

저작권 보호를 위한 새로운 DM/SS 이미지 워터마킹 기법

정회원 박영*, 이주신**

A New DM/SS Image Watermarking Scheme for Copyright Protection

Young Park*, Joo-Shin Lee** *Regular Members*

요약

본 논문에서는 이미지 데이터의 저작권 보호를 위해 영상변형, JPEG 손실 압축 및 임펄스 잡음에 효과적인 새로운 DM/SS (Direct Matrix/Spread Spectrum) 이미지 워터마킹 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 워터마크 영상을 저작권자의 개인 ID (IDentification)로 확산시킨 다음, 원 영상에 삽입하고 역확산시켜 복원하는 방법이다. 워터마크 영상은 2진 영상을 사용하고, 워터마크 시스템에서 요구되는 비가시성과 외부 공격에 대한 워터마크의 강인성을 확인하기 위하여 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)과 워터마크 영상의 복원율 (reconstructive rate)을 구한다. 실험 결과, 워터마크가 삽입된 영상의 PSNR은 93.75 dB로 화질저하가 거의 없었고, 확산 이득으로 인하여 32×32 워터마크 영상이 삽입된 영상에서 우수한 워터마크 영상의 복원율을 얻는다는 것을 보인다. 영상변형 및 JPEG 손실 압축 하에서도 우수한 워터마크 복원 결과를 보였고, 임펄스 잡음이 첨가된 영상의 PSNR이 5.54 dB 인 경우에도 효과적으로 워터마크 영상을 복원할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, a new DM/SS (Direct Matrix/Spread Spectrum) image watermarking scheme which is effective in protecting a copyright of image data under an image transformation, JPEG lossy compression, and impulse noise is proposed. The proposing scheme is that a watermark image is spread by the personal ID (IDentification) of a copyrighter, and then the produced watermark image is inserted in the original image and reconstructed by despreading. An binary image is used as the watermark image, and in order to confirm required invisibility in watermark system and watermark robustness to protect a attack form the outside, the value of PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) and reconstructive rates of the watermark image are obtained. The experimental results show that image quality is less degraded as the PSNR of 93.75 dB and because of spreading gain, excellent reconstructive rates of the watermark image is obtained from watermarked image with size 32×32. It is also observed that excellent watermark reconstruction is achieved under an image transformation and JPEG lossy compression, and the watermark image could be effectively reconstructed in case of the image inserted impulse noise whose PSNR is 5.54 dB.

I. 서론

최근 인터넷상에 멀티미디어 데이터의 디지털화

현상은 멀티미디어 데이터의 편집, 전송 및 저장에 편리함을 제공해 주는 반면, 저작권 분쟁과 무단 복사 등과 같은 문제점들을 발생시킬 수 있다. 또한

* 충북과학대학 정보통신과(py@ctech.ac.kr),
논문번호 : 010147-0620, 접수일자 : 2001년 6월 20일

** 청주대학교 첨단공학부

통신과 컴퓨터 기술의 비약적인 발전에 따른 인터넷의 급속한 발달과 성장으로 인하여 인터넷상의 멀티미디어 데이터들에 대한 저작권 보호와 인증에 대한 문제점들이 부각되었다. 이에 따라 디지털 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호하기 위한 방법으로 디지털 워터마킹에 관한 연구 또한 활발하게 이루어지고 있으나 아직 완벽한 해결책은 나오지 않고 있다^[1,2].

디지털 워터마킹 기법은 다양한 목적을 위해, 특히 멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위해 제안되었다. 여기서 워터마크는 음성이나 영상 신호에 삽입되어 비저작권자에 의해 인식되지 않아야 하고 법적으로 저작권 소유자에 의해서만 검출될 수 있어야 한다. 워터마크란 저작권 보호를 위해 영상이나 음성 데이터에 표시한 보이지 않는 마크(Mark)로서, 영상이나 음성 등의 신호에 삽입되는 특정한 부호나 패턴을 말한다. 이 워터마크의 삽입 여부 및 변조 여부를 측정함으로써, 원 신호의 위조나 도용이 이루어졌는지를 검사할 수 있는 저작권 보호의 방법으로 사용될 수 있다. 이러한 워터마킹 방법으로는 크게 공간 영역과 주파수 영역에서의 방법으로 나눌 수 있다. 공간 영역에서의 워터마크 삽입 방법은 초기에 주로 연구되었고 대표적인 방법은 영상의 화질에 영향이 적은 화소의 LSB (least significant bit)를 '0'이나 '1'로 만든 후, 랜덤한 비트열을 LSB에 넣는 방법이다. 이 방법의 문제점은 일반적인 영상 처리에도 쉽게 지워지며 비트 열이 첨가된 위치를 알고 있으므로 다른 비트 열을 대신 넣을 경우 워터마크가 쉽게 바뀐다는 것이다. 이러한 단점을 보완하기 위해 Wong, Bender Pitas 등과 같은 여러 다양한 방법들이 연구되었으나, 일반적으로 공간 영역의 방법들은 인위적인 공격에 취약하여 워터마크를 검출하기 어렵다는 공통적인 단점이 있다^[3,4].

주파수 영역에서의 방법은 이러한 공간 영역에서의 단점을 보완하기 위한 방법으로 제시되었는데 기본적인 방법은 FFT, DCT나 Wavelet 변환을 이용하여 영상을 주파수 변환 한 다음, 중간 대역의 주파수 성분 값에 워터마크를 첨가하는 방법이다. Koch는 영상을 분할하고 DCT한 후, 임의로 정한 저주파 부분에 워터마크를 첨가하였고 Swanson 은 Legge와 Foley의 콘트라스트 마스킹 모델을 이용하여 영상의 JND(just noticeable difference) DCT 값을 구한 후에 워터마킹하는 방법을 제안하였다^[5-7]. 이러한 방법은 원 영상과 워터마크가 첨가된

영상 사이의 시각적인 차이를 최소화하는 것에 주안점을 두었다. Kundur는 DCT 대신에 Wavelet 변환을 이용하여 블록화 현상이 생기지 않도록 워터마크를 영상에 삽입하였으며 Cox 등은 오디오, 비디오 및 멀티미디어 데이터에도 적용할 수 있는 주파수 영역에서의 워터마킹 기법을 제안하였다^[8-11]. 이 방법은 데이터의 중요한 주파수 성분에 가우시안 랜덤 벡터로 구성된 워터마크를 대역 확산과 유사한 방법으로 눈에 띄지 않게 첨가하는 것이다. 또한 Hsu는 변환 영역에서 이웃 계수간의 극성을 이용하여 2진 도장 영상으로된 워터마크를 첨가하는 방법을 제안하였으며, 이 방법은 영상을 Wavelet이나 DCT를 이용하여 변환한 다음 특정 변환 계수의 극성을 변화시킴으로써 워터마크를 삽입하는 것이다. 특히, 주파수 분석을 응용한 대역확산 기법에서는 협대역 신호를 이보다 큰 대역폭에 걸쳐서 보냄으로써 하나의 주파수에서 볼 때 신호의 에너지는 아주 작은 양이 된다. 이와 같이 워터마크를 영상의 대역폭 내의 각 주파수 성분에 확산시키는 것은 워터마크가 존재하는 위치가 불분명해지기 때문에 더욱 강인한 워터마킹 기법이라 할 수 있다^[8-10,12].

본 논문에서는 워터마크 영상을 공간 영역에서 확산시키기 위한 확산 행렬(spreading matrix)로 저작권자의 개인 ID를 사용하여 삽입할 워터마크 영상을 생성한 다음, 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 새로운 직접행렬 대역확산(DM/SS) 이미지 워터마킹 기법을 제안한다^[13]. 제안한 워터마킹 기법은 원 영상과 워터마크 삽입 영상 사이의 시각적인 차이를 최소화시킬 수 있으며, 모든 주파수 대역에 워터마크를 대역확산시켜 삽입하기 때문에 워터마크의 제거가 어렵게 된다. 주파수 영역으로의 변환은 FFT를 이용하며, 원 영상과 워터마크가 삽입된 영상과의 화질저하를 비교하여 제안한 방법의 비가시성을 확인하고, 영상변형 및 영상압축, 임펄스 잡음이 첨가된 영상의 PSNR과 검출된 워터마크 영상의 복원율로 외부 공격에 대한 워터마크의 강인성을 확인한다.

II. 제안한 DM/SS 워터마킹 알고리즘

일반적으로 워터마크 시스템은 워터마크를 원 영상에 삽입하는 과정과 의문시되는 영상으로부터 워터마크를 검출하는 과정으로 나눌 수 있다. 그러나, 본 논문에서는 삽입과정 전에 삽입할 워터마크 생성과정이 필요하게 된다. 시각적으로 인식 가능한

패턴(마크, 로고, 심볼, 인장 또는 서명)을 워터마크 영상으로 사용하기 때문에, 원 영상에 삽입되는 워터마크는 시각적으로 인식 가능한 패턴 영상이 되고 일반적으로 사용되고 있는 워터마크 검출은 워터마크 영상을 복원하는 것이 된다.

2.1 부호화된 워터마크 영상의 생성

I를 $N_1 \times N_2$ 크기의 그레이 레벨인 원 영상이라 하고, W를 $M_1 \times M_2$ 크기의 2진 레벨인 워터마크 영상이라고 하면, 원 영상 I와 워터마크 영상 W는 각각 식 (1)과 식 (2)와 같이 쓸 수 있다.

$$I = \{i(x, y) \mid 0 \leq x < N_1, 0 \leq y < N_2\} \quad (1)$$

여기서 $i(x, y) \in \{0, \dots, 2^L - 1\}$ 는 화소 $i(x, y)$ 의 세기(intensity)이고, L은 각 화소에서 사용되는 비트의 수이다.

$$W = \{w(x, y) \mid 0 \leq x < M_1, 0 \leq y < M_2\} \quad (2)$$

여기서 $w(x, y) \in \{0, 1\}$ 이다.

워터마크 영상은 확산을 위해 원 영상과 최소 $N_1 \geq 2M_1, N_2 \geq 2M_2$ 인 관계를 만족해야만 한다. 또한 각 저작권자의 개인 ID가 없으면 워터마크 영상을 검출할 수 없도록 하기 위해서, 각 저작권자의 개인 ID를 확산 행렬(spread matrix)로 사용한다. 이때 저작권자의 개인 ID는 대역확산 통신시스템에서 각 사용자를 확산하기 위해 사용되는 PN 수열(Pseudo-Noise sequence)로 간주할 수 있다. 저작권자의 개인 ID는 2진수로 구성된 벡터나 행렬이 될 수 있으며, 2진 영상으로도 볼 수 있다. 저작권자의 개인 ID는 식 (3)과 같이 정의한다.

$$ID = \{id(x, y) \mid 0 \leq x < K_1, 0 \leq y < K_2\} \quad (3)$$

식 (3)에서 K_1 과 K_2 의 값은 워터마크 영상 W의 크기에 따라 달라지며, 각각 $K_1 \leq \lfloor N_1/M_1 \rfloor, K_2 \leq \lfloor N_2/M_2 \rfloor$ 의 관계를 만족해야 한다. 본 논문에서는 개인 ID를 행렬로 사용하였다.

우선, 워터마크 영상 W로부터 원 영상 I에 삽입할 워터마크 영상 W_{insert} 를 생성해야만 한다. 삽입할 워터마크 영상 W_{insert} 의 생성은 워터마크 영상 W를 개인 ID로 부호화(encode) 시키는 것으로서, 원 워터마크 영상 W를 개인 ID를 사용해 확산시키면 된다. 이 과정은 개인 ID를 사용해 원 워터마크 영상 W의 화소들을 공간 영역에서 각각 확산시키는 과정으로 W의 각 화소마다 개인 ID를 곱하면 된다.

이때 개인 ID는 확산 행렬(spread matrix)의 역할을 하게 된다. 따라서, 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 는 $\lfloor N_1 N_2 / K_1 K_2 \rfloor$ 개의 $W_{insert}^{(k)}$ ($0 \leq k < \lfloor N_1 N_2 / K_1 K_2 \rfloor$)들로 구성된다. 그러므로 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 는 다음 식 (4)와 같이 쓸 수 있다.

$$W_{insert} = w(x, y) \times ID, 0 \leq x < M_1, 0 \leq y < M_2 \quad (4)$$

여기서 원 영상에 삽입될 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 는 원 영상 I보다 작거나 같게 된다. 그림 1은 개인 ID로 워터마크 영상을 확산시켜 삽입할 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 를 생성하는 과정을 나타낸다.

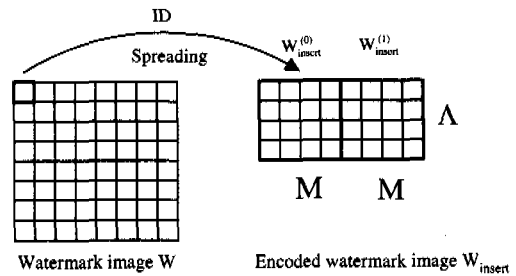


그림 1. 부호화된 워터마크 영상의 생성

2.2 부호화된 워터마크 영상의 삽입

부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 는 주파수 영역에서 원 영상 I에 삽입된다. 원 영상 I와 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 를 주파수 변환하면 각각 식 (5)와 식 (6)으로 표현할 수 있다.

$$F_I(p, q) = \sum_{x=0}^{N_1-1} \sum_{y=0}^{N_2-1} i(x, y) \exp[-j(2\pi/N_1)px] \exp[-j(2\pi/N_2)qy] \quad (5)$$

$p = 0, \dots, N_1 - 1; q = 0, \dots, N_2 - 1$

$$F_{W_{insert}}(s, t) = \sum_{x=0}^{M_1 K_1 - 1} \sum_{y=0}^{M_2 K_2 - 1} w_{insert}(x, y) \exp[-j(2\pi/M_1 K_1)sx] \exp[-j(2\pi/M_2 K_2)ty] \quad (6)$$

$s = 0, \dots, M_1 K_1 - 1; t = 0, \dots, M_2 K_2 - 1$

부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 를 원 영상 I의 각 주파수 성분에 삽입하는 과정은 일반적으로 식 (7)과 식 (8)을 사용하여 수행될 수 있으며, 본 논문에서는 식 (7)을 사용한다.

$$F_{I+W_{insert}} = F_I + \alpha \cdot F_{W_{insert}} \quad (7)$$

$$F_{I+W_{insert}} = F_I [1 + \alpha \cdot F_{W_{insert}}] \quad (8)$$

여기서 F_1 는 원 영상 I 의 주파수 성분들, $F_{W_{insert}}$ 는 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 의 주파수 성분들, $F_{I+W_{insert}}$ 는 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 의 주파수 성분들을 원 영상 I 의 주파수 성분들에 삽입한 주파수 성분들을 나타내며, α 는 상수값으로 일반적으로 1보다 작은 값이 된다. 본 논문에서는 α 를 $F_{W_{insert}}$ 의 최대값의 역수로 선택하여 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 의 주파수 성분들을 정규화(normalization)하였다. FFT 변환한 워터마크 영상 W_{insert} 를 FFT 변환한 원 영상 I 에 삽입한 다음, IFFT를 수행하면, 식 (9)와 같이 워터마크가 삽입된 영상이 생성된다.

$$f_{I+W_{insert}}(x, y) = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{p=0}^{N_1-1} \sum_{q=0}^{N_2-1} F_{I+W_{insert}}(p, q) \exp[-j(2\pi/N_1)px] \exp[-j(2\pi/N_2)qy]$$

$$x=0, \dots, N_1-1; y=0, \dots, N_2-1 \quad (9)$$

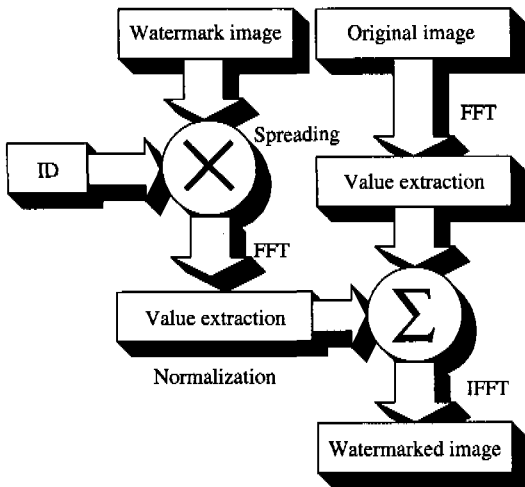


그림 2. 워터마크 삽입 과정

원 영상에 부호화된 워터마크 영상을 삽입하는 과정을 그림 2에 나타내었다. 워터마크 영상은 “Park”이라는 로고 영상을 선택하였다. 이 워터마크 영상은 확산행렬로 사용되는 개인 ID로 확산된다. 정규화된 주파수 성분들을 원 영상의 주파수 성분들에 삽입한 다음, IFFT 변환하여 워터마크 삽입 영상을 생성하는 기법이다. 즉, 로고 방식과 키 방식을 혼합한 이미지 워터마킹 기법이라고 할 수 있다.

2.3 워터마크 영상의 복원

원 영상에 워터마크가 삽입된 영상은 영상 변형, JPEG 손실 압축과 같은 영상 처리 및 잡음에 영향

을 받게 된다. 이러한 영상 처리와 잡음으로 인해 변형된 영상을 I_{attack} 이라 가정할 경우, 워터마크 영상을 복원하기 위해서는 식 (10)과 같이, 간단히 I_{attack} 의 주파수 성분들과 원 영상 I 의 주파수 성분들의 차를 구하면 된다.

$$F_{W_{detect}} = F_{I_{attack}} - F_1 \quad (10)$$

여기서 $F_{W_{detect}}$ 는 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 가 영상 처리와 잡음에 의해 영향을 받은 영상 W_{detect} 의 주파수 성분을 나타내고 $F_{I_{attack}}$ 은 $F_{I+W_{insert}}$ 가 영상 처리와 잡음에 의해 영향을 받은 주파수 성분을 나타낸다. 다음으로 검출된 영상 W_{detect} 는 복호화(decode)되어야 한다. 복호화 과정은 부호화과정의 역과정으로 W_{detect} 를 개인 ID로 역확산(despread)시키는 것이다. 역확산 과정은 확산 과정의 역과정으로 식 (11)과 같이 쓸 수 있으며, 워터마크 영상의 복원은 그림 3에 나타낸 상관기와 판단 회로를 사용함으로써 수행된다.

$$\hat{w}(x, y) = \sum IFFT\{F_{W_{detect}} \times ID^T\},$$

$$k=0, \dots, \lfloor N_1 N_2 / M_1 M_2 \rfloor - 1 \quad (11)$$

여기서 $\hat{w}(x, y)$ 는 복원된 워터마크 영상의 한 화소를 나타내고 T는 전치(transpose)를 나타낸다. 식 (11)로부터 알 수 있듯이, 개인 ID는 역확산이 수행될 수 있도록 선택되어야만 한다. 확산 과정이 워터마크 영상의 한 화소를 개인 ID의 크기로 확산시키기 때문에, 이러한 역확산 과정은 워터마크 영상의 한 화소가 개인 ID 크기의 절반이상이 영상처리에 의해 에러로 발생되지 않는 한 정확하게 복원된다는 것을 알 수 있다. 즉, 워터마크 영상의 한 화소가 에러일 확률이 동일하다고 가정하면, 한 화소가 에러일 확률은 1/2이 된다. 반면에, 제안한 기법에서 한 화소가 에러일 확률은 $(1/2)^{K_1 K_2}$ 가 되어 확산을 많이 시키면 시킬수록 워터마크의 복원 에러가 줄어든다는 것을 알 수 있다. 그림 3은 워터마크 영

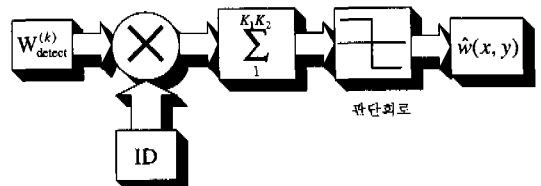


그림 3. $\hat{w}(x, y)$ 의 복원 과정

상 W 의 한 화소를 복원하는 과정을 나타낸다. k 번째 검출된 영상 $W_{detect}^{(k)}$ 는 역확산 행렬로 개인 ID를 사용하여 역확산되고, 역확산 행렬 크기만큼 저분한 다음, 판단을 하게 된다.

저지권자의 개인 ID로 복원된 워터마크 영상 W 가 삽입 전의 워터마크 영상 W 와 일치하는 정도를 식 (12)와 같이 복원율로 나타내었고 그림 4는 워터마크 복원 과정을 도시하였다.

$$\text{복원율} = \frac{\text{동일 화소의 수}}{\text{전체 화소의 수}} \times 100 \quad (12)$$

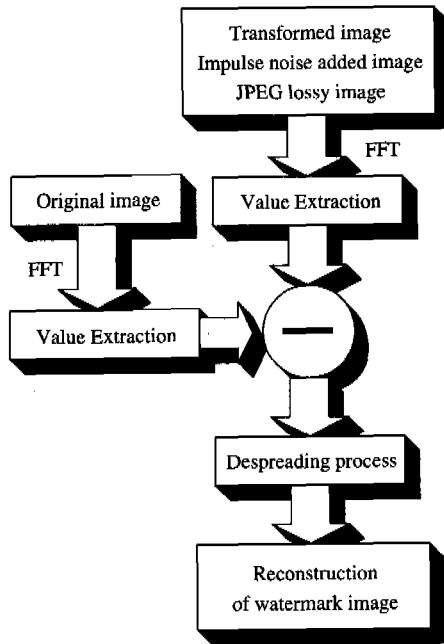


그림 4. 워터마크 영상의 복원과정

III. 실험 및 실험결과

제안한 방법을 바탕으로 표준영상은 256×256 그레이 레벨의 Baboon, Cameraman 및 Lena 영상을 실험 영상으로 선택하였다. 그림 5는 실험 영상으로 Baboon의 원 영상, 워터마크 영상 및 워터마크가 삽입된 영상을 나타낸다. 워터마크 영상은 각각 64×64 와 32×32 크기의 2진 영상을 선택하였고, 워터마크가 삽입된 영상의 화질 저하를 살펴보기 위하여 PSNR을 구하였다.

워터마크가 삽입된 영상의 화질 저하를 살펴보기 위하여 PSNR을 계산한 결과, 3가지 표준영상 모두 93.75 dB로 기존의 대역확산 기법에 비하여 시각적

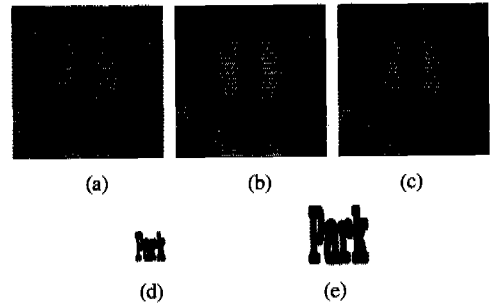


그림 5. 실험 영상
(a)원 영상 (b) 32×32 크기의 워터마크 삽입 영상 (c) 64×64 크기의 워터마크 삽입 영상 (d) 32×32 크기의 워터마크 영상 (e) 64×64 크기의 워터마크 영상

그림 5. 실험 영상

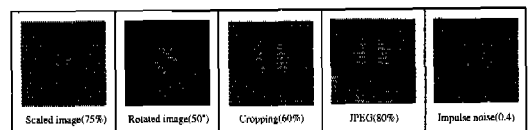
으로도 워터마크의 삽입여부를 구분하기 어려우며 영상의 화질 저하가 거의 없다는 것을 알 수 있다. 또한, 제안된 기법의 특성상 64×64 와 32×32 와 같이 크기가 다른 워터마크 영상이 삽입되어도 워터마크 영상이 삽입된 영상은 동일한 PSNR을 갖는다는 것을 알 수 있다. 이것은 부호화된 워터마크 영상을 정규화시켰기 때문이다.

표 1. Lena 표준영상에 대해 알고리즘에 따른 PSNR

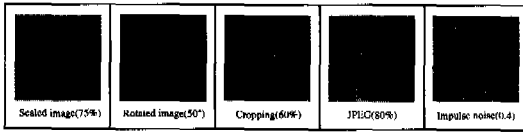
알고리즘	PSNR(dB)
제안한 기법 (DM/SS)	93.75
Cox (DCT)	51.36
Cox (Wavelet)	42.43
Xia (Wavelet)	50.12

표 1은 Lena 표준영상에 대해서 기존의 대역확산 기법과 본 논문에서 제안한 기법의 PSNR을 나타낸다.

제안된 DM/SS 이미지 워터마킹 기법의 강인성을 평가하기 위하여, 영상 처리나 고의적인 왜곡을 통해 손상된 영상들에 대해 실험한다. 그림 6(a)와 (b)는 각각 32×32 와 64×64 크기의 워터마크 영상이 삽입된 영상을 확대 및 축소, 회전, 잘라내기, JPEG 손실 압축과 임펄스 잡음을 가하여 변형된 영상들을 나타낸다.



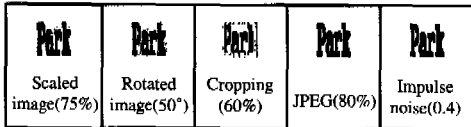
(a) 32×32 크기의 워터마크 삽입 영상



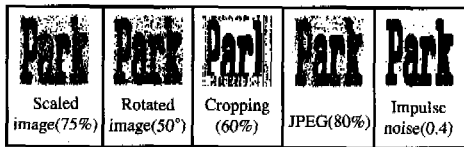
(b) 64×64 크기의 워터마크 삽입 영상

그림 6. 변형 영상들

그림 7에는 그림 6의 변형된 영상들로부터 복원된 워터마크 영상들을 나타내었다. 그림 7로부터 알 수 있듯이, 32×32 크기의 워터마크가 삽입된 영상이 64×64 크기의 워터마크가 삽입된 영상보다 워터마크 영상의 복원이 우수하다는 것을 알 수 있다. 이것은 대역확산 통신시스템에서와 마찬가지로 확산을 많이 시킬수록 성능이 뛰어나다는 것을 나타낸다.



(a) 32×32 크기의 워터마크 삽입 영상



(b) 64×64 크기의 워터마크 삽입 영상

그림 7. 복원된 워터마크 영상들

워터마크가 삽입된 표준영상을 0~90 %까지 축소시키면서 측정한 워터마크 영상의 복원율을 그림 8에 나타내었다. 영상을 확대하는 경우에는 워터마크 영상을 모두 복원하였다. 32×32 크기의 워터마크 삽입 영상과 64×64 크기의 워터마크 삽입 영상에 대한 워터마크 영상의 복원율은 Baboon, Cameraman, Lena 표준영상의 순으로 복원율이 우수하다는 것을 알 수 있으며, 64×64 크기의 워터마크 삽입 영상보다 32×32 크기의 워터마크 삽입 영상이 평균적으로 Baboon, Cameraman, Lena 표준영상에 대하여 각각 6.03, 5.9, 5.83 %의 복원율이 향상된다는 것을 알 수 있다. 이것은 워터마크 영상의 확산에 대한 확산이득(spreading gain)으로 볼 수 있다. 32×32 크기의 워터마크 삽입 영상은 64×64 크기의 워터마크 삽입 영상에 비하여 워터마크 영상을 4배 더 확산시킨 것이다.

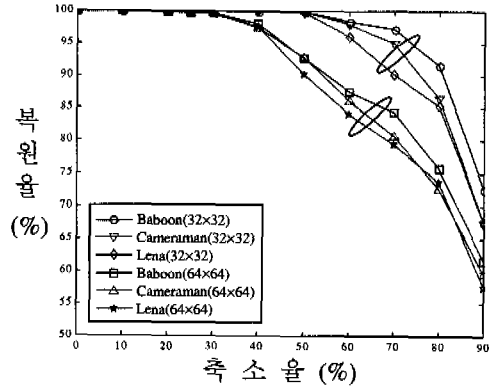


그림 8. 영상 축소에 따른 복원율

영상을 0° 부터 90° 까지 회전하여 회전율에 따른 복원율을 그림 9에 나타내었다. 32×32 크기의 워터마크 삽입 영상과 64×64 크기의 워터마크 삽입 영상 모두 45° 를 중심으로 복원율이 대칭을 이루며, 10° 와 45° 및 80° 회전의 경우에 워터마크 영상의 복원율이 낮아진다는 것을 알 수 있다. 32×32 크기의 워터마크 삽입 영상에 대한 평균 복원율은 Baboon과 Cameraman 및 Lena 표준영상에서 각각 97.58, 95.32, 97.1 %가 되어 Baboon, Lena, Camerama 표준영상의 순으로 3가지 표준영상들 중에서 Baboon 표준영상의 복원율이 가장 우수하게 나타났다. 64×64 크기의 워터마크 삽입 영상에 대한 평균 복원율 또한 85.98, 83.19, 85.57 %로 Baboon 표준영상의 복원율이 가장 우수하게 나타났다. 영상을 영상 회전의 경우에도 각각 13.49, 14.58, 13.47 %의 확산이득을 얻을 수 있었다. 확산이득의 경우는 Cameraman 표준영상이 가장 우수한 것으로 나타났다.

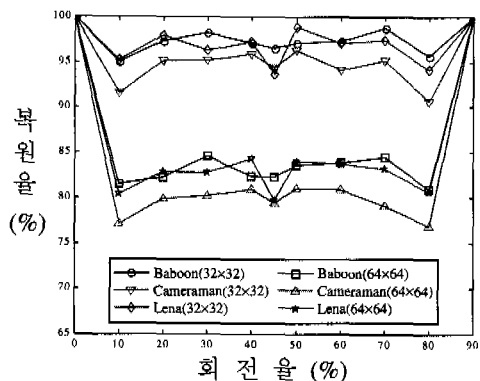


그림 9. 영상 회전에 따른 복원율

그림 10은 임펄스 잡음으로 인한 영상 변형에 대하여 임펄스 잡음 전력밀도를 0.1~0.9까지 변화시키면서 측정된 워터마크 영상의 복원율을 나타낸다. 3가지 표준영상들 모두에서 거의 동일한 워터마크 영상의 복원율을 얻을 수 있으며, 특히 시각적으로 인식이 불가능한 경우에도 우수한 워터마크 영상의 복원율을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 제안한 DM/SS 이미지 워터마킹 기법이 대역확산 통신 시스템에서와 마찬가지로 랜덤 에러에 강한 알고리즘이기 때문이다. 만약 버스트(burst) 에러가 발생할 가능성이 있다면, 인터리버(interleaver)와 디인터리버(deinterleaver)를 사용하여 랜덤 에러로 바꾸어 주면 동일한 성능을 얻을 수 있을 것이다. 32×32 크기의 워터마크 삽입 영상이 64×64 크기의 워터마크 삽입 영상보다 평균적으로 6.46%의 확산 이득을 갖는 것으로 나타났다.

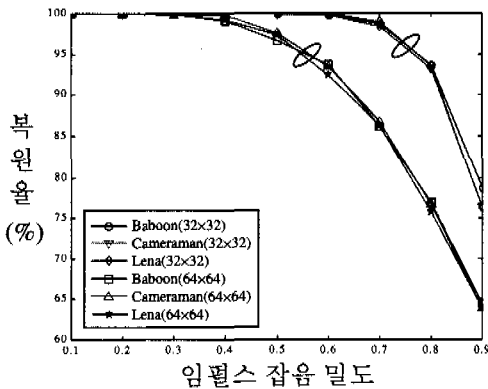


그림 10. 임펄스 잡음 전력밀도에 따른 복원율

JPEG 손실 압축에 대하여도 제안한 기법이 강인하다는 것을 알아보기 위하여, 압축율을 0%부터 90%까지 변화시키면서 워터마크 영상의 복원율을 그림 11에 나타내었다. 32×32 크기의 워터마크 삽입 영상에서는 Lena, Baboon, Cameraman 표준영상 순으로 워터마크 영상의 복원율이 우수한 것으로 나타났고, 64×64 크기의 워터마크 삽입 영상에서는 3가지 표준영상에서 다소 차이를 보이고 있지만, Lena, Cameraman, Baboon 표준영상의 순으로 워터마크 영상의 복원율이 우수한 것으로 나타났다. 특히, Lena 표준영상은 JPEG 손실 압축에 강인한 성능을 보이며, 3가지 표준영상 모두에서 또한 확산 이득을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.

영상의 특정 부분을 잘라낸 경우에는 제안한 기

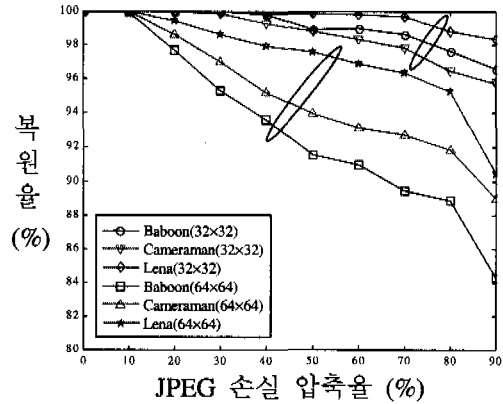


그림 11. JPEG 손실 압축율에 따른 복원율

법의 특성상 잘라낸 부분에 삽입된 워터마크 영상만이 복원됨을 알 수 있다. 본 실험에서는 Baboon 표준영상의 60%를 잘라내어 실험한 결과, 64×64 크기의 워터마크 삽입 영상에서 워터마크 영상의 복원율은 80.22%, 32×32 크기의 워터마크 삽입 영상에서 워터마크 영상의 복원율은 79.3%로 32×32 크기의 워터마크 삽입 영상이 낮게 나타났다. 이것은 워터마크 영상의 확산을 많이 시켰기 때문이다. 더욱이, 이보다 작게 잘라낼 우려가 있는 얼굴 부분이나 영상의 특정 부분에는 작고 정교하게 제작된 패턴이 삽입될 수 있도록 워터마크 영상을 구성한다면, 영상에서 잘라낸 부분이 매우 작을지라도 잘라낸 부분에서의 워터마크는 복원될 수 있을 것이다.

IV. 결론

본 논문은 직접행렬 대역확산 방식을 이용한 새로운 이미지 워터마킹 기법으로 개인 ID를 확산행렬로 사용하고, 이 확산행렬로 워터마크 영상을 확산하여 원 워터마크 영상을 부호화한 후, 주파수 영역에서 원 영상에 삽입하고 검출하는 방법이다. 256×256 그레이 스케일의 원 영상에 삽입할 워터마크는 32×32와 64×64의 2진 로고영상을 사용하였으며, 워터마크가 삽입된 영상으로부터 워터마크의 비가시성과 강인성으로 평가하였다. 워터마크의 비가시성을 평가하기 위해 워터마크가 삽입된 영상의 PSNR을 구하였으며, 워터마크의 강인성을 평가하기 위하여 영상처리를 가한 후, 변형된 영상으로부터 검출된 워터마크의 복원율을 구하였다. 실험 결과, 워터마크를 삽입한 표준영상의 PSNR은 3가지 표준영상에서 모두 93.75 dB로 기존의 대역확산 기

법에 비하여 워터마크의 비가시성에 효과적임을 알 수 있었고, 확산이득을 또한 얻을 수 있다는 장점을 가진다는 것을 알 수 있었다. 비가시성과 워터마크의 검출은 상충관계(trade-off relation)에 있지만, 본 논문에서 제안한 기법은 이 2가지를 모두 충족시킬 수 있었다. 비가시성뿐만 아니라 영상변형, JPEG 손실 압축 및 임펄스 잡음과 같은 외부공격에 강인성, 정확한 키를 알고 있어야만 워터마크의 확인이 가능한 보안성 및 워터마크가 삽입된 영상에 대해 소유권을 주장할 수 있는 명확성과 같은 워터마킹의 기본적인 요구조건을 만족시키며, 원 영상의 크기가 클수록, 워터마크 영상이 작을수록 성능이 향상됨을 알 수 있었다.

향후 연구과제로는 칼라 영상과 영상 전송시 발생할 수 있는 다양한 잡음하에서도 강인한 이미지 워터마킹 기법에 대한 연구를 하는 것이다.

참고 문헌

[1] A. Z. Tirkel, R. G. Schyndel and C. F. Osborne, "A digital watermark," *In Proc. of IEEE ICIP'94*, vol. 2, pp. 86-90, Nov. 1994.

[2] A. Z. Tirkel, C. F. Osborne and R. G. Schyndel, "Image watermarking - a spread spectrum application," *In Proc. of IEEE ISSSTA'96*, vol. 2, pp. 785-789, Sep. 1996.

[3] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto and A. Lu, "Techniques for data hiding," *IBM Systems Journal*, vol. 35(3/4), pp. 313-336, 1996.

[4] I. Pitas, "A method for signature casting on digital images," *In Proc. of IEEE ICIP'96*, vol. 3, pp. 215-218, 1996.

[5] E. Koch and J. Zhao, "Towards robust and hidden image copyright labeling," *Nonlinear Signal Processing Workshop*, pp. 460-463, 1995.

[6] M. D. Swanson, B. Zhu, and A. H. Tewfik, "Transparent robust image watermarking," *In Proc. of IEEE ICIP'96*, pp. 211-214, 1996.

[7] C. T. Hsu and J. L. Wu, "Multiresolution watermarking for digital images," *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. 45, no. 8, pp. 1097-1101, Aug. 1998.

[8] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamoon, "secure spread spectrum watermark-

ing for multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, Dec. 1997.

[9] D. Kundur and D. Hatzinakos, "A robust digital image watermarking method using wavelet-based fusion," *In Proc. of IEEE ICIP'97*, vol. 1, pp. 544-547, 1997.

[10] C. T. Hsu and J. L. Wu, "Hidden digital watermarks in images," *IEEE Trans. on Image processing*, vol. 8, no. 1, pp. 58-68, Jan. 1999.

[11] X. G. Xia, C. G. Bonchelet and G. R. Arce, "Multiresolution watermark for digital images," *In Proc. of IEEE ICIP'97*, pp. 548-551, 1997.

[12] C. T. Hsu and J. L. Wu, "Digital watermarks in images," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 8, no. 1, pp.58-68, Jan. 1999.

[13] Y. Park, H. R. Kim and J. S. Lee, "Hybrid digital watermarking scheme using direct sequence-spread spectrum method," *In Proc. of IEEE ICT'2001*, vol. 3, pp. 500-503, June 2001.

박 영(Young Park)

정희원

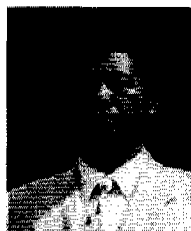


1990년 2월 : 청주대학교
전자공학과(공학사)
1994년 2월 : 청주대학교
전자공학과(공학석사)
1997년 8월 : 청주대학교
전자공학과 박사수료

1999년~현재 : 충북과학대학 정보통신과 조교수
<주관심 분야> 영상통신, 디지털 워터마킹, 디지털 영상신호처리, 멀티미디어 시스템

이 주 신(Joo-Shin Lee)

정희원



1975년 2월 : 명지대학교
전자공학과(공학사)
1977년 2월 : 홍익대학교
전자공학과(공학석사)
1986년 2월 : 명지대학교
전자공학과(공학박사)
1992년 3월~현재 : 청주대학교
첨단공학부 교수

<주관심 분야> 디지털 영상신호처리, 이동물체 추적, 패턴인식, 스테레오 비전