

서로 다른 2-D 셀룰라 오토마타 기저함수를 이용한 정지영상 보호

정회원 유혁민*, 신진욱**, 윤숙***, 종신회원 박동선*

Digital Image Protection using 2-D Cellular Automata Transform with Two Different Basis Functions

Hyouck Min Yoo*, Jinwook Shin**, Sook Yoon***^o *Regular Members*,
Dong Sun Park* *Lifelong Member*

요약

본 논문에서는 정지 영상 보호를 위한 기법으로 서로 다른 두 개의 기저함수를 이용한 2-D 셀룰라 오토마타 변환을 이용한다. 셀룰라 오토마타 변환은 룰(Rule), 초기 값, 경계 조건 등 많은 변수로 구성된 게이트웨이 값을 선택하여 변환을 하며 게이트웨이 값들의 선택에 따라 다양한 기저함수를 생성할 수 있다. 본 논문에서 제안한 방법은 서로 다른 기저함수를 사용하여 생성한 계수 값과 저작권 정보를 조합하여 새로운 영상 의존 정보를 생성한다. 새롭게 생성된 정보는 게이트웨이 값들과 함께 데이터베이스에 저장하며 저작권 분쟁이 발생할 때 사용한다. 본 논문에서 제안한 방법을 검증하기 위하여 히스토그램 평활화, 미디언 필터, 잘라내기, JPEG 압축, 그리고 회전 등 다양한 방식으로 공격 받은 영상을 사용한다. 또한 다양한 기저함수를 생성한 후 기저함수에 따른 저작권 정보 검출율을 분석한다. 비대칭 기저함수를 이용한 실험결과가 히스토그램 평활화는 97%, 미디언 필터는 91%, JPEG 압축은 94%의 정보 검출율을 보였으며 에너지 집중도가 낮은 기저함수를 사용한 방법보다 우수함을 알 수 있다.

Key Words : Cellular Automata, 2-D Cellular Automata Transform (2-D CAT), Basis Functions, Gateway values, Robustness

ABSTRACT

This paper presents digital image protection technique using two different bases functions for Cellular Automata Transform (CAT). Since Cellular Automata Transform has a huge number of combinations such as rule number, initial configuration, boundary condition, and basis function type, which are called gateway values, it makes a system to be secure. Coefficients of CAT, which are generated by two different basis functions, and copyright information are used to generate new contents-based copyright message which will be stored in database with gateway values for CAT. The proposed algorithm is evaluated using various attacked images such as histogram equalization, median filter, cropping, JPEG compression, rotation, and etc.

※ 본 연구는 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2009-0077772)

* 전북대학교 전자정보공학부, 전북대학교 정보통신연구소(yhm337@nate.com)

** 전북대학교 BK21 전자정보고급인력양성사업단(jwshin@jbnu.ac.kr)

*** 목포대학교 멀티미디어공학과(syoon@mokpo.ac.kr), (° : 교신저자)

논문번호 : KICS2010-01-025, 접수일자 : 2010년 1월 25일, 최종논문접수일자 : 2010년 9월 9일

I. 서 론

지난 몇 년간 컴퓨터와 초고속 인터넷 기술의 비약적인 발전으로 텍스트, 사진, 오디오 및 비디오 등 멀티미디어 콘텐츠의 생산과 보급이 빠른 속도로 진행되어 왔다. 디지털 데이터는 복제, 편집, 저장 및 전송이 간단하고 초기 제작시부터 디지털 형태로 생산되고 있다. 또한 디지털이 갖는 편리성 때문에 각종 저작물에 대한 무단 복제 및 배포, 그리고 간단한 편집 기술 등을 이용하여 원본 저작물을 변형하여 배포하고 있는 실정이다. 이로 인하여 디지털 데이터의 소유권 및 저작권 침해 등에 대한 분쟁이 꾸준히 증가하고 있다.

디지털 데이터를 보호하기 위한 기술로는 크게 암호화 기법, 핑거프린팅 기법, 그리고 워터마킹 기법 등이 있다. 암호화 기법^[1,2]은 콘텐츠를 공간영역 또는 주파수 영역으로 변환한 후 다양한 암호화 키를 이용하여 암호화 한다. 그러나 이 방법은 정식 사용자에게 의해 복원된 콘텐츠가 불법적으로 가공되어 배포될 때 저작권 분쟁이 발생할 수 있다.

핑거프린팅 기법^[3]은 콘텐츠 기반 저작권 보호 방법으로 콘텐츠 일부 또는 전체로부터 특징점을 추출하여 소유권을 주장하는 방법이다. 이 방법은 콘텐츠 내부에 어떠한 정보도 삽입하지 않기 때문에 품질 저하가 발생하지 않으나 외부 공격에 대하여 강인성을 갖는 특징점을 추출하기 위해서는 처리시간이 많이 걸리는 문제점이 있다.

콘텐츠를 보호하기 위한 일반적인 방법으로 워터마킹 기법^[4-6]이 있다. 워터마킹 방법은 콘텐츠 내부에 저작권 정보를 직간접적으로 은닉을 하며 외부 공격에 대하여 강인성을 갖도록 공간영역 보다 주파수 영역, 즉 DCT 또는 DWT을 이용하여 변환한 후 저작권 정보를 은닉하는 방법을 사용한다. 최근에는 셀룰라 오토마타 변환 (Cellular Automata Transform - CAT)을 이용한 워터마킹 기법^[7,8] 및 디지털 이미지 암호화^[9]에 관한 연구가 진행되고 있다. 워터마킹 기법은 저작권 정보를 콘텐츠 내부에 은닉하기 때문에 콘텐츠에 대한 품질저하는 피할 수 없다.

원 영상과 동일한 품질을 지니며 콘텐츠를 보호하기 위하여 [10]에서 제안한 방법은 공간 영역에서 연산을 수행하기 때문에 외부 공격에 대하여 상대적으로 민감하고 또한 에지의 크기와 기울기만을 사용하기 때문에 보안성 면에서 떨어진다.

본 논문에서는 콘텐츠의 내부 정보를 이용하는 핑거프린팅 기법과 외부의 저작권 정보를 이용하는 워

터마킹 기법을 조합한 콘텐츠 보호 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안한 방법은 셀룰라 오토마타 기술을 기반으로 한 방법으로 셀룰라 오토마타 변환 계수를 사용한다. 셀룰러 오토마타는 Von Neuman^[11]에 의해 처음 소개 되었으며 스스로 조직화하고 재생산할 수 있는 모델이며 Stephen Wolfram^[12]에 의해 셀의 상태가 자기 자신 및 인접한 셀 상태의 국부적인 상호작용에 의해서 동시에 갱신되는 시스템으로 제안되었다. 셀룰라 오토마타는 물리, 화학, 생물학적 현상의 자연계 모델 뿐만 아니라 도시의 확장 모델 등 비선형적인 특성을 갖는 다양한 모델 등에 응용되고 있다.

셀룰라 오토마타 변환은 게이트웨이 값이라고 하는 다양한 파라미터로 구성된 값들을 이용하여 기저함수를 생성하고 생성된 기저함수를 이용하여 원 영상을 변환한다. 본 논문에서는 서로 다른 게이트웨이 값으로 생성한 두 개의 기저함수를 이용하여 콘텐츠 의존적인 새로운 저작권 정보를 생성한다. 기저함수는 다양한 조합에 의하여 생성이 되기 때문에 보안성면에서 우수하다.

실험 결과와 분석을 통하여 셀룰러 오토마타 기반의 정지영상 보호 방법은 여러 가지 공격에도 강인성을 가지고 있음을 확인하고 또한 기저함수에 변경에 따른 저작권 정보의 검출 능력을 비교한다.

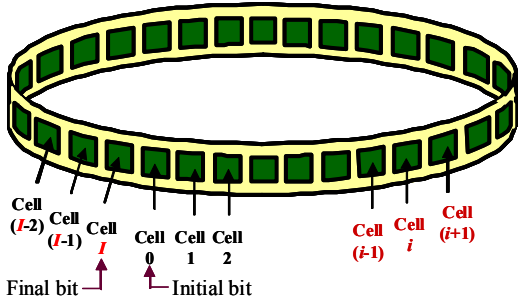
본 논문의 구성은 II장에서 셀룰러 오토마타 변환에 대한 기본 개념을 소개하고 III 장에서는 서로 다른 기저함수를 이용한 변환 계수와 저작권 정보를 이용하여 콘텐츠 기반 저작권 정보를 생성하는 방법에 대하여 자세하게 기술한다. 그리고 IV 장에서는 다양한 공격 패턴을 이용하여 생성한 영상과 기저함수의 변경에 따른 저작권 검출 실험을 통하여 본 논문에서 제안한 알고리즘을 검증하고 V장에서 결론을 맺는다.

II. 셀룰라 오토마타 변환

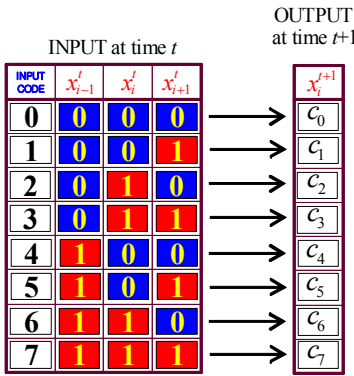
2.1 셀룰라 오토마타

셀룰러 오토마타는 동역학계를 해석하는 방법으로 공간과 시간 면에서 이산적이며 이산적인 공간의 셀들의 상태가 이웃한 셀들과의 상호작용에 의하여 동시에 갱신되는 시스템으로 물리, 화학, 생물 그리고 정보 처리의 모델로서 오랫동안 관심을 받아온 분야이다.

간단한 구조를 갖는 1-D 셀룰러 오토마타는 모든 셀들이 선형으로 배열되어 있으며 국소적 상호작용이 3개의 셀, 즉 자기 자신과 인접한 셀에 의해 갱신이 이루어지는 3-이웃 셀룰러 오토마타로 그림 1과 식



(a) 'cyclic' 경계 조건을 갖는 1-D CA



(b) Boolean 진리표

그림 1. 1차원 셀룰라 오토마타

(1)처럼 표현할 수 있다.

$$x_i^{t+1} = N(x_{i-1}^t, x_i^t, x_{i+1}^t) \quad (1)$$

식 (1)에서 3-이웃 셀룰러 오토마타에는 서로 다른 2^3 개의 이웃의 배열 상태가 있으므로 그림 1 (b)처럼 2^3 개의 상태 전이 함수가 존재한다.

$$N = \sum_{n=0}^7 C_n 2^n, \quad C_n = \{0, 1\}$$

이러한 상태 전이 함수를 만드는 함수에 정수 값을 할당함으로써 룰-0부터 룰-255까지 총 256개의 룰을 만들 수 있다.

2.2 2-D 셀룰라 오토마타 변환

2-D 셀룰라 오토마 변환은 1-D 셀룰라 오토마타 변환식으로부터 유도할 수 있다. f 는 공간영역 i 에서 함수일 때 데이터 열 f_i ($i = 0, 1, \dots, N-1$)는

$$f_i = \sum_{k=0}^{N-1} c_k A_{ik}, \quad i = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2)$$

로 정의한다^[13]. 여기에서 $A \equiv A_{ik}$ $i, k = 0, 1, \dots, N-1$ 로 셀룰러 오토마타 변환 기저함수, k 는 셀룰러 오토마타의 시간 벡터, 그리고 c_k 는 셀룰러 오토마타의 변환 계수를 나타낸다.

셀룰라 오토마타의 기저함수 A_{ik} 는 a_{it} ($i, t = 0, 1, \dots, N-1$)의 함수로서 다양한 표현방법이 존재한다. 그 중 대표적인 기저함수는^[13,14]에 표현되어 있으며 그 중 Type-2와 Type-3의 기저함수는

$$\begin{aligned} \text{Type-2 기저함수} : A_{ik} &= 2a_{ik}a_{li} - 1 \\ \text{Type-3 기저함수} : A_{ik} &= 2\rho_{ik}\rho_{li} - 1 \\ \rho_{ik} &= 2a_{ik} - 1 + \rho_{ik-1} \\ \rho_{i0} &= 2a_{ik} - 1 \end{aligned} \quad (3)$$

로 나타낸다. 여기에서 a_{ik} 는 시간 $t = k$ 일때 공간영역 i 에서 셀룰라 오토마타의 상태이다.

셀룰러 오토마타의 변환 계수 c_k 는 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} c_k &= \frac{1}{\lambda_k} \sum_{i=0}^{N-1} f_i A_{ki} \\ \lambda_k &= \sum_{i=0}^{N-1} A_{ik} A_{ki} \quad (k = 0, 1, \dots, N-1) \end{aligned} \quad (4)$$

여기에서 기저함수 A_{ik} 가 직교한다면 식(5)와 같이 표현 가능하며

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^{N-1} A_{ik} A_{kl} &= \begin{cases} \lambda_k, & k = l \\ 0, & k \neq l \end{cases} \quad (5) \\ \lambda_k (k = 0, 1, \dots, N-1) &\text{는 계수이다.} \end{aligned}$$

2-D 셀룰라 오토마타 변환은 1-D 셀룰라 오토마타 변환식을 기본적으로 이용할 수 있다. 기저함수가 $A \equiv A_{ijkl}$, ($i, j, k, l = 0, 1, \dots, N-1$)일때 f_{ij} 의 셀룰러 오토마타 변환은 식 (6)과 같다.

$$f_{ij} = \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} c_{kl} A_{ijkl}, \quad i, j = 0, 1, \dots, N-1 \quad (6)$$

여기에서 c_{kl} 는 2-D 셀룰라 오토마타 변환 계수이고 기저함수 A_{ijkl} 는 두 가지 방법으로 생성할 수 있다. 첫 번째로 2-D 셀룰라 공간에서 $\mathbf{a} \equiv a_{ijt}$, ($i, j, t = 0, 1, \dots, N-1$)로부터 직접 구할 수 있으며 두 번째로 1-D 기저함수를 이용하여 2-D 기저함수를 구할 수 있다. 즉, $A_{ijkl} = A_{ik}A_{jl}$ 이다.

그림 2는 룰 14, N이 8이며 초기 비트열 "11010100", 경계조건은 그림 1 (a)처럼 'cyclic'으로 기저함수는 Type-2를 사용한 예이며 게이트웨이 값 (룰, 셀의 개수, 초기 비트열, 경계조건, 기저함수 형태)의 조합으로 다양한 형태의 기저함수 값을 생성할 수 있다.

표 1은 N = 2, 4, 8 이고 cyclic 경계조건이며 기저함수 Type 2를 이용하여 직교인 셀룰라 오토마타 기

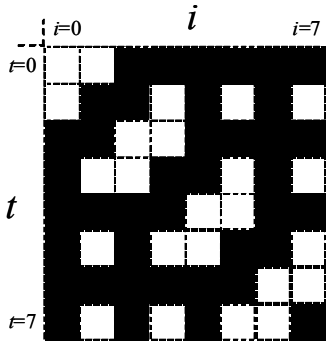


그림 2. 1차원 셀룰라 오토마타 기저함수

표 1. 1차원 Type-2 직교인 기저함수를 갖는 예

N	룰	초기 비트열	총 갯수
2	1	01	3
	128	10	1
	255	00	2
4	10	1101	6
	15	1110	8
	50	0011	4
	80	1100	8
	130	1011	9
	188	0111	7
	244	0011	8
8	11	00001100	12
	14	00101011	8
	15	10110010	32
	43	01111110	11
	47	10000001	15
	142	01101010	11
	143	01101010	11
	158	11011000	5
	159	00101011	4

저함수를 만들기 위한 예를 보여주고 있으며 특히 N = 8일 때 직교 성질을 만족하는 룰은 모두 9개의 룰에 109개의 초기값이 존재한다.

III. 변환 계수를 이용한 저작권 보호 방법

서로 다른 2-D 셀룰라 오토마타 기저함수를 이용한 저작권 보호 방법의 블록도는 그림 3과 같다. 먼저 각각의 게이트웨이 값을 이용하여 두 개의 기저함수를 생성한 후 동일한 원 영상에 대하여 2-D 셀룰라 오토마타 변환을 수행한다. 각각 생성된 계수는 저주파 영역을 갖는 그룹으로 분할한 후 두 그룹간 계수 차와 저작권 정보를 이용하여 새로운 콘텐츠 의존정보를 생성하는 방식이다.

비트 열 N = 8 일때 2-D 기저함수를 이용한 변환 및 역 변환은 식 (7)처럼 표현할 수 있다.

$$c_{kl} = \left(\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f_{ij} A_{ijkl} \right) / 8 \tag{7}$$

$$f_{ij} = \left(\sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} c_{kl} A_{ijkl} \right) / 8$$

변환된 계수는 저주파 영역 (Group 1: k=짝수, l=짝수), 중고주파 영역 (Group 2: k=짝수, l=홀수, Group 3: k=홀수, l=짝수), 그리고 고주파 영역 (Group 4: k=홀수, l=홀수)의 4개의 영역으로 분해하며 그림 4는 Lena 영상과 4개의 그룹으로 나누어진 변환 계수를 보여주고 있다.

만약 주파수 영역별로 나눈 CAT 계수의 평균 에너지를 식 (8)과 같이 정의하면 각 그룹에서의 평균 에너지를 구할 수 있으며 그림 4의 Lena 영상의 경우 저주파 영역에 99.7%의 에너지가 집중되어 있음을 알 수 있다.

$$E(i) = \frac{E[c_{kl}(i)^2]}{\sum_{i=1}^4 E[c_{kl}(i)^2]} \times 100\% \tag{8}$$

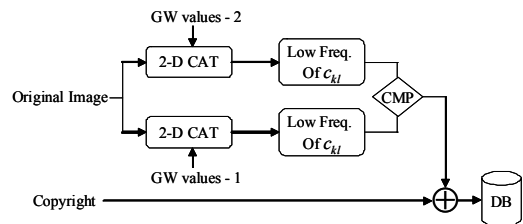
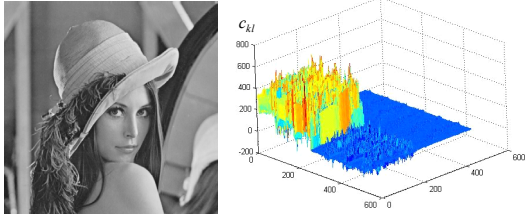


그림 3. 제안 시스템 블록도



(a) Lena 영상 (b) 그룹화된 2-D CAT 변환 계수

그림 4. Lena 영상과 그룹화된 2-D CAT 계수

변환된 계수를 4개의 영역으로 그룹화 하는 이유는 잡음 등에 민감한 고주파 영역보다는 외부 공격에 대하여 강인함을 갖는 저주파 영역을 사용하기 위함이고 그림 4에 나타난 것처럼 저주파 영역은 동일한 또는 다른 게이트웨이 값을 갖는 기저함수를 이용하여 계속 분해할 수 있다.

3.1 계수 값 차를 이용한 콘텐츠 의존 저작권 정보 생성

먼저 원 영상의 저작권 정보 O_W 를 $N \times N$ 크기의 이진 영상으로 가정할 때 난수 발생기를 이용하여 저작권 정보와 동일한 개수의 좌표 (x, y) 를 생성한다. 생성된 좌표 정보는 서로 다른 기저함수를 이용하여 생성한 계수를 선택하는데 이용한다. 각각의 저주파 영역을 갖는 그룹으로부터 선택된 계수 $c_{x,y}^a$ 와 $c_{x,y}^b$ 크기를 비교하여 중간 단계의 이진 정보 T 를 생성하며 식 (9)와 같다.

$$T = \begin{cases} 1, & c_{x,y}^a \geq c_{x,y}^b \\ 0, & c_{x,y}^a < c_{x,y}^b \end{cases} \quad (9)$$

이와 같이 생성된 임시 정보 T 와 저작권 정보 O_W 으로부터 EX-OR 연산을 수행하여 원래의 저작권 정보와 동일한 크기의 콘텐츠 의존 정보 N_W 를 생성한다. 이 정보는 게이트웨이 값들과 함께 데이터베이스에 저장되며 공격받은 영상으로부터 저작권 정보를 추출할 때 사용하며 식 (10)과 같다.

$$N_W = O_W \oplus T \quad (10)$$

그림 3의 제안 블록도에 나타난 것처럼 원 영상은 저작권과 관련된 외부 정보의 삽입 없이 원본 그대로 배포가 되며 새롭게 생성된 콘텐츠 의존 정보를 이용하여 향후 저작권 정보를 복원할 수 있다.

3.2 계수 정보로부터의 저작권 정보 복원

원 영상 또는 외부 공격으로 손상된 영상으로부터 저작권 정보를 복원하는 방법은 3.1에서 설명한 저작권 정보 생성과 동일한 방법으로 복원할 수 있다. 즉 공격받은 영상은 동일한 게이트웨이 값을 사용하여 2-D 기저함수를 생성하고 이 함수를 이용하여 CAT 변환 한다. 변환된 계수는 다시 저주파 영역으로 분리한 후 동일한 난수 발생기를 이용하여 계수를 선택한다. 선택된 계수 $c_{x,y}^a$ 와 $c_{x,y}^b$ 의 크기를 비교하여 임시 이진 정보 T' 를 생성한 후 데이터베이스에 저장된 정보 N_W 와 EX-OR 연산으로 저작권 정보 O'_W 를 복원할 수 있다.

$$O'_W = N_W \oplus T' \quad (11)$$

만약 배포한 원 영상이 외부 공격을 받지 않고 동일하다면 복원된 저작권 정보 또한 동일하다. 즉, $O_W = O'_W$ 이다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 모델을 평가하기 위하여 Stirmark^[15,16] 알고리즘을 이용하며 이 방법은 샤프닝, JPEG 압축, 잡음 첨가, 필터링, 크기 변형, 잘라내기, 회전, 세로 또는 가로 줄 제거등과 같은 다양한 방법으로 공격받은 영상을 생성한다. Stirmark 알고리즘으로 생성한 영상 이외에 추가적으로 영상 내에서 일부분을 삭제한 영상과 히스토그램 평활화 영상을 사용하여 저작권 정보 검출 실험을 한다. 원래의 저작권 정보 O_W 와 공격받은 영상으로부터 복원한 저작권 정보 O'_W 의 일치율 정도를 보여주는 BCR(Bit Correction Ratio)^[17]을 이용하여 본 논문에서 제안한 방법의 성능을 평가하며 식 (12)와 같다. 높은 BCR 값은 해당 공격에 대해 강인함을 나타내며 낮은 BCR 값은 해당 공격에 대하여 취약함을 나타낸다.

$$BCR = \left(1 - \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} O_W(i,j) \oplus O'_W(i,j)}{M \times N} \right) \times 100\% \quad (12)$$

본 논문에서 사용한 영상의 크기는 512×512 , 8 비트 그레이 영상을 사용하였으며 외부의 저작권 정보는 64×64 이진 영상으로 그림 5와 같다.



그림 5. 저작권 정보(a)와 실험 영상들(b-d)

서로 다른 2-D 오토마타 변환의 기저함수는 게이트웨이 값 (롤, 셀의 초기상태, 이웃 셀의 수, 셀의 개수, 경계 조건, 기저함수 타입 등)에 의해 생성되며 그 중 실험에 사용한 조합은 표 2와 같다.

그림 6은 그림 5의 저작권 정보와 표 2의 실험-1의 게이트웨이 값을 사용하여 기저함수를 생성한 후 실험 영상을 CAT로 변환하여 얻은 영상 의존 저작권

표 2. 실험에 사용한 게이트웨이 값

구분	실험-1	실험-2	실험-3	실험-4
롤 번호	15, 158	42, 42	15, 142	15, 15
초기값	01001101, 11011000	10101011, 10101110	00011101, 11010100	00001001, 01001101
이웃 셀	3	3	3	3
격자 크기	8	8	8	8
경계조건	Cyclic	Cyclic	Cyclic	Cyclic
기저함수	Type-2	Type-3	Type-2	Type-2

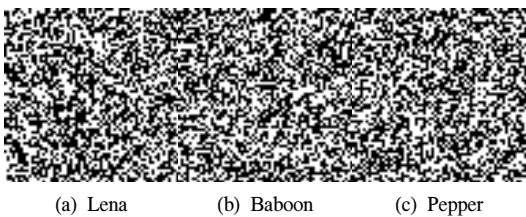


그림 6. 생성된 저작권 정보의 예

정보 영상들이다. 이 영상은 게이트웨이 값과 함께 데이터베이스에 저장되며 저작권 분쟁이 발생할 때 이용한다.

4.1 삭제 및 히스토그램 평활화 공격

삭제 공격은 영상 내부의 일부분을 지우는 형태로 삭제하는 크기를 다르게 하여 실험하였다. 히스토그램 평활화는 히스토그램을 균등하게 분산시켜 영상 전체의 명암 대비를 높이는 방법으로 전처리 단계에서 많이 이용한다.

표 3의 결과에서 알 수 있듯이 삭제되는 영역이 넓을수록 복원되는 저작권 정보도 감소함을 알 수 있다. 그러나 삭제 공격 및 히스토그램 평활화 공격에 대해서 강인성을 가짐을 알 수 있다.

표 3. 삭제 및 히스토그램 평활화 공격

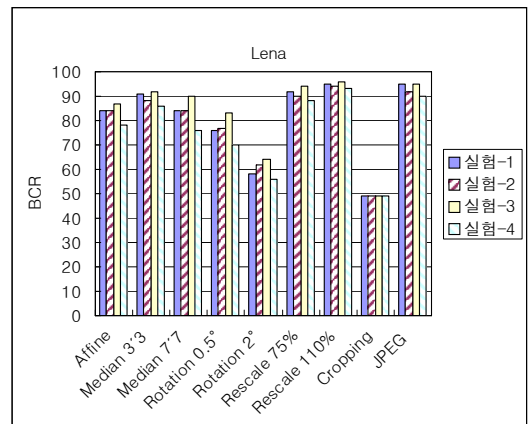
공격 형태				
실험-1	99%	92%	94%	97%
실험-2	99%	92%	93%	96%
실험-3	99%	92%	92%	97%
실험-4	99%	92%	94%	96%

4.2 Stirmark 영상을 이용한 공격

Stirmark 알고리즘은 어파인 변환, 미디언 필터, 잘라내기, 압축, 회전, 잠음 추가, 회전, 줄 삭제 등 다양한 공격받은 영상을 생성하며 그림 7은 본 논문에서 제안한 방법을 이용한 저작권 검출 실험 결과이다.

그림 7의 결과로부터 Cropping 공격과 회전 공격

그림 7. Stirmark 공격 결과 (Lena 영상)



에 대해서는 낮은 BCR 값을 보였다. 반면 어파인 변환, JPEG 압축, 미디언 필터 등의 공격에는 강인함을 알 수 있다. 실험-1과 실험-3은 실험-2와 실험-4에 비하여 모든 공격에 대하여 상대적으로 높은 BCR 값을 보여주고 있으며 이 결과로부터 게이트웨이 값의 선택이 검출율에 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

표 4는 Pepper 영상을 이용하여 [10]에서 제안한 두 종류의 경계값을 이용한 결과와 본 논문에서 제안한 방법을 비교한 결과이다. 기존 방법에서 에지의 유무를 판단할 때의 경계값이 그 결과에 많은 영향을 주기 때문에 경계값이 50일 때 Unknown image를 이용한 저작권 정보 검출율이 73%이며 경계값이 20일 때는 56%이다. 즉 경계값을 낮추면 BCR은 낮아지고 반대로 경계값을 높이면 에지 영역이 사라지므로 공격 받은 영상 뿐만 아니라 전혀 다른 영상에서도 높은 BCR 값을 나타내는 오류가 발생한다. 그러나 본 논문에서 제안한 방법은 전체적으로 높은 저작권 복원율을 가지고 있음을 알 수 있다.

또한 본 논문에서 제안한 방법은 표 1에서 알 수 있듯이 2-D CAT를 위한 게이트웨이 값의 조합이 다양하기 때문에 기존 방법의 에지 정보만을 사용한 방법보다는 보안성면에서 우수하다.

표 4. 실험 비교 결과 (Pepper, BCR %)

공격방법	[10]: Th=50	[10]: Th=20	실험-1	실험-3
Unknown image	73	56	50	51
히스토그램 평활화	94.9	89.1	97	97
JPEG	98.2	97	94	90
미디언필터 3×3	97.8	89	91	87
크기 110%	99.1	93.8	96	93
회전 2°	82.5	68.2	60	60

4.3 기저함수에 따른 실험결과 분석

그림 7의 다양한 기저함수를 이용한 결과로부터 게이트웨이 값의 선택이 알고리즘의 전체 성능에 영향을 줄 수 있음을 알 수 있다. 알고리즘의 결과에 많은 영향을 주는 요인은 기저함수의 타입으로 Type-3보다는 Type-2가 평균적으로 우수한 2-D 기저함수를 생성한다. 그림 8은 실험-2의 게이트웨이 값을 이용하여 Lena 영상의 계수를 주파수에 따라 그룹화한 그림이다.

그림 4에서는 저주파 계수 값들이 Group 1에 집중

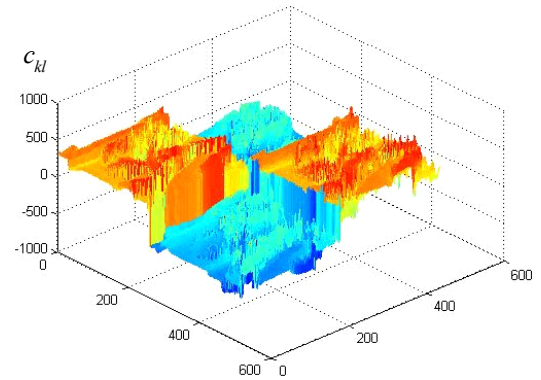


그림 8. Type-3을 이용한 Lena 영상의 CAT 계수

되어 있는 반면 그림 8에서는 저주파 영역이 Group 1과 Group 4에 나누어져 분포하고 있다. 그러나 식 (8)을 이용하여 평균 에너지를 구하면 Group 1은 24.9%, Group 2는 25%, Group 3은 24.9%, 그리고 Group 4는 25%로 에너지가 영역 전체에 골고루 분포하고 있기 때문에 정보 집중율이 낮음을 알 수 있다. 이러한 에너지 영역의 분산은 Type-2를 이용한 기저함수에 비해 외부 공격에 대하여 민감하게 반응기 때문에 상대적으로 낮은 검출율을 보인다. 표 1에서 Type-2이며 N = 8일 때 직교성을 갖는 룰 및 초기 값의 개수는 총 109개로 알고리즘의 성능을 최대화할 수 있는 게이트웨이 값의 선택이 중요하다.

V. 결론

본 논문에서는 서로 다른 2-D 셀룰라 오토마타 기저함수를 사용한 저작권 보호 방법을 제안하였다. 제안 방법은 두 종류의 기저함수를 이용하여 영상을 변환한 후 그 차이를 이용하여 영상 의존 정보를 생성하는 방법이다. 이 방법은 원본 영상에는 저작권과 관련된 정보가 은닉되지 않고 배포가 되며 미디언 필터, 압축, 크기, 그리고 회전 등과 공격 받은 영상으로부터 원래의 저작권 정보를 복원하는 방식이다.

2-D 셀룰라 오토마타 변환을 위한 게이트웨이 값은 룰, 초기값 및 길이, 경계 조건, 그리고 기저함수 타입 등 다양한 조합으로부터 결정이 되며 복원시 정확한 게이트웨이 값을 사용하지 않으면 원래의 저작권 정보를 복원할 수 없다. 따라서 에지 정보 등을 이용한 기존 방법보다 뛰어난 보안성을 가지고 있다. 또한 게이트웨이 값에 따라 알고리즘 성능에 영향을 줄 수 있음을 실험을 통하여 살펴봐왔다.

제안 방법을 이용한 실험에서 히스토그램 평활화,

JPEG 압축, 필터링, 크기 변경 등의 공격에서 강인한 특성을 가지고 있으나 잘라내기, 회전 등의 공격에서는 그 양에 비례하여 검출율이 낮음을 알 수 있다. 또한 Type-3으로 이루어진 기저함수가 저주파 영역을 분산시키므로 Type-2로 구성된 기저함수보다 성능이 낮음을 알 수 있다.

향후에는 회전 및 대칭의 특징을 갖는 서로 다른 기저함수를 이용하여 본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 높이고 또한 셀룰라 오토마타의 프랙탈 특성 등을 이용하여 회전 및 잘라내기 공격에 강한 알고리즘 연구가 진행될 것이다.

참 고 문 헌

[1] R. Chen, Y. Chen, C. Chen, J. Lai, "Image Encryption/Decryption System using 2-D Cellular Automata," *ISCE '06*, pp.1-6, 2006.

[2] Y. Zhang, W. Liu, S. Cao, Z. Zhai, X. Nie, W. Dai, "Digital image encryption algorithm based on chaos and improved DES," *ICSMC 2009*, pp. 474-479, 2009.

[3] ISO/IEC 21000-11. Information technology - Multimedia framework(MPEG-21) Part 11.

[4] Y. Wan, Q. Yuan, S. Ji, L. He, Y. Wang, "A survey of the image copy detection," *ICCIIS 2008*, pp.738-743, 2008.

[5] F. Deng and B. Wang, "A Novel Technique for Robust Image Watermarking in the DCT Domain," *IEEE Int. Conf. Neural Networks & Signal Processing*, 2003.

[6] S. Wang and Y. Lin, "Wavelet Tree Quantization for Copyright Protection Watermarking," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.13, No.2, 2004.

[7] 박영일, 김석태, "다 해상도 특성을 갖는 2D 셀룰러 오토마타 변환을 이용한 디지털 워터마킹", *한국통신학회논문지*, Vol.34, No.1, pp.105-112, 2009.

[8] V. H. Mankar, T. S. Das, S. K. Sarkar, "Cellular Automata Based Robust Watermarking Architecture towards the VLSI Realization", *World Academy of Science, Eng. and Tech.*, Vol.31, pp.20-29, July 2007.

[9] 남태희, 김석태, 조성진, "IBCA에 기초한 여원 MLCA와 2D CAT를 이용한 영상 암호화", *전자*

공학회 논문지, Vol.46, No.4, pp.34-41, 2009.

[10] 신진욱, 민병준, 윤숙, "영상의 에지 크기와 각도를 이용한 정지영상 보호 기법", *한국통신학회 논문지*, Vol.33, No.3, pp.262-270, 2008.

[11] J. Von Neumann, "The General and Logical Theory of Automata," *Collected Works*, A. H. Taub, Vol.5, pp.288, 1963.

[12] S. Wolfram, "Statical Mechanic of Cellular Automata," *Review of Modern Physics*, Vol.55, pp.601-644, 1983.

[13] Olu Lafe, "Data Compression and Encryption Using Cellular Automata Transforms", *Engng. Applic. Artif. Intelli.*, Vol.10, No.6, pp.581-591, 1997.

[14] Rong-Jian Chen, Cheng-Fang Tai, Jui-Lin Lai, "Novel CAT Wavelets-based Image Coding System", *ISCE 2007*, pp.1-6, 2007.

[15] <http://www.petitcolas.net/fabien/>

[16] Fabien A. P. Petitcolas., "Watermarking schemes evaluation," *IEEE Signal Processing*, Vol.17, No.5, pp.58 - 64, September 2000.

[17] F. Deng and B. Wang, "A Novel Technique for Robust Image Watermarking in the DCT Domain," *IEEE Int. Conf. Neural Networks & Signal Processing*, 2003.

유 혁 민 (Hyouck Min Yoo)

정회원



2005년 2월 전북대학교 컴퓨터 공학과 학사
 2007년 2월 전북대학교 전자 공학과 석사
 2007년 3월~현재 전북대학교 전자공학과 박사과정
 <관심분야> 영상처리, 디지털 신호처리, 디지털 시스템 설계, 콘텐츠보호

신진욱 (Jin Wook Shin)

정회원



1993년 2월 전북대학교 정보통신공학과 학사

1995년 2월 전북대학교 정보통신공학과 석사

2005년 8월 전북대학교 전자공학과 박사

2007년 5월~2009년 8월 University of California, Berkeley 박사 후 연구원

2009년 10월~현재: 전북대학교 BK21전자정보고급인력양성사업단 기금교수

<관심분야> 영상 처리, 패턴인식, 정보보호

박동선 (Dong Sun Park)

중신회원

1979년 2월 고려대학교 전기 전자공학과

1984년 미국 Missouri-Columbia 공학석사

1991년 미국 Missouri-Columbia 공학박사

1991년 3월~현재 전북대학교 전자정보공학부 교수

<관심분야> 신경망, 패턴인식, 영상처리, 디지털 시스템 설계

윤숙 (Sook Yoon)

정회원



1993년 2월 전북대학교 정보통신공학과 학사

1995년 2월 전북대학교 정보통신공학과 석사

2003년 2월 전북대학교 전자공학과 박사

2002년 6월~2006년 6월 University of California, Berkeley 박사 후 연구원

2006년 9월~현재 목포대학교 멀티미디어공학과 교수

<관심분야> 멀티미디어컴퓨팅, 멀티미디어 통신 및 신호처리, 패턴인식