크가 삽입된 영상을 호출한다.
- (2) 호출된 두 영상을 DWT 변환 과정을 거친 후 3개의 레벨로 각각 주파수 분해한다.
- (3) 주파수 분해된 두 영상을 비교하여 워터마크를 추출한다.
- (4) Cox의 유사도 측정식을 사용하여 유사도를 측정한다.
- (5) 측정된 유사도 값과 실험에 의해 측정된 임계값과 비교하여 워터마크의 삽입부를 판단한다.

$$C(W, W^*) = \frac{W \cdot W^*}{\sqrt{W \cdot W^*}} \quad (5)$$

식 (5)의 C 는 유사도를 나타내고, W 는 삽입되기 전 워터마크이고 W^* 는 삽입한 뒤 추출한 워터마크를 나타낸다. 워터마크의 유무는 C 값이 임계값 이상이면 워터마크가 있는 걸로 판단하고 그 이하는 워터마크가 없는

것으로 판단한다. 여기서 임계값은 계산에 의해 나온 값(26.38dB)은 아니고 실험에 의해 얻는다.

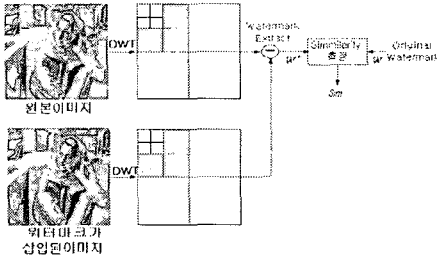


그림 4. 워터마크 검출 과정

[그림 6]은 워터마크의 유일성 측정 결과로써 300개의 랜덤 워터마크 생성 후 실험 영상에 삽입, 검출하였다.

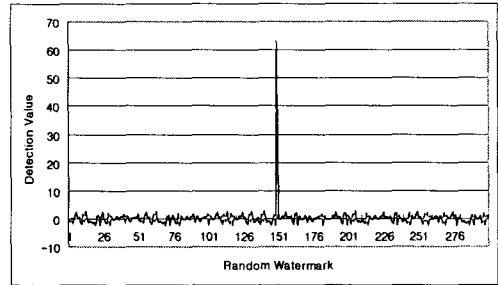


그림 6. 워터마크 유일성 측정 결과

IV. 실험 및 결과

9/7탭 쌍직교 웨이블릿 필터[11, 13]를 이용하여 4-level의 서브밴드 영상으로 원 영상을 분할하였다. 그런 뒤 ROI(Region of Interest)를 찾아서 워터마크를 HVS(Human Visual System)을 이용하여 삽입, 검출하였다. 실험 영상은 512×512, 256 그레이 Barbara 영상을 이용하였다.

첫 번째 실험으로써 워터마크의 비가시성을 실험 하였다. [그림 5] (a)는 원본 "Barbara" 영상이고 반면 [그림 5] (b)는 워터마크가 삽입된 영상이다. [그림 5]에서 보는 바와 같이 두 영상의 차이를 거의 구별할 수 없다. [그림 5] (c)는 원본 영상에 제한한 기법으로 워터마크를 삽입한 후 JPEG 압축(30:1) 방법으로 압축 한 다음 다시 역변환 과정을 거친 영상이다.

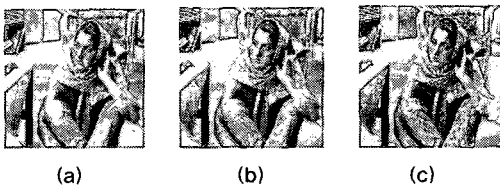


그림 5. 영상의 비가시성 실험

(a) 원본 영상 "Barbara"와 (b) 워터마크가 삽입된 영상(PSNR 45.65dB) (c) 워터마크가 삽입된 영상을 JPEG 압축 후 복원한 영상(압축비 30:1, PSNR

[그림 6]에서 보는 바와 같이 299개의 위조된 워터마크에서는 반응을 보이지 않는 것을 볼 수 있다.



그림 7. 여러 가지 공격 결과

표 2. 워터마크의 Correlation response와 PSNR값

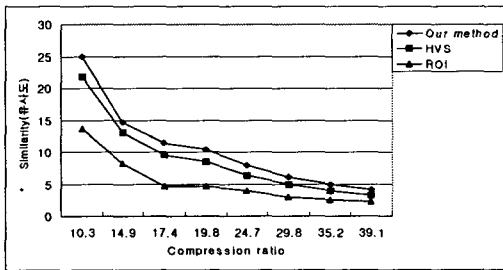
Attack	Detection Value	PSNR
Blurring	16.745	31.881dB
Gaussian noise(10%)	13.454	20.727dB
Sharpening	13.727	22.505dB
Cropping	8.020	11.045dB

[그림 7]은 영상에 대한 여러 가지 공격 방법을 나타낸 것이고 [표 2]는 그에 따른 워터마크의 Correlation response와 PSNR값을 도표화 하였다.

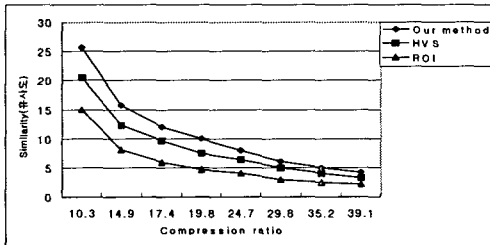
표 3. 제안한 방법의 실험 결과 비교표

Image	our method	ROI method	HVS method
Lena	51.62dB	53.08dB	42.12dB
Barbara	45.65dB	47.19dB	39.60dB
Bridge	41.90dB	43.03dB	38.18dB
Gold hill	42.89dB	43.37dB	39.37dB
Airplane	39.50dB	39.79dB	36.82dB

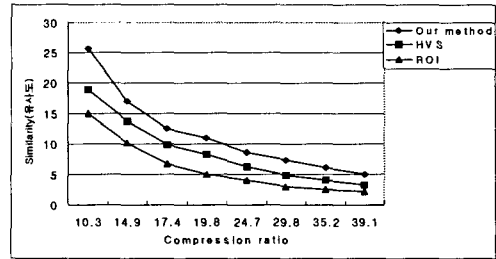
[표 3]에서 제안된 기법은 HVS 기법만을 사용하였을 때 보다 PSNR 값이 상당히 높아 졌으며 ROI 기법만을 사용 했을 때는 제안된 기법과 PSNR 값이 거의 비슷하게 측정이 되었다. 하지만 견고성 측면에서는 ROI기법만을 사용했을 때와 비교했을 때 향상되었음을 볼 수 있다. 각 방법에 대한 견고성 측정 결과는 다음 실험 결과에서 설명 한다. 이 실험에서는 동일한 조건일 때의 성능을 비교하기 위해 동일한 워터마크 강도와 워터마크가 삽입되는 지역을 중간 주파수 대역으로 하였다.



(a) JPEG 압축률과 유사도 관계 (512×512 Barbara image)



(b) JPEG 압축률과 유사도 관계 (512×512 Lena image)



(c) JPEG 압축률과 유사도 관계 (512×512 Bridge image)

그림 8. 영상별 JPEC 압축 및 유사도 실험 결과

[그림 8]의 (a)(b)(c)에서 보는 바와 같이 제안된 기법이 HVS기법만을 사용하였을 때 보다 견고성 측면에서 향상되었음을 볼 수 있고 ROI 기법만을 사용하였을 때는 복원된 영상의 PSNR값은 가장 높은 반면 견고성은 가장 낮게 측정이 되었다.

V. 결론

저작권 보호를 위한 다양한 디지털 워터마킹 기법들이 제안되었다. 워터마크 기술은 가시성에 따라 인지할 수 있는 워터마킹과 인지할 수 없는 워터마킹이 있다. 인지할 수 없는 워터마킹은 원저작물에 워터마킹이 나타나지 않게 하여 원저작물 자체를 훼손하지 않은 상태로 워터마킹을 삽입하여 저작권을 보호할 수 있는 방법이다.

디지털 이미지는 많은 사용자들이 인터넷을 통하여 불법적으로 유통 시킬 우려가 있으므로 워터마크 크기를 크게 하여 워터마크 검출율을 높이고 공격자들의 변형 공격에 대해 워터마크가 살아남을 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 이러한 견고성을 높이면서 고화질을 유지하기 위해서 웨이블릿 변환 기술과 HVS(Human Visual System) 기술을 이용하였다.

웨이블릿 신호처리 기술은 우리 인간의 눈이 고주파에 둔감하고 저주파에 민감하기 때문에 원 신호를 고주파와 저주파 성분으로 분해하는데 사용된다. 본 논문에서는 디지털 이미지를 대상으로 웨이블릿 변환과정을 거쳐 3개의 레벨로 고주파 밴드와 저주파 밴드로 분해

하고, 그 후 중주파 밴드에서 시각적으로 중요한 계수를 찾아 인간 시각 시스템(HVS) 기술을 이용하여 눈의 특성에 맞게 워터마크를 삽입함으로써 한층 향상된 화질과 굳건함을 보여 준다. 실험을 통하여 제안한 워터마킹 알고리즘이 JPEG 압축, 크라핑, 가우시안 노이즈 공격에서 삽입된 워터마크가 검출됨을 증명하였으며 PSNR 값을 구한 복원화질의 우수함을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 김태중, 김상국, 송유진, "콘텐츠 저작권 보호 및 관련기술 표준화 동향", 정보보호학회지, 제 14권 제 1호, pp.91-106, 2004.

[2] 한국과학기술정보연구원, "원문 데이터베이스의 도용방지를 위한 관리체계 연구 개발", pp.15-72, 2003.

[3] L. F. Turner, "Digital data security system," Patent IPN WO 89/08915, 1989.

[4] R. G. van Schyndel, A. Z. Tirkel, and C. F. Osborne. "A digital watermark," In Int. Conf. IEEE image processing. Vol. 2 1994.

[5] G. Caronni. "Assuring ownership rights for digital images," In Proc. Reliable IT Systems, VIS'95. Vieweg Publishing Company, 1995.

[6] B.M. Macq and J-J Quisquater. "Cryptology for digital tv broadcasting," Proc. of the IEEE, 1995.

[7] W. Bender, D. Gruhl, and N. Morimoto. "Techniques for data hiding," In Proc. of SPIE, Vol. 2420, 1995.

[8] E. Koch and Z. Zhao, "Copyright protection for multimedia data," in Proceedings of 1995 IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, June 1995.

[9] Mohammed A. Al - Mohimeed, "Wavelet - Based Digital Watermarking," Proceeding of SPIE, 2001.

[10] Yu Jin Zhang, Ting Chen, Juan Li,

"Embedding Watermarks into Both DC and AC Components of DCT," Proceeding of SPIE, 2001.

[11] Kaixiang Yi, Jiaoying Shi, "An Adaptive 2-Dimension Image Watermarking System," Proceeding of SPIE, 2001.

[12] yiwei Wang, john F. Doherty, Robert E, "A Wavelet-based Watermarking Algorithm for Ownership Verification of Digital Images," IEEE Transactions on image procession 2002.

[13] M. Barni, F. Bartolini, A. Piva, "Improved Wavelet Based Watermarking Through Pixel-Wise Masking," IEEE Trans. Image Processing, Vol. 10, pp.783-791, May. 2001.

[14] M. Antonini, M. Barlaud. P. Mathieu and I. Daubechies, "Image Coding using Wavelet Transform," IEEE Trans. Image Processing, Vol. 1. No. 2, pp.205-220, Apr. 1992.

[15] H, J. Wang, C.-C. Jay Kuo, "A multi-Threshold Wavelet Coder For High Fidelity Image Compression," IEEE Image Processing, Vol. 1. pp.652-655, 1997.

[16] J. D. Villasenor, B. Belzer, and J Liao, "Wavelet Fiter Evaluation for Image Compression", IEEE Trans. Image Processing, Vol. 4, No. 8, pp.1053-1060, Aug, 1995.

저 자 소 개

김 상 국(Sang-Kuk Kim)

중신회원



- 1989년 : 인천시립대학교 전자공학과(공학사)
- 1991년 : 한양대학교 대학원 전자계산학전공(이학석사)
- 2001년~현재 : 한남대학교 대학원 컴퓨터공학과(박사과정)
- 1989년~1994년 : 시스템공학연구소 연구원

김 태 중(Tae-Jung Kim)

정회원



- 1978년 : 성균관대학교 금속공학과(공학사)
 - 1990년 : 성균관대학교 정보처리학과(경영학석사)
 - 2002년~현재 : 경희대학교 멀티미디어시스템공학과(박사과정)
 - 1981년~1990년 : 산업연구원 책임연구원
 - 1990년~1995년 : 연구개발정보센터 선임연구원
 - 1995년~1999년 : 한국데이터베이스진흥센터 부장
 - 1999년~현재 : 한국과학기술정보연구원 책임연구원, 정책마케팅부장
- <관심분야> : 정보검색, 멀티미디어 DB, 정보보호 등

이 재 광(Jae-Kwang Lee)

종신회원



- 1984년 : 광운대학교 전자계산학과(학사)
 - 1986년 : 광운대학교 대학원 전자계산학과(석사)
 - 1993년 : 광운대학교 대학원 전자계산학과(박사)
 - 1986년~1993년 : 군산전문대학 전자계산학과 부교수
 - 1997년~1998년 : University of Alabama 객원교수
 - 1993년~현재 : 한남대학교 컴퓨터공학과 교수
- <관심분야> : 컴퓨터 네트워크, 정보통신, 정보보호

황 재 호(Jae-Ho Hwang)

정회원



- 1986년 : 경희대학교 전자공학과(공학사)
- 1991년 : 경희대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 2001년 : 경희대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 1991년~1998년 : KT 전송기술연구소 전임연구원
- 1998년~2000년 : 극동정보대학 멀티미디어과 교수