

인지 시각시스템 및 이산코사인변환을 이용한 디지털 이미지 워터마킹

(Digital Image Watermarking using Human Visual System and Discrete Cosine Transform)

변 성 철 ^{*} 김 종 남 ^{**} 안 병 하 ^{***}
(Sung-Cheal Byun) (Jong-Nam Kim) (Byung-Ha Ahn)

요 약 본 연구는 사람의 시각시스템(Human Visual System, HVS) 특성 및 이산코사인변환(Discrete Cosine Transform, DCT)을 이용하여 디지털 이미지에 워터마킹(watermarking)하는 방법을 제시한다. 이미지 압축분야에서 연구되어온 사람의 시각 시스템 모델중 Tong등의 텍스처 마스크(texture masking), 휘도 마스크(luminance masking) 모델과 JPEG(Joint Photographic Experts Group)의 양자화 매트릭스(quantization matrix)를 이용한 주파수 마스크(frequency masking) 기법을 결합하여 워터마크를 삽입한다. 제안한 인지 시각시스템을 이용한 워터마킹 알고리즘은 워터마크를 삽입할 블록이미지의 특성에 따라서 워터마크의 삽입강도를 적응적으로 조절한다. 두가지 형태의 워터마크(의사난수 또는 로고이미지)를 DCT 영역에서 각각 삽입한다. 이를 위하여 이미지를 8×8블록단위로 분할하고 이산코사인 변환을 수행한 후, 변환계수의 저주파 영역에 워터마킹한다. 다양한 실험을 통하여 제안한 방법이 기존의 워터마킹 방법과 비교하여 높은 화질을 유지하면서 압축과 잡음등에 견고함을 보인다.

키워드 : 인지시각시스템, 디지털 워터마킹, 이산코사인변환, 확산 스펙트럼, 지적 재산권보호

Abstract In this paper, we propose a digital watermarking scheme for digital images based on a perceptual model, the frequency masking, texture masking, and luminance masking properties of the human visual system(HVS), which have been developed in the context of image compression. We embed two types of watermark ; one is pseudo random(PN) sequences, the other is a logo image. To embed the watermarks, original images are decomposed into 8×8 blocks, and the discrete cosine transform(DCT) is carried out for each block. Watermarks are casted in the low frequency components of DCT coefficients. The perceptual model adjusts adaptively scaling factors embedding watermarks according to the local image properties. Experimental results show that the proposed scheme presents better results than that of non-perceptual watermarking methods for image quality without loss of robustness.

Key words : Human Visual System, Digital Watermarking, Discrete Cosine Transform, Spread Spectrum, Intellectual Property Rights Protection

1. 서론

데이터 통신 기술 및 인터넷의 발전은 디지털정보를 쉽게 교환 할 수 있게 한 반면, 많은 양의 디지털정보가

저자의 허락없이 불법으로 복제되고 배포되는 결과를 초래하게 되었다. 자료 보호를 위하여 암호화, 방화벽설치 등 여러 가지 시도가 있었지만 만족할 만한 결과를 얻지 못하고 있으며, 지적재산권 보호를 위하여 마지막으로 남은 방법은 멀티미디어 자료에 디지털 워터마킹 하는 것이다[1]. 디지털자료의 워터마킹을 위한 기본단계는 워터마크의 생성, 생성된 워터마크의 삽입, 삽입된 워터마크의 추출 및 확인이다. 이 세 가지 중에서 가장 중요한 요소는 워터마크의 삽입이고, 이것은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 공간영역에서의 워터마킹이

^{*} 학생회원 : 광우과학기술원 기전공학과
scbyun@kjist.ac.kr

^{**} 비 회원 : 한국방송공사 기술연구소 연구원
jnkim@kbs.co.kr

^{***} 비 회원 : 광우과학기술원 기전공학과 교수
bayhay@kjist.ac.kr

논문접수 : 2001년 5월 28일

심사완료 : 2002년 11월 4일

고, 다른 하나는 주파수영역에서의 워터마킹이다.

공간영역에서의 워터마킹방법으로서 Tirkel et al.[2]은 m 개의 시퀀스를 가지는 의사난수를 영상의 LSB (Least Significance Bit)에 삽입하는 방법과, 이를 확장하여 2차원의 m 시퀀스를 삽입하는 워터마킹 방법을 제안하였다. Bender et al.[3]은 "Patchwork"라고 불리는 기법을 제안했다. 이것은 랜덤하게 선택된 두 집합의 화소에 대해 한 집합에 대하여는 1비트를 더하고 다른 한 집합은 1비트를 빼는 방법으로 워터마크를 삽입한다. 워터마크의 추출은 N 개의 화소 집합에 대해 두 집합 평균값의 차가 $2N$ 이면 워터마크가 삽입된 것으로 확인한다. Pitas & Kaskalis[4]는 삽입할 워터마크로서 원래 이미지와 같은 크기이면서 1과 0이 동일한 수를 갖는 이진패턴으로 구성하고, 원래의 이미지를 두 개의 집합으로 나누어 하나의 집합에 k 만큼의 상수값을 더함으로써 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다. Niko laidis & Pitas[5]는 각 화소에서의 밝기정보 값의 LSB를 발생된 난수에 의해 바꾸므로써 영상공간내 밝기 값의 LSB에 워터마크를 숨기는 방법과 화소가 아닌 블록단위로 패턴을 만들고 블록내 평균 밝기 값을 변형시키는 방법을 제안하였다. 이상과 같이 공간영역에서의 워터마킹은 통계적인 방법을 대부분 사용하며, 영상의 중요하지 않은 부분에 워터마크를 삽입함으로써 인해 필터링, 잡음첨가, 손실압축등과 같은 공격에 매우 취약하다. 그러나 원본 영상없이 워터마크의 검출이 가능하고 크로핑, 변환등과 같은 공격에 대해서는 매우 강한특성을 가지고 있으며, 워터마크를 삽입하거나 추출할 때 계산의 복잡도가 감소하므로 빠른 워터마킹을 수행할 수 있다.

주파수 영역에서의 워터마킹 방법으로서 Cox et al.[6]은 영상전체를 DCT하여 시각적으로 중요한 부분에 의사난수를 확산스펙트럼기법에 의해 삽입한다. 워터마크의 추출은 원영상과 워터마크된 영상의 차이로부터 추출된 정보와 원래의 워터마크 정보사이의 상관관계를 조사하여 워터마크의 존재여부를 판단한다. Koch & Zhao[7]는 영상을 분할하여 DCT한 후 저주파 부분에 워터마킹 하였다. Hsu & Wu[8]는 워터마크로 사용할 영상을 의사랜덤 순열 및 블록 기반순열에 의해 분해한 다음에 원 영상의 중간 주파수 성분의 DCT 계수에 확산스펙트럼기법에 의해 워터마크를 삽입하였다. Wei et al.[9]은 JND(Just Noticeable Differences)를 계산하여 워터마크의 삽입강도를 결정하고 이산웨이브릿변환 (Discrete Wavelet Transform, DWT) 계수에 확산스펙트럼기법에 의해 워터마크를 삽입하였다. 주파수영역에서 워터마크를 삽입하는 방법은 사람의 색에 대한 인

지능력의 한계성을 이용함으로써 워터마크를 삽입한 후의 영상이 삽입전 영상과 큰 차이가 없다. 또한 대부분 확산스펙트럼기법을 이용하는데 워터마크를 주파수 영역 전체에 걸쳐 넓게 확산시키면 잡음과 같은 특성을 가지게 되어 워터마크의 견고성이 유지될 수 있고, 삽입된 워터마크의 시드(seed)값만 알고 있으면 높은 신호대 잡음비로 워터마크를 검출할 수 있는 장점이 있다. 주파수 영역에서의 워터마킹은 영상의 중요한 부분에 워터마크를 삽입하기 때문에 잡음이나 손실압축등에 견고함을 보인다.

한편, 워터마크를 삽입하기 위하여 견고성, 비가시성, 워터마크가 삽입된 이미지의 질에 대한 상호전충이 필요하다. 이미지의 질을 저하시킴 없이 비가시성을 유지하면서 이미지 조작에 의한 워터마크의 변형 및 삭제 등에 강인한 워터마킹을 위해서는 사람의 시각 시스템특성을 적절히 활용하는 것이 중요하다[9]. 기존의 대부분의 시각시스템 모델에 기반한 워터마킹 방법은 JND(Just Noticeable Differences)를 계산하여 삽입할 워터마크의 길이와 강도를 결정한다[10,11,12]. 그러나 사람의 시각시스템은 보다 복잡한 방법으로 물체를 식별하기 때문에 시각시스템 모델의 정교한 적용이 필요하다[13]. 본 논문에서는 이미지 압축분야에서 연구되어온 사람의 시각시스템 모델중 Tong & Venetsanopoulos[14]의 텍스처마스킹, 휘도 마스킹 모델과 JPEG의 양자화 매트릭스를 이용한 주파수 마스킹 기법등 세가지 시각시스템 모델을 이용하는 새로운 워터마킹 방법을 제안한다. 제안한 알고리즘은 시각시스템 모델을 적용함으로써 워터마크가 삽입될 영역의 이미지의 특성에 따라 워터마크의 삽입강도를 조절한다.

2장에서는 사람의 시각시스템 특성에 대해 기술하고, 제안한 시각시스템 모델을 포함한 워터마크의 삽입 및 추출 알고리즘은 3장에서 설명한다. 4장에서는 다양한 실험결과를 통하여 제안한 알고리즘의 성능을 기존 알고리즘과 비교하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 사람의 시각시스템 특성

이미지 코딩을 위하여 사용되는 가장 잘 알려진 시각시스템 특성은 주파수 마스킹, 텍스처 마스킹, 휘도 마스킹이다[13]. 휘도 마스킹은 시각시스템 중에서 밝기와 관계된 특성이며 위의 3가지 특성중 가장 기본이 되는 것으로서, 이미지의 밝은 영역은 잡음이 보이지 전까지 더 많은 잡음을 삽입할 수 있다는 특성이 있다. 즉, 배경이 밝으면 삽입할 수 있는 워터마크의 신호 강도를 크게 할 수 있다는 것이다[15,16]. 텍스처 마스킹은 사

람의 눈은 복잡한 텍스처 영역보다 평활(smooth)한 영역에 더 민감하기 때문에 이미지가 복잡한 영역일수록 잡음을 구별할 수 있는 한계치가 증가한다는 특성이다. 즉 텍스처 영역에는 더 강한 워터마크를 삽입할 수 있고 삽입한 워터마크가 보일 가능성은 감소한다는 것이다[17]. 주파수 마스킹은 주파수가 증가할수록 잡음을 구별할 수 있는 한계치가 증가하며, 고주파 영역에 대한 민감도는 감소한다는 특성이다[13]. 이러한 이유들로 인해 데이터 압축을 위하여 연구되어온 시각시스템 모델을 디지털 워터마킹에 적용하는 것은 워터마크 된 이미지 질의 저하를 사람이 최소한으로 인지할 수 있도록 하면서 워터마크의 비가시성 및 강인성을 유지할 수 있는 이상적인 방법이라 할 수 있다.

3. 워터마킹 알고리즘

3.1 워터마크 삽입

워터마크의 삽입은 원본 이미지를 블록 단위로 나누어 주파수 영역으로 변환한 후, 각각의 블록 이미지의 특성에 따라 마스킹 계수를 할당하고, 이 계수는 원본 이미지에 삽입할 수 있는 워터마크의 허용치를 적응적으로 조절한다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 워터마크의 삽입과정에 대하여 묘사하고 있다. 먼저, 원본 이미지를 8×8 블록으로 나누어 DCT를 수행한 다음, 각 블록은 분류과정을 통하여 시각시스템 특성계수인 텍스처 마스킹 계수와 휘도 마스킹계수가 할당된다. 블록의 특성에 따라 산출된 계수를 적용하여 워터마크를 삽입하고 역 DCT를 수행하면 워터마크가 삽입된 이미지를 얻는다.

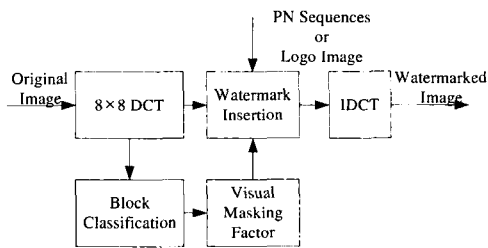


그림 1 워터마크 삽입 블록 다이어그램

Cox et al.[6]이 제안한 확산스펙트럼 기법을 이용한 워터마크 삽입 알고리즘은 워터마크를 제거하기 위하여 의도적으로 시도하는 다양한 공격-손실압축, 필터링, 잡음첨가 등-에 강한 특성을 가지고 있다. Cox et al.[6]에서는 식 (1)의 두 번째 식을 이용하여 워터마크를 삽입

하고 다양한 공격에 대한 강인성을 실험하였다.

$$\begin{aligned} Y_k &= Y_k + \alpha \cdot w_k \\ Y_k &= Y_k(1 + \alpha \cdot w_k) \\ Y_k &= Y_k(e^{\alpha \cdot w_k}) \end{aligned} \quad (1)$$

여기에서 Y_k 는 워터마크가 삽입된 DCT 계수, Y_k 는 원본 이미지의 DCT 계수, α 는 워터마크의 삽입강도를 조절하기 위한 계수이고, w_k 는 워터마크 시퀀스이다. 본 논문에서는 위 식 (1)의 두 번째 식을 수정하여 적용적으로 삽입강도를 조절할 수 있는 마스킹 모델 계수 m_k 를 포함한 삽입 알고리즘을 식 (2)와 같이 적용한다.

$$Y_k = Y_k(1 + \alpha \cdot m_k \cdot w_k) \quad (2)$$

여기에서 m_k 는 k 번째 블록의 인지시각시스템 모델 계수로서 각 블록마다 3가지 시각시스템 특성 계수에 의해 산출된 수치이며 워터마크의 삽입강도를 적응적으로 조절하는 역할을 한다.

워터마크를 삽입하기 위하여 Tong & Venetsanopoulos[14]가 제안한 텍스처 마스킹과 휘도 마스킹을 포함한 인지시각시스템모델을 적용하고, 이에 추가하여 주파수 마스킹 계수를 구하기 위해 JPEG의 양자화매트릭스를 이용한 모델을 결합한 인지시각시스템 모델계수 산정알고리즘은 식 (3)과 같다.

$$m_k = FM_k \times TM_k \times LM_k \quad (3)$$

여기서 FM_k 는 주파수 마스킹, TM_k 는 텍스처 마스킹, LM_k 는 휘도 마스킹을 위한 계수이다. 식 (4)는 JPEG의 표준화된 양자화 매트릭스로서 DCT계수 중 고주파영역에 위치한 계수에 높은 양자화 크기를 할당함으로써 사람의 눈에 민감하지 않은 높은 주파수 영역을 마스킹 하기 위해 적용한다.

$$FM_k = \begin{bmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 66 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 57 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 36 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{bmatrix} \quad (4)$$

텍스처 마스킹은 다소 복잡한 단계를 거치게 되는데, 우선 각 블록을 텍스처(texture), 에지(edge), 플레인(plain)영역으로 분류하고 각 블록에 대한 텍스처 마스킹 계수를 아래의 식 (5)에 의해 할당한다.

$$TM_k = \begin{cases} (F_{max} - 1) \times \frac{TexE_k - Min}{Max - Min} + 1, & \text{for Texture} \\ 1.125, & \text{for Edge and if } L + E \leq 400 \\ 1.25, & \text{for Edge and if } L + E > 400 \\ 1, & \text{for Plain.} \end{cases} \quad (5)$$

여기서 F_{max} 는 최대 마스크 계수, $TexE_k$ 는 k 번째 블록의 텍스처 에너지, Max 와 Min 은 텍스처 블록의 최대와 최소 에너지, L 과 E 는 각각 저주파영역과 에지 영역의 DCT계수를 나타낸다. 위 식 (5)는 사람의 시각 특성 중에서 잡음에 대한 민감도는 플레인 영역에서 가장 높고, 플레인-에지-텍스처 영역 순으로 감소한다는 것을 이용한 것이며, 이에 따라서 스케일링을 위한 계수가 조정되도록 한 것이다. 휘도 마스크를 위한 스케일링 계수는 식 (6)에 나타난 방법에 의해 계산한다. 사람의 시각시스템은 매우 어두운 영역을 제외하고는 낮은 휘도 영역은 잡음에 매우 민감하고 비 선형적 반응을 나타낸다는 특성을 고려하여 마스크 계수를 적응적으로 조절한다.

$$LM_k = \begin{cases} (F_{max} - F_r) \times \frac{DC_k - m}{L_{max} - m} + 1, & \text{if } DC_k > m \\ 1.125, & \text{if } 15 \leq DC_k < 25 \\ 1.25, & \text{if } DC_k < 15 \\ 1, & \text{if } 25 \leq DC_k < L_{min} \end{cases} \quad (6)$$

여기서 F_r 은 휘도 마스크를 위한 기준값, L_{min} 과 L_{max} 은 선형 모델링을 위한 휘도 계수의 범위, F_{max} 와 L_{max} 은 최대 휘도 마스크 계수, m 은 밝기정보 값의 평균이다. 위의 3가지 인지시각시스템 모델을 이용하여 워터마킹 함으로써 강인성을 유지하면서 이미지 질의 저하를 감소시키도록 워터마크의 삽입강도를 적응적으로 조절할 수 있다.

3.2 워터마크의 추출 및 식별

워터마크의 추출과정은 워터마크가 삽입된 이미지로부터 원래 이미지의 DCT계수를 차분하는 과정을 포함하여 삽입과정의 역으로 수행된다. 워터마크로서 로고 이미지가 삽입되었을 때에는 워터마크를 쉽게 식별할

수 있다. 그러나, 의사난수를 삽입하였을 때 추출한 워터마크가 삽입한 워터마크인가를 식별하기 위해서는 아래와 같은 과정이 필요하다. 삽입한 의사난수의 시드(seed)값을 알고 있다면 동일한 순서의 원래의 워터마크를 생성할 수 있으며 추출한 워터마크와 원래의 워터마크의 유사성을 비교하여 일정수준의 임계치를 초과하면 두 개의 워터마크는 동일하다고 볼 수 있다. 워터마크의 유사성을 비교하기 위한 방법으로 Cox et al.[6]이 제안한 식 (7)을 이용한다.

$$Sim(W^*, W) = \frac{W^* \cdot W}{\sqrt{W^* \cdot W^*}} \quad (7)$$

추출한 워터마크 W^* 와 원래의 워터마크 W 가 일치하는지는 $Sim(W^*, W) > T$ 인가를 비교해야 한다. 여기서 T 는 두 개의 워터마크가 일치하는 여부를 판단하기 위한 임계치이다.

4. 실험결과

워터마크를 삽입한 이미지의 질과 강인성을 테스트하기 위하여 다수의 이미지를 대상으로 워터마크를 삽입하고 추출한다. 객관적으로 워터마크의 성능을 비교하기 위하여는 동일한 방식을 사용하는 기존의 알고리즘과 비교해야 한다. Cox et al.[6]의 방식은 확산스펙트럼 방식으로 워터마킹을 수행하고, 워터마크 추출시 워터마크가 삽입되지 않은 원본이 필요한 방식이다. 일반적으로 워터마크 추출시 원본이 필요한 워터마킹 방법이 그렇지 않은 방법보다 더 강인한 결과를 보인다. Cox et al.[6]의 방법은 익명의 사용자가 워터마크를 제거하기 위하여 의도적으로 시도하는 손실압축, 필터링, 잡음첨가 등의 다양한 공격에 강인한 특성을 가지고 있다고 알려져 있다. Cox et al.[6]의 워터마킹 방식을 수정 적용한 본 논문에서는 워터마크를 삽입한 후의 이미지 질의 변화와 다양한 공격에 대한 워터마크의 강인성을 비교한다.

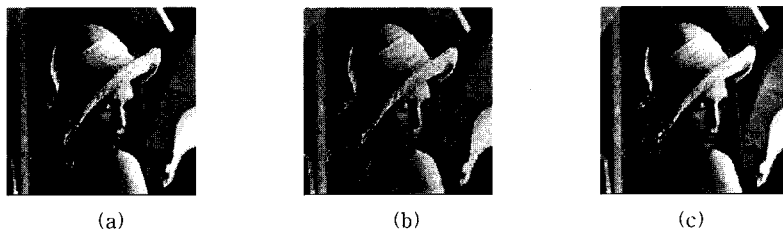


그림 2 (a) 워터마크 삽입된 "lenna(256×256)" 이미지, (b) Cox 등이 제안한 확산스펙트럼방법으로 워터마크가 삽입된 이미지($\alpha=0.1$), (c) 제안한 알고리즘에 의해 워터마크가 삽입된 이미지($\alpha=0.1$)

4.1 의사난수 워터마킹

원래의 이미지를 8×8블록으로 나누고 각 블록의 DCT계수의 저주파 영역에 각 2개씩 총 2048개의 의사난수를 삽입한다. 그림 2는 제안된 워터마크 알고리즘을 테스트하기 위하여 사용한 이미지 중에서 "lenna(256×256)" 이미지에 대한 워터마킹 전과 후를 보여준다.

위의 그림에서 제안한 알고리즘에 의해 워터마크가 삽입된 영상이 동일한 α 값을 적용한 상태에서 원래의 이미지에 가까운 것을 볼 수 있다. 객관적인 평가를 위하여 여러 이미지를 대상으로 워터마크를 삽입한 후 PSNR(Peak to Peak Signal to Noise Ratio)을 비교하여 정리하면 표 1과 같다.

표 1 워터마크가 삽입된 이미지의 PSNR 비교(α 0.1)

구분	lenna	baboon	couple	airplane	peppers
Spread Spectrum by Cox	39.95	38.74	40.26	39.53	39.99
Proposed Algorithm	51.24	51.13	51.20	51.03	51.16

같은 길이의 의사난수와 같은 크기의 α 값을 적용하여 워터마크를 삽입하였을 때 제안한 알고리즘은 기존의 확산스펙트럼방식에 의해 워터마크된 이미지의 PSNR보다 높은 값을 나타냄으로써 이미지의 질이 상대적으로 높음을 알 수 있다. 이것은 분할된 블록 이미지의 특성에 따라서 시각시스템 모델 계수를 적용적으로 조정하여 워터마크의 삽입강도를 조절했기 때문에 얻어진 자연스러운 결과이다. 제안한 알고리즘으로 삽입된 워터마크가 JPEG압축에 대하여 견고함을 테스트하기 위해 워터마크가 삽입된 "airfield" 이미지에 대해 Q값(quality factor)을 변화시키면서 워터마크를 추출하는 실험을 하였다. 워터마크를 DCT계수의 저주파 영역에 삽입했기 때문에 압축에 대해서 강인함을 나타낸다. 표 2는 기존의 확산스펙

트럼방식으로 워터마크가 삽입된 이미지와 제안한 알고리즘에 의해 삽입된 이미지에 대해 동일한 수준의 PSNR 값을 가질 때를 기준으로 Sim(W',W)을 비교한 표이다. Q값은 낮을수록 압축율이 높음을 나타내며 상대적으로 이미지에 많은 변형이 가해졌음을 의미한다. 표4에서 볼 수 있듯이 Q값이 5일 때를 제외하고 제안한 알고리즘이 기존의 확산스펙트럼(SS)기법에 의한 워터마크보다 더 우수한 결과를 보임을 알 수 있다.

표 2 워터마크가 삽입된 "airfield" 이미지를 대상으로 JPEG압축 후 Sim(W',W) 비교

Q 값	60	40	20	10	5
Spread Spectrum by Cox	9.25	8.26	7.84	6.40	5.23
Proposed Algorithm	10.17	9.67	7.25	7.08	3.21

이미지의 일부분이 없는 경우에 대한 워터마크의 추출을 실험하기 위해 "baboon" 이미지에 워터마크를 삽입한 후, 그 이미지를 잘라내어 크기가 1/4, 2/4, 3/4일 때 Sim(W',W) 값을 추출한 결과 각각 24.71, 17.68, 15.42를 얻을 수 있었다. 이상의 실험결과를 통하여 제안한 알고리즘에 의해 삽입된 워터마크는 이미지의 질의 저하를 최소화시키면서 JPEG압축 및 Cropping 변형 등에 견고함을 보임을 알 수 있다.

4.2 로고 이미지 워터마킹

워터마크로서 로고 이미지를 사용하는 것은 의사난수를 삽입하는 것 이상의 직접적인 식별수단을 제공하기 때문에 실제 시스템에서 유용하게 사용할 수 있는 장점이 있다. 그림 3은 워터마크를 삽입하기전 이미지, 워터마크로 사용된 이미지, 워터마크가 삽입된 이미지를 보여준다. 워터마크가 삽입된 이미지의 PSNR은 40.75이고 이것은 상대적으로 높은 화질을 나타낸다.

워터마크된 이미지의 질을 평가하기 위해 기존의 확

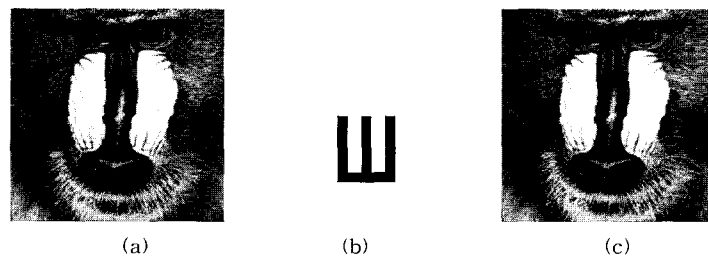







그림 3 (a) 워터마크 삽입 전 "baboon(256×256)" 이미지, (b) 로고(32×32) 이미지 (c) 제안된 알고리즘에 의해 워터마크를 삽입한 이미지(PSNR:45.75)

산스펙트럼방식에 의해 의사난수를 삽입한 이미지와 제안된 알고리즘에 의해 로고 이미지를 삽입한 이미지에 대해 각각 PSNR을 측정하였다. 표 3은 두 방법에 의해 워터마크된 이미지의 PSNR을 비교한 것이다. 제안된 알고리즘에 의해 워터마크된 이미지의 PSNR이 더 높음을 알 수 있다. 표 4는 JPEG 압축에 대한 견고함을 테스트하기 위해 "baboon(256×256)" 이미지를 Q값을 변화시키면서 압축한 후 워터마크를 추출한 결과를 보여준다.

표 3 워터마크 삽입 후 PSNR에 의한 이미지 질의 비교

구분	lenna	baboon	couple	airplane	peppers
Spread Spectrum by Cox	39.95	38.74	40.26	39.53	39.99
Proposed Algorithm	41.37	40.75	42.34	41.24	41.43

표 4 JPEG 압축 후 "baboon(256×256)" 이미지로부터 추출된 워터마크

Q	90	70	50	30	10
PSNR	35.29	29.05	26.86	25.22	22.76
Extracted Watermark					

가우시안 잡음을 워터마크된 이미지에 삽입하였을 때와 이미지의 일부분을 잘라내는 크로핑 공격에 대해서도 워터마크의 견고함을 테스트 하였다. 워터마크된 이미지의 모든 화소값에 대해 가우시안 잡음을 첨가한 후에 변형되지 않은 완전한 로고이미지를 추출할 수 있었다. 이미지의 일부분이 잘려져 없을때에도 역시 워터마크를 추출할 수 있었다.

5. 결론

본 논문에서는 이미지 압축분야에서 연구되어온 인지시각시스템 모델 및 이미지 압축표준인 JPEG의 양자화 매트릭스를 이용한 주파수 마스킹기법을 사용하여 워터마크하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 워터마크 삽입 알고리즘에서 인지시각시스템 모델은 블록이미지의 특성에 따라 워터마크의 삽입강도를 적응적으로 조절하는 역할을 한다. 워터마크된 이미지의 PSNR 비교, JPEG 압축에 대한 견고함 비교, 가우시안 잡음 및 크로핑 공격후의 워터마크 추출등 다양한 실험결과를 통하여 제

안된 알고리즘이 기존의 확산스펙트럼방식에 의한 워터마크와 비교하여 높은 화질을 유지하면서 압축과 잡음 등에 견고함을 보였다.

참고 문헌

- [1] F. Hartung and M. Kutter, "Multimedia Watermarking Techniques," *Proceedings of the IEEE*, vol. 87, pp. 1079-1107, July 1999.
- [2] A. Tirkel, G. Rankin, R. van Schyndel, W. Ho, N. Mee, and C. Osborne, "Electronic Water Mark," *Proceedings of DICTA*, pp. 666-672, Dec. 1993.
- [3] W. Bender, D. Gruhl, and N. Morimoto, "Techniques for Data Hiding," *Proceedings of SPIE*, pp. 2420-2440, Feb. 1995.
- [4] I. Pitas and T.H. Kaskalis, "Applying Signatures on Digital Images," *Proceedings of IEEE Nonlinear Image and Signal Processing*, pp.460-463, June 1995.
- [5] N. Nikolaidis and I. Pitas, "Copyright Protection of Images using Robust Digital Signatures," *Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech & Signal Processing*, pp. 2168-2171, May 1996.
- [6] I.J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamoan, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, pp. 1673-1687, 1997.
- [7] E. Koch and J. Zhao, "Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling," *Nonlinear Signal Processing Workshop*, pp. 460-463, 1995.
- [8] C.T. Hsu and J.L. Wu, "Hidden Digital Watermarks in Images," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. IP-8, pp. 58-68, Jan. 1999.
- [9] Z.H. Wei, P. Qin, and Y.Q. Fu, "Perceptual Digital Watermark of Images Using Wavelet Transform," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 44, pp. 1267-1272, Nov. 1998.
- [10] C.I. Podilchuk and W. Zeng, "Image adaptive Watermarking Using Visual Models," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 16, pp. 525-539, May 1998.
- [11] B. Chitprasert and K.R. Rao, "Human Visual Weighted Progressive Image Transmission," *IEEE Trans. on Communications*, pp. 1040-1044, July 1990.
- [12] 김덕령, 박성한, "디지틀 영상의 복사 방지를 위한 적응 워터마크 방법", *전자공학회논문지*, 제35권, 제4호, pp. 581-586, 1998.
- [13] Q. S. Yun and S. Huifang, *Image and Video Compression for Multimedia Engineering*, CRC

Press, 2000.

[14] Henry H.Y. Tong and Anastasios N. Venetsanopoulos, "A Perceptual Model for JPEG Applications Based on Block Classification, Texture Masking, and Luminance Masking," *Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 428-432, 1998.

[15] A. B. Watson, "DCT quantization Matrices Visually Optimized for Individual Images," *SPIE: Human Vision, Visual Processing and Digital Display IV*, vol. 1913, pp. 202-216, 1993.

[16] H. Huang and Yun Q. S., "Adaptive Image Watermarking Scheme Based on Visual Masking," *IEE Electronics Letters*, vol.34, pp. 748-750, Feb. 1998.

[17] N. Jayant, J. Johnston, and R. Safranek, "Signal Compression Based on Model of Human Perception," *Proceedings of IEEE*, vol. 81, pp. 1385-1422, Oct. 1993.



변 성 철

1987년 금오공과대학교 전자공학과 학사
 1994년 국방대학원 무기체계학과 석사
 1998년 광주과학기술원 기전공학과 석사
 2000년~현재 광주과학기술원 기전공학과 박사과정. 관심분야는 비디오코딩, 멀티미디어 보안, 워터마킹, 정보은닉



김 중 남

1995년 금오공과대학교 전자공학과 학사
 1997년 광주과학기술원 정보통신공학과 석사. 2001년 광주과학기술원 기전공학과 박사. 2001년 7월~현재 한국방송공사(KBS) 기술연구소 연구원. 관심분야는 워터마킹, MPEG-21 표준화 활동, 비디오/오디오 신호처리, 비디오/오디오 데이터 압축, 비디오 응용을 위한 VLSI



안 병 하

1965년 공군사관학교 기계공학과 학사
 1977년 한국과학기술원 산업공학과 석사
 1980년 한국과학기술원 산업공학과 박사
 1986년~1987년 미 RAND 연구소 및 보잉 항공사 객원연구원. 1990년~1994년 한국 국방연구원 무기체계연구센터 소장. 1995년~현재 광주과학기술원 기전공학과 교수, 광주디지털가전부 품개발 지원센터 소장. 관심분야는 데이터 융합, 정보기술의 산업응용, 정보 보안, 시스템 온 칩, 인공지능 및 생명 등