

웨이블릿 변환 기반에서의 HVS 특성 및 적응 스케일 계수를 이용한 디지털 영상 워터마킹 기법

김희정[†] · 이응주^{**} · 문광석^{***} · 권기룡^{****}

요 약

멀티미디어 네트워크 시스템의 급속 성장으로 불법적인 복제가 되어진 디지털 콘텐츠가 많이 만들어지고 있다. 디지털 콘텐츠 중 영상정보에 대한 저작권 보호를 위해 워터마크 기법이 사용되어진다. 저작권 보호는 영상의 불법복제의 인식이나 소유권 인증을 포함한다. 본 논문에서는 웨이블릿 영역에서 HVS(human visual system) 특성 및 적응 스케일 계수를 이용한 이진영상을 워터마크신호로 사용하는 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 원 영상을 3-Level로 웨이블릿 변환을 하여, 기저대역 및 고주파 부대역에 워터마크 정보를 삽입하였다. 저주파에 해당하는 기저대역은 견고성을 고려한 것이고, 고주파 부대역은 인간 시각 시스템과 비가시성을 고려한 것이다. 워터마크 신호에 해당하는 이진 영상은 소유권 보호를 위하여 HVS 및 랜덤치환 기법을 사용하였다. 제안한 워터마킹 방법을 여러 가지 공격에 대한 실험을 한 결과로 비가시성 및 견고성에서 우수함을 확인 할 수 있었다.

Digital Image Watermarking Technique Using HVS and Adaptive Scale Factor Based on the Wavelet Transform

Hee-Jung Kim[†], Eung-Joo Lee^{**}, Kwang-Seok Moon^{***} and Ki-Ryong Kwon^{****}

ABSTRACT

The rapid growth of multimedia network systems has caused overflowing illegal copies of digital contents. Among digital contents, watermarking technique can be used to protect ownership about the image. Copyright protection involves the authentication of image ownership and the identification of illegal copies of image. In this paper, a new digital watermarking technique using HVS and adaptive scale factor based on the wavelet transform is proposed to use the binary image watermark. The original image is decomposed by 3-level wavelet transform. It is embedded to baseband and high frequency band. The embedding in the baseband is considered robustness, the embedding in the high frequency band is concerned about HVS and invisibility. The watermarking of a visually recognizable binary image used the HVS and random permutation to protect the copyright. From the experimental results, we confirm that the proposed technique is strong to various attacks such as joint photographic experts group(JPEG) compression, cropping, collusion, and inversion of lines.

Key words: Digital watermarking, Wavelet transform, HVS, Random permutation

이 논문은 2003년도 Brain Busan 21사업에 의하여 지원되었음.

접수일 : 2002년 7월 6일, 완료일 : 2002년 12월 27일

[†] 준회원, 부산외국어대학교 디지털정보공학부 강사

^{**} 정회원, 동명정보대학교 정보통신공학과 교수

^{***} 종신회원, 부경대학교 전자공학과 교수

^{****} 종신회원, 부산외국어대학교 디지털정보공학부 교수

1. 서 론

정보 통신 기술의 발전과 컴퓨터 네트워크 망의 확산으로 인터넷 및 네트워크의 사용자들이 급속하게 증가하고 있다. 데이터의 디지털화와 멀티미디어의 발달, 인터넷의 보급은 디지털 데이터의 불법적인 복제 및 조작이라는 새로운 문제를 야기 시킨다. 지금까지 디지털 영상의 정보 보호를 위해서는 공개 키 암호화 알고리즘을 이용하여 주어진 영상 데이터를 암호화하여 전송함으로써 허가된 사용자만이 영상 데이터를 사용할 수 있도록 하였다. 그러나 인터넷과 같은 불특정 다수가 사용하는 네트워크 환경에서는 특정 이용자를 전제로 정보를 제공할 수 없고, 또 암호화함으로써 영상 데이터의 크기가 커지는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 보완하고 디지털 영상 데이터에 대한 소유권 및 지적재산에 해당하는 저작권을 효율적으로 보호하기 위해 디지털 미디어에 저작자의 서명이나 저작자임을 입증할 수 있는 정보를 삽입하여 디지털 미디어의 저작권에 관한 문제가 발생할 경우, 미디어에 들어있는 정보를 추출하여 저작권 문제를 해결할 수 있는 워터마크 기술이 대두되었다.

워터마크란 영상에서 인간의 시각 시스템(HVS)이 인지할 수 없는 어떤 표시로서 의미 있는 구조와 값으로 이루어진다. 주로 잡음과 같은 랜덤신호를 워터마크 신호로 사용하거나 로고나 도장과 같은 영상을 워터마크신호로 사용한다. 디지털 워터마킹은 원 데이터의 품질 저하 없이 저작자임을 입증할 수 있는 정보인 워터마크를 삽입하고, 워터마크가 삽입된 데이터에서 워터마크를 추출하여 저작권을 주장할 수 있는 방법이다. 현재까지 진행되고 있는 워터마킹에 대한 연구는 크게 공간 영역(spatial domain)[1,2]과 주파수 영역(frequency domain)[3-9]에서 워터마크를 삽입하는 두 가지 방법으로 나누어진다.

먼저 공간 영역에서의 워터마킹은 간단한 알고리즘으로 인하여 빠른 수행 시간을 갖는 장점이 있지만, 일반적으로 주파수 영역에서의 워터마킹에 비하여 잡음 및 필터링이나 손실 부호화(lossy coding) 등에 약하다는 단점이 있다. 따라서 현재는 공간 영역에서의 워터마킹보다 주파수 영역에서의 워터마킹에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

주파수영역에서의 워터마킹은 FFT(fast Fourier

transform)[6], DCT(discrete cosine transform) [3, 5], DWT(discrete wavelet transform)[7-10] 등으로 변환을 한 다음 주파수 계수에 워터마크를 삽입하는 것으로 이를 역 변환을 하게 되면 워터마크가 전체 영상으로 확산이 되어진 워터마크 영상을 얻을 수 있다. 주로 압축이나 잡음에 크게 영향받는 고주파 영역을 제외하고 시각적으로 큰 의미를 갖는 저주파 영역에 워터마크를 삽입을 하는 방법을 사용한다.

본 논문에서는 웨이블릿 영역에서 HVS 특성 및 적응 스케일 계수를 이용한 이진영상을 워터마크 신호로 사용하는 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 이 방법은 원 영상을 3-Level로 웨이블릿 변환을 하여 워터마킹 알고리즘을 수행한다. 인간 시각 시스템의 특성이 사람의 눈은 고주파 대역에서의 노이즈에 대하여 둔감하다. 이러한 특성을 이용하여 적응적으로 워터마크를 내장함으로써 영상의 화질 저하를 막고 강인성을 높인다. 워터마크로 사용될 이진 영상을 랜덤 치환(random permutation)을 수행하여 특정정보가 한쪽으로 쏠리지 않도록 만들어 워터마크 정보를 삽입한다. 워터마크는 검출 과정에서 원래의 워터마크와 추출된 워터마크의 정규 상관도인 NC(normalized correlation)를 구하여 워터마크의 견고성을 판별하고, 비가시성은 PSNR값을 구하여 측정한다. 제안한 워터마킹 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 워터마킹된 영상에서 워터마크의 비가시성과 다양한 공격에 대한 견고성을 측정한다. 실험 결과 제안한 워터마킹 알고리즘이 우수한 비가시성을 나타내고, 여러 가지 공격에 대하여도 우수한 견고성을 가진다.

2. 제안한 워터마킹 방법

2.1 이진영상 워터마킹 삽입 알고리즘

$N_1 \times N_2$ 크기의 원 영상 X 는 식 (1)과 같다.

$$X = \{ x(i, j), 0 \leq i < N_1, 0 \leq j < N_2 \} \quad (1)$$

$x(i, j) \in \{0, \dots, 2^L - 1\}$: gray level image.

또한 $M_1 \times M_2$ 크기의 워터마크 W 는 식 (2)와 같다.

$$W = \{ w(i, j), 0 \leq i < M_1, 0 \leq j < M_2 \} \quad (2)$$

$w(i, j) \in \{0, 1\}$: binary image.

워터마크를 삽입하기 위해 웨이블릿 변환 방법을 사용하여 3-Level로 분해를 한다. 3-Level로 웨이블릿 변환을 하게 되면 총 10개의 웨이블릿 부대역이

생성이 되는데 이들 중 7개의 부 대역에 워터마크 정보를 삽입한다. 그림 2에 각 레벨에 따른 스케일 계수의 값을 명시하였다. 사용한 스케일 계수의 값은 가장 저주파에 해당하는 기저대역 LL3는 0.04이고, LH3, HL3, HH3의 부대역은 0.1, LH2, HL2, HH2의 대역에는 0.2를 사용하였다. 가장 고주파에 해당하는 LH1, HL1, HH1 대역을 제외하였는데, 이들 대역의 에너지의 값이 전체의 에너지 비율의 1%미만으로 손실 압축 및 여러 가지 공격에 쉽게 제거가 되는 대역으로 제외를 하였다. 그리고 제안한 방법에서는 저주파 대역에도 워터마크를 삽입하는데 이는 화질의 열화가 발생을 할 수 있지만, 견고성을 높이기 위한 방안으로 선택을 하였고, 스케일계수의 조절로 화질의 열화를 보상을 하였다. 워터마크는 원 영상의 1/4에 해당하는 크기로 학교 로고의 이진영상을 사용하였다. 이 워터마크 영상은 특정 정보가 한 곳으로 몰리지 않도록 하기 위해 랜덤 치환법을 사용하였고, 식(3)을 이용한다. 이진 영상의 워터마크는 0과 1로 되어있다. 이것을 랜덤 치환하여 원 영상에 삽입하며 워터마크인 이진 영상의 데이터 값 0은 워터마크 삽입 수식에 의해 곱해지면 워터마크가 삽입된 영상의 계수들은 0으로 된다. 따라서 이를 방지하기 위해 bipolar 형태로 이진 영상의 워터마크를 0은 1로 1은 -1로 바꾸어 삽입한다.

$$W_p = permutation(W) = \{w_p(i, j) = w(i', j') \mid 0 \leq i, i' < M \text{ and } 0 \leq j, j' < N\} \quad (3)$$

(i', j') 는 (i, j) 의 pseudo-random order에 의해 랜덤 치환된 픽셀이고, M, N 은 워터마크 영상의 높이와 폭에 해당한다. 랜덤치환 하는 과정은 그림 1과 같다.

- ① 삽입할 워터마크의 크기를 128×128크기라고 한다면, 이를 1차원 배열(1×16384)로 만든다.
- ② 선형 케환 시프트 레지스터(linear feedback shift register)를 사용하여 1에서 16384까지 랜덤순서를 발생시킨다.
- ③ 랜덤순서로부터 사상(mapping)하여 좌표 쌍(coordinate pair)을 발생시킨다.
 - $(M \div 128)$: permuted vertical coordinate
 - $(M \bmod 128)$: permuted horizontal coordinate

이렇게 랜덤 치환된 영상을 웨이블릿 변환을 수행한 영상과 같은 부대역으로 크기로 분할하여 영역을

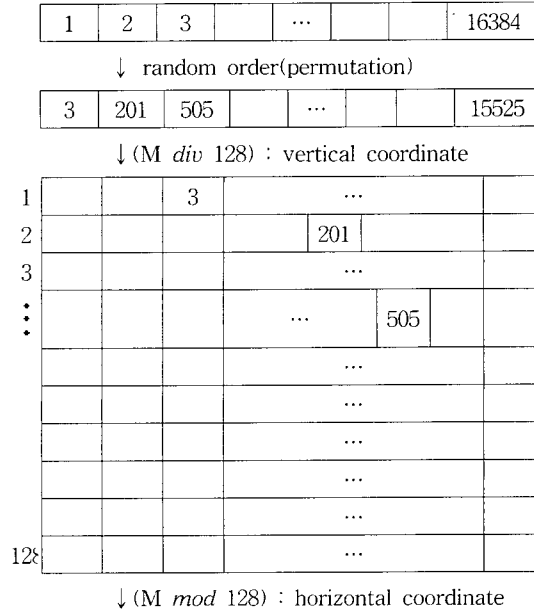


그림 1. 랜덤치환 하는 과정

선택한다. 워터마크 삽입 수식은 식 (4)와 같다.

$$X'_i = X_i \times (1 + \alpha_i W_i) \quad i = 1, 2, 3, \dots, 16384. \quad (4)$$

여기서, X'_i 는 워터마크가 삽입된 영상이고, X_i 는 원 영상이다. α_i 는 스케일 계수로 레벨에 따라 적응적으로 변화된 값을 삽입하였다. W_i 는 워터마크 신호로서 학교 로고의 이진영상을 사용하였다. i 는 워터마크 128×128 영상의 계수값이다. 식(4)를 통하여 워터마크 정보를 삽입하고 이렇게 삽입한 워터마크를 다시 역웨이블릿변환(IDWT)를 하게 되면 워터마크된 영상을 구할 수 있다.

2.2 HVS(Human Visual System)

인간의 시각 특성을 살펴보면 첫째, 사람의 눈은 고해상도 대역과 대각선 성분의 대역에서의 노이즈에 대하여 둔감하다. 둘째, 사람의 눈은 휘도가 큰 영역에서의 노이즈에 대하여 둔감하다. 이에 대한 착안으로 인간 시각 특성을 웨이브릿 계수에 대하여 적용하면 다음과 같다.

- 1) DWT 계수들이 높은 주파수를 나타내는 부대역에 속할수록, 그리고 HH 부대역에 속할수록, 이 계수들에 대한 노이즈는 사람의 눈에 둔감하다.
- 2) DWT 계수들에 대응되는 기저 대역의 계수들

의 크기 값이 클수록, 이 계수들에 대한 노이즈는 사람의 눈에 둔감하다.

따라서 정성적인 웨이브릿 계수들의 인간 시각에 대한 특징을 정량화된 값으로 나타내면 그림 2 및 식 (5)에서와 같다.

$$\beta_{i,j} = I^{LL_i} \left(\frac{i}{2^{3-i}}, \frac{j}{2^{3-i}} \right) \quad (5)$$

여기서 I 는 영상의 그레이 레벨을 나타내고, i 는 각각 고주파 부대역들의 레벨을 나타내고, I 및 j 는 각각 계수들에 대한 세로 및 가로 방향으로의 위치를 나타낸다. $\beta_{i,j}$ 는 각 고주파 부대역에서의 계수와 동일한 공간에 위치하는 기저대역의 계수값이 크면 큰 값을 갖는다. 즉 밝은 영역에 대한 노이즈는 어두운 영역의 노이즈 보다 사람의 눈에 둔감하다는 것을 나타낸다. 이는 견고성과 비가시성을 높이기 위하여 선택한 기저대역인 LL3에서의 인간 시각 시스템인 HVS를 적용한 것이다. 이러한 웨이브릿 계수에 대한 HVS를 이용하여 워터마크를 삽입함으로써 견고성과 비가시성을 동시에 만족할 수 있다.

식 (4)의 워터마크 삽입 식에서 나머지 부대역 스케일 계수 α_i 값은 실험적으로 구한 값으로 각 밴드별로 적용적으로 값이 다른 계수를 삽입하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 가장 저주파 영역인 기저대역에 삽입하는 스케일 계수 LL3는 식 (5)에서와 같이 하였고, 같은 레벨의 고주파 대역인 LH3, HL3, HH3는 0.1로 하였다. 그리고, 2레벨에 해당하는 LH2, HL2, HH2대역에서는 0.2의 값을 사용하였다. 이렇게 다른 스케일 계수의 사용으로 인간 시각 시스템에

LL3	LH3 0.1	LH2	LH1
HL3 0.1	HH3 0.1	0.2	
	HL2 0.2	HH2 0.2	HH1
	HL1		

그림 2. 각 레벨에 따른 스케일 계수 삽입

맞는 화질 개선 및 견고성을 높인 결과를 얻을 수 있었다. LH1, HL1, HH1대역에서는 손실 압축 및 여러 가지 공격에 쉽게 제거가 되는 대역으로 제외를 하였다. 제안한 이진영상의 워터마크 삽입방법은 그림 3(a)에 나타내었다.

2.2 이진영상 워터마킹 검출 알고리즘

워터마크 검출을 위해서는 원 영상과 워터마킹된 영상이 필요하다. 워터마크의 검출 과정은 원 영상과 워터마킹된 영상을 각각 DWT를 한다. 워터마크가 삽입된 대역인 7개의 부대역에 대하여 식(6)을 이용하여 워터마크를 추출한다.

$$W_i = \frac{X'_i - X_i}{X_i \alpha_i} \quad (6)$$

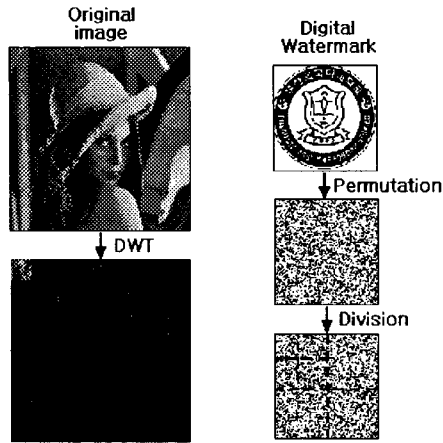
여기서 X'_i 는 워터마크가 삽입된 영상이고, X_i 는 원 영상이다. α_i 는 스케일 계수이고, W_i 는 워터마크 신호를 의미한다. 구해진 W_i 를 원래의 형태로 역 랜덤치환 하여 재 조합을 하게 되면 삽입한 원래의 워터마크를 추출 할 수 있다. 제안한 이진영상의 워터마크 추출방법은 그림 3(b)에 나타내었다.

2.3 유사도 검출

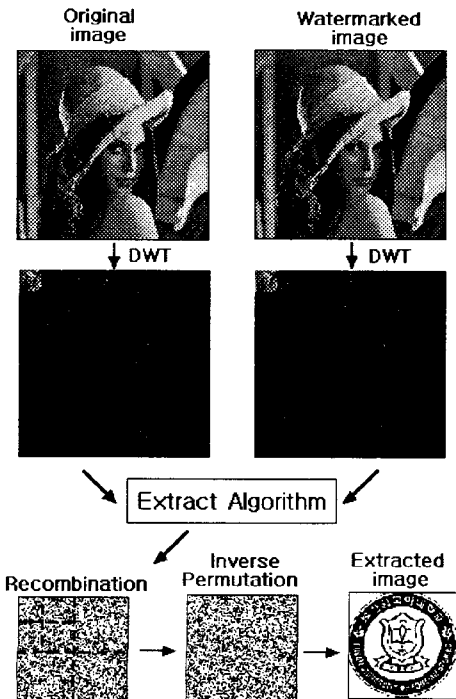
본 논문에서 제안한 워터마크의 검출방법은 공격을 받은 워터마크 영상과 검출한 워터마크와의 정규 상관도인 NC를 계산하여 검출한다. 제안한 워터마크 정규상관도 검출 방법은

$$NC = \frac{\sum_{i=0}^{N/2-1} \sum_{j=0}^{N/2-1} X(i,j) X'(i,j)}{\sum_{i=0}^{N/2-1} \sum_{j=0}^{N/2-1} [X(i,j)]^2} \quad (7)$$

이다. 여기서 $X(i, j)$ 는 원 영상의 계수이고, $X'(i, j)$ 는 워터마크가 들어 있는 영상의 계수이다. NC값이 1일 경우 원 영상과 추출한 영상이 동일한 경우이다. 정보 유실에 따른 정규 상관도의 값의 변화를 그림 11에 나타내었다. 따라서 제안한 방법은 워터마크 검출 시 상관도를 크게 하여 여러 상황의 공격에도 검출이 확연히 드러나게 한다. 워터마크의 신호원으로 랜덤한 비트의 수열(sequence)을 사용하는 것보다 인간 시각 시스템이 바로 인지할 수 있는 어떠한 문양이나 마크(mark)를 넣는 것이 더 가시적인 효과를 나타낸다. 제안한 디지털 워터마킹 시스템의 전체 블록 다이어그램은 그림 4와 같다.



(a) 워터마크 삽입 방법



(b) 워터마크 추출 방법

그림 3. 제안한 이진영상 워터마킹 방법

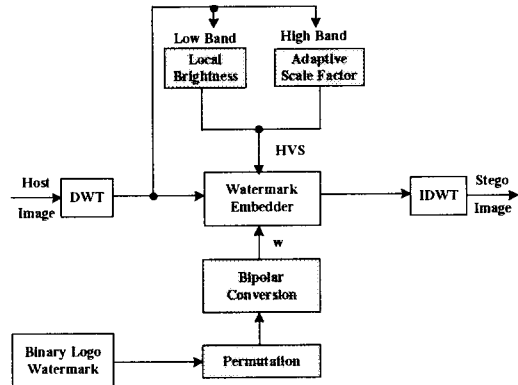


그림 4. 제안한 워터마킹 시스템의 전체 블록다이어그램

3. 실험 결과 및 고찰

실험에 사용한 영상은 256 그레이 레벨을 갖는 256×256 크기의 Lena 영상을 사용하였다. 성능 평가 척도로는 비가시성을 측정하기 위하여 식(9)을 사용하여 PSNR(peak signal noise ratio)을 구하였고, 견고성을 평가하기 위한 방법으로 정규 상관도 NC를 식(7)을 이용하여 구하였다. 견고성에 대한 공격 실험은 MatLab 6.0을 이용하여 자체적으로 만들어 실험하였다.

$$RMS = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x(i, j) - \hat{x}(i, j))^2}}{M \times N} \quad (8)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{255}{RMS} = 10 \log_{10} \frac{255^2}{RMS^2} \quad (9)$$

제안한 워터마킹 방법에서 비가시성은 그림 5에 서와 같다. 그림 5(a)는 실험에 사용한 원 영상이고, 그림 5(b)는 제안한 방법으로 워터마킹된 영상이다. 워터마킹된 영상의 PSNR은 35.50[dB]이다.



(a) 원 영상 (256×256) (b) 워터마킹된 영상

그림 5. 제안한 방법의 비가시성 실험

그림 6(a)는 워터마크로 사용한 학교로고의 이진 영상으로 128×128 크기이며, 원 영상의 1/4의 크기에 해당한다. 그림 6(b)의 영상은 어떠한 공격을 받지 않은 상태 즉, 삽입 후 바로 추출한 결과이다. 견고성의 평가로 사용한 NC계수의 값은 0.99로 원래의 워터마크 영상과 같은 결과로 추출되었다.



(a) 워터마크 영상 (b) 추출한 워터마크 영상

그림 6. 실험에 사용한 워터마크(128×128)

워터마크의 강인성을 실험하기 위하여 각종 공격을 한 실험에 대한 결과이다. 그림 7은 Inversion of lines 실험으로 워터마크된 영상에 임의로 두 개의 라인을 치환을 했을 때의 결과이다. 이 영상의 PSNR은 29.29[dB]이고, 추출한 워터마크의 NC는 0.56이다.



(a) Inversion of lines 영상 (b) 추출한 워터마크

그림 7. Inversion of lines에 관한 실험

그림 8은 절단(cropping)의 실험으로 워터마크된 영상의 1/4에 해당하는 부분을 같은 영역의 원 영상과 치환하는 것이다. 그림 8의 (a)는 영상이 절단된 것으로 PSNR은 37.10[dB]이다. 그림 8의 (b)는 추출한 워터마크로 NC는 0.73이다.

그림 9는 Multi-image 삽입에 대한 실험이다. 이것은 워터마크된 영상에 누군가가 자신의 정보를 넣은 경우를 예상하여 시뮬레이션을 한 것이다. 그림 9(a)는 Multi-image 삽입 영상으로 PSNR은 28.67

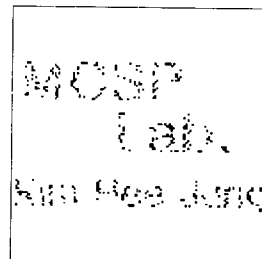


(a) Cropping 영상 (b) 추출한 워터마크

그림 8. Cropping에 관한 실험



(a) Multi-image 삽입 영상 (b) 삽입한 로고영상



(c) 추출된 로고영상

그림 9 Multi-image 삽입 실험

[dB]이다. 그림 9(b)는 워터마크된 영상에 재 삽입한 로고영상이며, 그림9(c)는 추출한 결과 영상이다. 워터마크된 영상에 그림 9(b)와 같은 영상을 삽입하였을 때 워터마크된 영상의 화질 또한 많이 열화가 되며, 어떤 공격이 가해지지 않은 상태에서 추출한 영상 또한 명확하지 않은 것을 알 수 있다.

그림 10은 JPEG 압축 실험에 대한 결과이다. 압축률(Quality)을 각각 5, 7, 10, 13로 조절하여 실험을 하였다. 이때 압축률은 PhotoShop 7.0에 있는 영상편집 Tool에서 제공하는 JPEG 압축률은 조절하여 만든 값이다. 따라서 추출한 결과 영상이 압축률이 높아짐에 따라서 가시성도 떨어지고, NC 계수도 많이 감소됨을 알 수 있다.

워터마크의 정보 손실에 따른 NC 값의 변화는 그

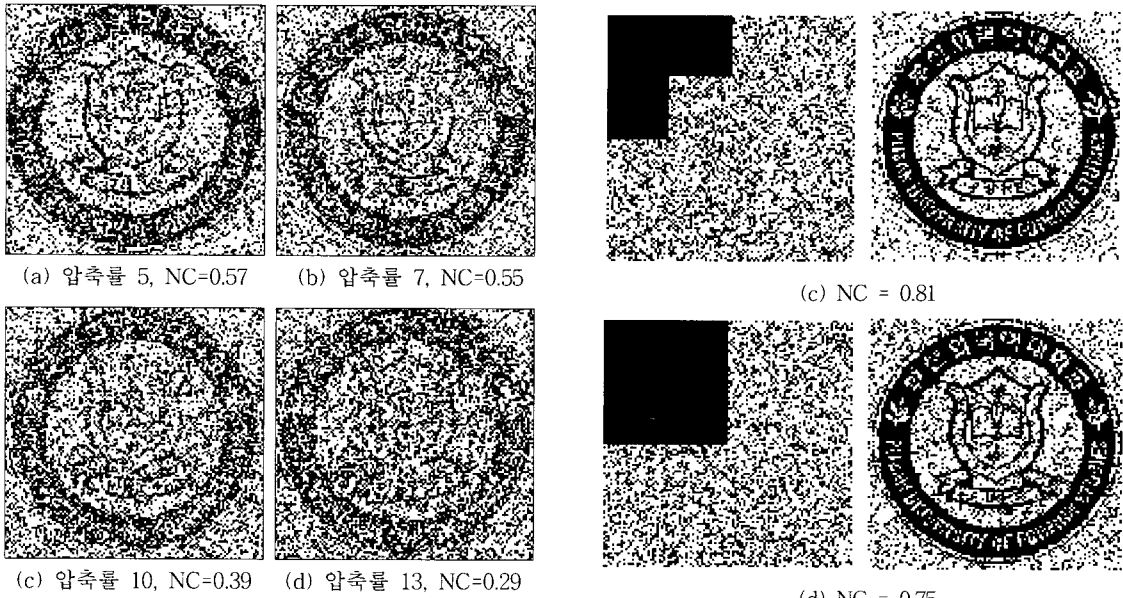


그림 10. JPEG 압축에 관한 실험

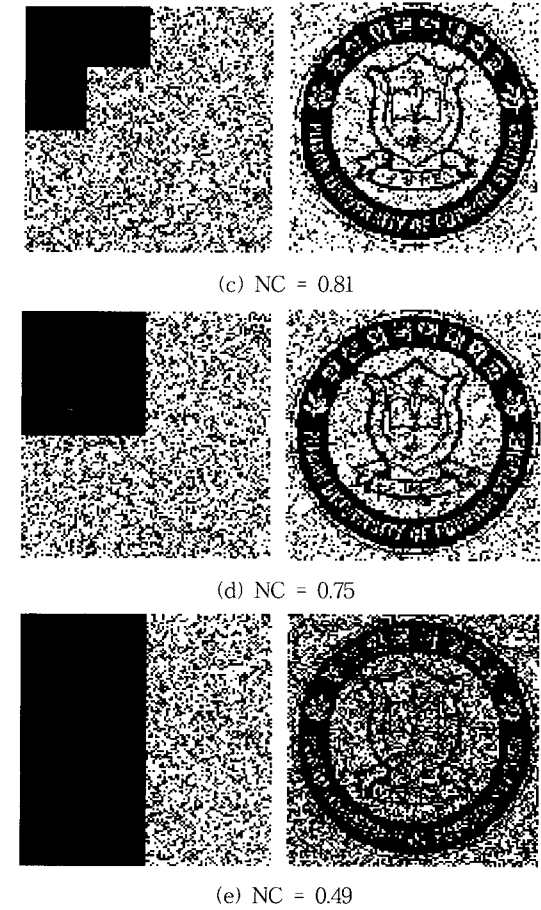
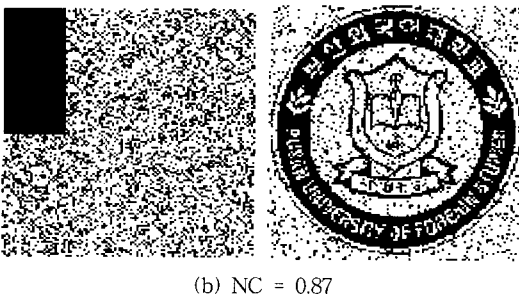
림 11과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 랜덤치환된 워터마크의 손실 정보가 많을수록 NC 값은 작아짐을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 웨이블릿 변환 기반에서 HVS 특성



그림 11. 정보 손실에 따른 NC 값



및 적응 스케일 계수를 이용한 이진영상을 워터마크 신호로 사용하는 워터마킹 알고리즘 기법을 연구하였다. 제안한 워터마킹 알고리즘은 입력 영상을 다해상도를 갖는 웨이블릿 변환을 이용하여 디지털 워터마크를 삽입하였다. 원 영상을 3-Level로 웨이블릿 변환을 하여, 기저대역인 저주파영역 및 고주파 부대역에 워터마크 정보를 삽입하였다. 기저대역은 견고성을 고려한 것이고, 고주파 부대역은 인간 시각 시

스텝과 비가시성을 고려한 것이다. 인간의 눈이 고주파 영역에 둔감한 인간시각시스템을 고려하여 스케일 계수를 워터마크 삽입시 각 대역에 따라 적응적으로 적용함으로써 화질저하를 막고 강인성을 높였다.

이진영상을 워터마크 신호로 학교의 로고영상을 사용하였으며, 워터마크 영상을 랜덤치환 기법을 사용하여 어느 특정 정보가 한 쪽으로 몰리지 않도록 하였다. 랜덤 치환된 워터마크 영상을 7개의 부대역으로 분할하여 삽입하고 워터마크 추출시 이를 원래의 위치값으로 재조합을 하였다. 사용한 스케일 계수의 값은 기저대역 LL3는 HVS 알고리즘에 따르고, LH3, HL3, HH3의 부대역은 0.1, LH2, HL2, HH2의 대역에는 0.2를 사용하였다. 여러 가지 다양한 실험 결과로 제안한 워터마크 방법이 비가시성 및 견고성에서 우수함을 확인 할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] R. G. van Schyndel, A. Z. Tirkel, and C. F. Osborne, "A Digital Watermark," *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, vol. 2, pp. 86~90, 1994.
- [2] Ioannis Pitas, "A Method for Watermark Casting on Digital Images," *IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology*, vol. 8, no. 6, pp. 775~780, Oct. 1998.
- [3] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 6, no. 12, pp. 1673~1687, Dec. 1997.
- [4] A. Piva, M. Barni, F. Bartolini, and V. Cappellini, "DCT-based Watermark Recovering without Resorting to the Uncorrupted Original Image," *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, vol. 1, pp. 520~523, 1997.
- [5] M. D. Swanson, B. Zhu, and A. H. Tewfik, "Transparent Robust Image Watermarking," *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, vol. 1, pp. 211~214, 1996.
- [6] J. J. K. Ruanaidh, W. J. Dowling and F. M. Boland, "Phase Watermarking of Digital Images," *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, vol. 3, pp.239~242, 1996.
- [7] X.Xia,C.G.Boncellet, G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, vol. 1, pp. 548~551, 1997.
- [8] D. Kundar and D. Hatzinakos, "A Robust Digital Image Watermarking Method using Wavelet-Based Fusion," *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, vol. 1, pp. 544~547, 1997.
- [9] M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, A. Lippi, and A. Piva, "A DWT-based technique for spatio-frequency masking of digital signatures," *SPIE Conf. on Visual Comm. and Image Processing*, vol. 3657, pp. 31~39, 1999.
- [10] C. H. HSu and J. L. Wu, Multiresolution Watermarking for digital Images, *IEEE Trans. on Circuits and systems*, vol. 45, no.8, pp. 1097-1101, 1998.



김희정

1999년 2월 부산외국어대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 2001년 2월 부산외국어대학교 대학원 전자컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
 2001년 3월~현재 부산외국어대학교 디지털정보공학부

강사



문광석

1979년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1981년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1989년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1988년 1월~12월 일본 동경대학교

공학부 연구원
 1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State University 객원교수
 1990년 3월~현재 부경대학교 전자공학과 교수
 관심분야 : 영상신호처리, 적응신호처리 등

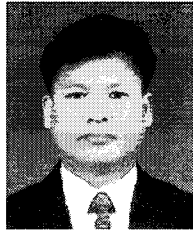


이응주

1992년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사
 1996년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 공학박사
 1992년 3월 국방과학연구소 품관소 연구원
 2002년 1월~현재 한국화상학회

이사

1997년 3월~현재 동명정보대학교 정보통신공학과 교수
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 생체인식



권기룡

1986년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1994년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 2000년 7월~2001년 8월 Univ. of

Minnesota, Post-Doc. 과정
 1996년 3월~현재 부산외국어대학교 디지털정보공학부 교수
 2002년~현재 한국멀티미디어학회 총무이사
 관심분야 : 멀티미디어 정보보호, 멀티미디어 통신, 웨이블릿 변환

교신저자

권기룡 608-738 부산광역시 남구 우암동 산 55-1번지
 부산외국어대학교 컴퓨터전자공학부