

직접행렬 대역확산 방식을 이용하는 효과적인 이미지 워터마킹 기법

박 영[†] · 이 주 신^{††}

요 약

본 논문에서는 직접행렬 대역확산 방식을 사용하여 Hadamard-Walsh 행렬을 워터마크 영상에 첨가한 후, 주파수 영역에서 원 영상에 삽입하고 복원하는 새로운 이미지 워터마킹 기법을 제안한다. 워터마크 영상은 시각적으로 인식 가능한 패턴(마크, 로고, 심볼, 인장 또는 서명)을 사용한다. 워터마크가 삽입된 영상의 화질저하를 추정하기 위해 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 계산하고, 복원된 워터마크의 복원률(reconstructive rate)을 구하여 외부공격에 대한 워터마크의 강인성을 확인한다. 표준영상에 적용해 본 결과, 워터마크가 삽입된 영상의 PSNR은 93.2dB로 우수한 화질을 얻을 수 있었으며 JPEG 손실 압축에서는 78.1% 이상의 워터마크 복원률을 얻을 수 있었고 영상변형 및 임펄스 잡음하에서도 효과적인 워터마크 복원 능력을 보였다.

Effective Image Watermarking Scheme Using Direct Matrix-Spread Spectrum Method

Young Park[†] · Joo-Shin Lee^{††}

ABSTRACT

In this paper, a new image watermarking scheme is proposed that a watermark image is inserted into an original image and then reconstructed in frequency domain, after Hadamard-Walsh matrix is added to the watermark image using direct matrix-spread spectrum method. Visually recognizable pattern (mark, logo, symbol, stamping or signature) is used as a watermark image. In order to estimate the degradation of watermarked image quality, PSNR (Peak Signal to Noise Ratio) is calculated. For the robustness of watermark to protect an attack from the outside, the reconstructive rate is obtained. As a result of application to various standard images, image quality is less degraded as PSNR of 93.2dB. It is also observed that the reconstructive rate is no less than 78.1% in JPEG lossy compression, and under an image transformation and impulse noise, the watermark image can be effectively reconstructed.

키워드 : 디지털 워터마킹, DS/SS, 직접행렬 대역확산

1. 서 론

인터넷의 급속한 발달과 성장으로 인해 인터넷상의 멀티미디어 콘텐츠들에 대한 저작권 보호와 인증에 대한 문제가 심각하게 대두되고 있다. 이에 따라 멀티미디어 콘텐츠에 대한 저작권 보호와 인증에 대한 문제를 해결하기 위한 방법으로 워터마킹에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으나 아직까지 완벽한 해결책은 나오지 않고 있다[1-3].

디지털 워터마킹은 영상이나 음성 등의 신호에 특정한 코드나 패턴 등을 삽입하는 기술로서 워터마크를 삽입한 데이터에 대하여 위·변조를 가하더라도 워터마크를 검출함으로써 데이터에 대한 법적 소유권을 주장할 수 있다. 이러

한 워터마크는 삽입에 대한 비가시성(invisibility), 의도적 또는 비의도적 영상의 변형에 대한 강인성(robustness), 정확한 키를 알고 있는 경우에 워터마크의 확인이 가능한 보안성(security), 워터마크가 삽입되어진 영상에 대해 소유권을 주장할 수 있는 명확성(unambiguity) 등을 만족할 수 있어야 한다[4, 5].

워터마킹은 외관상으로는 원 데이터와 거의 차이가 나지 않도록 변환하는 방법으로 공간영역과 주파수 영역에서의 방법으로 크게 나눌 수 있다. 공간 영역에서의 워터마크 삽입 방법은 초기에 주로 연구되었고, 일반적으로 공간 영역의 방법들은 인위적인 공격에 취약하여 영상에 대한 손실 압축, 변형 등에 워터마크가 손상되어 워터마크를 검출하기 어렵다는 단점이 있다[6, 7]. 주파수 영역에서의 방법은 FFT, DCT나 Wavelet 변환을 이용하여 영상을 주파수 변환 한 다음,

[†] 정 회 원 : 충북과학대학 정보통신과 교수

^{††} 정 회 원 : 정주대학교 첨단공학부 교수

논문접수 : 2001년 1월 16일, 심사완료 : 2001년 6월 4일

중간 대역의 주파수 계수 값을 변화하여 워터마크를 첨가하는 방법이다. 특히, 주파수분석을 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 확산시킴으로써 워터마크가 존재하는 위치가 불분명해지고 더욱 강인한 워터마크를 삽입할 수 있게 된다[8-10].

본 논문에서는 영상의 저작권 보호를 위해 직접행렬 대역확산 방식을 이용하는 주파수 영역에서의 새로운 이미지 워터마킹 기법을 제안한다[11]. 제안한 기법은 기존의 대역확산 기법들과는 달리, 워터마크 영상을 Hadarmard-Walsh 행렬을 사용해 공간영역에서 확산시킨 다음, 이 부호화(encode)된 워터마크 영상을 주파수 영역에서 원 영상에 삽입하고 복원하는 기법이다. 원 영상과 워터마크가 삽입된 영상과의 화질저하를 비교하여 제안한 기법의 비가시성을 확인하며, 영상변형, JPEG 손실 압축 및 임펄스 잡음이 첨가된 영상의 PSNR과 복원된 워터마크 영상의 복원률로 외부 공격에 대한 워터마크의 강인성을 확인한다.

2. 워터마킹 삽입과 복원

원 영상 I , W 는 각각 식 (1)과 식 (2)로 다음과 같이 정의한다. 워터마크 영상

$$I = \{I(x, y) \mid 1 \leq x \leq M, 1 \leq y \leq N\} \quad (1)$$

$$W = \{W(x, y) \mid 1 \leq x \leq L, 1 \leq y \leq J\} \quad (2)$$

여기서, 원 영상 I 는 $M \times N$ 크기의 그레이 레벨 영상이며, 워터마크 영상 W 는 $L \times J$ 크기의 2진 영상이다. 워터마크 영상은 확산을 위해 원 영상과 최소 $M \geq 2L, N \geq 2J$ 인 관계를 만족해야 한다.

Hadarmard-Walsh 행렬 H 는 식 (3)과 같이 정의하며, Hadarmard-Walsh 행렬 대신에 저작권자의 암호를 사용할 수도 있다.

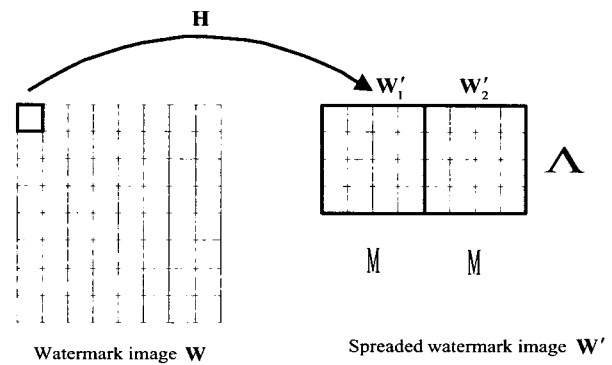
$$H_{2A} = \begin{pmatrix} H_A & H_A \\ H_A & \bar{H}_A \end{pmatrix} \quad (3)$$

여기서 H_A 은 $A \times A$ Hadarmard-Walsh 행렬이고, 대역확산 통신시스템에서 각 사용자의 신호를 확산하기 위해 사용되는 PN 수열 (Pseudo Noise Sequence)로 간주할 수 있다. \bar{H}_A 는 H_A 의 보행렬(complement matrix)이다. 유클리드 거리(Euclidian distance)는 모든 가능한 심볼 쌍에 대해 다음과 같이 동일하게 된다.

$$\epsilon = \sum_{\mu=0}^{A-1} |h_{\mu}^m - h_{\mu}^n|^2 = 2A, \quad \forall m \neq n \quad (4)$$

여기서, m 과 n 은 Hadarmard-Walsh 행렬의 행이나 열을 나타내고, h_{μ}^m 는 m 번째 행이나 열의 μ 번째 요소를, h_{μ}^n 는 n 번째 행이나 열의 μ 번째 요소를 나타낸다.

원 영상 I 에 삽입될 워터마크 영상을 W' 이라 하면, W' 은 원 워터마크 영상 W 를 확산 행렬인 Hadarmard-Walsh 행렬 H 로 확산시켜 생성한다. 즉, Hadarmard-Walsh 행렬 H 를 사용해 원 워터마크 영상 W 의 화소들을 공간영역에서 각각 확산시키는 것으로서, W 의 각 화소마다 Hadarmard-Walsh 행렬 H 를 곱하면 된다. 따라서, 부호화된 워터마크 영상 W' 은 $\lfloor MN/A^2 \rfloor$ 개의 $W'_i (1 \leq i \leq \lfloor MN/A^2 \rfloor)$ 들로 구성되며 (그림 1)에 부호화된 워터마크 영상의 생성과정을 나타내었다.



(그림 1) 부호화된 워터마크 영상의 생성

여기서 원 영상에 삽입될 부호화된 워터마크 영상 W' 은 원 영상 I 보다 작거나 같게 된다.

부호화된 워터마크 영상 W' 은 주파수 영역에서 원 영상 I 에 삽입된다. 원 영상 I 와 Hadarmard-Walsh 행렬 H 로 부호화된 워터마크 영상 W' 을 FFT 변환하면 각각 식 (5)와 식 (6)으로 표현할 수 있다.

$$F_I(p, q) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} I(x, y) \exp[-j(2\pi/M)px] \exp[-j(2\pi/N)qy] \quad p=0, 1, \dots, M-1; \quad q=0, 1, \dots, N-1 \quad (5)$$

$$F_{W'}(s, t) = \sum_{x=0}^{\lfloor MA \rfloor - 1} \sum_{y=0}^{\lfloor NA \rfloor - 1} W(x, y) \exp[-j(2\pi/K)tx] \exp[-j(2\pi/L)ty] \quad s=0, 1, \dots, \lfloor M/A \rfloor - 1; \quad t=0, 1, \dots, \lfloor N/A \rfloor - 1 \quad (6)$$

부호화된 워터마크 영상 W' 을 원 영상 I 의 각 주파수 성분에 삽입하는 과정은 식 (7)과 식 (8)을 사용하여 수행될 수 있으며, 본 논문에서는 식 (7)을 사용한다.

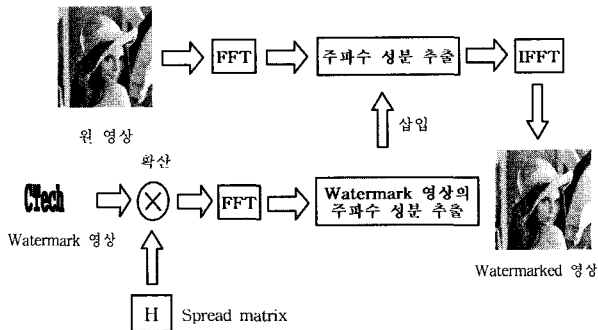
$$F_{I+W'} = F_I + \alpha \cdot F_{W'} \quad (7)$$

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

여기서 F_I 는 원 영상 I 의 주파수 성분들, $F_{W''}$ 은 부호화된 워터마크 영상 W' 의 주파수 성분들, $F_{I+W'}$ 은 부호화된 워터마크 영상 W' 의 주파수 성분들을 원 영상 I 의 주파수 성분들에 삽입한 주파수 성분들을 나타내며, α 는 워터마크 이득 계수로 일반적으로 1보다 작은 값이 된다. 본 논문에서는 α 를 $F_{W'}$ 의 최대값의 역수로 선택하여 부호화된 워터마크 영상 W' 의 주파수 성분들을 정규화(normalization)하였다. 이 정규화된 W' 의 주파수 성분을 원 영상 I 의 주파수 성분들에 삽입한 다음, IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 수행하면 식 (9)와 같이 워터마크가 삽입된 영상이 생성되며, 원 영상에 워터마크 영상이 삽입되는 과정을 (그림 2)에 나타내었다.

$$f_R(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{p=0}^{M-1} \sum_{q=0}^{N-1} [F_{I+W'}(p, q)] \cdot \exp[j(2\pi/M)px] \cdot \exp[j(2\pi/N)qy] \quad (9)$$

$x=0, 1, \dots, M-1; y=0, 1, \dots, N-1$



(그림 2) 워터마크 영상의 삽입 과정

원 영상에 워터마크가 삽입된 영상은 영상 변형, JPEG 손실 압축과 같은 영상 처리 및 잡음에 영향을 받게 된다. 이러한 영상 처리를 거쳐 변형된 영상을 I^* 이라 가정할 경우, 워터마크 영상을 복원하기 위해서는 식 (10)과 같이, 간단히 I^* 의 주파수 성분들과 원 영상 I 의 주파수 성분들의 차이를 구하면 된다.

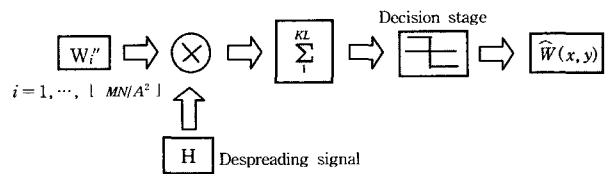
$$F_{W''} = F_{I^*} - F_I \quad (10)$$

여기서, F_{I^*} 은 영상 처리로 인해 변형된 영상의 주파수 성분들을 나타내고, $F_{W''}$ 은 영상 처리에 의해 영향을 받은 부호화된 워터마크 영상의 주파수 성분들이 된다. W'' 을 식 (10)을 IFFT 취하여 얻은 영상이라고 하면, 다음으로 W'' 은 복호화(decode)되어야 한다. 복호화 과정은 부호화 과정의 역과정으로 W'' 을 Hadarmard-Walsh 행렬 H 로 역확산시키는 것이다. 우선 $F_{W''}$ 를 IFFT한 다음 역확산시켜야 하지만, 본 논문에서는 대역확산 통신시스템과는 달리 $F_{W''}$ 의 값들을 각각 판별하여 주파수 성분인 F_I 를 W'' 의 값으로 대치한

다음 역확산한다. 이것은 영상 처리로 인한 주파수 성분들의 변화를 보상하기 위한 것으로 $F_{W''}$ 의 값에 따라 가중치(weighted value)를 다르게 주기 위해서이다. 역확산 과정은 식 (11)과 같이 쓸 수 있으며, 워터마크 영상의 복원은 (그림 3)에 나타난 상관기(correlator)와 판단 회로(decision circuit)를 사용함으로써 수행된다.

$$\widehat{W}(x, y) = W_i'' \times H^T, \quad i=1, \dots, \lfloor MN/A^2 \rfloor \quad (11)$$

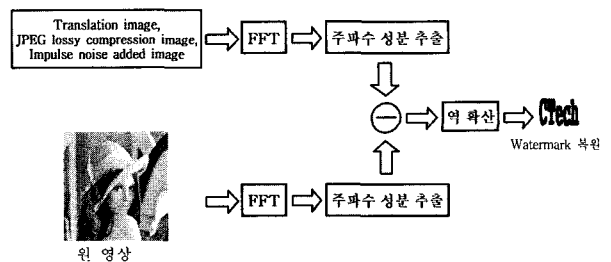
여기서, $\widehat{W}(x, y)$ 은 복원된 워터마크 영상의 한 화소를 나타내고 T 는 전치(transpose)를 나타낸다. 식 (11)로부터 알 수 있듯이 Hadarmard-Walsh 행렬 H 는 역확산이 수행될 수 있도록 구성되어야만 한다. 확산 과정이 워터마크 영상의 한 화소를 Hadarmard-Walsh 행렬 H 의 크기로 확산시키기 때문에, 이러한 역확산 과정은 워터마크 영상의 한 화소가 Hadarmard-Walsh 행렬 H 의 크기의 절반이상이 영상 처리에 의해 에러로 발생되지 않는 한 정확하게 복원된다는 것을 알 수 있다. (그림 3)은 복원되는 워터마크 영상 \widehat{W} 의 한 화소를 복원하는 과정을 나타낸다.



(그림 3) $\widehat{W}(x, y)$ 의 복원 과정

Hadarmard-Walsh 행렬 H 로 복원된 워터마크 영상 \widehat{W} 가 원 워터마크 영상 W 와 일치하는 정도를 식 (12)와 같이 복원률로 나타내었으며, (그림 4)에는 워터마크 복원과정을 도시하였다.

$$\text{복원률} = \frac{\text{the number of the same pixels}}{\text{the number of the total pixels}} \times 100 \quad (12)$$



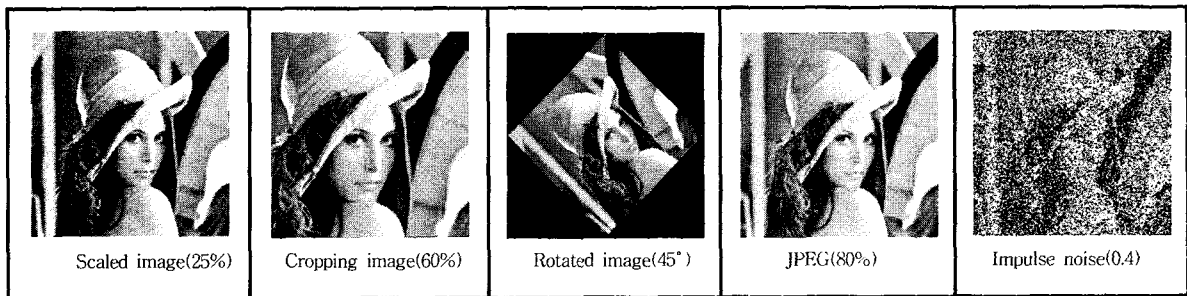
(그림 4) 워터마크 영상의 복원과정

3. 실험 및 실험 결과

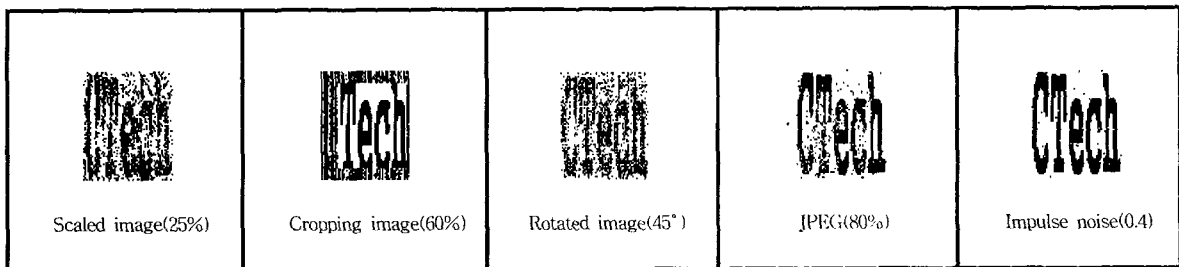
(그림 5)는 실험 영상으로 원 영상, 워터마크 영상 및 워터



(그림 5) 실험 영상



(그림 6) 변형 영상들



(그림 7) 복원된 워터마크 영상들

마크가 삽입된 영상을 나타낸다. 워터마크 영상은 64×64 2진 영상으로, 실험영상으로는 256×256 그레이 레벨의 Camera-man, Lena 및 Baboon 표준영상을 각각 선택하였다.

워터마크가 삽입된 영상의 화질 저하를 살펴보기 위하여 PSNR을 계산한 결과, 3가지 표준영상 모두 93.2 dB로 기존의 대역확산 기법에 비하여 시각적으로도 워터마크의 삽입여부를 구분하기 어려우며 영상의 화질 저하가 거의 없다는 것을 알 수 있다. <표 1>은 Lena 표준영상에 대해서 기존의 대역확산 기법과 본 논문에서 제안한 기법의 PSNR을 나타낸다.

<표 1> Lena 표준영상에 대해 알고리즘에 따른 PSNR

	제안한 기법	Cox (DCT)	Cox (Wavelet)	Xia (Wavelet)
PSNR (dB)	93.2	51.36	42.43	50.12

제안된 워터마킹 기법의 강인성을 평가하기 위하여, (그림 6)과 같이 워터마크 삽입 영상에 가해질 수 있는 영상 처리나 고의적인 왜곡을 통해 손상된 영상들에 대해 실험하였다. 또한, JPEG 손실 압축에 대하여도 제안한 기법이 강인하다는 것을 알아보기 위하여 압축률을 10%에서부터 90%까지 변화시키면서 실험하였고, 제안한 기법이 임펄스 잡음하에서도 강인하다는 것을 보이기 위하여 임펄스 잡음 전력밀도를 변화시키면서 잡음이 첨가된 영상에 대해서도 실험하였다.

(그림 7)은 (그림 6)의 변형된 영상, JPEG 손실 압축 및 임펄스 잡음들로 영향을 받은 영상들로부터 복원된 워터마크 영상들을 보이고, <표 2>는 이러한 공격을 받은 영상들과 워터마크 삽입 영상 사이의 PSNR과 워터마크 영상의 복원률을 나타내었다.

<표 2> 공격을 받은 영상들에 대한 PSNR과 복원 워터마크 영상의 복원율

영상 처리 항목		PSNR (dB)			복원률 (%)		
		camera man	Lena	baboon	camera man	lena	baboon
축 소	60%	25.36	30	26.49	99.68	99.63	99.8
	40%	23.91	28.01	24.19	92.77	90.75	92.5
	25%	22.37	26.49	23.2	81.88	78.59	85.08
회 전	20°	21.71	24.67	22.75	79.81	82.64	83.08
	45°	22.34	26.32	23.22	80.57	79.83	81.54
	90°	54.99	47.37	34.8	99.22	99	99.1
JPEG 손 실 압 축	90%	26.18	28.44	24.83	83.67	85.28	78.10
	80%	28.11	30.66	26.54	89.65	92.90	82.62
	70%	29.32	31.79	27.53	89.50	93.80	85.52
	60%	30.14	32.51	28.25	90.36	94.82	86.01
	50%	30.84	33.17	28.92	91.06	95.51	87.30
	40%	31.55	33.78	29.64	92.48	95.85	88.99
	30%	32.47	34.56	30.65	94.26	96.95	90.48
	20%	33.79	35.54	32.21	96.88	98.22	94.14
	10%	38.95	36.93	35.11	99.61	89.78	99.27
임펄스 잡 음	0.3	10.3	10.77	10.91	99.83	99.88	99.78
	0.4	9.06	9.55	9.71	99	98.93	99.05
	0.5	8.15	8.56	8.74	97.19	96.73	97.17
	0.6	7.3	7.8	7.93	93.41	92.99	93.12
	0.7	6.62	7.15	7.30	86.45	86.26	81.11
	0.8	6.04	6.56	6.71	77.47	76.71	77.1

영상 변형에 대한 강인성의 실험 결과로 영상의 확대 및 축소, 회전의 경우에 제안한 기법의 성능이 기존의 대역확산 기법들에 비하여 매우 우수한 결과를 나타내었다. 영상을 확대한 경우에는 워터마크 영상을 모두 복원하였고, 원 영상 크기의 25%로 축소한 경우에도 시각적으로 워터마크 영상을 확인할 수 있었을 뿐만 아니라 복원률 또한 우수하다는 것을 알 수 있었다. 영상을 회전하는 경우에는 회전하는 각도에 따라 다소 차이가 발생하지만, 약 80% 이상의 복원률을 성취할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 영상의 특정 부분을 잘라낸 경우에는 제안한 기법의 특성상 잘라낸 부분에 삽입된 워터마크 영상만이 복원됨을 알 수 있다. 본 실험에서는 원 영상의 60%를 잘라내어 실험한 결과, 복원률은 80.86%로 나타났다. 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. 특히, 본 논문에서 제안한 기법이 JPEG 손실 압축과 임펄스 잡음에 매우 강하다는 것을 알 수 있다. JPEG 손실 압축인 경우, 원 영상을 90%까지 압축한 상태에서도 복원률은 3가지 표준영상에서 모두 78% 이상이 되었다. 또한 제안한 기법이 대역확산 통신시스템과 마찬가지로 랜덤 잡음에 강하게 설계되었기 때문에, 극심한 임펄스 잡음하인 PSNR이 6.04 dB인 경우에도 워터마크 영상의 복원율이 77.47%로 매우 우수한 복원 능력을 보였으며, 시각적으로 워터마크 영상을 인식할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 논문은 직접행렬 대역확산 방식을 이용한 새로운 이미지 워터마킹 기법으로 확산행렬로 워터마크 영상을 확산하여 원 워터마크 영상을 부호화한 후, 주파수 영역에서 원 영상에 삽입하고 검출하는 방법이다. 256×256 그레이 스케일의 원 영상에 삽입할 워터마크는 64×64의 이진영상을 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 영상의 PSNR과 변형된 영상으로부터 검출된 워터마크의 복원율을 구하였다. 실험 결과, 워터마크를 삽입한 표준영상의 PSNR은 3가지 표준영상에서 모두 93.2 dB로 원 영상과 비교해 볼 때 화질저하가 거의 없었으며 워터마크 삽입에 대한 비가시성에 제안한 기법이 뛰어나다는 것을 알 수 있다. 워터마크가 삽입된 영상에 확대 및 축소, 잘라내기, 회전 등의 영상변형을 가한 후 변형된 영상으로부터 워터마크 영상의 복원률 또한 우수하다는 것을 알 수 있다. JPEG 손실 압축에서는 워터마크의 복원율이 89.78% 이상이었고 임펄스 잡음이 첨가되어 시각적으로 알아 볼 수 없을 정도의 화질저하가 있는 영상, 즉 임펄스 잡음밀도가 0.8인 경우에도 76.71% 이상의 워터마크 복원율을 나타내었다. 따라서 제안한 워터마킹 기법이 비가시성 뿐만 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 요구조건이 기존의 대역확산 기법들에 비하여 성능개선이 있었다.

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

참 고 문 헌

- [1] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.6, No.12, pp.1673-1678, 1997.
- [2] X. G. Xia, C. G. Boncelet and G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," *In Proc. of IEEE ICIP '97*, pp.548-551, 1997.
- [3] A. Z. Tirkel and C. F. Osborne, "Image Watermarking A Spread Spectrum Application," *In Proc. of ISSSTA '96*, Sep. 1996.
- [4] 김진목, 유황빈. "워터마크와 공개키 암호 알고리즘을 이용한 멀티미디어 콘텐츠 보호에 관한 연구", 한국통신학회지, 제 17

권 제3호, 2000.

[5] 원치선, "디지털 워터마킹 기술 동향", 한국통신학회 부호 및 정보이론 연구회 논문집, 제3권 제1호, 1998.

[6] W. Bender, D. Gruhl, and N. Morimoto, "Techniques for data hiding," *In Proc. of SPIE '95*, Vol.2420, pp.40, Feb. 1995.

[7] I. Pitas, "A method for signature casting on digital images," *In Proc. of IEEE ICIP '96*, pp.215-218, 1995.

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

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

[10] C. T. Hsu and J. L. Wu, "Multiresolution watermarking for digital images," *IEEE Trans. on Circuits and Systems*, Vol.45, No.8, pp.1097-1101, Aug. 1998.

[11] Y. Park, H. R. Kim and J. S. Lee, "Effective Hybrid Digital Watermarking Scheme Using Direct Sequence-Spread Spectrum Method," *In Proc. of IEEE ICT 2001*, Vol.3, pp.500- 503, 2001.



박 영

e-mail : py@ctech.ac.kr

1990년 청주대학교 전자공학과 (공학사)
 1994년 청주대학교 전자공학과 (공학석사)
 1997년 청주대학교 전자공학과 (박사수료)
 1999년~현재 충북과학대학 정보통신과
 조교수

관심분야 : 영상통신, 디지털 워터마킹, 디지털 영상신호처리,
 멀티미디어 시스템



이 주 신

e-mail :

1975년 명지대학교 전자공학과 (공학사)
 1977년 홍익대학교 전자공학과 (공학석사)
 1986년 명지대학교 전자공학과 (공학박사)
 1992년~현재 청주대학교 첨단공학부 교수
 관심분야 : 디지털 영상신호처리, 이동물체
 추적, 패턴인식, 스테레오 비전