
계수 적응적 다중 삽입 블라인드 워터마킹 기법

신창돈* · 김봉기**

Coefficient Adaptive Multiple Insertion Method With Blind Watermarking

Chang-Doon Shin* · Bong-Gi Kim**

요 약

원 영상을 이용하지 않고 워터마크를 검출할 수 있는 블라인드 워터마킹 기법들은 주로 주파수 변환 계수의 관계를 이용하였다. 하지만 대부분의 블라인드 워터마킹 방법에서는 공격에 취약하고 미세한 계수 값의 변화에도 영향을 많이 받는다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 계수 적응적인 다중 삽입 방법과 계수 변경 보호값을 설정하여 공격에 의한 계수 관계 변화를 최소화하였다. 실험 결과 제안한 방법은 우수한 화질에서 손실 압축, 잡음 첨가 등의 공격에 강인함을 유지할 수 있었다.

ABSTRACT

Most of existent blind watermarking methods in frequency domain use coefficient relationship to detect the watermark without original image. But the change in coefficient values occurred when the original image was attacked by lossy JPEG compression or noise addition. So robustness of watermark detection was weakened. In order to solve these problems, this paper presents a robust watermarking method, which enables multiple watermark insertion. Also, in order to reduce errors in the detected value of watermarks according to small changes in the coefficient relationship when detecting watermarks, it set the change guard value for variation of the coefficients. The experimental results show that the proposed method has good image quality and is robust to various attacks such as the JPEG lossy compression, noise addition, etc.

키워드

Blind Watermarking, Multiple Insertion Watermark, Change Guard Value

I. 서 론

디지털 워터마킹 기술이 효과적으로 멀티미디어 정보의 저작권 보호를 위해 사용된다면 다음과 같은 몇 가지 중요한 요구사항이 만족되어야 한다[1]. 첫째, 워터마크의 삽입여부를 시각적으로 확인할 수 없어야 한다. 시각적으로 확인할 수 있는 워터마킹은 워터마크의 삽

입으로 인해 원영상의 내용 변화와 의도적인 제거를 유발하게 된다. 둘째, 삽입된 워터마크는 제거가 어려워야 한다. 삽입된 워터마크는 외부의 의도적인 제거, 변환, 공격 및 잡음 등에 대하여 견고해야 한다. 셋째, 삽입된 워터마크를 추출하여 소유자를 확인할 수 있어야 한다. 즉, 삽입된 워터마크가 워터마크 확인과정에서 소유자를 확인할 수 있는 메커니즘이 필요하다. 또한 소유자 확

* 한림성심대학(제1저자)

** 진주산업대학교(교신저자)

인의 정확도는 공격(attack)에 따라서 선형적인 변환을 보여야 한다. 마지막으로 워터마킹 알고리즘은 멀티미디어 데이터(audio, image, video)에 범용 적으로 적용될 수 있어야 한다. 디지털 멀티미디어 데이터는 오디오, 이미지, 비디오 등이 혼합된 형태로 존재할 경우가 많기 때문에 동일하게 적용될 수 있는 워터마킹 알고리즘이 보다 생산적일 수 있다.

위의 조건들은 서로 상충 관계에 있기 때문에 조건들을 모두 만족시키는 워터마킹 기법을 고안하는 것은 쉬운 일이 아니다. 최근 멀티미디어 콘텐츠의 중요성이 부각되면서 위의 요구 조건의 일부 또는 상당 부분을 만족시키는 다수의 연구 결과가 발표되고 있지만, 아직은 초기 단계이므로 다양한 공격에 완벽하게 견고한 특성을 보이는 방법은 존재하지 않는 실정이다[2].

본 논문에서는 웨이블릿 변환 방법을 이용하여 원 영상이 없이도 워터마크 검출이 가능한 블라인드 워터마킹 기법을 제시하고자 한다. 이를 위해 먼저 원 영상을 2 단계 웨이블릿 변환을 실시한 후 변환 계수의 관계를 이용하여 워터마크를 삽입한다. 워터마크를 삽입하는 과정에서는 공격에 강인성을 유지하기 위해 영상 적응적인 계수 영역을 선택하여 하나의 워터마크를 여러 영역에 다중 삽입하는 방법을 제안하였고, 공격에 의한 계수 관계를 보호하기 위하여 계수 변경 보호 값을 설정하여 워터마크 검출시 적용하였다.

본 논문의 구성으로 2장에서는 관련 연구를 기술하고, 3장에서는 제안한 방법을 소개하고, 4장에서는 실험 결과를 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

2.1 원 영상을 이용한 워터마크 검출 기법

디지털 데이터의 워터마크를 삽입하는 방법과 마찬가지로 세 가지로 나눌 수 있다[1].

$$v_i = v_i + \alpha x_i \quad (1)$$

$$v_i = v_i(1 + \alpha x_i) \quad (2)$$

$$v_i = v_i(e^{\alpha x_i}) \quad (3)$$

여기서 v_i , v_i , α 및 x_i 는 각각 워터마크가 삽입된 신호의 크기, 원 신호의 크기, 워터마크의 삽입 강도 및 워터마크 크기를 나타낸다. 식(1)에서는 워터마크의 크기에 가중치를 두어 원 신호에 더함으로써 워터마크가 삽입된 신호를 얻기 때문에, 워터마크의 검출 과정은 워터마크 삽입과정의 역 과정에 의하여 항상 가능하게 된다. 그러나 식(2) 및 식(3)은 워터마크가 원 신호와 곱의 형태로 삽입되기 때문에, 원 신호의 크기가 0 이외의 값을 가질 경우에만 워터마크의 검출이 가능하다. 그러나 식(1)에서와 같은 워터마크 삽입 방법은 워터마크 크기가 신호의 크기의 변화 폭이 클 경우에는 적합하지 않다. 예를 들어 1,000,000의 크기를 갖는 신호에 100의 크기를 갖는 워터마크를 더한다면 강인성이 떨어질 것이고, 반대로 10의 크기를 갖는 신호에 같은 크기의 워터마크를 더한다면 상당한 왜곡이 발생할 것이다. 식(1)에서와 같은 워터마크의 삽입 방법은 원 신호의 크기에 상관없이 워터마크를 삽입하므로 적절한 삽입 방법이라고 볼 수 없다.

식(2) 및 식(3)에서는 원 신호의 크기에 비례하여 워터마크를 삽입하기 때문에 강인성과 비가시성을 만족시킬 수 있다. 식(3)에서 αx_i 가 충분히 작을 때는 식(2) 및 식(3)은 거의 유사하게 되지만, 일반적으로 식(3)은 워터마크 검출단계에서 지수 함수의 역함수인 로그 함수를 사용해야 하므로 검출이 복잡해진다는 단점이 있다.

2.2 계수관계를 이용한 블라인드 워터마킹 기법

웨이블릿 변환 영역에 계수관계를 이용한 블라인드 워터마킹 기법이 최근에 소개되고 있다[3][4][5][6][7]. 이러한 방법에서는 원영상을 고주파수대역(수직 성분)과 저주파수대역(수평성분)을 이용하여 웨이블릿 변환 계수로 변환하여 이 계수의 관계를 이용하여 워터마크를 삽입하고 검출한다. 이중 [3][4][5]는 원 영상이 필요한 워터마킹 기법이고, [6][7]는 블라인드 워터마킹 기법이다.

웨이블릿 변환 영역에서 원영상을 이용하지 않고 워터마크를 검출하는 블라인드 기법에서는 2가지 정보가 필요하다. 하나는 워터마크의 삽입 위치를 결정하는 정보이고, 다른 하나는 하나 이상의 계수 관계를 이용하여 워터마크 삽입과 검출하는 정보이다.

[6]에서 제안하는 방법은 원영상을 웨이블릿 변환하여 고주파 부분인 LH, HL, HH 대역의 각 대응하는 계수 값 사이의 대소 관계에 따라 워터마크의 삽입과 검출이 행해진다. 워터마크의 삽입은 고주파 부분의 각 영역에 대응되는 위치에 있는 계수 값 중에서 가장 작은 두 계수를 선택한다. 그리고 삽입하고자 하는 워터마크 값이 0 이면 인덱스 이행적 순서(Index transitive order)를 만족하도록, 1이면 만족하지 않도록 계수들을 교환함으로써 워터마크 삽입이 이루어진다. 워터마크의 검출은 반대로 대응되는 계수 값들이 인덱스 이행적 순서를 만족하면 0, 그렇지 않으면 1이 되도록 함으로서 이루어진다. [6]에서 제안한 방법은 절단, 축소, 밝기변화 등과 같은 공격에는 좋은 성능을 보이지만, 손실압축이나 노이즈 첨가 같은 공격에는 계수 관계의 변화가 예상되므로 강인성이 떨어진다.

[7]에서 제안하는 방법은 2단계 웨이블릿 영역에서 각 부대역의 인접 계수를 그룹으로 한 마스크 개념을 도입하여 마스크 내의 최소 차 인접 계수 쌍을 선택하여 극성을 변환시키는 방법을 제안하였다. LL 부대역에서는 4개의 인접 계수에 대하여 수평, 수직, 대각 성분의 계수 쌍 조합중 최소 차 계수 쌍을 선택하고, 나머지 부대역은 수직 성분, 수평 성분 그리고 대각 성분 중 하나의 성분 중 최소 차 계수 쌍을 선택하여 워터마크를 삽입한다. 이러한 방법은 워터마크 검출을 위해 특정한 임계치를 지정하지 않은 장점이 있지만, 마스크 내의 최소 차 계수 쌍의 값이 클 때는 화질 열화 가능성이 높다. 또한 모든 마스크내의 계수 쌍에 워터마크가 삽입되므로 손실 압축에 약하다는 단점이 있다.

2.3 계수 적응적 다중 삽입 워터마킹 기법

앞에서 언급했던 기존의 방법은 변환 계수의 최소차 관계를 이용하거나 이행적 순서 관계를 이용하여 워터마크를 삽입하고 검출하였다. 영상이미지의 용량을 고려하면 인터넷을 통한 이용시 손실압축이 수반될 가능성이 높다. 또한 고의적인 노이즈(잡음) 첨가는 계수값에 직간접으로 영향을 주어 계수의 관계가 변화될 가능성도 크다. 따라서 단순 최소차 관계나 이행적 관계로만 워터마크 검출시에는 검출율이 낮아지거나 강인성이 떨어질 가능성이 있다.

이러한 경우에 대한 방안으로 워터마크 삽입 지역을 여러 곳을 선정하여 하나 이상의 계수 관계를 이용하면

지역적 특성에 의하거나 단일 계수 관계에서 받는 영향을 완하시킬 수 있다. 또한 작은 변화량에 의한 계수관계의 변경을 방지하기 위해 두 계수간의 간격이나 차이를 일정수준 이상으로 유지되도록 삽입 알고리즘을 변경하여, 이것을 기준으로 워터마크 검출시 계수 변경 보호 값을 설정하면 공격의 의한 계수 관계 변화를 최소화할 수 있다.

하지만 다중 삽입과 두 계수간 차이를 설정하면 워터마크 검출율을 높일 순 있지만 이로 인해 영상의 화질이 나빠질 수 있다. 그래서 한 개 영역에 삽입할 수 있는 워터마크 양을 최소화하여서 전체 삽입량이 작아지도록 실험을 통해 삽입율을 결정하였다.

III. 제안하는 기법

먼저 워터마크를 생성하고, 원 영상을 2단계 웨이블릿을 통해 분해한 후, 적당한 서브 영역을 선택하여 워터마크 삽입에 적당한 계수 쌍을 선택하여 이미 생성된 워터마크를 삽입 알고리즘에 따라 삽입하고 역웨이블릿 변환을 통하여 워터마킹 이미지를 생성한다.

3.1 웨이블릿 변환 및 삽입 영역 선택

워터마크의 삽입을 위해 원 영상을 2단계 웨이블릿 변환을 이용하여 7개의 영역으로 분해한다. 워터마크 삽입영역을 결정할시 고려할 사항은 LL2 지역은 저주파성분 영역이므로 워터마크 삽입시 화질의 열화가능성이 높아 제외하고 HH1, HH2 영역은 고주파성분 이므로 손실압축시 워터마크 강인성이 떨어진다. 따라서 LH2 영역과 HL2영역에 삽입한다. $N_1 \times N_2$ 크기의 영상을 2계층의 웨이블릿 변환 영역으로 변환하면 LH2, HL2의 부대역의 크기는 원 영상의 1/4 크기로 줄어든다. 본 논문에서 사용되는 원 영상의 크기가 512 x 512 이므로 변환된 LH2, HL2의 영역 계수의 범위는 128 x 128이다. LH2, HL2 영역을 또 다시 1/2 크기로 수직, 수평 분할하면 128 x 64 크기 영역 LH2_1과 LH2_2와 64 x 128 크기 영역 HL2_1과 HL2_2로 분할되어 총 4개의 영역으로 구분된다. 여기에 같은 워터마크를 서로 다른 영역에 삽입하여 강인성을 높이고자 한다.

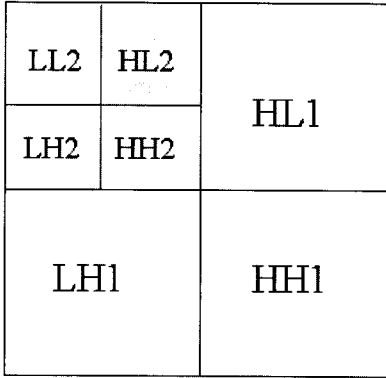


그림 1. 2단계 웨이블릿 변환 및 삽입 영역 표시도
Fig. 2-Phase Wavelet Translation and Diagram of Insert Area

3.2 워터마크 삽입

3.2.1 블라인드 워터마크 삽입 알고리즘

워터마크 검출시 원영상이 사용하지 않는 블라인드 워터마킹 기법을 적용하기 위해서는 단일 계수에 워터마크를 삽입하지 않고 2개 이상의 계수 관계를 이용하여 워터마크를 삽입한다.

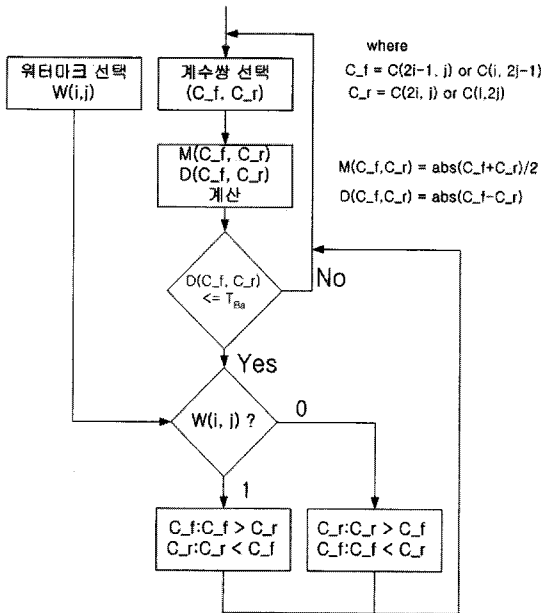


그림 2. 블라인드 워터마크 삽입 알고리즘
Fig. Insert Algorithm of Blind Watermarking

기존의 방법에서는 이행적순서관계를 이용하거나 특정 마스크로 정해진 블록내의 최소쌍의 관계를 이용하여 워터마크를 삽입하였다. 본 논문에서는 김현순 [4]의 알고리즘을 개선하여 인접 계수쌍의 관계를 이용하여 블라인드 워터마크를 삽입하고 검출한다. 구체적인 알고리즘은 (그림 2)에 표시하였다. 가장 기본적인 개념은 워터마크가 1이거나 0일때 계수의 값에 상관없이 항상 일정한 관계를 유지하도록 계수쌍의 값을 변경하는 것이다. 즉, 워터마크가 1일면 전계수(C_f)값이 후계수(C_r)보다 크게 유지되도록 계수값을 변경하는 것이다.

3.2.2 전계수 후계수 값 변경

전계수(C_f) 값과 후계수(C_r) 값을 워터마크 값에 따라 변경하는 방법은 식(6), 식(7)에 의해 정해진다. 먼저 전계수(C_f)와 후계수(C_r)이 정해지면, 두 계수 쌍의 평균과 차이값을 구한다. 계수쌍의 차이는 식(4)에 의해 구하며, 계수쌍의 평균값 MC_f_C_r는 식(5)과 같이 구해진다.

$$DC_f_C_r = |C_f - C_r| \tag{4}$$

$$MC_f_C_r = |C_f + C_r| / 2 \tag{5}$$

$$C_f = M_{C_{Cr}} + \text{Min}[(GV + D_{C_{Cr}}), \frac{D_{Max}}{2}] \tag{6}$$

$$C_r = M_{C_{Cr}} - \text{Min}[(GV + D_{C_{Cr}}), \frac{D_{Max}}{2}] \tag{6}$$

$$C_f = M_{C_{Cr}} - \text{Min}[(GV + D_{C_{Cr}}), \frac{D_{Max}}{2}] \tag{7}$$

$$C_r = M_{C_{Cr}} + \text{Min}[(GV + D_{C_{Cr}}), \frac{D_{Max}}{2}] \tag{7}$$

워터마크 값이 1이면 전계수(C_f)와 후계수(C_r)의 값은 식(6)과 같이 변경되며, 워터마크 값이 0이면 식(7)과 같이 변경된다. 여기서 GV는 GuardValue를 뜻하며 공격에 의한 계수값 변경폭의 보호구역을 의미한다. 기존의 알고리즘은 순서나 부호만 유지되도록 알고리즘화되어 있어 계수의 값에 따라 0에 근접하는 값을 갖을 수 있다. 이러한 경우 손실 압축이나 잡음 첨가와 같은 공격으로 부호나 순서가 변경될 가능성이 발생한다. 그로 인해 강인성이 약해지는 결과를 초래할 수 있다.

본 논문에서는 GuardValue GV를 선정하여 일정한 간격을 유지함으로써 공격으로 인한 부호나 순서의 변경이 보호될 수 있도록 하였다. GV가 크면 클수록 공격에 대한 강인성을 확보될 수 있지만 화질 열화가 발생하기 때문에 적정치를 사용하여야 한다. 실험에 의해 선정된 GV 값은 2이며 따라서 두 계수간의 보호구역은 ±2가 되다 된다.

또한 GV만 이용하면 모든 계수쌍의 차가 GV만큼만 차가 발생하여 패턴 추적이 쉬어지고 역함수에 의한 공격가능성이 많다. 또한 계수 적응적인 삽입 강도를 결정하기 하기 위해서는 계수쌍 차이값 DC_fc_r에 비례하여 삽입해야 한다. 본 논문에서는 전계수와 후계수 사이의 최대 차가 DMax/2가 되도록 GV와 DC_fc_r의 합과 DMax/2 중에서 최소값을 정하여 삽입 강도를 결정하였다. 워터마크가 1일때 전계수(C_f)와 후계수(C_r)의 범위는 식(8), 식(9)와 같다. 여기서DMax는 DC_fc_r의 최대값을 나타내며 각 영역의 임계치 T_{Ba}가 된다.

$$MC_f_C_r + GV \leq C_f \leq MC_f_C_r + DMax/2 \quad (8)$$

$$MC_f_C_r - DMax/2 \leq C_r \leq MC_f_C_r - GV \quad (9)$$

3.3 워터마크 검출

3.3.1 독립 검출 알고리즘

워터마크가 삽입된 영상에 대하여 워터마크를 검출하기 위해서는 먼저 2단계 웨이블릿 변환을 실시하고 LH2 영역과 HL2영역을 2등분하여 4개의 영역으로 구분한다. 이후 각 영역마다 독립적으로 워터마크를 추출한 다음 이것을 다른 것과 비교 합산하여 하나의 최종 이진 워터마크를 검출한다.

(그림 3)은 각 영역의 독립적인 워터마크 검출 알고리즘을 나타낸다. 먼저 삽입시와 같은 순서로 선택된 계수쌍의 차이와 평균을 구한다. 그 후 임계치와 비교하여 임계치 이하의 계수쌍에 대하여 그 크기를 비교한 후 전계수(C_f)가 후계수(C_r)보다 크고 동시에 Guard Value GV 이상 차이가 있을 때 이 계수쌍에 대응되는 워터마크는 1이고 그렇지 않으면 0이 된다. GuardValue GV를 적용하는 것은 공격에 의한 순서 변경에 대한 보호 구역을 적용하는 것으로 단순한 크기 비교보다 강인성이 높아진다.

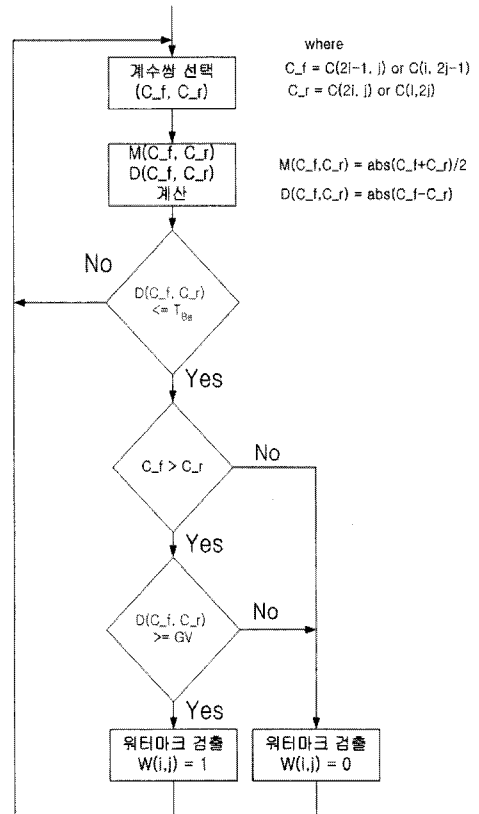


그림 3. 독립 워터마크 검출 알고리즘

Fig. Algorithm of Watermark Detection for each Area

3.3.2 최종 워터마크 결정

최종 워터마크로 결정하기 위해서는 4개 영역에서 독립적으로 검출된 워터마크를 각 픽셀마다 비교하여 (그림 4)와 같은 방식으로 결정한다. 다중 삽입의 효율성을 높이기 위해 각 영역은 완전한 워터마크의 약 80% 수준으로 삽입되었다. 각 영역은 수평수직 성분을 적당히 분배하여 가지고 있으므로 이것을 바탕으로 중복 선택된 픽셀에 대하여 워터마크 값을 1로 선택한다.

그러나 이러한 방법은 false positive[8] 발생 확률이 우려되지만 시각 인지가 가능한 이진 워터마크를 사용하여 보완하였다.

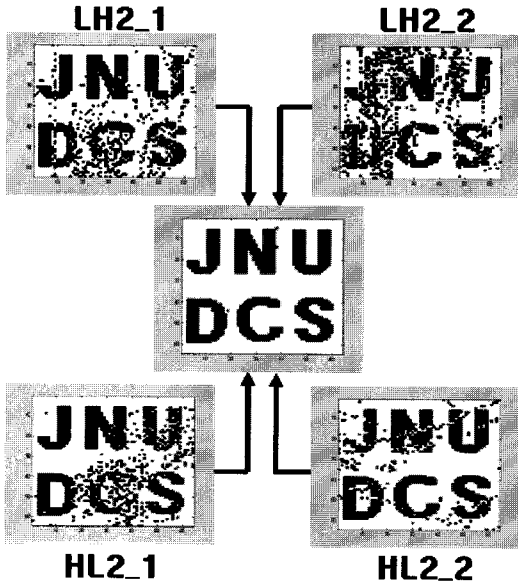


그림 4. 최종 워터마크 검출 과정
Fig. Process of Watermark Detection

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안된 방법의 성능 실험을 위해 사용된 영상은 512 x 512 해상도 크기와 8비트 gray 컬러 수준을 갖는 Lena, Toys, Family, Girl 이고, 워터마크로는 시각적으로 쉽게 인지할 수 있는 64 x 64 크기의 이진 영상을 사용하였다. 웨이블릿 변환을 위해 Haar 필터를 사용하여 영상을 2단계 계층까지 변환하였다. (그림 5)은 실험에 사용된 원영상을 (그림 6)은 워터마크 영상을 나타낸다. 또한 원 워터마크와 추출된 워터마크 사이의 객관적인 유사성 측정을 위하여 식(10)과 같이 NC(Normalized Correlation)를 사용하였다. 여기서 $w_o(i, j)$ 는 원 워터마크이며, $w_d(i, j)$ 는 추출된 워터마크이다. 또한 원 영상과 워터마크된 영상의 화질 성능을 평가하기 위해 식(11)과 같이 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하였다.

$$NC = \frac{\sum_i \sum_j w_o(i, j) w_d(i, j)}{\sum_i \sum_j [w_o(i, j)]^2} \quad (10)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{MSE} \right) \quad (11)$$

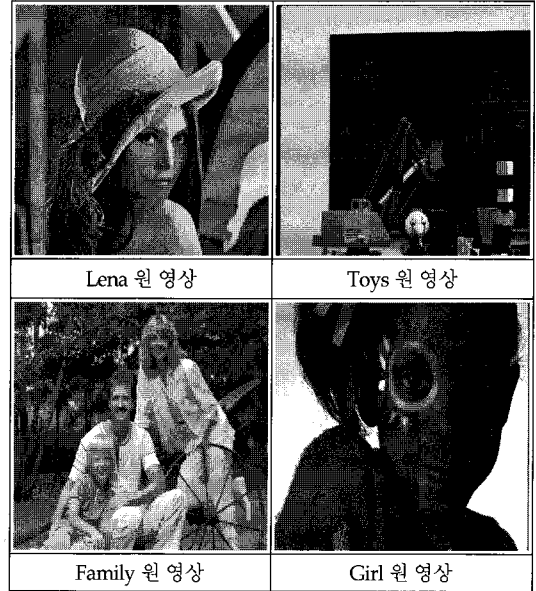


그림 5. 실험 원 영상
Fig. Source Image for Experimentation

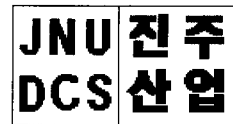


그림 6. 이진 워터마크 영상
Fig. Binary Watermark Image

4.1 워터마크 삽입에 따른 영상 손실 평가

<표 1>은 제안된 방법에 의해 워터마크 삽입후 원영상에 대한 PSNR 값을 비교한 것이다. 실험 영상 모두 원영상의 화질이 비슷한 수준을 보이고 있다. 이것은 웨이블릿 변환 계수의 특성을 이용하여 워터마크를 삽입하기 때문에 영상이 서로 달라도 유사한 결과가 나온다. 평균 PSNR 값이 39.42 정도이면 다른 논문에 비해 영상 손실이 적다는 것을 알 수 있다.

표 1. 실험 영상의 워터마크 삽입후 PSNR 값
Table. Value of PSNR after Inserting Watermark of Image

실험 영상	삽입후 PSNR 값
Lena	39.29dB
Toy	39.52dB
Family	39.61dB
Girl	39.25dB
평균	39.42dB

4.2 다중 삽입 워터마크 검출 평가

<표 2>는 4개 영역에 다중으로 삽입된 워터마크에 대한 검출 결과이다. 이 값은 원영상을 JPEG Q값 30을 적용하여 압축한 영상에 대한 워터마크 검출 결과이다.

표 2. 다중 삽입 워터마크 검출 결과
Table. Result of Multiple Insertion Watermark Detection

영상	LH2_1 워터마크	LH2_2 워터마크	HL2_1 워터마크	HL2_2 워터마크	최종 워터마크
Lena	85.52	82.73	84.86	82.73	96.17
Toy	84.71	83.01	80.15	82.45	95.97
Family	81.66	83.25	83.01	80.79	95.52
Girl	82.64	84.66	86.76	87.64	97.92

계수 적응적 임계치에 의한 각 영역의 워터마크 삽입율은 약 80% 정도이다. 이 값이 압축에 따른 계수 값의 변동으로 75%에서 90% 사이에 검출 값을 갖는다. 각 영역에서 독립적으로 검출된 워터마크를 픽셀 단위로 비교 분석하여 픽셀당 2개 이상의 검출율이 발생할 때 최종 워터마크가 해당 픽셀에 1로 존재한다는 것으로 결정한다. 결과에서 알 수 있듯이 다중 삽입 워터마킹 기법은 각 영역의 워터마크 삽입량을 최소화하면서 최종 워터마크 검출율을 높일 수 있다. Family 영상에서 최소 검출율을 Girl 영상에서 최고 검출율이 나왔다.

4.3 압축 강인성 모의 실험 평가

본 논문에서 제안하는 방법에 의한 JPEG 압축에 대한 워터마크 검출율은 <표 3>과 같다. 2개의 이진 워터마크에 대하여 JPEG 압축 단위인 Q 값을 50에서 20사이에서 검출율을 비교하였다. JPEG 압축율을 나타내는 Q값이 30

일때도 실험 영상 모두 검출율이 95% 이상을 나타내고 있다.

표 3. 압축율에 따른 검출율의 비교
Table. Compare of Detection rate according to Compression rate

압축율	Watermark 1 JNU DCS	Watermark 2 진주 산업
JPEG Q=50	98.14%	98.27%
JPEG Q=40	97.38%	98.01%
JPEG Q=30	95.19%	96.17%
JPEG Q=25	82.59%	85.25%
JPEG Q=20	70.03%	71.14%

(그림 7)은 압축 강도에 따른 워터마크의 시각적 검출 결과를 보여주고 있다. (그림 7)에서 알 수 있듯이 JPEG 고압축율을 나타내는 Q값이 25 일때도 시각적인 확인이 가능하다.

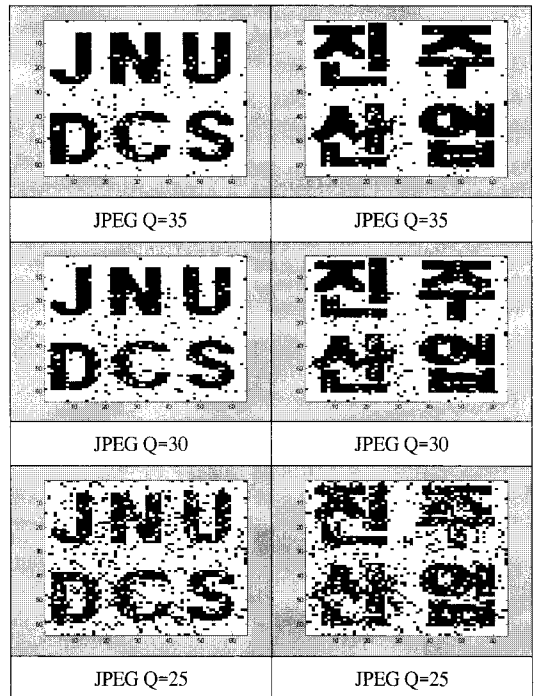


그림 7. 고압축율 상태의 시각적 검출
Fig. Visual Detection in High Compression State

4.4 기타 다양한 공격에 대한 강인성 평가

압축 공격외에 다양한 공격에 대한 강인성 평가는 (그림 8)에서 결과를 보여주고 있다. 1/4 잘라내기 (cropping)를 비롯하여, 밝기 변환, 샤프닝, 회전, 크기 변환, 콘트라스트, 가우시안 잡음, 히스트그램 평활화 실험 등의 실험에서 모두 90%가 넘는 검출율을 보여 압축 공격외에 다양한 공격에 대해서도 강인성이 나타난다.

V. 결 론

본 논문은 변환된 웨이블릿 계수 관계를 이용하여 원 영상을 사용하지 않아도 워터마크 검출이 가능하도록 블라인드 워터마킹 기법을 제안하였다.

변환 계수의 관계를 이용하여 블라인드 워터마킹 기법에 적용하는 기존의 방법에서는 워터마크 삽입에 따른 화질 열화를 막기 위한 방안이나 계수 관계를 유지하는 변환 필터 공격이나 이미지 처리에 대해서는 우수한 강인성을 제공하고 있으나 손실율이 높은 압축이나 다양한 패턴을 갖는 잡음 첨가 같은 공격에는 취약하다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 워터마크 비가시성 확보와 함께 공격에 강인성을 갖는 워터마크 삽입 방법이 필요하다. 본 논문에서는 이 두 가지 문제점에 대한 해결방안으로 계수 적응적인 임계치 설정과 함께 하나의 워터마크를 4개의 서로 다른 영역에 약 80% 강도 수준으로 조정하여 다중삽입 하였고, 공격에 의한 계수 관계 변경을 완화하기 위해 계수 변경 보호값을 지정하여 워터마크 검출율을 높였다.

사용하는 워터마크는 시각 인지가 가능한 이진 워터마크를 사용하였으며 워터마크 성능 실험에 사용되는 대표적인 영상을 대상으로 제안한 방법을 모의 실험하였다. 모의 실험 결과 기존의 방법과 우수하거나 유사한 비가시성을 확보하면서도 손실 압축이나 잡음 첨가와 같은 공격에 강인함을 제공하였다.

NC = 94.67	NC = 98.36
Cropping 25%	Brightness 50%
NC = 98.21	NC = 94.98
Sharpening	Rotate 33o
NC = 97.41	NC = 97.72
Scaling 50%	Contrast -50%
NC = 92.50	NC = 98.07
Gaussian Noise	Histogram Equ.

그림 8. 잡음 첨가에 따른 워터마크 검출
Fig. Watermark Detection include Noise

참고문헌

- [1] I.J. Cox, J. Killian, F.T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol.6, No.12, pp.1673-1687, 1997.
- [2] 고윤호, 윤병주, 이훈철, 김성대, 유상조, "임의의 모양을 가지는 영상 객체에 적용 가능한 극좌표계 모양 적응 이산변환에 기반한 워터마킹 기법", *대한전자공학회 논문지*, 제39권 제2호, pp.96-106, 2002.
- [3] C.T. Hsu and J.L. Wu, "Multiresolution Watermarks for digital Images," *IEEE Trans. Circuits Syst.II*, Vol.8, No8, pp.1097-1101, Aug, 1998.
- [4] 김현순, 배성호, 박길흠, "이웃한 웨이블릿 변환 계수 쌍의 평균과 차이를 이용한 워터마킹 기법", *한국정보처리학회논문지*, 제7권 제6호, pp.1980-1987, 2000.
- [5] Sang-Heun Oh, Hee-Sup Lee, and Keun-Young Lee, "A Wavelet Transform based Watermarking for Digital Signatures," *Proc. ITU-CSCC 2000*, pp.857-860, 2000.
- [6] 주낙근, 이재현, 김동서, "웨이브릿 계수 교환을 이용한 워터마킹 기법", *정보보호학회논문지*, 제13권 제5호, pp49-56, 2003.
- [7] 배기혁, 정성환, "웨이블릿 계수간의 시각특성을 이용한 워터마킹", *정보과학회 2001년 추계학술대회* 제28권 제2호 pp.0697-0699, 2001.
- [8] Matt L. Miller and Jeffrey A Bloom, "Computing the Probability of False Watermark Detection." *Proceeding of Workshop on Information Hiding*, pp.1-15, 1999.

저자소개



신창돈(Chang-Doon Shin)

1987년 숭실대학교 전자계산학과 공학사

1989년 숭실대학교 전자계산학과 공학석사

2004년 숭실대학교 전자계산학과 공학박사
 1997년 3월 ~ 현재 한림성심대학 영상컨텐츠과 교수
 ※관심분야: 디지털 워터마킹, 컴퓨터응용



김봉기(Bong-Gi Kim)

1987년 숭실대학교 전자계산학과 공학사

1989년 숭실대학교 전자계산학과 공학석사

1999년 숭실대학교 전자계산학과 공학박사
 1994년 3월 ~ 1999년 2월 한림성심대학 컴퓨터응용과 조교수
 1999년 3월 ~ 현재 진주산업대학교 컴퓨터공학부 부교수
 ※관심분야: 이미지 데이터베이스, 멀티미디어 시스템