

---

# 카오스 시퀀스를 이용한 견고한 디지털 워터마킹

김 현 환\* , 정 기 룡\*\*

## Robust Digital Watermarking Using Chaotic Sequence

Hyun-Hwan Kim, Gi-Ryong Jeong

### 요 약

본 논문에서는 디지털 데이터의 저작권 보호와 무단 복제 방지를 위해 기존의 M-sequence 대신 카오스 시퀀스를 이용한 새로운 워터마킹 방법에 대하여 제안한다. 강인성과 보안성은 워터마킹 처리에 있어 중요한 요소이다. 디지털 영상을 웨이블릿 변환한 후 각 부대역의 계수값들을 인간의 시각 체계를 고려한 다중 임계값으로 분류하고 카오스 시퀀스와 삽입할 워터마크 영상 그리고 랜덤 발생기로 생성된 다중 워터마크 가중치를 이용하여 워터마크 영상을 삽입하였다. 워터마크 검출은 웨이블릿 변환된 각 부대역간의 차신호를 이용하여 검출하였으며 여러가지 가능한 공격에 대해 성능 실험을 하였다. 카오스 시퀀스는 생성하기가 매우 쉬우며, 초기 값에 따라 전혀 다른 시퀀스를 생성하므로 M-sequence에 비해 보안성(security)면에서 더욱 안전하다는 장점을 갖고 있다.

### ABSTRACT

This paper proposed a new watermarking algorithm using chaotic sequence instead of conventional M-sequence for protecting copyright to the author. Robustness and security is very important for watermarking process. We use multi-threshold value according to the human visual system for improving robustness of watermarking to each subband images coefficient differently after wavelet transform. And then, we embedded watermark image to original image by multi-watermark weights which are made by random sequence generator. We detect watermark image from the difference data which is made from each wavelet subband images. We also simulate the efficiency from the various possible attacks. Chaotic sequence is better than M-sequence, because the one is very easy to make sequence and the chaotic sequence is changed easy according to the initial value. So, the chaotic sequence has the better security than the conventional M-sequence

### 키워드

CATV, Headend System, Division Device

## 1. 서론

인터넷과 멀티미디어 통신기술의 급속한 발달로 인해 많은 멀티미디어 콘텐츠(contents)들에 대한 다양한 수요가 급증하고 있다. 그러나 이러한 디지털 데이터들은 복사본과 원본 그리고 변형본의 구분이 어렵다는 단점으로 인해 저작권 보호와 무단 복제, 인증 등의 문제를 낳고 있다. 이러한 문제 해결을 위해 최근에는 디지털 워터마킹 기술[1]~[3],[5][8]~[11]이 가장 주목을 받고 있다. 이러한 워터마킹 기술은 디지털 데이터 내에 인식 가능한 특정 신호를 은밀하게 삽입하는 것으로 원 영상에 대한 변형을 최소화하여야 하며, 반면에 인위적인 제거 작업에도 쉽게 지워지지 않는 서로 상반되는 특성을 충족시켜야 한다. 이 방법에는 크게 공간 영역과 주파수 영역에서의 워터마킹 방법으로 나눌 수 있으며 전자보다 후자의 방법이 더 인정을 받고 있다. 주파수 영역에서의 대표적인 방법으로는 Cox의 대역확산을 이용한 워터마킹 방법이며, 여기에서는 정보신호를 변조하는데 M-sequence라고 하는 유사 잡음열(Pseudo noise sequence)를 사용하였다[4].

M-sequence는 자기상관 함수가 좋고 백색잡음과 같은 성격을 갖지만, 부분적인 상관(correlation)이 되었을 경우에는 상호상관(cross correlation)되는 부분에서는 큰 스파크가 발생하며, 생성할 수 있는 시퀀스의 수도 적다는 것이 단점이다. 본 논문에서는 최근 각 분야에서 많이 연구되고 있는 카오스 시퀀스(CS: Chaos sequence)를 이용한 효과적인 워터마킹 방법을 제안한다. 카오스 시퀀스는 생성하기가 매우 쉬우며, 초기 값에 따라 전혀 다른 시퀀스를 생성하므로 M-sequence에 비해 보안성(security)면에서 더욱 안전하다고 볼 수 있다. 또한 생성된 시퀀스는 상관관계가 없는 랜덤한 잡음과 유사하지만 각종 변형을 가하여도 그 특성을 강하게 유지하는 장점을 갖고 있다[5].

워터마크는 크게 의사랜덤 이진패턴과 실수패턴 그리고 이진이미지패턴으로 분류할 수 있다. 기존의 카오스 시퀀스를 이용한 워터마킹 논문은 실수 패턴의 정규분포  $N(0, 1)$ 을 따르는 실수 계열로 워터마크를 구성하는 논문으로 워터마크 삽입은 수월하지만 저작권자 확인이라는 차원에서는 이진이미지패턴 워터마킹에 비해 떨어지는 약점을 갖고 있다. 본 논문은 이

진이미지패턴 워터마킹으로 카오스 시퀀스를 이용하여 정보신호인 워터마크를 변조하는데 기존의 M 시퀀스나 Gold 시퀀스대신에 사용하여 보안성면에서 더욱 안전을 기할 수 있도록 하였다.

본 논문에서는 먼저 디지털 영상을 웨이브렛 변환한 후 마지막 부대역의 값을 여러 레벨로 나누어 각 레벨 별로 서로 다른 워터마크 가중치를 랜덤 발생기를 이용하여 생성하게 한다. 이렇게 생성된 워터마크 가중치와 카오스 시퀀스, 그리고 워터마크 영상을 조합하여 워터마크를 삽입한다. 추출 방법은 원영상과 워터마크 영상을 동일한 레벨로 웨이브렛 변환한 후 각 부대역 간의 차를 구하여 카오스 시퀀스의 값에 따라 워터마크 영상을 검출하게 된다.

## II.이론적 배경

### 1. Chaotic system

이산 신호를 표현할 수 있는 가장 간단한 형태의 1 차원 맵은 다음과 같다.

$$x_{k+1} = r(x_k) \tag{1}$$

여기서  $X_k \in R^n$ 이고  $0 < x_k < 1 (k=0, 1, 2, 3, \dots)$ 이며,  $r: [0, 1] \rightarrow [0, 1]$  구간의 값을 갖는 비선형 맵이다. 초기값  $x_0$ 에서  $r$ 를 되풀이한다면 일련의 시퀀스 ( $X_k; k=0, 1, 2, 3, \dots$ )를 얻을 수 있게 된다.

매우 단순하고 가장 많이 알려진 카오스 맵은 Logistic map으로 다음과 같이 정의된다.

$$x_{k+1} = \mu x_k(1 - x_k) \tag{2}$$

위에서 분기 요소(bifurcation parameter)  $\mu$ 는  $0 \leq \mu \leq 4$  사이의 값을 가지며, 만약  $3.5699456 \dots \leq \mu \leq 4$  사이에 있으면 Logistic map이 카오스 상태에 존재한다. 즉, 생성된 카오스 시퀀스 ( $X_k; k=0, 1, 2, 3, \dots$ )는 주기성을 가지지 않으며 수렴하지도 않는다. 그리고 카오스 시퀀스는 초기 값들에 매우 민감하다. 즉 초기 조건을 조금만 바꾸어서 카오스 시퀀스를 발생시키면 이 신호들은 전혀 다른 시퀀스가 된다. 또 다른 맵은 차수 k를 변수로 갖는 Chebyshev map으로 아래와 같이 정의된다.

$$\tau(x_{k+1}) = \cos(n(\cos^{-1}x_k)) \tag{3}$$

여기서  $X_k$ 는  $[-1, 1]$  구간에서 정의된다.

여기서, 카오스 시퀀스의 특성은 결정론적(deterministic)이며 잡음과 같은 동적 특성을 갖고 있어 디지털 통신과 암호화를 비롯한 다양한 분야에 널리 이용되고 있다.

카오스 시퀀스의 장점은 다음의 세 가지로 정의할 수 있다.

- 첫째 : 시퀀스 생성이 간편하다.
- 둘째 : 초기 조건에 민감하다.
- 셋째 : 잡음처럼 보인다.

## 2. 웨이블릿 변환

웨이블릿 변환의 기본 개념은 임의의 함수를 시간-주파수 영역에서 동시에 국부성을 갖는 웨이블릿 기저함수의 선형결합으로 표현하는 것이다[6].

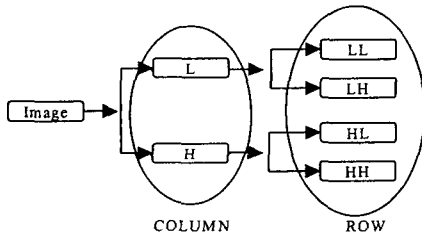


그림 1. 1단계 웨이블릿 변환  
Fig. 1. One step Wavelet transform

이러한 웨이블릿 기저함수는 기본 웨이블릿(mother wavelet)과 스케일 함수(scaling function)의 스케일 파라미터(scaling parameter)를 확장(dilation)하고 천이 파라미터(translation parameter)를 가변하여 구해진다. 신호  $f(x)$ 의 웨이블릿 변환은 식 (4)과 같다.

$$W_f(a, b) = \frac{1}{|a|^{1/2}} \int \psi \left[ \frac{x-b}{a} \right] f(x) dx \quad (4)$$

여기서,  $\psi$  : mother wavelet  
 $a$  : scaling parameter  
 $b$  : translation parameter

$a, b$ 가 실수일 때 연속 웨이블릿 변환이고, 정수 일때는 이산 웨이블릿 변환이다.

2차원 신호인 영상을 3단계 웨이블릿 변환하면 그림 1과 같이 서로 다른 단계의 다해상도 특성을 갖는 부 대역을 얻게 된다. 여기서, LL3대역은 원영상에

비하여 해상도가 1/64로 줄어든 저주파 성분이고, 나머지 LH3, HL3, HH3 대역은 각각 수직, 수평, 대각선 방향의 에지 특성을 갖는 고주파 성분이다.

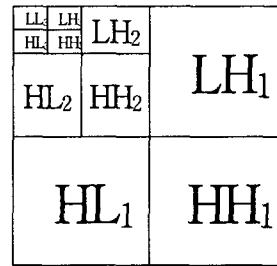


그림 2. 웨이블릿 변환의 구성도  
Fig. 2. Each sub-band images and frequency characteristics of 3rd level wavelet transform.

## III. 제안 알고리즘

제안한 방법에서 워터마크 삽입은 먼저 저작권자만이 알 수 있는 임의의 초기 값으로 생성된 카오스 시퀀스와 삽입할 워터마크 영상 그리고 랜덤 발생기로 생성된 적응적인 다단계 워터마크 가중치를 이용하여 간단한 연산을 수행한다. 또한, 원영상을 웨이블릿 변환하여 변환된 부대역에서의 다중 임계값을 계산한 후, 구해진 임계값에 따라 워터마크를 다중 삽입하는 과정으로 이루어진다. 검출 알고리즘에서는 워터마크 된 영상과 원영상을 삽입시와 동일한 레벨로 웨이블릿 변환을 한 후 마지막 부대역들에 대한 차를 구하고 카오스 시퀀스의 값에 따라 워터마크를 검출한다. 성능평가 기준으로는 원 워터마크와 검출된 워터마크 사이의 PSNR, NC(Normalized Correlation), 에러율을 측정하였으며 주관적인 판별 방법도 병행하였다.

1. 워터마크 삽입

카오스 시퀀스의 값을  $CS_{ij}$ 라고 하면  $CS_{ij}$ 는  $\{-1, 1\}$ 로 구성이 되는 열이다. 워터마크 삽입은 식(5)에 따라 단순히 더하는 것으로 삽입된다[4].

$$V_{ij}^* = V_{ij} + \alpha \times CS_{ij} \times W_{ij} \quad (5)$$

식(5)는 Cox.등에 의하면 다른 삽입 방법에 비하여 견고성이 떨어진다는 단점을 가지고 있다 했으나, 본 논문에서는 다중 임계값과 랜덤 발생기를 이용하여  $\alpha$ 의 값을 적용적으로 다양하게 발생시킴으로써 다른 삽입방법에 비하여 아주 강인한 방법으로 사용할 수 있었다. 삽입 방법은 아래와 같은 단계를 가지며 전체적인 과정은 그림 3과 같다.

【단계 1】 원영상을 3단계 웨이브렛 변환 워터마크 삽입 또는 파일 저장시 양자화 오차가 최소가 되도록 Haar 웨이브렛 변환의 계산 방법을 정수형 계산이 가능하도록 변경하여 사용하였음.

【단계 2】 Chaos Sequence(CS)생성.

【단계 3】 다중 임계값 결정. 변환된 3번째 부대역에서 삽입될 워터마크의 위치에 해당하는 값만을 정렬 하여 5개의 레벨로 나눈다. 각 레벨에 해당하는 크기는 PSNR과 견고성을 고려하여 결정한다.

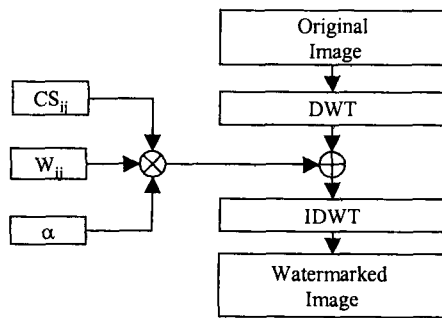


그림 3. 워터마크 삽입 알고리즘  
Fig. 3. Algorithm for embedding watermark

【단계 4】 워터마크 가중치( $\alpha$ ) 결정  
• 각 부대역별 웨이브렛 계수 값( $V_{ij}$ )이 큰 신호는

중요한 신호이므로  $\alpha$ 를 크게 하고 그렇지 않은 신호는 상대적으로 작게 한다.

- 워터마크된 영상과 원영상과의 Grey값 차이가 항상  $\pm 1 \sim \pm 8$ 의 범위가 되도록  $\alpha$ 의 발생 가능한 범위를 랜덤 발생기를 이용하여 조정한다.
- 본 논문에서는  $\alpha$ 를 랜덤발생기를 사용하여  $V_{ij}$ 의 값에 따라 5단계의 레벨로 나누어 생성하였다.  
예) 임계치가 가장 큰 레벨:  $\alpha=48 \sim 64$   
임계치가 가장 작은 레벨:  $\alpha=16 \sim 32$

【단계 5】 단계5. 워터마크 삽입

- 입력할 워터마크( $W_{ij}$ )와 카오스 시퀀스 그리고 랜덤 발생기로 생성된 다단계 워터마크 가중치를 이용하여 간단한 연산을 수행 후 식(5)와 같이 워터마크를 삽입한다.

【단계 6】 3번째 레벨의 부대역 모두에 대하여 단계 3에서 단계 5를 반복 수행

【단계 7】 워터마크된 영상 생성

- 역 웨이브렛 변환을 수행함으로써 만들어 진다.

2. 워터마크의 검출

워터마크된 영상으로부터 워터마크를 검출하기 위해서는 먼저 원영상과 워터마크된 영상을 웨이브렛 변환한다.

웨이브렛 변환을 거친 두 영상의 각 부대역간의 차 신호( $\delta$ )를 구하고 삽입시와 동일하게 생성된 카오스 시퀀스의 값과 비교하여 워터마크 영상을 검출한다. 워터마크 검출 알고리즘은 그림 4와 같다.

IV. 실험결과 및 성능 분석

본 논문에서는 512x512의 Lena 영상을 실험 데이터로 사용하였고, 삽입할 워터마크 정보는 4,096개의 직관적인 정보를 이용하였다. 카오스 시퀀스는 Logistic Map으로 알려진 Verhulst 방정식이며 4,096개의 시퀀스를 생성하여 이용하였다. Hui Siang 등의 연구에서는 카오스 시퀀스 자체를 워터마크로 이용하였지만 본 논문에서는 워터마크를 삽입할 때 가중치의 가감을 결정하는 파라미터로 카오스 시퀀스를 이용하였다.

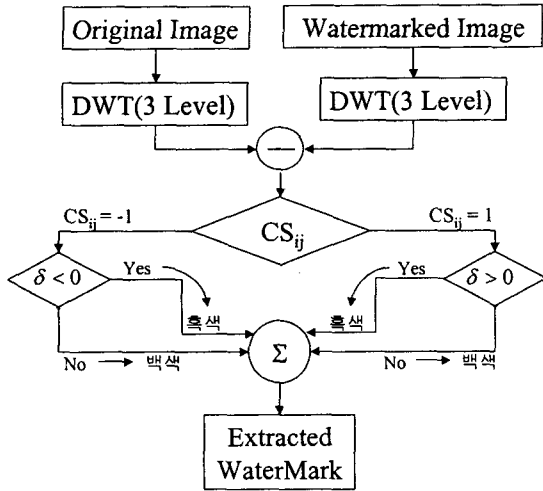


그림 4. 워터마크 검출 알고리즘  
Fig. 4. Algorithm for detecting watermark

1. 에러율 계산

워터마크 삽입여부를 판단하기 위한 방법으로는 시각적 판단과 에러율 측정을 통한 판별 방법을 사용한다. 에러율 계산은 원래의 워터마크( $W_{ij}$ )신호와 검출된 워터마크( $W_{ij}^*$ )신호를 비교하여 삽입된 워터마크의 위치에서 검출하지 못할 경우와 삽입하지 않은 위치에서 검출될 경우로 나누어 생각할 수 있다.

- $W_{ij}^* = Y_{ij} + Y_{ij}^*$  인 관계에서
- $Y_{ij}$  :삽입된 위치에서 검출된 신호
- $Y_{ij}^*$  :삽입하지 않은 위치에서 검출된 신호

삽입된 워터마크의 위치에서 검출하지 못할 에러율 ( $\epsilon_1$ )

$$\epsilon_1 = \frac{N(W_{ij} - Y_{ij})}{N(W_{ij})} \times 100(\%) \quad (6)$$

삽입하지 않은 위치에서 검출될 경우의 에러율( $\epsilon_2$ ),

$$\epsilon_2 = \frac{N(Y_{ij}^*)}{N(U_{ij} - W_{ij})} \times 100(\%) \quad (7)$$

이때,  $U_{ij}$  : 워터마크 영상 전체 집합  
 $N(W_{ij})$  :  $W_{ij}$ 의 데이터 총 개수

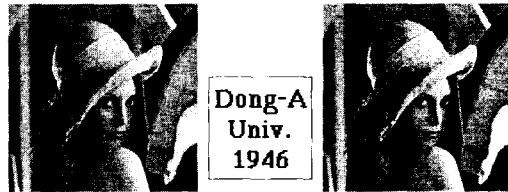
2. 정규화된 상관관계

정규화된 상관관계(NC : Normalized Correlation)는 원 심볼 워터마크와 추출된 심볼 워터마크가 일치될 때에 1이 되도록 상관관계를 규준화한 표현으로 다음과 같이 표현하여 유사도를 평가할 수 있다[8].

$$Normalized\ Correlation(NC) = \frac{\sum_i \sum_j W_{ij} W_{ij}^*}{\sum_i \sum_j [W_{ij}]^2} \quad (8)$$

3. 비가시성

그림 5에서 볼 수 있듯이 제안된 방법을 적용하여 워터마크를 삽입하는 경우, 시각적으로 워터마크의 삽입여부를 구분하기는 어렵다. 워터마크된 영상의 화질 왜곡의 정도를 살펴보기 위해서 PSNR을 계산하였다. 표 1에서 알 수 있듯이 워터마크를 삽입하여도 영상의 화질저하는 거의 없다는 것을 확인 할 수 있었다. 또한, 워터마크 가중치를 랜덤 발생기를 이용하여 발생하였으므로 측정할 때마다 약간씩 다른 값이 나온다.



(a)Lenna원영상(b)워터마크영상(c)워터마크된영상  
그림 5. 실험 영상 데이터  
Fig. 5. Three images for Watermarking  
(a)512x512 Lena original image  
(b)64x64 watermark image  
(c)512x512watermarked image

표 1. 워터마킹 후 영상의 PSNR  
Table 1. PSNR after watermarking

No	Lena	Boat	Baboon	F-16
1	55.00	54.95	54.64	51.51
2	54.62	54.94	54.76	51.71
3	55.05	55.38	55.07	51.57
4	55.16	54.78	55.00	51.55
5	54.74	55.38	54.79	51.71
평균	54.91	55.08	54.85	51.61

4. 견고성

제한된 워터마킹 알고리즘의 견고성을 평가하기 위해서 다음과 같은 다양한 공격에 대해서 견고함을 확인하였다.

- (1) JPEG압축 : 압축률은 10-90%까지 실험
- (2) 최하위 비트(LSB) Masking : 1Bit -7Bit LSB Masking실험
- (3) 일반적인 영상처리
  - Median filtering : 3×3 mask사용
  - Mosaic : 7×7 mask사용
  - Resizing I : 128×128
  - Resizing II : 256×256

(1) JPEG 압축 실험

본 실험에서 사용한 압축비는 아래의 일반화된 수식을 이용하였다 [7].

Compression ratio

$$= \frac{\text{Number of bytes in the original data set}}{\text{Number of bytes in the compressed data set}} \quad (9)$$

표 2. JPEG 압축률에 따른 성능 비교  
Table 2. JPEG Compression

압축률	PSNR1 (dB)	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	NC	PSNR2 (dB)	주관적 판단
1	55.16	0	0	1	70	검출
4.17	40.67	0	0	1	70	검출
5.65	38.45	0.57	0	0.999	31.35	검출
7.11	37.26	4.16	0	0.995	22.70	검출
8.73	36.40	15.12	0	0.987	17.09	검출
10.11	35.76	20.98	0	0.973	15.67	검출
12.80	35.08	26.84	0	0.965	14.60	검출
17.45	34.25	44.05	0	0.943	12.45	검출
24.00	32.94	57.28	0	0.926	11.31	부분검출
38.40	30.40	81.85	0	0.894	9.76	미검출

PSNR1 : 워터마크된 영상과 원영상의 신호대 잡음비.  
PSNR2 : 검출된 워터마크 영상과 원영상의 신호대 잡음비.

PSNR1 : Watermarked Image.

PSNR2 : Detected image.

Dong-A Univ. 1946	Dong-A Univ. 1946	Dong-A Univ. 1946	Dong-A Univ. 1946	Dong-A Univ. 1946	Dong-A Univ. 1946	Dong-A Univ. 1946
4.17	5.65	7.11	8.73	10.11	12.80	17.45
Dong-A Univ. 1946	Dong-A Univ. 1946			Dong-A Univ. 1946	Dong-A Univ. 1946	
24.00	38.40					

본 논문의 객관적인 평가를 위해 Chiou-Ting Hsu와 Ja-Ling Wu의 논문 결과를 이용하였다[8]. 이 논문은 DCT를 이용하여 인장을 워터마크로 삽입한 경우로 제안한 방법에서 본교의 명칭과 개교 년도를 워터마크로 사용한 경우와 직관적인 정보(Intuitive Information)를 이용했다는 부분이 유사하므로 참고하게 되었다. 디지털 워터마킹에 사용된 실험 데이터나 압축비 등은 제안한 방법들의 차이로 모든 실험 환경을 일치시킨다는 것은 불가능하므로 Chiou-Ting Hsu와 Ja-Ling Wu의 논문에서 실험한 JPEG 압축 공격에 대한 실험 결과 표 3을 그대로 인용하였다.

표 3. Chiou-Ting Hsu, Ja-Ling Wu 의 JPEG 압축 실험

Table 3. Results of JPEG compression of Chiou-Ting Hsu, Ja-Ling Wu.

압축률	3.49	4.41	5.18	5.92	6.55	7.16	7.81	8.46	9.05	9.81	10.74
PSNR (dB)	33.78	35.52	34.74	33.84	33.15	32.56	32.07	31.75	31.47	31.41	31.27
NC	0.999	0.998	0.998	0.990	0.942	0.883	0.830	0.726	0.661	0.493	0.413

Chiou-Ting Hsu와 Ja-Ling Wu의 논문에서는 압축비를 표3에서 실험한 값 이상의 높은 압축을 가할 경우 영상의 화질이 많이 저하되기 때문에 높은 압축에서의 성능 평가는 의미가 없다고 말하고 있다. 그러나, 실제 사용 목적에 따라 20:1이상의 고압축을 필요로 할 경우가 있으며 이를 위해서는 Chiou-Ting Hsu와 Ja-Ling Wu가 제안한 방법으로는 디지털 데이터에 대한 저작권 판별이 불가능함을 알 수 있다.

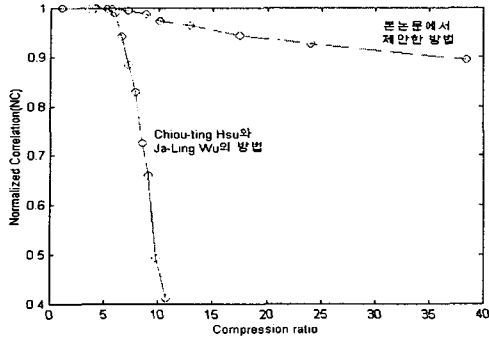


그림 6. 압축률에 따른 NC값의 비교  
Fig. 6. Comparison of NC value on compression rate

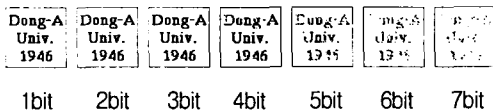
본 논문에서는 이러한 공격에서도 충분히 저작권 판별이 가능하였으며 표2에서 보는 바와 같이 38.4:1의 높은 JPEG 압축에서도 0.894의 높은 NC값을 얻을 수 있음을 확인 할 수 있었다. 그림 6에서는 두 방법을 압축비에 따른 NC값으로 비교를 하였다.

(2) LSB(Least significant bit) Masking 실험

LSB masking 결과는 표 4와 같다.

표 4. LSB Masking 결과의 성능 비교  
Table 3. Results of LSB Masking

LSB masking	PSNR1 (dB)	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	NC	PSNR2(dB)	주관적 판단
1Bit	49.34	0	0	1	70	검출
2Bit	42.24	0	0	1	70	검출
3Bit	35.56	1.13	0	0.999	28.34	검출
4Bit	29.15	11.15	0	0.986	18.42	검출
5Bit	22.99	41.02	0	0.947	12.76	검출
6Bit	16.84	63.33	0	0.918	10.87	부분검출
7Bit	11.36	86.39	0	0.888	9.5	미검출

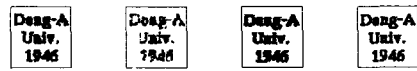


(3) Median/Mosaic/Resizing 실험

Median/Mosaic/Resizing 실험 결과는 표 5와 같다.

표 5. Median/Averaging/Resizing  
Table 5. Median/Averaging/Resizing

일반적인 영상처리	PSNR1 (dB)	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	NC	PSNR2 (dB)	주관적 판단
Median	35.54	0	11.27	0.90	10.08	검출
Mosaic	24.17	19.85	7.54	0.90	10.39	검출
Resizing I	19.03	8.32	16.32	0.85	8.16	검출
Resizing II	22.14	5.86	8.97	0.91	10.67	검출



Median Mosaic Resizing I Resizing II

V. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 웨이브렛 변환과 카오스 시퀀스를 이용하여 직관적으로 인식 가능한 워터마크를 직접 삽입하는 효과적인 워터마킹 방법을 제안한다. 워터마킹의 특성 중 견고성(Robustness)에 못지 않게 중요한 것은 보안성(Security)이라 할 수 있다. 이것은 워터마크의 삽입과정이 알려져 있다해도 관련된 파라미터 값을 알고 있지 않는 한 불법적으로 워터마크를 삭제하는 것이 불가능해야 한다는 것을 의미한다. 제안한 방법은 기존의 M-sequence를 사용함으로써 발생하는 보안성의 위험을 카오스 시퀀스를 이용하므로 워터마크를 의도적으로 제거하는 것은 매우 힘들다는 것이 장점이다. 왜냐하면 카오스 시퀀스는 생성하기가 매우 쉬우며, 초기 값에 따라 전혀 다른 시퀀스를 생성할 수 있기 때문이다. 향후는 원본 없이 워터마크를 검출할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 본다.

참고 문헌

[1] I. Pitas and T. H. Kaskalis, "Applying signatures on digital images," in Proc. IEEE Nonlinear Signal and Image Processing, June 1995, pp. 460-463.  
 [2] M.D. Swanson, B.Zhu, A.H. Tewfik, "Transparent Robust Image Watermarking," Proc. IEEE ICIP, Vol.3, Sep., pp. 211-214, 1996.  
 [3] D. Kundur, D. Hatzinakos, "A Robust Digital Image

Watermarking Method using Wavelet-Based Fusion," Proc. IEEE ICIP, Santa Barbara, California, Vol.1, pp. 544-547, Oct, 1997.

[4] Ingemar J. Cox, Joe Kilian, Tom, Leighton & Talal. Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Images, Audio and Video" ICIP'96, Vol. III, pp. 243-246, ©IEEE 1996

[5] H.Siang, L.Wang, H.Lin, J.Shi, "Digital watermarking systems with chaotic sequences", SPIE, Vol.3657, No.45, pp.449-457, 1999.

[6] M.Antonini, et al, "Image coding using wavelet transform," IEEE tr.on Image Processing, Vol.1, No.2, pp2297-2300, Apr. 1992

[7] C. Wayne Brown and Barry J. Shepherd, "Graphics File Formats reference and guide", pp.174-218, Prentice Hall, 1995

[8] Chiou-Ting Hsu and Ja-Ling Wu, "Hidden Digital Watermarks in Images" IEEE Trans. on Image processing, Vol. 8, No. 1, pp. 58-68, January 1999

[9] 김현환, 김용민, 김두영, "확산스펙트럼 방식과 웨이브렛 변환을 이용한 적응적인 이미지 워터마킹", 대한전자공학회, 한국통신학회, 부산경남지부, 1999년도 춘계 합동 학술논문발표회, 1999. 6.

[10] 김용민, 김현환, 김두영, "다단계 임계치를 이용한 마크형 디지털 워터마킹", 하계종합학술발표회 논문집(상), Vol.19, No.1, pp.738-741, 1999.

[11] 김민철, 김유신, 원치선, 이재진, "영상의 왜곡을 최소화하는 워터마킹 알고리즘", 하계종합학술발표회 논문집(상), vol.19, No.1, pp.43-46, 1999.

[12] 김현환, 김두영, "확산스펙트럼 방식과 웨이브렛 변환을 이용한 적응적인 워터마킹", 한국해양정보통신학회 논문지, vol.4, No.2, pp.389-395, June 2000.

저자소개



**김 현 환(Hyun-Hwan Kim)**

1992년 2월 : 경남대학교 전자공학과(공학사)

1994년 2월 : 동아대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

2001년 2월 : 동아대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

2001년 2월~현재 : 부산기능대학 정보통신시스템과 전임강사

관심분야: 영상처리 및 컴퓨터비전, 웨이브렛변환, 디지털워터마킹 등



**정 기 룡(Gi-Ryong Jeong)**

1983년 2월 : 한국항공대학 통신공학과(공학사)

1992년 2월 : 동아대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1997년 2월 : 동아대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1988년 4월~현재 : 한국해양대학교 해사대학 운항시스템공학부 부교수

관심분야: 영상처리 및 영상압축, 웨이브렛변환, 디지털워터마킹 등