DBpia

셀룰라 오토마타 변환을 이용한 정지영상 보호 방법

정회원 신 진 욱*, 윤 숙**°, 유 혁 민***, 종신회원 박 동 선***

A Novel Digital Image Protection using Cellular Automata Transform

Jinwook Shin*, Sook Yoon**°, Hyuck Min Yoo*** *Regular Members*,
Dong Sun Park*** *Lifelong Member*

요 약

동영상, 정지 영상, 그리고 음원과 같은 디지털 콘텐츠를 보호하기 위한 워터마킹 기법은 저작권 등과 관련된 정보를 콘텐츠 내부에 직간접적으로 삽입하는 방식으로 원본 콘텐츠와는 품질면에서 차이가 있다. 따라서 본 논문에서는 셀룰라 오토마타 변환을 이용하여 콘텐츠 정보를 변형하지 않는 새로운 콘텐츠 보호 방법을 제안한다. 셀룰라 오토마타 변환은 룰(Rule), 기저함수, 초기 값 등 많은 변수를 사용하여 변환을 수행하고 역변환을 위해서는 동일한 변수 값을 이용해야 하므로 뛰어난 보안성을 갖는다. 이와 같은 특징을 갖는 이차원 셀룰라 오토마타 변환으로 얻어진 원 영상 계수 정보와 저작권 정보를 조합하여 새로운 영상 의존 정보를 생성하며 데이터베이스 등에 저장한다. 원본 영상은 외부 공격 등이 가능한 인터넷 등을 이용하여 배포하고 향후 저작권 분쟁 등이 발생할 경우 데이터베이스에 저장된 정보와 외부 공격을 받은 영상을 이용하여 저작권 정보를 복원한다. 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 미디언 필터, 잘라내기, JPEG 압축, 그리고 회전 등 공격 받은 영상을 사용하여 강인성 실험을 수행하여 제안한 알고리즘을 검증한다.

Key Words : Cellular Automata, CAT, Watermarking, Robustness, Gateway Values

ABSTRACT

The goal of this paper is to present a novel method for protecting digital image using 2-D cellular automata transform (CAT). A copyright and transform coefficients are used to generate a new content-based copyright and an original digital image is distributed without any hidden copyright. The parameter, which is called gateway value, for 2-D CAT is consisted of rule number, initial configuration, lattice length, number of neighbors, and etc. Since 2-D CAT has various gateway values, it is more secure than conventional methods. The proposed algorithm is verified using attacked images such as filtering, cropping, JPEG compression, and rotation for robustness.

Ⅰ. 서 론

지난 몇 년간 초고속 인터넷의 보급, 디지털 기술과 저장매체의 발달로 텍스트, 사진, 오디오 및 비디오 등 멀티미디어 콘텐츠의 생산과 보급이 빠른 속도로 진행되어 왔다. 디지털 데이터는 복제,

※ 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신 연력양성사업과 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2009-0077772)
* 전북대학교 BK21전자정보고급인력양성사업단(jwshin@jbnu.ac.kr)
** 목포대학교 멀티미디어공학과(syoon@mokpo.ac.kr) (°:교신저자)
*** 전북대학교 전자정보공학부(dspark@jbnu.ac.kr)
논문번호 : KICS2009-12-619, 접수일자 : 2009년 12월 16일, 최종논문접수일자 : 2010년년 6월 15일

www.dbpia.co.kr

편집, 저장 및 전송이 간단하고 초기 제작시부터 디지털 형태로 생산되고 있으며 디지털이 갖는 편리성 때문에 각종 저작물에 대한 무단 복제 및 배포, 그리고 간단한 편집기술등을 이용하여 원본 저작물을 변형하여 배포하고 있는 실정이다. 따라서 무단 복제 및 배포, 변형 등으로부터 원 소유자 또는 합법적 사용자의 콘텐츠에 대한 지적재산권을 보호하기 위한 기술 개발이 시급한 상황이다.

정지 영상을 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 암호화 키를 이용하여 암호화 한다. 그러나 이 방법은 복원된 콘텐츠가 불법적으로 가공되어 배포될 때 문제가 발생할 수 있다. 핑거프린팅 기법[3]은 콘텐츠 기반 저작권 보호 방법으로 콘텐츠 일부 또는 전체로부터 특징점을 추출하여 이용하는 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 대표적인 방법으로 워터마킹 기법[4]-[6]이 있다. 워터마킹 방법은 콘텐츠 내부에 저작권 정보를 직간접으로 삽입을 하며 최근에는 외부 공격에 대하여 강인성을 갖도록 공간영역 보다 주파수 영역, 즉 DCT 또는 DWT을 이용하여 변환한 후 계수를 이용하여 저작권 정보를 은닉하는 방법을 사용한다. 최근에는 셀룰라 오토마타 변환 (Cellular Automata Transform - CAT)을 이용한 워터마킹 기법[7],[8]이 소개되었으며 이 방법에서는 저작권 정보를 검출하기 위해 원 영상이 필요한 넌 블라인드 (Non-blind) 기법을 사용하였다. 워터마킹 기법은 저작권 정보를 콘텐츠 내부에 은닉하기 때문에 콘텐츠에 대한 품질저하가 필연적으로 발생한다.

원 영상과 동일한 품질을 지니며 콘텐츠를 보호하기 위하여 [9]에서 제안한 방법은 공간 영역에서 연산을 수행하기 때문에 외부 공격에 대하여 상대적으로 민감하고 또한 에지의 크기와 기울기만을 이용하기 때문에 본 논문에서 제안한 다양한 변수를 이용하여 계수를 이용하는 방법보다는 보안성 면에서 떨어진다.

본 논문에서 제안하는 셀룰라 오토마타 변환 계수를 사용하는 방법은 콘텐츠 내부의 정보를 이용하는 핑거프린팅 기법과 외부의 저작권 정보를 사용하는 워터마킹 기법을 조합한 방법이다. 원 영상을 CAT로 변환한 후 계수 정보를 사용하므로 콘텐츠의 특성 정보라 할 수 있고 또한 저작권과 관련된 외부의 정보를 사용하기 때문이다. 셀룰라 오토마타 변환을 위해서 사용하는 기저함수는 룰 번호, 초기 비트열, 경계 조건, 이웃한 셀의 수 등 다양한 변수를 이용하기 때문에 [9]에서 제안한 방법 보다는 보안성에서 우수함을 확인한다.

본 논문의 구성은 II장에서 셀룰러 오토마타 변환에 대한 기본 개념을 소개하고 III 장에서는 변환계수를 이용한 콘텐츠 정보와 저작권 정보가 합성된 정보를 생성하는 방법에 대하여 자세하게 기술한다. 그리고 IV 장에서는 외부의 다양한 공격 패턴을 이용하여 생성한 영상을 이용하여 원래의 저작권 정보를 생성하는 실험을 통하여 강인성 및 보안성 등을 논의하고 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.

가장 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 (3-neighborhood) 셀룰러 오토마타로 그림 1과 식 (1)처럼 표현할 수 있다.

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

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

$$\text{룰 : } R = \sum_{n=0}^{7} C_n 2^n$$

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

www.dbpia.co.kr

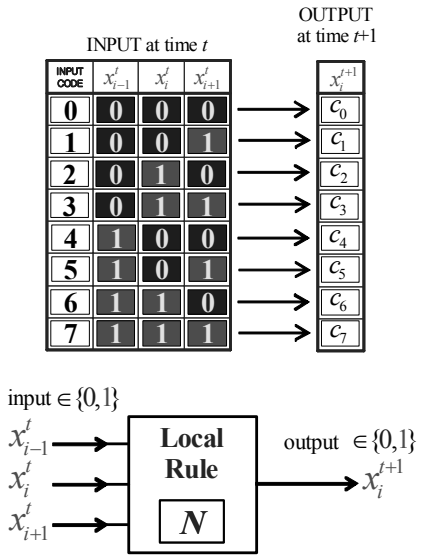


그림 1. 1-D 셀룰라 오토마타

2.2 2-D 셀룰라 오토마타 변환

2-D 셀룰라 오토마 변환은 1-D 셀룰라 오토마타 변환식으로부터 유도할 수 있다. f는 공간영역 i에서 함수일 때 데이터 열 f_i (i = 0, 1, ..., N-1)는

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

로 정의한다[10]. 여기에서 $\boldsymbol{A} \equiv A_{ik}$ i, k = 0, 1, ..., N-1로 셀룰러 오토마타 변환 기저함수, k는 셀룰러 오토마타의 시간 벡터, 그리고 c_k는 셀룰러 오토마타의 변환 계수를 나타낸다.

셀룰라 오토마타의 기저함수 A_{ik}는 a_{it} (i, t = 0, 1, ..., N-1)의 함수로서 다양한 표현방법이 존재한다. 그 중 대표적인 기저함수는 [10],[11]에 표현되어 있으며 그 중 Type-2의 기저함수는

Type-2 기저함수 : $A_{ik} = 2a_{ik}a_{li} - 1$

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

셀룰러 오토마타의 변환 계수 c_k는 식 (3)과 같다.

$$c_k = \frac{1}{\lambda_k} \sum_{i=0}^{N-1} f_i A_{ki},\ \lambda_k = \sum_{i=0}^{N-1} A_{ik} A_{ki} \qquad (3)$$

(k = 0, 1, ..., N-1)

여기에서 기저함수 A_{ik}가 직교한다면 식(4)와 같으며

$$\sum_{i=0}^{N-1} A_{ik} A_{kl} = \begin{cases} \lambda_k, & k = l \\ 0, & k \neq l \end{cases} \qquad (4)$$

λ_k(k = 0, 1, ..., N-1)는 계수이다.

2-D 셀룰라 오토마타 변환은 1-D 셀룰라 오토마타 변환식을 기본적으로 이용할 수 있다. 기저함수가 $\boldsymbol{A} \equiv A_{ijkl}$, (i, j, k, l = 0, 1, ..., N-1)일때 f_{ij}의 셀룰러 오토마타 변환은 식 (5)와 같다.

$$f_{ij} = \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} c_{kl} A_{ijkl}\ \ i, j = 0, 1, ..., N-1 \qquad (5)$$

여기에서 c_{kl}는 2-D 셀룰라 오타마타 변환 계수이고 기저함수 A_{ijkl}는 두 가지 방법으로 생성할 수 있다. 첫 번째로 2-D 셀룰라 공간에서 $\boldsymbol{a} \equiv a_{ijt}$, ($i$, j, t = 0, 1, ..., N-1)로부터 직접 구할 수 있으며 두 번째로 1-D 기저함수을 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 a_{-1t} = a_{N-1t}, a_{Nt} = a_{0t}인 'cyclic'이며 기저함수로 Type-2를 사용한 예로 게이트웨이 값 (룰, 셀의 개수, 초기 비트열, 경계조건, 기저함수 형태)의 조합으로 다양한 형태의 기저함수 값을 생성할 수 있다.

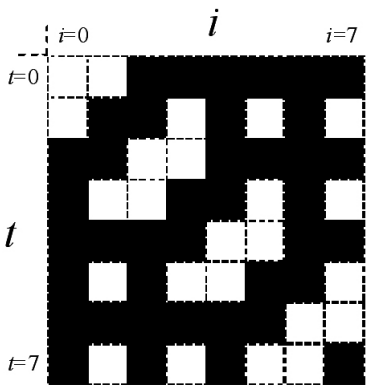


그림 2. 1-D 기저함수, 하얀점은 "1", 검은점은 "-1"을 표시

www.dbpia.co.kr

표 1. 1-D Type-2 직교 성질의 기저함수를 위한 초기 비트열의 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

표 1은 N = 2, 4, 8 이고 cyclic 경계조건이며 기저함수 Type 2를 이용하여 직교인 셀룰라 오토마타 기저함수를 만들기 위한 예를 보여주고 있으며 특히 N = 8일 때 직교 성질을 만족하는 룰은 모두 9개의 룰이 존재하고 초기 값은 109개가 있다.

Ⅲ. 변환 계수를 이용한 저작권 보호 방법

2-D 셀룰라 오토마타 변환 계수를 이용한 저작권 보호 방법의 블록도는 그림 3과 같다. 먼저 다양한 조합을 갖는 게이트웨이 값을 이용하여 기저함수를 생성하고 생성된 기저함수를 이용하여 원영상을 2-D 셀룰라 오토마타 변환을 수행한다.

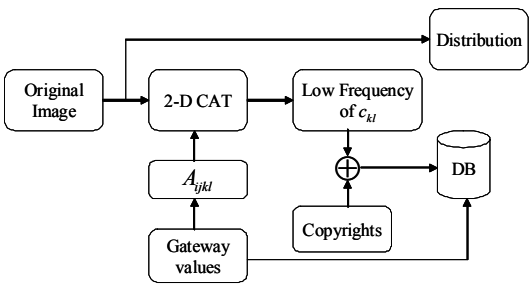


그림 3. 제안 시스템의 블럭도

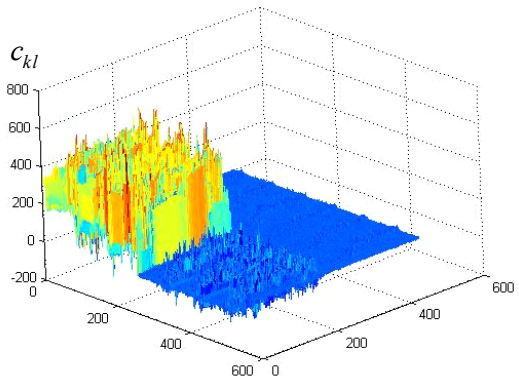
비트 열 N = 8 일때 2-D 기저 함수를 이용한 변환 계수 및 역 변환은 식 (6)처럼 표현할 수 있다.

$$c_{kl} = \left(\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f_{ij} A_{ijkl} \right) / 8$$
$$f_{ij} = \left(\sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} c_{kl} A_{ijkl} \right) / 8 \quad , \tag{6}$$

변환된 계수는 다시 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.

변환된 계수를 4개의 영역으로 다시 분해하는 이유는 잡음 등에 민감한 고주파 영역보다는 외부 공격에 대하여 강인함을 갖는 저주파 영역을 사용하기 위함이고 저주파 영역은 2-D 기저 함수를 이용하여 계속 분해할 수 있다.

(a) Lena 영상



(b) 변환된 계수 분포도

그림 4. Lena 영상과 4개의 그룹으로 나눈 2-D 변환 계수

www.dbpia.co.kr

3.1 계수 정보를 포함하는 저작권 정보 생성

먼저 원 영상의 저작권 정보 O_W를 N × N 크기의 이진 영상으로 가정할 때 랜덤발생기를 이용하여 저작권 정보와 동일한 개수의 좌표 (x, y)를 생성한다. 생성된 좌표 정보는 저주파 영역을 갖는 Group 1로 부터 계수의 위치를 선택하는데 이용한다. 좌표 (x, y)에서의 계수 값 $c_{x,y}$과 전체 계수 값의 평균 C_m과의 크기를 비교하여 중간 단계의 이진 정보 T를 생성한다.

$$T_{(x,y)} = \begin{cases} 1\ , & C_m \geq c_{x,y} \\ 0\ , & C_m < c_{x,y} \end{cases}$$

마지막 단계로 저작권 정보 O_W와 임시 정보 T와의 EX-OR 연산으로부터 컨텐츠 내부 정보와 외부 저작권 정보를 포함하는 정보 N_W를 생성한다. 이 정보는 게이트웨이 값과 함께 데이터베이스에 저장되며 향후 공격받은 영상으로부터 저작권 정보를 추출할 때 사용하며 식 (7)과 같다.

$$N_W = O_W \oplus T \tag{7}$$

그림 3의 제안 블록도에 나타난 것처럼 원 영상에 저작권과 관련된 외부 정보의 삽입이 없으며 영상은 원본 그대로 배포가 된다. 데이터베이스에 저장되는 것은 단지 2-D CAT를 위한 게이트웨이 값, 랜덤 발생기의 초기값 및 새롭게 생성된 정보 N_W이며 외부 공격에 의해 손상된 영상에 대한 저작권 정보 등을 주장할 때 이용한다.

3.2 저작권 정보 복원

원 영상 또는 외부 공격으로 인한 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 영역을 갖는 Group 1로 분리하고 계수 값의 평균 $C_m^{'}$를 구한다. 변환 계수의 좌표 (x, y) 선택은 데이터베이스에 저장한 동일한 랜덤 발생기의 초기값을 이용하고 계수 값의 평균값과 선택된 좌표에서의 계수 값의 크기를 비교하여 임시 정보 $T^{'}$를 생성한다. 마지막으로 데이터베이스에 저장된 정보 N_W와의 EX-OR 연산으로 저작권 정보 $O_W^{'}$를 복원할 수 있다.

$$O_W^{'} = N_W \oplus T^{'} \tag{8}$$

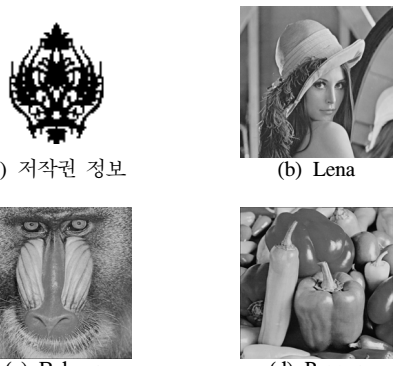
만약 배포한 원 영상이 외부 공격을 받지 않고 동일하다면 복원된 저작권 정보 또한 동일함을 알 수 있다. 즉, O_W = $O_W^{'}$ 이다.

Ⅳ. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 모델을 평가하기 위하여 Stirmark[12,13]방법을 이용하며 이 방법은 샤프닝, JEPG 압축, 잡음 첨가, 필터링, 크기 변형, 잘라내기, 회전, 세로 또는 가로 줄 제거등과 같은 다양한 공격 방법으로 영상을 생성한다. Strimark 알고리즘으로 생성한 영상 이외에 추가적으로 영상 내에서 일부분을 삭제한 영상을 사용하여 저작권 정보 검출을 실험하였다. 원래의 저작권 정보 O_W와 공격받은 영상으로부터 복원한 저작권 정보 $O_W^{'}$의 일치율 정도를 보여주는 BCR(Bit Correction Ratio)[14]을 이용하여 본 논문에서 제안한 방법의 성능을 평가하며 식 (9)와 같다.

$$BCR = \left(1 - \frac{\sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{N-1} O_W(i,j) \oplus O_W^{'}(i,j)}{M \times N}\right) \times 100\% \tag{9}$$

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



(a) 저작권 정보 (b) Lena (c) Baboon (d) Pepper

그림 5. 외부 저작권 정보 (a) 및 실험 영상 (b-d)

www.dbpia.co.kr

(a) Lena (b) Baboon (c) Pepper

그림 6. 영상 의존 저작권 정보 영상

표 2. 실험에 사용한 게이트웨이 값

Values	실험-1	실험-2	실험-3
Rule Number	15[15]	15	143
Initial Configuration	10010000	01101111	11010101
Number of Neighbors	3		
Number of Cells in Lattice	8		
Boundary Condition	Cyclic		
Basis Function Type	$A_{ik} = 2a_{ik}a_{li} - 1$		

2-D 기저함수를 생성하기 위한 게이트웨이 값은 표 2와 같으며 룰 15를 이용한 실험에서는 서로 다른 두가지 초기값을 이용하였으며 나머지 조건은 동일하다.

그림 6은 그림 5의 저작권 정보와 실험 영상의 2-D CAT로 얻은 계수를 이용하여 생성한 영상 의존 저작권 정보 영상들이며 이 영상은 게이트웨이 값과 함께 데이터베이스에 저장되며 저작권 분쟁이 발생할 때 이용한다.

4.1 영상 내부 삭제 공격

삭제 공격은 영상 내부의 일부분을 삭제하는 형태로 실험-1을 이용한 저작권 정보를 검출한 실험 결과는 그림 7과 같다.

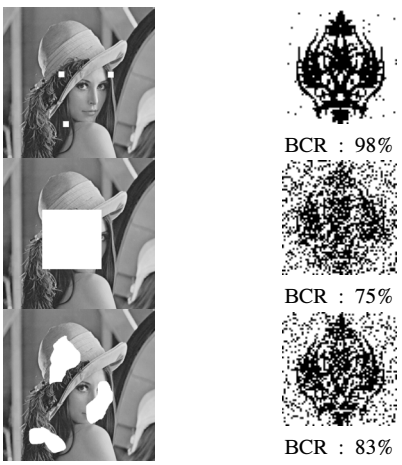


그림 7. 삭제 공격

그림 7의 결과에서 알 수 있듯이 삭제되는 영역이 넓을수록 복원되는 저작권 정보도 감소함을 알 수 있다.

4.2 Stirmark 알고리즘 공격

Stirmark 알고리즘으로 생성된 어파인(Affine) 변환, 잘라내기, JPEG 압축, 미디언 필터, 회전 등 다양한 공격으로부터 검출한 저작권 정보는 표 3과 같다.

표 3의 결과로부터 영상의 일부를 잘라낸 후 새로운 영상을 만드는 공격과 회전 각이 큰 공격에 대해서는 BCR이 낮은 검출율을 보였다. 반면 어파인 변환, JPEG 압축, 미디언 필터 등의 공격에는 강인함을 가짐을 알 수 있다. 그러나 룰 15의 초기값이 "01101111"일 때 대부분의 공격에 대하여 취약하며 그 이유는 저주파수 영역이 Group 1 대신에 Group 4에 위치하기 때문이다. 또한 [15]와 비교할 때 초기값에 따라 그 결과가 달라짐을 알 수 있다.

표 4는 Baboon 영상을 이용하여 [9]에서 제안한 방법과 본 논문에서 제안한 방법을 비교한 결과로 기존 방법과 비슷하거나 약간 우수함을 알 수 있다.

2-D CAT를 위한 변수는 상태 전이 함수를 만드는 룰, 셀 당 상태의 수, 이웃한 셀의 개수, 초기

표 3. 2-D CAT 계수를 이용한 저작권 검출 실험(Lena 영상)

공격 형태 \ 룰	실험-1	실험-2	실험-3
어파인 변환	96%	70%	95%
잘라내기	57%	51%	55%
JPEG	98%	69%	97%
Median 3×3	98%	79%	97%
회전 1°	90%	55%	89%
회전 10°	57%	49%	57%
크기 축소 (75%)	98%	85%	98%

표 4. 저작권 정보 검출율 비교 (Baboon 영상, BCR %)

공격방법	[9]의 방법	실험-1
미디언 필터 3 × 3	91.5	92
미디언 필터 9 × 9	80.7	85
JPEG 압축	94.1	94
Rescaling (110%)	96.1	96
Rescaling (75%)	93.5	94
회전 0.25°	85.5	87
회전 2°	73	71

www.dbpia.co.kr

값, 경계 조건, 기저 함수 타입 등으로 이루어진다.

본 논문에서 제안한 방법은 표 1에서 알 수 있듯이 8개의 셀로 구성되며 '1'과 '-1'의 2개의 상태, 그리고 3-이웃으로 구성이 되므로 이론상으로 생성할 수 있는 게이트웨이 값의 조합은 2^{72}가지[2]가 존재한다. 따라서 정확한 게이트웨이 값의 조합을 알아야만 검출이 가능하므로 본 논문에서 제안한 2-D CAT를 이용한 정지영상 보호 기법은 보안성면에서 우수하다.

V. 결 론

본 논문에서는 2-D 셀룰라 오토마타 변환 계수를 사용한 저작권 보호 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 콘텐츠 내부 정보를 이용하는 핑거프린팅 기법과 외부 저작권 정보를 이용하는 워터마킹 기법의 특징을 사용하였다. 즉, 원본 영상에는 저작권과 관련된 정보가 은닉되지 않고 배포가 되며 미디언 필터, 압축, 크기, 그리고 회전 등과 같은 외부의 공격 받은 영상과 데이터베이스에 저장된 정보를 이용하여 저작권 정보를 복원한다.

2-D 셀룰라 오토마타 변환을 위한 게이트웨이 값은 룰, 초기값 및 길이, 경계 조건, 그리고 기저함수의 형태 등 다양한 조합으로부터 하나가 결정이 되며 복원시 정확한 기저함수를 사용하지 않으면 저작권 정보를 복원할 수 없다. 따라서 에지 정보 등을 이용한 기존 방법보다 뛰어난 보안성을 가지고 있다.

제안 방법을 이용한 실험에서 JPEG 압축, 필터링, 크기 변경 등의 공격에서 강인한 특성을 가지고 있음을 확인했으며 반면 잘라내기, 회전 등의 공격에서는 그 양에 비례하여 검출율이 낮음을 알 수 있다. 향후에는 셀룰라 오토마타의 프랙탈 특성, 카오스 특성 그리고 주기 특성 등을 이용하여 잘라내기, 회전 등에 강한 연구가 지속될 것이다.

참 고 문 헌

〔1〕 R. Want, and G. Borriello, "Survey on Information Appliances," *IEEE Compute Graphics and Applications*, Vol.20 Issue 3, May-Jun., 2000.

〔2〕 남태희, 김석태, 조성진, "IBCA에 기초한 여원 MLCA와 2D CAT를 이용한 영상 암호화", *전자공학회논문지*, Vol.46, No.4, pp.34-41, 2009.

〔3〕 ISO/IEC 21000-11. *Information technology - Multimedia framework(MPEG-21) Part 11*.

〔4〕 F. Deng and B. Wang, "A Novel Technique for Robust Image Watermarking in the DCT Domain," I*EEE Int. Conf. Neural Networks & Signal Processing*, 2003.

〔5〕 X. Zhang, K. Lo, J. Freng and D. Wang, "A Robust Image Watermarking Using Spatial-Frequency Feature of Wavelet Transform," *Proceeding of ICSP2000*.

〔6〕 S. Wang and Y. Lin, "Wavelet Tree Quantization for Copyright Protection Watermarking," *IEEE Trans. on Image Processing*, Vol.13, No.2, Feb., 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〕 신진욱, 민병준, 윤숙, "영상의 에지 크기와 각도를 이용한 정지영상 보호 기법", *한국통신학회 논문지*, Vol.33, No.3, pp.262-270, 2008.

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

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

〔12〕 http://www.petitcolas.net/fabien/

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

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

〔15〕 Shin et al, "Contents-based digital image protection using 2-D cellular automata transforms," *IEICE ELEX*, Vol.7, No.11, pp.772-778, 2010.

www.dbpia.co.kr

신 진 욱 (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

윤 숙 (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

유 혁 민 (Hyuck Min Yoo) 정회원

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

박 동 선 (Dong Sun Park) 종신회원

1979년 2월 고려대학교 전기전자공학과 학사
1984년 미국 Missouri-Columbia 공학석사
1991년 미국 Missouri-Columbia 공학박사
1991년 3월~현재 전북대학교 전자정보공학부 교수
<관심분야> 신경망, 패턴인식, 영상처리, 디지털 시스템 설계

www.dbpia.co.kr