
DWT기반 이미지 인증 및 변형 검출을 위한 혼합 워터마킹

Hybrid-Watermarking for DWT Based Authentication and Detection of Image Modification

강태환, 김동서, 주낙근
동신대학교 디지털콘텐츠학과

Tae-Hwan Kang(thkang@dso.ac.kr), Dong-Seo Kim(kdongseo@hanmail.net),
Nak-Keun Joo(nkjoo@dso.ac.kr)

요약

본 논문에서는 디지털 영상의 인증과 변형 검출 및 저작권 보호를 가능하도록 혼합 워터마킹 기법이 제안되었다. 원영상을 DWT(Discrete Wavelet Transform) 변환한 후 이미지의 인증과 변형된 위치를 검출하기 위하여 저주파 부분인 LL 밴드의 LSB(Least Significant Bit)에 암호화된 워터마크 정보를 삽입한다. 또 저작권 보호를 위하여 고주파부분의 웨이블릿 계수들의 교환을 통해 워터마크 정보를 삽입한다. 이렇게 함으로써 저주파부분의 LSB 값 추출을 통해 인증 및 그 변형 위치를 찾을 수 있었으며, 고주파 부분에 삽입된 워터마크를 추출하여 원영상의 저작권 정보를 감지할 수 있었다.

■ 중심어 : | 워터마킹 | 인증 | 저작권 보호 |

Abstract

In this paper, the hybrid-watermarking method to make it possible to the authentication, modification detection and copyright protection of the digital image was proposed. After the original image is transformed by the DWT(Discrete Wavelet Transform), the encrypted watermark information is embedded into the LSB(Least Significant Bit) of LL band on the low frequency domain for authenticating and detecting modified position in the image. And watermark information is embedded by exchanging the wavelet coefficient for the copyright protection. Thereby, we can authenticate the modification and detect the modified location by extracting the values of LSB on the low frequency domain. And we can perceive the copyright information of original image by extracting the embedded watermark on the high frequency domain.

■ keyword : | Watermaking | Authentication | Copyright Protection |

I. 서론

오늘날 디지털 멀티미디어 기술의 발전과 인터넷 보급으로 디지털 콘텐츠 제작과 유통이 활발히 이루어지고 있다. 그러나 디지털 영상, 음성, 동영상 등과 같은 디지털 데이터는 누구나 쉽게 인터넷을 통하여 대량으로 복제 및 배포가 가능함으로써 디지털 콘텐츠에 대한 저작권 문제가 발생한다. 이에 따라 디지털 콘텐츠의 저작권 보호를 위한 방안의 하나로 디지털 워터마킹 기법이 널리 연구되고 있다.

디지털 워터마킹 기법[1][3]은 저작권 정보를 인간의 시각이나 청각 등으로 인지할 수 없도록 디지털 데이터에 삽입하여, 소유권 분쟁과 인증 및 무결성 등을 위해서 워터마크를 추출하여 저작권을 주장할 수 있는 근거를 제공하거나 불법 복제나 유통을 방지할 수 있는 방법이다. 디지털 워터마킹은 사용 목적에 따라 강성 워터마킹(robust watermarking)과 연성 워터마킹(fragile watermarking)[4][5]으로 나눌 수 있다. 강성 워터마킹은 저작권 주장을 위한 방법으로 디지털 데이터에 대한 악의적인 공격과 비악의적인 공격에 대해서 저작권 정보를 확인할 수 있어야 한다. 이와 반대로 연성 워터마킹은 인증과 무결성을 보장하기 위한 방법으로 디지털 데이터의 변경과 공격 위치를 확인할 수 있어야 한다. 여기서 악의적인 공격이란 cut-and-paste, counterfeiting 공격 등을 말하고 비악의적인 공격이란 일반적인 신호처리를 말한다.

정지영상에서 디지털 워터마킹 기법은 삽입방법에 따라 공간 영역(spatial domain)과 주파수 영역(frequency domain)에 삽입하는 방법으로 나눌 수 있다. 공간 영역에서 워터마킹 기법은 이미지의 픽셀을 조작하는 방법으로 단순하고 처리속도가 빠르다는 장점이 있지만 일반적으로 영상처리나 압축 등의 공격에 강인하지 못한 단점이 있다. 주파수 영역에서 워터마킹 기법은 공간영역의 이미지 데이터를 주파수 영역으로 변환하여 워터마크를 삽입하는 방식으로 영상처리나 압축에 강하다. 이러한 방식들은 DFT(Discrete Fourier Transform), DCT(Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform) 등이 있다. 이미지의 인증과 변형

검출 및 저작권 보호를 위한 워터마킹 방법에서는 다음과 같은 조건이 고려되어야 한다.

- 변형 여부 : 영상의 변조 여부를 확인할 수 있어야 한다.
- 변형 위치 : 영상이 변형된 경우 변형이 이루어진 위치를 정확하게 검출할 수 있어야 한다.
- 비가시성 : 워터마크가 원영상에 삽입되었는지를 시각적으로 인지할 수 없어야 한다.

본 논문에서는 원영상에 웨이블릿 변환[7]을 한 후 인증과 변형 검출을 위하여 저주파 영역의 LSB(Least Significant Bit)에 암호화된 워터마크를 삽입하고 고주파 영역에서는 계수의 대소 관계에 따른 계수교환방식의 혼합 워터마킹 기법을 제안한다. 제안된 방법은 이미지의 인증과 변형검출을 위해 주파수 영역에서 픽셀 단위로 처리함으로써 블록 cut-and-paste 공격과 counterfeiting 공격에 전혀 영향을 받지 않으며, 변형 검출시 정확도가 블록단위로 처리하는 것보다 좋은 결과를 보여 주었다. 또한 블러링(blurring), 샤프닝(sharpening), JPEG 압축 등과 같은 비악의적인 공격에서도 워터마크를 추출함으로써 저작권 정보를 시각적으로 감지할 수 있었다.

본 논문의 구성은 II장에서 관련 연구들을 소개하고 III장에서 제안된 알고리즘을 기술하며, IV장에서 실험 및 고찰을 통해서 제안된 알고리즘의 결과를 확인하고, 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 관련연구

Wong[2] 등은 원영상에 대하여 공간 영역에서 공개 키 암호화 알고리즘을 이용한 디지털 서명 기반의 블록별 인증 워터마킹 기법을 제안하였다. 원영상을 N개의 블록으로 나누고 각각의 블록들에 대하여 [그림 1]과 같이 워터마크 삽입을 수행한다.

Bi 블록에서 픽셀들의 LSB를 '0'으로 바꾼 것에 대한 해쉬 값을 구한다. 이 계산된 해쉬 값과 워터마크와

XOR 연산하여 삽입할 워터마크를 생성하여 Bi 블록의 LSB에 삽입한다. 이와 같은 방법으로 N개 블록에 대해 워터마크 삽입을 반복 수행한다.

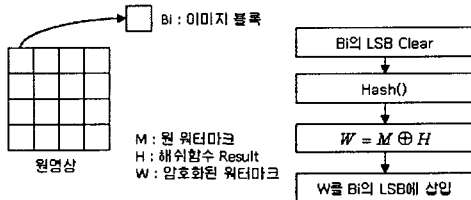


그림 1. Wong의 워터마크 삽입과정

Wong 등의 방법과 같이 공간영역에서 픽셀의 LSB에 워터마크를 삽입하는 것은 악의적인 공격이든 비악의적인 공격이든 간에 쉽게 제거되어 워터마킹 처리 자체가 불가능한 경우가 발생할 수도 있다. 또한 블록단위로 독립적으로 워터마킹을 수행하기 때문에 블록 cut-and-paste 공격과 counterfeiting 공격에 취약하다. 블록 cut-and-paste 공격은 크기가 같은 이미지들에 동일한 워터마크가 삽입되어 있을 경우, 이미지의 특정한 부분을 잘라서 다른 이미지의 대응되는 부분에 붙여넣기를 수행함으로써 정당한 워터마크가 추출되어 인증하는 방식이다. counterfeiting 공격은 블록 cut-and-paste 공격을 이미지 전체에 수행하여 이미지 전체에 대해서 새롭게 위조된 워터마크된 이미지를 생성하여 인증하는 방식이다.

Chien[5] 등은 웨이블릿 변환을 이용하여 공간 영역에서의 픽셀의 변조뿐만 아니라 주파수 영역에서도 계수 변조 유무를 확인하는 방법을 제안하였다. 먼저, 3-단계 웨이블릿 변환을 수행한 후 저주파 영역을 다시 N개의 블록으로 나누어 각 블록에 대하여 블록 핑거프린트를 생성한다. 블록의 핑거프린트는 블록의 contextual 정보, 저주파 영역의 계수 값을 입력으로 하여 생성한다. 여기서 contextual 정보란 cut-and-paste 공격을 막기 위해서 블록과 이웃 블록과의 특징적인 관계 정보이다. 생성된 핑거프린트는 암호화 알고리즘을 이용하여 암호화 한 후 해당 블록의 LSB에 삽입한다. Chien 등의 방법은 cut-and-paste 공격과 counterfeiting 공격에 대처하기 위하여 저주파 영역에서 서브 블록들의

contextual 정보를 이용하였다. 하지만 이미지의 변조가 심할 경우에는 잘못된 블록 핑거프린트를 생성하게 되어 변경 유무 자체를 확인하기가 어렵다.

Lee[7] 등은 웨이블릿 변환을 수행하여 저주파 영역에서 이미지의 특징을 추출하고 이 특징 값을 이용해 이중 워터마크를 삽입하여 이미지를 인증하는 연성 워터마킹 기법을 제안하였다. 3-단계 웨이블릿 변환을 수행한 후 이미지의 중요 정보가 가장 많이 분포하고 있는 LL3 밴드에서 이미지의 특징과 워터마크 이미지를 조합하여 실제로 삽입할 정보를 생성한다. 그리고 생성된 워터마크는 공간 영역과 주파수 영역 두 곳에 삽입한다. 공간 영역에서 워터마크 삽입 방법은 각 블록들에 대해 픽셀의 LSB에 삽입하고, 주파수 영역에서 삽입 방법은 중간 주파수 영역에서 계수 조절을 통하여 삽입한다. Lee 등의 방법은 이미지의 특징을 추출하여 블록 cut-and-paste 공격 및 counterfeiting 공격 등에 대처했다. 그리고 워터마크를 중간 주파수 영역에 삽입하여 블러닝, 샤프닝, JPEG 등과 같은 일반적인 영상처리 공격에 쉽게 파괴되는 것을 막았다. 하지만 저주파 영역을 블록 단위로 나누어 이미지의 특징을 추출하는 것은 Chien 등의 기법과 마찬가지로, 이미지의 변조가 심한 경우 공간영역에 삽입한 워터마크와 주파수 영역에 삽입한 워터마크가 완전 상이하게 나타날 수가 있다. 그리고 블록 단위로 처리하기 때문에 이미지 변형이 발생하는 경우, 전혀 변형이 발생하지 않은 픽셀에 대해서도 변형 검출이 될 수 있다.

III. DWT 기반 혼합 워터마킹

본 논문에서 제안한 워터마킹 알고리즘은 원영상을 1-단계 웨이블릿 변환한 후 이미지의 주파수 영역이 갖는 특성을 이용한다. 이미지의 인증과 변형 검출을 위하여 저주파 영역인 LL밴드에 있는 계수들의 LSB에 암호화된 이진 워터마크 비트를 삽입한다. 그리고 저작권 정보를 보호하기 위해 고주파 영역인 LH, HL, HH 밴드에서 각각 대응되는 위치의 계수들의 대소 관계와 암호화된 이진 워터마크에 의한 계수 교환 방법을 통해 워터마크 정보를 삽입한다. 먼저 웨이블릿 변환, 계수 교환 방법에 대해 설명하고 워터마크 삽입과 인증에 대해 기술한다.

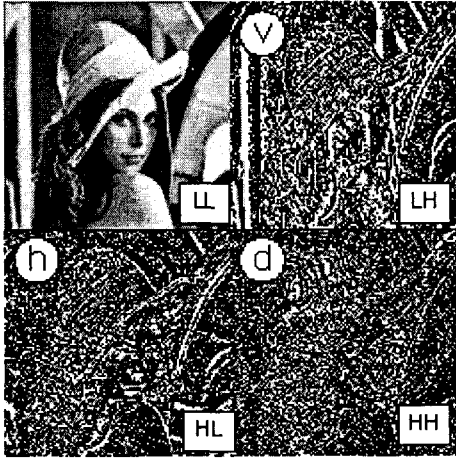


그림 2. 웨이블릿 변환

C_{00}	C_{01}	C_{02}	C_{03}	$\frac{1}{2}$	$C_{00}+C_{01}$	$C_{02}+C_{03}$	$C_{00}-C_{01}$	$C_{02}-C_{03}$
C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}		$C_{10}+C_{11}$	$C_{12}+C_{13}$	$C_{10}-C_{11}$	$C_{12}-C_{13}$
C_{20}	C_{21}	C_{22}	C_{23}		$C_{20}+C_{21}$	$C_{22}+C_{23}$	$C_{20}-C_{21}$	$C_{22}-C_{23}$
C_{30}	C_{31}	C_{32}	C_{33}		$C_{30}+C_{31}$	$C_{32}+C_{33}$	$C_{30}-C_{31}$	$C_{32}-C_{33}$

(a) 원영상

(b) 행 웨이블릿 변환

$\frac{1}{4}$	$(C_{00}-C_{01})+(C_{10}+C_{11})$	$(C_{02}+C_{03})+(C_{12}+C_{13})$	$(C_{00}+C_{01})-(C_{10}+C_{11})$	$(C_{02}+C_{03})-(C_{12}+C_{13})$
	$(C_{00}-C_{01})-(C_{10}+C_{11})$	$(C_{02}+C_{03})-(C_{12}+C_{13})$	$(C_{00}+C_{01})-(C_{10}-C_{11})$	$(C_{02}+C_{03})-(C_{12}-C_{13})$
	$(C_{00}+C_{01})-(C_{10}-C_{11})$	$(C_{02}-C_{03})-(C_{12}-C_{13})$	$(C_{00}-C_{01})-(C_{10}-C_{11})$	$(C_{02}-C_{03})-(C_{12}-C_{13})$
	$(C_{00}+C_{01})-(C_{10}+C_{11})$	$(C_{02}-C_{03})-(C_{12}+C_{13})$	$(C_{00}-C_{01})-(C_{10}+C_{11})$	$(C_{02}-C_{03})-(C_{12}+C_{13})$

(c) 열 웨이블릿 변환

그림 3. 4x4 영상의 웨이블릿 변환

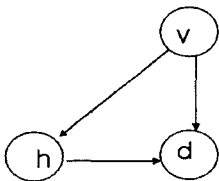


그림 4. 인덱스 이행적 순서 그래프

1. 웨이블릿 변환

2차원 이미지에 대한 웨이블릿 변환은 저주파 통과 필터링과 고주파 통과 필터링에 의한 다운 샘플링을 통해 여러 개의 서브 밴드로 나누고 역변환은 필터링에 의한 업 샘플링을 통해 합성하는 방식이다. 그리고 웨이블릿 변환은 [그림 2]와 같이 LL, LH, HL, HH 밴드로 분해되고 각 부대역 간의 위치적인 상관관계를 가지고 있다. 여기서 LL 밴드는 저주파성분 영역, LH 밴드는 수직성분

영역, HL 밴드는 수평성분 영역, HH 밴드는 대각성분 영역이다. [그림 3]은 4x4 영상의 haar 웨이블릿 변환을 보여주고 있으며, 픽셀들의 평균치를 이용하여 행 방향과 열 방향으로 분해된다.

2. 계수교환 방법

1-단계 웨이블릿 변환영역에서 LH, HL, HH 밴드들의 각 대응되는 위치의 계수 값의 절대치를 [그림 2]와 같이 v, h, d 라고 가정한다. 그리고 이 값들을 정점으로 갖고 이들의 대소 관계에 따른 방향그래프 G를 정점의 집합 V와 간선의 집합 E로 정의한다.

$$G = \{V, E\}$$

$$V = \{h, v, d\}$$

$$E = \{ \langle u_i, u_j \rangle \mid u_i, u_j \in V, u_i < u_j \}$$

[그림 4]는 방향그래프 G에 따른 v, h, d 들의 정점의 대소 관계와 간선의 방향을 보여주고 있으며, 이를 인덱스 이행적 순서(index transitive order) 그래프라고 정의한다. 웨이블릿 계수 교환은 $\langle v, h \rangle$, $\langle h, d \rangle$, $\langle v, d \rangle$ 사이에서 이루어지고 교환 방법은 삼입하고자 하는 워터마크가 0이면 인덱스 이행적 순서를 만족하도록 계수 교환을 수행하고, 1이면 인덱스 이행적 순서를 만족하지 않도록 계수 교환을 통해 워터마크를 삼입한다. 여기서 인덱스 이행적 순서를 만족시킨다는 것은 정점간의 계수의 크기가 $h > v$, $d > h$, $d > v$ 를 만족시키는 것이다.

$\frac{1}{4}$	$(C_{00}+C_{01})+(C_{10}+C_{11})$	$(C_{00}+C_{01})-(C_{10}+C_{11})$
	$(C_{00}+C_{10})-(C_{01}+C_{11})$	$(C_{00}+C_{11})-(C_{01}+C_{10})$

열 웨이블릿 역변환

$\frac{1}{4}$	$2C_{00}+2C_{10}$	$2C_{00}-2C_{10}$
	$2C_{01}+2C_{11}$	$2C_{01}-2C_{11}$

행 웨이블릿 역변환

$\frac{1}{4}$	$4C_{00}$	$4C_{10}$
	$4C_{01}$	$4C_{11}$

C_{00}	C_{10}
C_{01}	C_{11}

(a) h와 v가 교환된 경우

$$\frac{1}{4} \begin{vmatrix} (C_{00}+C_{01})+(C_{10}+C_{11}) & (C_{00}+C_{10})-(C_{01}+C_{11}) \\ (C_{00}+C_{11})-(C_{01}+C_{10}) & (C_{00}+C_{01})-(C_{10}+C_{11}) \end{vmatrix}$$

열 웨이블릿 역변환

$$\frac{1}{4} \begin{vmatrix} 2C_{00}+2C_{11} & 2C_{00}-2C_{11} \\ 2C_{01}+2C_{10} & 2C_{10}-2C_{01} \end{vmatrix}$$

행 웨이블릿 역변환

$$\frac{1}{4} \begin{vmatrix} 4C_{00} & 4C_{11} \\ 4C_{10} & 4C_{01} \end{vmatrix}$$

C_{00}	C_{11}
C_{10}	C_{01}

(b) h와 d가 교환된 경우

$$\frac{1}{4} \begin{vmatrix} (C_{00}+C_{01})+(C_{10}+C_{11}) & (C_{00}+C_{11})-(C_{01}+C_{10}) \\ (C_{00}+C_{01})-(C_{10}+C_{11}) & (C_{00}+C_{10})-(C_{01}+C_{11}) \end{vmatrix}$$

열 웨이블릿 역변환

$$\frac{1}{4} \begin{vmatrix} 2C_{00}+2C_{01} & 2C_{00}-2C_{01} \\ 2C_{10}+2C_{11} & 2C_{11}-2C_{10} \end{vmatrix}$$

행 웨이블릿 역변환

$$\frac{1}{4} \begin{vmatrix} 4C_{00} & 4C_{01} \\ 4C_{11} & 4C_{10} \end{vmatrix}$$

C_{00}	C_{01}
C_{11}	C_{10}

(c) v와 d가 교환된 경우

그림 5. 정점 간의 계수 교환된 경우

웨이블릿 계수 교환을 적용하기 위해서는 변환 영역에서 v, h, d 계수들 사이에 임의의 두 쌍이 교환되었을 때 원영상에 어떠한 영향을 주는지 특성을 파악해 볼 필요가 있다. [그림 5]는 [그림 3]에서 LH, HL, HH의 첫 번째 위치의 정점 v, h, d 들 간의 계수 교환이 이루어졌을 경우 역변환을 통해 실제 원영상의 교환된 픽셀의 위치를 보여주고 있다. [그림 5]의 (a)는 h와 v가 교환된 경우 원영상의 대각 이웃 픽셀이 교환되며, (b)는 h와 d가 교환된 경우 원영상의 두 번째 열의 이웃 픽셀이 교환되며, 그리고 (c)는 v와 d가 교환된 경우 두 번째 행의 이웃 픽셀이 교환되는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 고주파 영역에서 계수 교환은 원영상의 이웃하는 픽셀들 사이에서 이루어지고, 이미지의 특성과 인덱스 이행적 순서에 따라 계수 교환이 발생한다고 하더라도 원영상의 화질을 크게 손상 시키지 않는다는 것을 알 수 있다.

3. 워터마크 삽입 과정

크기가 M×N인 원영상에 시각적인 이미지 워터마크를 삽입하는 전체 과정은 [그림 6]과 같으며 다음과 같이 수행된다.

[단계 1] 원영상을 1-단계 웨이블릿 변환을 수행 한다.

[단계 2] 저주파 영역인 LL밴드의 LSB를 0으로 변경한 후, LL밴드의 모든 픽셀에 대하여 해쉬함수를 이용하여 해쉬 값 $A = (a_1, a_2, \dots, a_l)$ 을 계산한다.

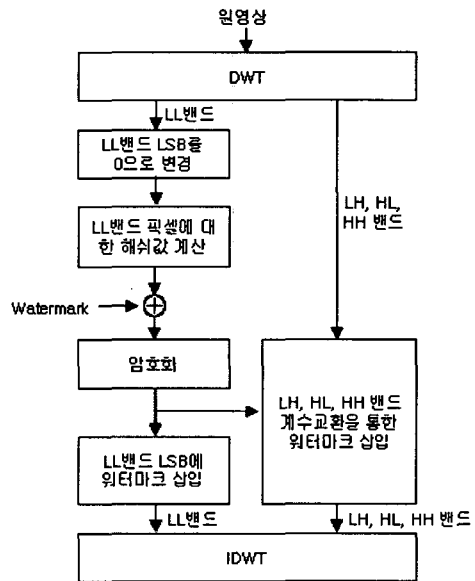


그림 6. 워터마크 삽입 과정

[단계 3] 워터마크를 이진 바이너리 스트림으로 변경하여 $W = (w_1, w_2, \dots, w_l)$ 를 구한다. W와 A를 XOR 연산하여 $B = (b_1, b_2, \dots, b_l)$ 를 구한다.

[단계 4] 공개키 암호화 알고리즘을 이용하여 B를 암호화하여 $E = (e_1, e_2, \dots, e_l)$ 를 구한 후, E를 LL밴드의 LSB에 삽입한다. 여기서 l은 LL 밴드의 크기이다.

[단계 5] 암호화된 워터마크 E 값을 LH, HL, HH 밴드의 각 대응되는 위치의 계수 교환을 통해 삽입한다.

[단계 6] 웨이블릿 역변환 IDWT를 수행하여 워터마크가 삽입된 영상을 얻는다.

4. 워터마크 추출 및 인증 과정

이미지의 인증과 변형 검출을 위한 워터마크 추출 과정은 [그림 7]과 같으며 다음과 같이 수행된다.

[단계 1] 원영상의 변형 여부를 확인하기 위해 워터마크가 삽입된 영상을 1-단계 웨이블릿 변환한다.

[단계 2] LL 밴드의 LSB 값들을 복호화하여 B'에 저장한다.

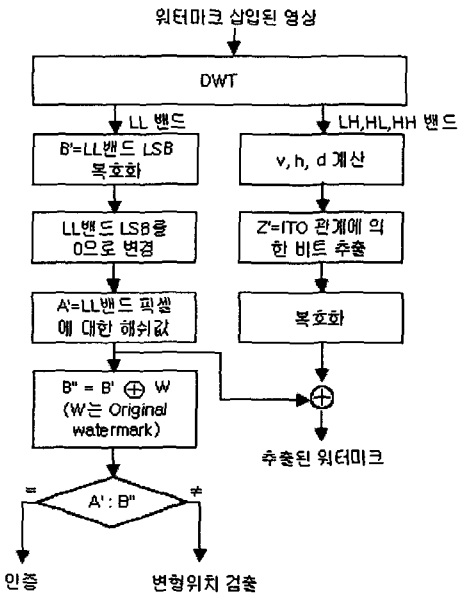


그림 7. 워터마크 추출 및 인증 과정

[단계 3] LL 밴드의 LSB를 0으로 변경 한 후 픽셀에 대한 해쉬 값을 계산하여 A'에 저장한다.

[단계 4] B'와 W를 XOR 연산하여 B''를 구한다.

[단계 5] A'와 B''를 비교하여 영상의 인증 및 변형 여부를 검증한다. 만약 A'와 B''가 같으면 인증에 성공한 것이고, 그렇지 않으면 인증에 실패한 것이다.

[단계 6] 만약 [단계 5]에서 인증에 실패한 경우 변형된 위치를 검출한다.

[단계 7] 고주파 영역인 LH, HL, HH 밴드의 서로 대응되는 위치의 v, h, d 값을 계산한 후, ITO(index transitive order) 관계에 따라 비트 값을 추출하여 Z'

에 저장한다.

[단계 8] Z'를 복호화 한 값과 A'를 XOR 연산하여 워터마크를 추출한다.

IV. 실험 및 고찰

본 논문에서는 [그림 8]과 같이 256×256 크기의 그레이 Lena 영상과 64×32 크기의 십자가 모양의 워터마크를 사용하였다. 이미지의 인증과 변형 검출을 실험하기 위하여 잘라내기, cut-and-paste, 미세변형 등의 공격을 하였다. 그리고 전체적인 이미지 변형공격이 발생한 경우 저작권 정보를 추출하여 시각적으로 감지하는지를 확인하기 위해 가우시안 노이즈, JPEG 등의 공격을 하였다.

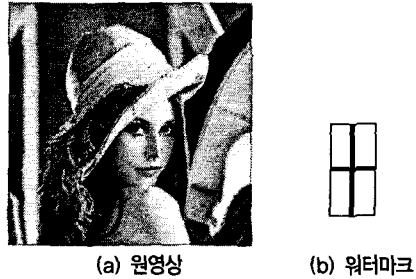


그림 8. 실험 이미지

워터마크 삽입에 따른 원영상과 워터마크된 영상의 손실정도를 측정하기 위하여 식 (1)과 같이 MSE(Mean Square Error)에 대한 평균값을 이용한 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)를 사용하여 측정하였다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} [dB] \quad (1)$$

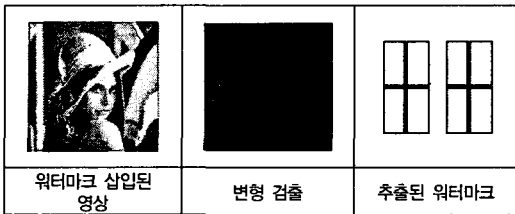
$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (f(i, j) - f'(i, j))^2$$

여기서 M과 N은 원영상의 너비와 높이이며, f(i,j)은 원영상의 픽셀 값이다. 그리고 f'(i,j)는 워터마크가 삽입된 영상의 픽셀 값이다. 본 논문에서 제안한 방법으로

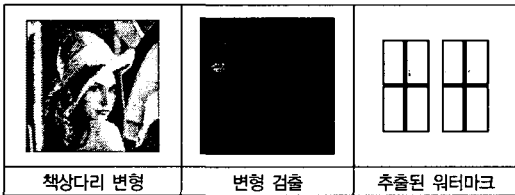
워터마크가 삽입된 영상의 PSNR은 34dB 정도로 [그림 9]를 보듯이 시각적으로 워터마크 삽입 여부를 감지할 수 없었다.



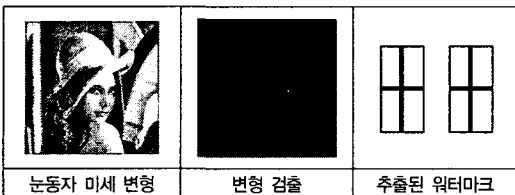
(a) 원영상 (b) 워터마크 삽입 영상
그림 9. 원본 영상과 워터마크 삽입된 영상



(a) 공격이 전혀 없는 경우



(b) cut-and-paste 공격



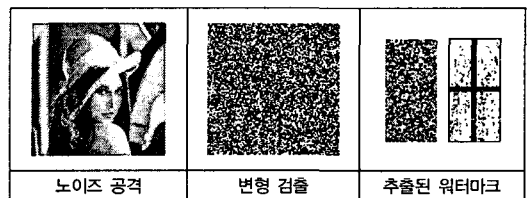
(c) 미세변형 공격

그림 10. 악의적인 공격에 대한 인증결과

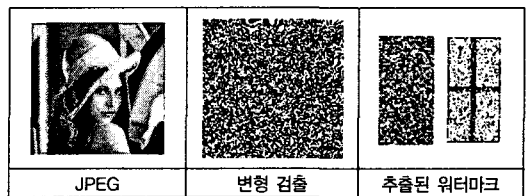
[그림 10]은 워터마크가 삽입된 영상에 대하여 인증에 성공한 경우와 악의적인 공격에 대한 결과를 보여주고 있다. 전혀 변형이 없는 경우에는 검정색으로 표시하였

고 변형이 발생한 경우는 흰색으로 변형 위치를 표시하였다. 추출된 워터마크는 2개이며, 좌측 워터마크는 저주파 영역에 삽입했던 워터마크를 추출한 것이고, 우측 워터마크는 고주파 영역에서 계수 교환을 통하여 삽입했던 워터마크를 추출한 것이다.

[그림 10]의 (a)는 워터마크가 삽입된 영상에 조작이 전혀 없는 경우 추출된 워터마크는 실험에 사용한 원래 워터마크와 동일한 워터마크를 추출하는 것을 확인할 수 있었다. (b)는 책상다리 상단의 일부분을 잘라 아래 부분에 붙여넣기를 하였다. 이는 시각적으로 전혀 공격을 받지 않은 것처럼 보이거나 워터마크를 추출하면 변형된 위치를 검출하였다. (c)는 사람 눈 주변의 2 픽셀에 대하여 조작을 가한 후 워터마크 추출과 변형 위치를 보여주고 있다. 추출된 워터마크는 전혀 변형이 없는 것처럼 보이거나 변형검출 결과를 보면 미세하게 변형이 가해졌음을 알 수 있다. 본 논문에서는 Wong 등의 기법과 Chein 등의 기법 등과 같이 8x8 블록 단위로 워터마킹을 수행하지 않고 픽셀 단위로 워터마킹을 수행하였다. 그 결과, 블록 단위로 수행한 것보다 더 정확하게 변형 위치를 검출하였다. 그리고 픽셀 단위로 워터마킹을 수행함으로써 블록단위로 독립적으로 수행하는 기존 연성 워터마킹의 가장 큰 취약점인 cut-and-paste 공격, counterfeiting 공격 등에 전혀 영향을 받지 않았다.



(a) 가우시안 노이즈 공격



(b) JPEG(Quality 60)

그림 11. 비악의적인 공격에 대한 인증결과

[그림 11]은 비악의적인 공격 등이 이미지 전체에 가해졌을 때 추출된 워터마크와 변형위치에 대한 결과를 보여주고 있다. [그림 11]의 (a)는 워터마크가 삽입된 이미지 전체에 가우시안 노이즈 공격을 하였고, (b)는 JPEG(Quality 60) 압축 공격을 하였다. 그 결과, 두 공격 모두 저주파 영역에서는 워터마크를 전혀 추출하지 못하였으며 또한 변형이 전체적으로 검출되었다. 하지만 고주파 영역에서 추출된 워터마크는 시각적으로 저작권 정보를 감지할 수 있었다. 이를 통해 웨이블릿 변환 영역에서 저주파 영역은 미세한 변형 공격에도 쉽게 파괴되기 때문에 이미지 인증에 적합하다는 사실을 알 수 있었다. 또한 고주파 영역에서 계수 교환을 통해 삽입된 워터마크는 일반적인 영상처리 공격에 대해 거의 영향을 받지 않은 강인성을 보여 주었다.

실험결과를 통해 알 수 있듯이, 본 논문에서 제안된 워터마킹 방법은 웨이블릿 변환 영역에서 주파수 성분의 특성과 이미지 특성을 이용하여 악의적인 공격과 비악의적인 공격에 대해 이미지 인증과 변형 검출 및 저작권을 보호할 수 있었다. 그리고 픽셀 단위로 워터마킹을 수행함으로써 블록 cut-and-paste 공격과 counterfeiting 공격에 전혀 영향을 받지 않았고, 블록 단위 연성 워터마킹 보다 더 정확하게 변형 위치를 검출할 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 웨이블릿 변환을 이용한 이미지 인증과 변형검출 및 저작권 보호를 위한 혼합 워터마킹을 제안하였다. 제안된 방법은 인증 및 변형 위치 검색을 위해 웨이블릿 변환영역에서 LL 밴드의 LSB에 워터마크를 삽입하였다. 그리고 비악의적인 이미지 변형에 대해 저작권 보호를 위해서 고주파 영역의 계수교환을 통하여 워터마크를 삽입하였다. 제안된 방법은 이미지 인증과 변형 검출을 위해 픽셀 단위로 워터마킹을 수행함으로써 기존 알고리즘 보다 더 정확한 변형 위치를 찾을 수 있었다. 제안한 워터마킹 알고리즘의 적용분야로는 디지털 사진, 이미지 문서 등의 위·변조가 가능한 분야

에서 적용 가능할 것이다.

향후 연구 과제는 제안된 알고리즘을 이용하여 동영상에서 인증과 변형 검출에 대해 연구할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] J. Ohnish and K. Matsui, "Embedding a Seal into a Picture under Orthogonal Wavelet Transform," In, Proceedings of Multimedia '96, Piscataway, NJ, IEEE Press, pp.514-521, 1996.
- [2] P. W. Wong, "A watermark for image integrity and ownership verification," Proceedings of IEEE Int. Conf. Image Processing, pp.455-459, 1998.
- [3] R. M. Rao and A. S. Bopardikar, *Wavelet transforms introduction to theory and applications*, Addison Wesley, 1998.
- [4] J. Fridrich, M. Goljan, and A. C. Baldoza, "New fragile authentication watermark for images," Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing, Vancouver, BC, Canada, pp.10-13, 2000.
- [5] M. Holliman and N. Memon, "Counterfeiting attacks on oblivious block-wise independent invisible watermarking schemes," IEEE Trans, Image Processing, pp.432-441, 2000.
- [6] H. Zhong, F. Liu, and L. C. Jiao, "A New Fragile Watermarking Technique for Image Authentication," Int. Conf. Signal Processing, Vol.1, pp.792-795, 2002.
- [7] 이혜란, 이경현, "이미지 인증을 위한 DWT 계수 기반 다중 워터마킹", 정보보호학회논문지, 제15권, 제2호, pp.113-123, 2005.

저자 소개

강 태 환(Tae-Hwan Kang) 준회원



- 1999년 2월 : 동신대학교 정보통신공학과(공학사)
- 2001년 2월 : 전남대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2004년 3월~현재 : 동신대학교 대학원 컴퓨터학과 박사과정

<관심분야> : ASIC, 영상처리, 정보보호

김 동 서(Dong-Seo Kim) 정회원



- 1987년 2월 : 전남대학교 수학과 (이학사)
- 1989년 2월 : 전남대학교 대학원 수학과(이학석사)
- 1998년 2월 : 전남대학교 대학원 수학과(이학박사)

• 1998년 3월~현재 : 전남대학교 수학과 강사

<관심분야> : 내용기반 영상검색, 멀티미디어

주 낙 근(Nak-Keun Joo) 종신회원



- 1985년 2월 : 전남대학교 계산통계학과(이학사)
- 1987년 2월 : 전남대학교 대학원 계산통계학과(이학석사)
- 1995년 2월 : 전남대학교 대학원 전산통계학과(이학박사)

• 1991년 3월~현재 : 동신대학교 디지털콘텐츠학과 교수

• 2002년 2월~현재 : 동신대학교 정보전산센터 소장

<관심분야> : 컴퓨터이론, 정보보호