

논문-00-5-2-15

블록 기반 웨이블릿 변환을 이용한 워터마킹 기법

이정수*, 김희율*

A Watermarking Technique using Block-based Wavelet Transform

Lee Jung Su* and Kim Whoi Yul*

요 약

본 논문에서는 블록 기반의 웨이블릿 변환을 이용한 워터마킹 기법을 소개하고자 한다. 시각모델을 이용하여 워터마크를 삽입함으로써 워터마크를 삽입한 영상(워터마크된 영상)과 워터마크를 삽입하지 않은 원래 영상(원 영상)을 비교할 때 시각적으로 워터마크가 눈에 띄지 않도록 하였다. 또한, 워터마크를 영상의 모든 주파수 대역에 삽입함으로써 영상처리에 강인하도록 설계하였다. 특히, 잡음과 JPEG압축에 강인함을 확인할 수 있었고 워터마크된 영상에 임의의 조작을 가했을 때도 원 영상없이 조작된 부분을 검출할 수 있도록 하였다. 제안한 워터마킹 시스템은 실험을 통해 워터마크의 비가시성, 강인성, 그리고 원 영상없이 검출할 수 있는 특성을 모두 만족함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we introduce a watermarking technique using a block-based wavelet transform. Our objective is to achieve the invisibility of the watermark embedded into an image. That is, the difference between the original image and the watermarked image is perceptually invisible. Also, we propose a scheme that is robust to common image processing by embedding the watermark into all frequencies. Especially, we certified that the proposed watermarking algorithm was robust to JPEG compression and noise. In addition, our detection scheme can detect the manipulated area for the purpose of authentication. From the experimental results, we conclude that the proposed watermarking system satisfied the objectives proposed in this paper.

I. 서 론

최근, 정지영상, 동영상, 음성 등의 멀티미디어 콘텐츠가 디지털화 되고, 네트워크가 발달함에 따라 영상을 포함한 멀티미디어 데이터의 접근이 용이해졌다. 이러한 데이터의 불법적 사용과 인위적인 조작으로부터 소유권과 저작권을 효율적으로 보호하기 위한 기술로써 워터마킹 기술이 제안되었다.

워터마크는 크게 두 가지의 특징, 즉 워터마크가 삽입

됐을 때 눈에 보이지 않아야 한다는 것과 여러 영상처리에 강인해야한다는 특징을 지녀야한다.

위의 두 특성을 가지기 위한 워터마크에 대한 연구는 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있는데, 공간영역에서 워터마크를 삽입하는 방법과 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법이 있다. 공간영역에서 삽입하는 방법과 검출이 용이하다는 장점이 있지만 여러 가지 영상 처리에 강인하지 못하다는 단점을 가지고 있다. 이에 비해 주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 방법은 확산 대역 통신의 개념을 이용하기 때문에 잡음에 강인하고 기타 여러 가지 영상 처리에 강인하다는 장점을 지닌다^[1].

위의 두 가지 특성 외에도 워터마크를 검출하는 데 있

* 한양대학교 전자공학과 영상공학연구소
Image Eng. Lab., Dept. of Electronics Eng., Hanyang Univ.

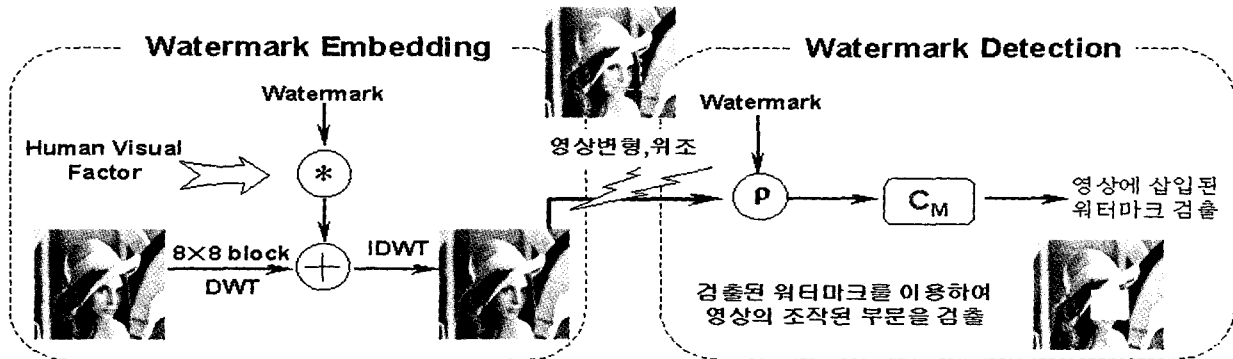


그림 1. 워터마크시스템의 개략도
Fig. 1. Outline of the watermark system

어 원 영상을 필요로 하지 않아야 한다는 특징을 가져야 하는데, 이것은 웹 검색 로봇(web search robot)이나 의료 영상, 기타 영상의 진위를 파악하기 위해서는 꼭 필요한 조건이기 때문이다^[2]. 기존의 원 영상을 필요로 하지 않는 워터마크 검출법에는 통계적인 방법과 상관도를 이용한 방법이 있다. 그러나 통계적인 방법의 경우 워터마크의 삽입 여부, 즉 이 영상이 나의 것인지 아닌지만을 가려낼 수 있다는 단점을 지니고, 상관도를 이용하는 방법은 이 영상의 지적 소유권자를 알아낼 수 있는 반면 주파수 영역의 특정 영역의 부분에 워터마크를 삽입하고 검출하는 방법이기에 때문에 워터마크가 삽입된 위치를 알게 되면 워터마크의 제거가 가능하다는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 웨이블릿을 기반으로 압축율을 높이고 화질 열화를 방지하기 위해 영상에 적응적으로 양자화 표를 조정하는 이론을 이용하여 영상의 주파수, 양자화 표에 따라 워터마크의 크기를 조절하여 삽입함으로써 영상의 특성을 고려하였다^[3]. 또한 영상의 저주파 대역에서 고주파 대역까지 고르게 워터마크를 분포시킴으로써 여러 가지 영상처리(필터링, 압축, 잡음)에 강인하게 설계하였다.

또한, 본 논문에서 새롭게 제안한 블록별 상관도의 평균을 이용하여 원 영상없이 워터마크를 검출할 수 있도록 하였다. 워터마크 시스템의 또 다른 응용으로서 영상에 고

의적인 조작을 가했을 때 조작된 부분을 검출하여 영상의 진위, 변형 여부를 확인하는 분야가 있다. 본 논문에서는 비록 그 조작의 정도가 눈에 띄지 않을 정도이다 할지라도 조작된 부분을 검출할 수 있도록 하였다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 워터마크 시스템의 개략도를 나타내고 있다.

2절에서는 워터마크를 삽입하는 방법을 소개하고, 3절에서는 삽입된 워터마크를 검출하는 방법을 제시한다. 각 단계에서 제안한 방법으로 워터마크를 삽입, 검출하였을 때, 워터마크가 가져야 할 특성을 확인할 수 있도록 실험 결과를 실었다. 다음으로 결론을 통해 본 논문에서 제안한 방법의 특성을 기술한다.

II. 워터마크의 삽입

1. 워터마크 생성

워터마크는 1과 -1로 구성된 랜덤 잡음(Random noise)으로써 사용자의 입력을 의사잡음(Pseudo noise)으로 만들어주는 6비트의 최장부호 발생기(Maximum-length sequence generator)를 이용하였다. 그림 2는 6비트의 최

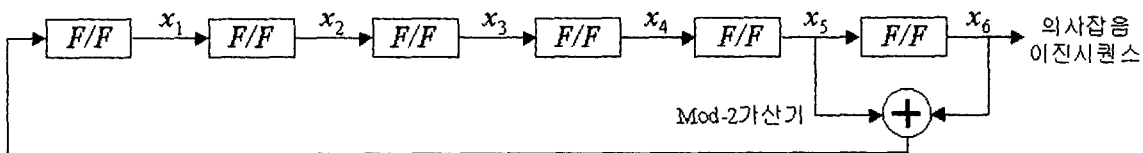


그림 2. 최장 부호 발생기(6 비트)
Fig. 2. Maximum-length sequence generator(6 bits)

표 1. 레벨과 방향에 따른 양자화 표
Table 1. Tabel for four level and orientation in DWT (QL,0)

Color	Orientation	Level			
		1	2	3	4
Y	1	14.049	11.106	11.363	14.5
	2	23.028	14.685	12.707	14.156
	3	58.756	28.408	19.54	17.864
	4	23.028	14.685	12.707	14.156
Cb	1	55.249	46.559	48.45	59.988
	2	86.789	60.485	54.571	60.476
	3	215.84	117.45	86.737	81.231
	4	86.789	60.485	54.571	60.476
Cr	1	25.044	19.282	19.665	25.597
	2	60.019	34.335	27.276	28.55
	3	184.64	77.569	47.441	39.468
	4	60.019	34.335	27.276	28.55

장부호 발생기를 보여주고 있다.

최장 부호 발생기에 의해 출력되는 의사잡음 이진 신호열은 m 비트의 경우 $N=2^m-1$ 의 주기를 가진다. 발생된 의사잡음 이진 신호열은(시프트레지스터(F/F)의 초기 상태가 모두 "0"인 것을 제외함) $2^{m-1}-1$ 개의 "0"과 2^{m-1} 개의 "1"을 가진다. 본 논문에서는 발생된 의사잡음 이진 신호열간의 자기상관 특성을 서로 다른 의사잡음 이진 신호열간의 상관도는 "0", 같은 의사잡음 이진 신호열간의 상관도는 "1"로 만들어 주기 위해 의사잡음 이진 신호열의 "0"을 "-1"로 대체하고, 의사잡음 이진 시퀀스의 마지막에 "-1"을 첨가한다.

$$R_c(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N Seq_n Seq_{n-k}$$

$$R_c(k) = \begin{cases} 1, & k = 1N \\ 0, & k \neq 1N \end{cases} \quad (1)$$

여기서, $R_c(k)$ 는 자기상관함수이고, N은 이진 신호열의 주기, k는 자기상관계열의 지연 수, Seq는 이진 신호열을 나타낸다.

2. 시각 모델을 이용한 양자화 표

워터마크된 영상의 질을 고려하기 위해 시각 모델을 이용하여 삽입될 워터마크의 크기를 결정한다. 시각 모델은 주로 영상을 압축했을 때 영상의 열화를 줄이는

방법으로부터 유추된다. 영상을 압축하기 위해서는 양자화 표를 이용하게 되는데, 이 양자화 표를 효과적으로 정해줌으로써 압축에 의한 영상의 열화를 줄여줄 수 있다.

Watson은 이산 웨이블릿 변환의 양자화 표에 의해 발생하는 오류의 양을 웨이블릿 변환 레벨, 방향, display visual resolution의 함수로써 모델링하여 양자화 값을 가시 임계치(visual threshold) 이하로 정해 주도록 함으로써 양자화에 의한 오류를 최소화하도록 양자화 표를 만들었다. Watson이 실험을 통해 만들어 낸 웨이블릿 변환에 대한 이상적인 양자화 표는 다음과 같다^[3].

그림 3은 DWT에서의 레벨과 방향의 예를 나타낸다.

(3,1)	(3,2)				
(3,4)	(3,3)	(2,2)			
				(1,2)	
	(2,4)	(2,3)			
		(1,4)		(1,3)	

그림 3. DWT의 레벨과 방향
Fig. 3. Level and orientation of DWT

3. 워터마크의 삽입

본 논문에서 제안하는 워터마크 삽입 방법은 영상을 8×8 블록으로 나누어 웨이블릿 변환을 하고, 각 블록마다 양자화 표를 이용하여 워터마크를 삽입한다. 다음과 같이 식(2)를 이용하여 워터마크를 삽입한다.

$$I_{DWT}^W = I_{DWT} + \text{Minimum}\left(|I_{DWT}| \times t_{L,O}, \frac{Q_{L,O}}{2}\right) \times W \quad (2)$$

여기서, I_{DWT} 는 영상을 웨이블릿 변환한 것이고, W 은 삽입될 워터마크를, I_{DWT}^W 는 워터마크된 영상을 나타낸다. $Q_{L,O}$ 는 Watson에 의해 정해진 양자화 표를 나타낸다. $t_{L,O}$ 는 레벨과 방향에 따라 워터마크의 크기를 조절하는 임계치로써 본 논문에서 사용된 임계치는 레벨과 방향이 각각 (3,2),(3,3),(3,4)이면 0.5를, (2,2), (2,4)는 0.35를, (2,3)은 0.25를 그리고 (1,2), (1,4)는 0.15로 설정하였다. 또한, (1,3)은 블록의 분산에 따라 분산이 크면 큰 워터마크를 삽입하고 작으면 작은 워터마크를 삽입할 수 있도록 했다.

또한, $Q_{L,O}/2$ 와 값을 비교하는 데 이것은 양자화에 대한 오류값이 최대 $Q/2$, 최소 $-Q/2$ 로 이 사이의 값으로 워터마크의 크기를 결정해 주면 워터마크가 삽입된 영상의 열화가 적어지기 때문이다.

각 대역(band)별로 워터마크의 세기를 달리하여 삽입함으로써 저주파 영역과 중간주파 영역에 삽입되는 워터마크는 영상처리(압축, 필터링, 노이즈삽입)에 강한 특성을 보였다. 또한, 고주파 영역(HH band)에 삽입되는 워터마크는 영상의 웨이블릿 변환 계수(HH band)를 워터마크 신호 자체로 대치하는데 이것은 워터마크가 삽입된 영상이 불법적으로 조작되었을 때, 조작된 부분을 검출하는 데 사용된다.

워터마크를 삽입한 후 블록별로 역 웨이블릿 변환을 수행하면 워터마크가 들어간 영상을 얻을 수 있다.

Ⅲ. 워터마크의 검출

워터마크의 검출은 크게 통계적인 방법과 상관도를 이용한 방법으로 나누어 볼 수 있다. 통계적인 방법은 워터마크의 삽입여부, 즉 워터마크의 유무에 대한 가설을 세운 후 검증을 통해 워터마크의 삽입여부를 가리게 된다. 상관도 방법은 워터마크의 삽입여부를 가리는 것과 동시에 어

떤 사용자 정보를 지닌 워터마크가 삽입되어 있는 지도 알 수 있다. 본 논문에서는 상관도 방법을 이용하여 삽입된 워터마크를 검출한다.

1. 상관계수를 이용한 워터마크 검출

본 논문에서는 의사잡음의 자기상관 특성을 이용하여 원 영상없이 워터마크를 검출하기 위하여 다음과 같은 검출과정을 거친다.

- ① 워터마크된 영상을 8×8 블록 단위로 DWT를 행한다.
- ② 각 블록별로 워터마크와 상관계수를 구한다. 상관계수는 다음 식을 이용한다.

$$\rho = \frac{1}{L-1} \sum_{s=2}^L \text{Seq}Y(s) \times \text{Seq}W(s) \quad (3)$$

여기서, L 은 시퀀스의 길이(8×8)를 나타낸다. $\text{Seq}Y$ 는 워터마크된 영상의 DWT 계수를 JPEG과 마찬가지로 Zigzag scan한 시퀀스를 나타내고 $\text{Seq}W$ 는 워터마크의 시퀀스를 나타낸다.

- ③ 각 블록별로 구해진 상관계수에 대해 평균(Avg(ρ))을 구한다.
- ④ 모든 워터마크 데이터에 대해 1~3의 과정을 반복하여 가장 높은 Avg(ρ)를 갖는 워터마크를 영상에 삽입된 워터마크로 판단한다. 실험을 통해 영상에 삽입된 워터마크와의 상관계수의 평균은 다른 워터마크의 상관계수에 대한 평균보다 크다는 것을 알 수 있었다.

2. 조작된 부분의 검출

영상에 삽입된 워터마크가 검출되면 검출된 워터마크를 이용하여 영상의 변형된 부분을 검출한다. 검출을 위해 아래의 식을 이용한다. 아래의 식을 이용하여 블록별로 상관계수를 구하고 상관계수가 어느 임계치 미만이면 변형된 부분으로 간주한다. 여기서, 상관계수를 구하기 위해 사용된 블록은 각 블록별(8 by 8)로 웨이블릿 한 결과의 HH 대역에 해당하는 부분이다. 마찬가지로 워터마크도 블록(8 by 8)의 HH 대역에 해당하는 위치의 워터마크 값을 이용한다.

$$\rho' = \frac{\langle W \cdot W^* \rangle}{\sqrt{E_w \cdot E_w}} \quad (4)$$

여기서, W 는 원래의 워터마크이고, W^* 는 변형된 워터마크를 나타낸다. E_w 는 $\langle W \cdot W \rangle$ (inner product)를 나타내고, E_{w^*} 는 $\langle W^* \cdot W^* \rangle$ 를 나타낸다^[4,5].

IV. 실험 결과

본 논문에서는 워터마크가 지녀야 할 여러 가지 특성 중에 대표적인 세 가지 특성과 고의적 조작에 대한 검출을 대상으로 실험하였다. 즉, 워터마크의 비가시성, 강인성, 그리고 원 영상없이 실험을 하였다. 이에 더해, 워터마크가 삽입된 영상을 고의적, 또는 비고의적으로 조작하였을 때 조작된 부분을 검출하는 실험하였다.

1. 워터마크의 비가시성, 검출

그림 4은 워터마크의 비가시성과 원 영상없이 워터마크를 추출하는 실험을 나타내고 있다. (a)는 원 영상(Original Image)을 (b)는 워터마크가 삽입된 영상(Watermarked Image)을 보여주고 있다. (c)는 원 영상과 워터마크 영상과의 차 영상(Difference Image)에 대해 히스토그램 스트레치(Histogram stretch)를 거친 영상이다. (d)는 발생한 모든 워터마크와 비교하여 상관도를 비교하여 워터마크를 검출하는 그림(Watermark Detection)을 보여 주고 있다. 육안으로 보기에 영상의 질에 손상을 거의 주지 않고, 또한 다른 워터마크에 비해 영상에 삽입된 워터마크와의 상관도가 커서 원 영상없이도 워터마크를 검출할 수 있음을 확인할 수 있었다. 다음식을 이용하여 픽셀당 오류(EP)를 구하면 0.0275로써 워터마크를 삽입했을 때 원 영상의 화질에 영향을 거의 주지 않음을 확인할 수 있었다.

$$E_p = \frac{1}{M \times N} \sqrt{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N (I^w(j, i) - I(j, i))^2} \quad (5)$$

여기서, M, N 은 각각 서브블록의 가로와 세로의 크기를 나타내고, I 는 원 영상을 나타내고, I^w 은 워터마크가 삽입된 영상을 나타낸다.

2. 워터마크의 강인성

여러 가지 영상처리에 대해 본 논문에서 제안한 방법

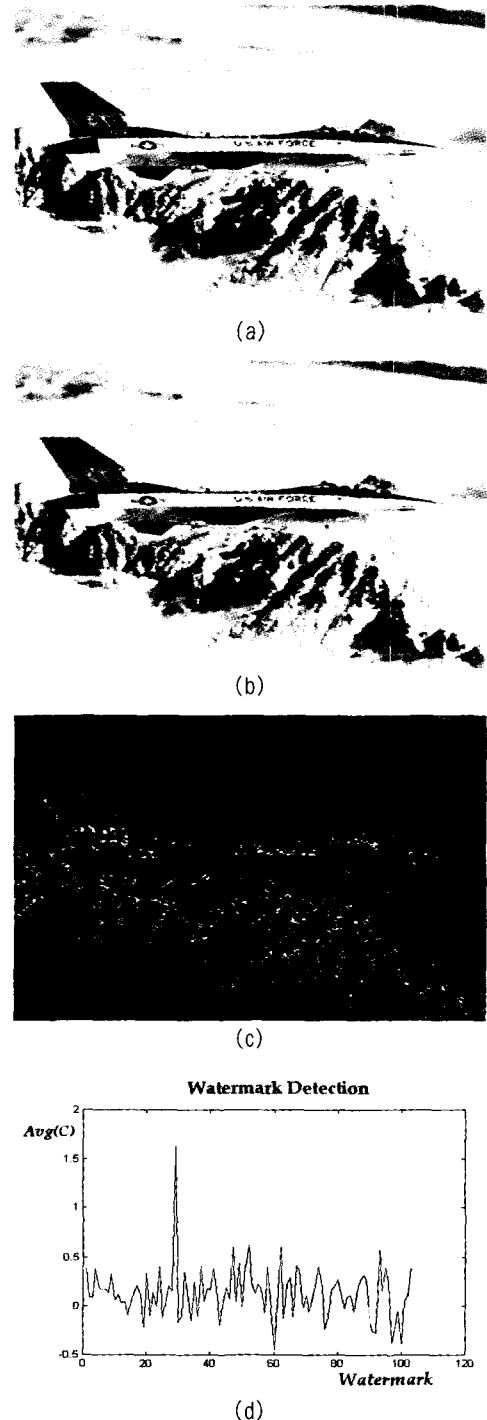


그림 4. 워터마크의 삽입과 검출 (a) 원 영상 (b) 워터마크가 삽입된 영상 (c) 히스토그램 스트레치 영상 (d) 검출된 워터마크
 Fig. 4. Watermark embedding and detection, (a) Original image (b) Watermarked image (c) Histogram stretched image (d) Detected Watermark

표 2. 워터마크 영상과 변형이 가해진 영상과의 신호 대 잡음비(SNR)

Table 2. SNR between the original watermarked image and the deformed watermarked image

제안한 워터마크 시스템		Paintshop 6.0의 워터마크 시스템 (Digimarc 사)	
영상 변형	SNR (Signal to Noise Ratio)	영상 변형	SNR (Signal to Noise Ratio)
Gaussian blur(radius-4)	17.7349 dB	blur	22.6396 dB
Sharpen more(7회)	3.9147 dB	Sharpen more(7회)	3.8307 dB
잡음 첨가(99%)	9.3693 dB	잡음 첨가(48%)	14.7201 dB
JPEG압축(97%)	19.3593 dB	JPEG압축(74%)	25.7692 dB
Wax Coating	9.1771 dB	Wax Coating	x
Trace contour	7.2745 dB	Trace contour	7.3186 dB
Erode	15.8775 dB	Erode	x
Dilate	16.0140 dB	Dilate	x
Mosaic(block size 5)	18.6162 dB	Mosaic(block size 2)	22.8992 dB

이 강인함을 보여 주기 위해 표 2에서는 워터마크된 영상이 변형이 가해졌을 때의 SNR을 보인다. 표에 나타난 SNR은 워터마크를 검출할 수 있는 최대크기의 변형을 가했을 때의 SNR로써 표에 나타난 SNR보다 낮게 되면 워터마크의 검출이 어렵다. 본 논문에서 제안한 워터마크 시스템의 성능 평가를 위해 PaintshopTM에 플러그인 되어 있는 DigimarcTM사의 워터마크 시스템과 비교하였다. 여기서 잡음은 변형이 가해진 워터마크된 영상에서 원래의 워터마크된 영상을 뺀 값으로 정의한다. 실험을 통해 영상이 크게 변형되었다 할지라도 워터마크를 추출할 수 있음을 확인할 수 있었다. 워터마크 영상의 변형은 PaintShop을 통해 이루어졌다. 여기서 SNR은 다음과 같이 정의한다^[6]. 표에서 X표시된 부분은 해당되는 영상변형에 대해서는 워터마크를 검출하지 못함을 나타낸다.

$$SNR = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N I^w(j, i)^2}{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N (I_m^w(j, i) - I^w(j, i))^2} \right) \quad (6)$$

여기서, I_m^w 는 워터마크가 삽입된 영상이 변형된 것이다.

그림 5는 제안한 워터마크 시스템에 대해 표 1에서 나타난 SNR을 영상으로 보여주고 있다.

그림 5와 같이 여러 가지 영상처리에 의해 심하게 변형된 영상에 대해서도 삽입된 워터마크를 검출할 수 있었고, 변형의 정도가 커질수록 검출률은 떨어지지만 영상에 삽입된 워터마크와의 상관도는 다른 워터마크와의 상관도에 비해 높았다.

3. 고의적인 조작이 있는 부분의 검출

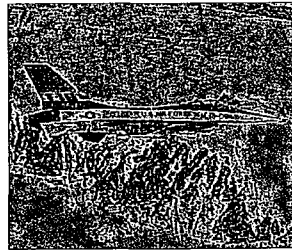
그림 6은 영상에 어떤 불법적인 조작이나 변형을 가했을 때, 조작이 가해진 부분을 추출하는 그림을 보여주고 있다. (a)의 경우, 비행기 영상에 작은 비행기를 임의로 첨가했을 때, 비행기 영상에 워터마크가 삽입되어 있다면, 워터마크와 추가된 비행기 부분을 검출하는 그림을 나타낸다. 육안으로 볼 때 원래 비행기 두 대가 날아가는 장면인지, 아닌지는 판별하기 힘들지만 본 워터마크 시스템을 이용하면 추가된 비행기를 조작된 부분으로써 잘 찾아내고 있음을 볼 수 있다. (b)의 경우 원 워터마크 영상에 수정(retouch)를 가했지만 질감(texture)부분을 수정함으로써 만약 원 영상이 없었다면 변경된 부분을 쉽게 알지 못할 것이지만 본 논문에서 제안한 워터마크 시스템에 의해 변경된 부분을 검출하고 있음을 보여준다. (c)는 baboon 영상에서 눈 부분을 다른 눈으로 바꾸었을 때 바뀐 영역이 검출되는 것을 보여주고 있다.



(a) 원 워터마크 영상



(b) 블러



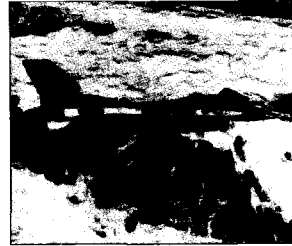
(c) Sharpen more



(d) 잡음 첨가



(e) 압축



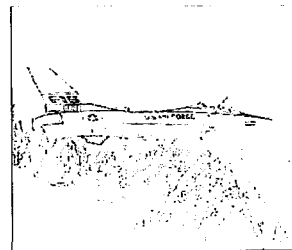
(f) 왁스 코팅



(g) Dilate



(h) Erode



(i) Trace contour



(j) Mosaic

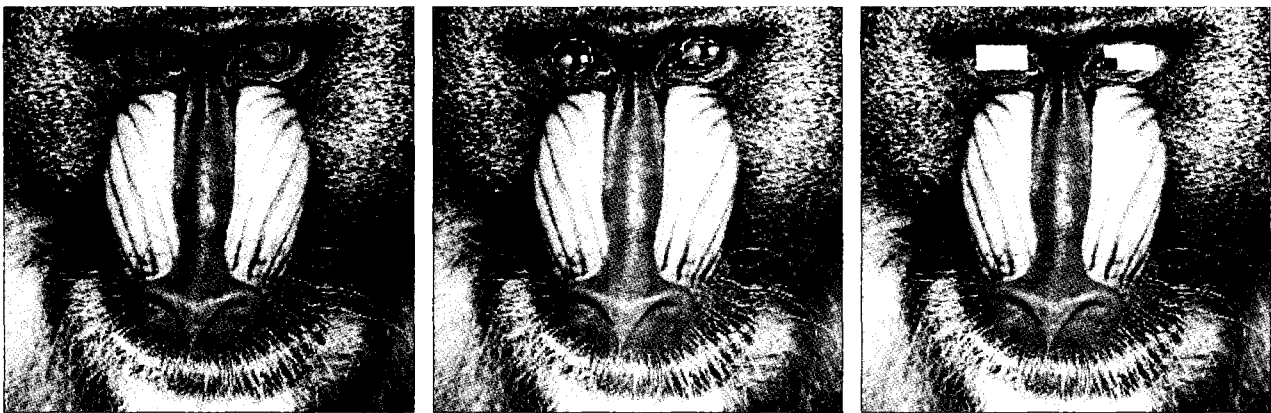
그림 5. 워터마크영상과 변형된 영상. (a) 원 워터마크 영상 (b) 가우시안 블러 (c) 경계선 강화 (d) 잡음 첨가 (e) JPEG 압축 (f) 왁스코팅 (g) Dilate (h) Erode (i) Trace contour (j) Mosaic
 Fig. 5. Watermarked and deformed watermarked images, (a) Original watermarked image (b) Gaussian blur(radius-4) (c) Sharpen more(7 times) (d) Adding uniform noise(99%) (e) JPEG compression(97%) (f) Wax coating (g) Dilate (h) Erode (i) Trace contour (j) Mosaic(block size-5)



(a) 영상의 일부에 임의의 영상 첨가



(b) 영상의 일부를 Retouch



(c) 영상의 일부분을 다른 영상으로 대체

그림 6. 영상의 일부가 변형된 부분의 검출
Fig. 6. Detection of the manipulated regions

V. 결 론

본 논문에서는 웨이블릿 변환을 이용하여 블록 단위로 워터마크를 삽입하는 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 워터마크가 가져야할 여러 가지 성질 중에 비가시성과, 강인성을 갖도록 하였을 뿐만 아니라 원 영상 없이도 워터마크를 추출할 수 있었다. 또한, 검출된 워터마크를 이용하여 조작된 부분을 검출할 수 있었고, 실험 IV-3에 나타난 것과 같이 육안으로 확인할 수 없을 정도의 미세한 조작에 대해서도 조작된 영역을 검출할 수 있었다. 기존의 강인한 워터마크 알고리즘과 fragile 워터마크가 상반된 개념으로 파악되었던과는 달리 여러 가지 영상처리에 강인한 워터마크와 변형에 쉽게 사라지는 fragile 워터마크의 개념을 동시에 만족한다.

워터마크를 영상에 손상을 주지 않고 삽입하기 위해 Watson이 제안한 인간의 시각 특성을 이용하였고, 워터마크의 강인성과 조작된 부분을 찾기 위해 모든 주파수 대역에 워터마크를 삽입하였다. 또한, 원 영상 없이 워터마크를 검출하기 위해 블록별 상관도의 평균 ($Avg(\rho)$)을 이용하여 워터마크가 삽입된 영상이 심하게 변형되었다 할지라도 삽입된 워터마크를 검출할 수 있었다.

본 워터마크 알고리즘은 컬러 영상에 대해서도 적용 가능하며, 원 영상 없이도 워터마크의 추출이 가능하기 때문에 의료 영상, 저작권 보호를 위한 웹에서의 검색 로봇 (search robot) 등의 여러 가지 분야에 적용될 수 있으리라 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamoan, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, Dec. 1997.
- [2] A. Piva, M. Barni, F. Bartolini and V. Cappellini, "DCT-Based Watermark Recovering Without Resorting to the Uncorrupted Original Image," *In IEEE Signal Processing Society 1997 International Conference on Image Processing (ICIP'97)*, Santa Barbara, California, Oct. 1997.
- [3] A. B. Watson, G. Y. Yang, J. A. Solomon and J. Villasenor, "Visual Thresholds for Wavelet Quantization Error," *Human Vision and Electronic Imaging Proceedings of the SPIE*, vol. 2657, no. 44, pp. 382-392, 1996.
- [4] R. B. Wolfgang, C. I. Podilchuk and E. J. Delp, "Perceptual Watermarks for Digital Images and Video," *Proceedings of the SPIE/IS&T International Conference on Security and Watermarking of Multimedia Contents*, San Jose, CA. vol. 3657, pp. 40-51, Jan. 1999.
- [5] Christine I. Podilchuk and Wenjun Zeng, "Perceptual Watermarking of Still Images," *In Electronic Proceedings of the IEEE Signal Processing Society 1997 Workshop on Multimedia Signal Processing*, Princeton, New Jersey, June 1997.
- [6] A. G. Bors and I. Pitas, "Image Watermarking using Block Site Selection and DCT Domain Constraints," *OPTICS EXPRESS, the international electronic journal of optics*, vol. 3, no. 12, Dec. 1998.
- [7] M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini and A. Piva, "Threshold Selection for Correlation-Based Watermark Detection," *in Proc. COST254 Workshop on Intelligent Communications*, L'Aquila, Italy, June 1998.
- [8] F. Bartolini, M. Barni, V. Cappellini and A. Piva, "Mask Building for Perceptually Hiding Frequency Embedded Watermarks," *Proceedings of ICIP'98, IEEE International Conference on Image Processing*, vol. 1, pp. 450-454, Oct. 1998.
- [9] 이정수, 추현곤, 황선규, 김희율, "워터마킹 시스템을 이용한 위조부분 검출", *제 12회 대한신호처리학술대회*, vol. 12, no. 1, 1999, 10.

저 자 소 개

이 정 수

1991년 ~ 1995년 2월 : 전북대학교 제어계측공학과(공학사)
1995년 ~ 1997년 2월 : 전북대학교 의용생체공학과(공학석사)
1997년 : 한양대학교 전자공학과 박사과정
주관심분야 : 워터마크, 영상처리, 패턴인식



김 회 울

1976년 ~ 1980년 : 한양대학교 전자공학(공학사)
1981년 ~ 1983년 : Pennsylvania State Univ. 전자공학(공학석사)
1984년 ~ 1989년 : Purdue University 전자공학(공학박사)
1994년 3월 ~ 1998년 2월 : 한양대학교 전자공학과 조교수
1998년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자공학과 부교수
주관심분야 : 컴퓨터비전, 영상검색, 영상 압축, 워터마크 등