

영상의 에지 크기와 각도를 이용한 정지영상 보호 기법

정희원 신진욱*, 민병준**, 윤숙***

A Novel Copyright Protection for Digital Images Using Magnitude and Orientation of Edge

Jinwook Shin*, ByungJun Min**, Sook Yoon*** *Regular Members*

요약

본 논문에서는 정지 영상의 에지 정보를 표현하는 크기와 각도를 이용하여 정지 영상을 보호하는 방법에 대하여 기술한다. 일반적으로 에지 정보는 영상의 중요한 특징점으로 패턴인식 등에 주로 사용되며 에지 크기는 에지의 존재 유무를 나타내는 척도이고 각도는 에지의 방향성을 나타낸다. 본 논문에서 제안한 방법은 영상 내부에 저작권과 같은 정보를 은닉하는 대신에 저작권 정보와 에지 크기 및 방향성 정보를 조합하여 새로운 정보를 생성하여 이를 사용한다. 정지 영상으로부터 에지 크기와 방향 정보를 추출하기 위하여 소벨 연산자를 사용하며 의사 난수 발생기를 사용하여 저작권 정보의 크기와 동일한 개수의 정보를 추출한다. 본 논문에서 제안한 방법을 검증하기 위하여 콘텐츠에 대한 외부 공격의 강인성 실험을 하였으며 히스토그램 평활화, 미디언 필터링, 회전, 잘라내기 등의 다양한 신호 처리를 통해 변형된 영상을 사용하였고 평균 90%이상의 저작권 검출율을 얻었다. 제안된 방법은 기존의 인공지능 기법을 활용하고 있는 방법 중 하나인 신경회로망을 이용한 방법에서 압축 및 미디언 필터를 영상에 적용한 후 얻어진 저작권 검출율인 88.43%과 89.25% 보다 높은 저작권 검출율을 보이고 있다. 또한 기존 방법에서는 공격에 대한 강인성에 따라 워터마크가 은닉된 영상은 원 영상과의 품질면에서 차이가 존재하는 반면에, 본 논문에서 제안한 방법은 원 영상에 정보를 직접 삽입하지 않기 때문에 공격에 대한 강인성과는 무관하게 영상의 품질 저하가 없는 장점이 있다.

Key Words : Content-associated copyright message, Copyright protection, Watermarking, Fingerprinting

ABSTRACT

We propose a technique to protect digital images using the magnitude and orientation of their edges. The proposed technique uses the content-associated copyright message generated by combining the original copyright message with the magnitude and orientation of some edges of a digital image. It enables the distribution of the original copyright message without any distortion of original digital images by avoiding embedment of the original copyright message into images. In addition to the advantage in the image quality, it also has a relatively low computational complexity by using simple operations to generate the content-associated copyright message. To verify the proposed technique, we performed experiments on its robustness to the external attacks such as histogram equalization, median filtering, rotation, and cropping. Experimental results on restoring the copyright message from images distorted by attacks show that more than 90%, on the average, can be recovered.

* 본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임
 * 이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-D00829-102778)
 * Dept. of EECS, University of California, Berkeley (jwshin@berkeley.edu),
 ** 전북대학교 전자정보공학부 (bjmin@chonbuk.ac.kr),
 *** 목포대학교 정보공학부 멀티미디어공학전공 (syoon@mokpo.ac.kr) (°: 교신저자)
 논문번호 : KICS2007-10-465, 접수일자 : 2007년 10월 10일, 최종논문접수일자 : 2008년 3월 6일

I. 서론

디지털 데이터는 복사, 편집, 저장 및 전송이 간단하기 때문에 초보자를 포함한 일반 사용자들은 컴퓨터에 내장된 간단한 소프트웨어 등을 이용하여 디지털 데이터를 변경 및 재배포할 수 있다. 따라서 무단 복제 및 배포, 변형 등으로부터 원 소유자 또는 합법적 사용자의 콘텐츠에 대한 지적재산권을 보호하기 위한 기술 개발이 시급한 상황이다.

콘텐츠를 보호하기 위한 기술로는 크게 암호화 방법, 핑거프린팅 방법 그리고 워터마킹 방법 등이 있다. 암호화 방법은 암호화 키를 이용하여 콘텐츠를 해석할 수 없도록 하는 방식으로 이 방법은 콘텐츠를 전송할 때 유리하며 정식 사용자들은 복호화 키를 이용하여 콘텐츠를 복원한 후 재생할 수 있다. 암호화 기법으로 생성된 데이터는 이해할 수 없는 코드로 되어 있기 때문에 악의적인 공격자들로부터 우선 공격 대상이 될 수 있으며 또한 정식 사용자들에 의하여 복원된 콘텐츠가 불법적으로 가공되어 배포될 때 콘텐츠를 보호할 수 없는 문제점이 발생한다.

핑거프린팅 방법¹⁾은 콘텐츠 내용을 기반으로 하여 소유권을 증명하는 방법으로 콘텐츠의 일부분 또는 전체 영역에서 특징점을 추출한 후 추출된 특징점을 서로 비교하여 불법 복제 등의 여부를 확인할 수 있다. 이 방법은 원본 콘텐츠에 저작권 등 콘텐츠와 관련된 정보를 은닉하지 않기 때문에 콘텐츠의 품질 저하는 발생하지 않는다. 그러나 이 방법은 콘텐츠에 대한 메타데이터를 제외한 외부의 저작권 등에 대한 다양한 정보를 이용할 수 없으며 또한 외부 공격에 대하여 콘텐츠의 불변 특징점을 추출하는데 많은 시간이 소요된다.

워터마킹 방법²⁾은 저작권 보호를 위하여 일반적으로 사용하는 방법으로 콘텐츠에 대한 저작권 정보 또는 정식 사용자에 관한 각종 정보 등을 콘텐츠에 삽입하여 불법적인 복제를 방지하고 콘텐츠 소유자에 저작권과 소유권을 효과적으로 보호하기 위하여 사용된다. 현재까지의 워터마킹 기술은 원본 콘텐츠를 직·간접적으로 조작한 후 워터마크 정보를 은닉하기 때문에 외부 공격이 없어도 필연적으로 품질 저하가 발생한다. 이러한 품질 저하는 콘텐츠 이용자의 관점에 따라 서비스의 질 저하를 초래한다. 따라서 워터마크 정보를 삽입했을 경우 콘텐츠의 품질 저하가 없고 워터마킹 시

스템이 갖추어야 할 여러 조건¹⁶⁾들을 충분히 만족하는 새로운 형태의 기술이 필요하다.

본 논문에서는 정지 영상의 에지 정보를 표현하는 에지 크기와 각도를 이용한 저작권 보호 방법에 대하여 기술한다. 소벨 연산자⁷⁾를 이용한 에지 추출은 에지의 크기와 각도를 잘 표현하기 때문에 패턴 인식을 위한 전처리 과정으로 자주 사용된다. 에지 크기와 각도 정보를 이진 정보로 변환한 후 이진 정보로 이루어진 저작권 정보를 조합한 새로운 콘텐츠 의존 저작권 이진 정보를 생성한다. 정지 영상의 임의의 위치로부터 에지 크기와 각도를 추출하기 위하여 의사 난수 발생기를 사용한다. 본 논문에서 제안한 방법은 정지 영상의 내부 정보를 반영하면서 외부의 저작권 정보를 동시에 사용하는 장점이 있으며 정지 영상 내부에 저작권 정보를 은닉하는 대신에 새롭게 생성된 정보를 이용하여 저작권 정보를 복원한다. 또한 정지 영상 내부에 어떠한 정보도 은닉하지 않기 때문에 원본 정지 영상과 동일한 콘텐츠 품질을 유지한다.

본 논문의 구성은 II장에서 콘텐츠 보호 관련 기술에 대하여 설명하며 III장에서는 본 논문에서 제안한 소벨 연산을 이용한 저작권 보호 알고리즘에 대해서 기술한다. 제안한 방법의 성능을 평가하기 위하여 벤치마킹 알고리즘으로 생성한 영상을 이용한 실험 결과를 IV장에서 보이고 V장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 저작권 보호 방법

2.1 핑거프린팅 기법

핑거프린팅은 사람 또는 사물의 고유한 특성 벡터를 이용하여 콘텐츠의 동일성 여부를 확인하는 것으로 지문인식, 워터마킹의 핑거프린팅(콘텐츠 불법 복제자 추적), 그리고 MPEG-21의 콘텐츠의 불변 특징을 추출하여 콘텐츠에 대한 소유권을 주장하는 핑거프린팅 기술 등이 있다. 본 논문에서 기술하는 핑거프린팅 기술은 MPEG-21의 핑거프린팅 기술[1]로 콘텐츠 내용을 기반으로 하는 콘텐츠 동일성 확인에 관한 것이다. 콘텐츠 기반 특징들은 본질적으로 콘텐츠 내부에 정보를 은닉하는 워터마킹보다 외부 공격에 대하여 강인하다[8]. 그 이유는 콘텐츠 자체를 심하게 손상시켜야만 콘텐츠 고유의 특성들을 잃어버리기 때문이다. 그림 1은 핑거프린팅의 참조 모델로 콘텐츠의 특징점을 비교하여 동일성 여부를 판단한다.

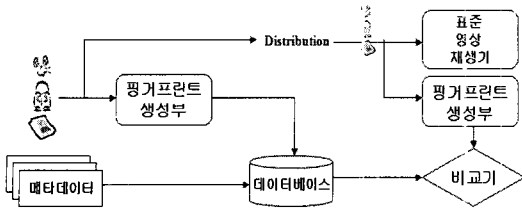


그림 1. 핑거프린팅 기법의 참조 모델

핑거프린팅 기법은 콘텐츠 내부의 정보만을 이용하기 때문에 콘텐츠의 품질 저하가 없는 반면 워터마킹처럼 회사 로고 같은 외부 정보를 이용할 수 없다. 또한 콘텐츠 내부로부터 불변 특징점을 추출하기 위한 연산 소요시간이 많이 소요되는 문제점이 있다.

2.2 워터마킹 기법

일반적인 워터마킹은 텍스트, 이미지, 오디오, 비디오 등과 같은 콘텐츠에 제작자 또는 인기받은 사용자의 정보를 인간의 시각 또는 청각으로 구별할 수 없도록 삽입하여 배포한다. 만약 불법 사용자들이 콘텐츠를 불법 복제, 배포 또는 원래의 내용을 변형하여 제공함으로써 법적인 분쟁이 발생할 경우 콘텐츠에 삽입된 워터마크 정보를 추출하여 제시함으로써 원 소유자 또는 인기받은 사용자의 지적재산권을 보호할 수 있다. 그림 2는 워터마킹 시스템의 일반적인 구조를 나타내며 워터마크 은닉부 블록에서 사용자 정보를 삽입한 후 배포하고 워터마크 검출부로부터 사용자 정보를 포함하는 워터마크 정보를 추출한다.

콘텐츠에 삽입되는 워터마크는 일반적으로 암호화 되어 콘텐츠 내부에 삽입 된다. 정지영상 콘텐츠를 대상으로 워터마크 정보를 삽입하기 위한 방법으로는 공간 영역에서 처리하는 방법, 주파수 영역으로 변환하여 처리하는 방법, 영상의 모멘트를 이용한 영상의 특징점을 이용한 변환 방법들이 존재한다. 그러나 이러한 워터마킹 방법은 원본 콘텐츠를 직간접으로 변형을 가하여 워터마크를 삽입하기

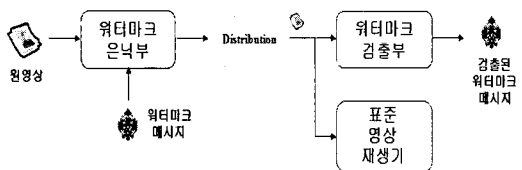


그림 2. 워터마킹 기법의 참조 모델

때문에 콘텐츠의 충실도 즉, 콘텐츠의 품질 저하가 발생한다. 워터마크 정보를 삽입하는 방법으로 분류를 하면 크게 공간 영역과 주파수 영역으로 나눌 수 있다. 공간 영역에서의 대표적인 워터마킹 삽입 방법은 원 영상의 최하위 비트만을 변경하는 방식^[3]으로 구현 방법이 간단하다. 주파수 영역에서의 워터마크 정보의 삽입은 콘텐츠를 주파수 영역으로 변환한 후 그 계수 정보를 이용한다. 대표적인 방법으로는 DFT^[3] DCT^[4], 웨이블릿^[5]을 사용한 방식이 있으며 이러한 방식들은 간단한 신호 처리를 이용한 공격에는 워터마크 정보가 손상되지 않는 강인성을 가지고 있다. 그러나 이 방식은 공간 영역 방식보다 처리가 복잡하고 시간도 많이 소요되는 단점이 있다.

Ⅲ. 소벨 연산을 이용한 콘텐츠 보호 기법

영상 인식 등 영상 전처리 과정에서 많이 이용하는 소벨 연산^[7]은 영상의 에지를 구하기 위하여 각도 및 크기를 이용한다. 본 논문에서는 정지 영상의 콘텐츠를 보호하기 위하여 영상의 에지 정보를 이용한다. 외부의 저작권 정보와 에지 정보를 조합한 새로운 정보를 생성하여 영상의 내부에 직접 은닉하지 않고 간접적인 방법으로 콘텐츠를 보호하는 방법으로 생성된 정보는 제 3의 인증기관 등에 저장하여 향후 저작권 문제가 발생하였을 때 이용한다.

3.1 소벨 연산자를 이용한 에지 영상

영상의 에지는 명암도가 급격히 변하는 부분에서 검출이 되기 때문에 함수의 기울기를 취하는 미분 연산이 윤곽선 추출에 사용된다. 소벨 연산자는 영상의 에지를 검출하기 위하여 사용하는 연산자로 패턴 인식을 위한 전처리 과정에서 주로 사용되며 그림 3은 3×3 소벨 연산자 마스크이다.

소벨 연산자를 이용한 에지 크기와 기울기는 식 (1)과 (2)에 의하여 구할 수 있다.

$$G(x,y) = (g_x^2 + g_y^2)^2 \tag{1}$$

$$\Theta(x,y) = \arctan(g_y/g_x) \tag{2}$$

$S_x =$	-1	0	1	$S_y =$	1	2	1
	-2	0	2		0	0	0
	-1	0	1		-1	-2	-1

그림 3. 소벨 3×3 연산자 마스크

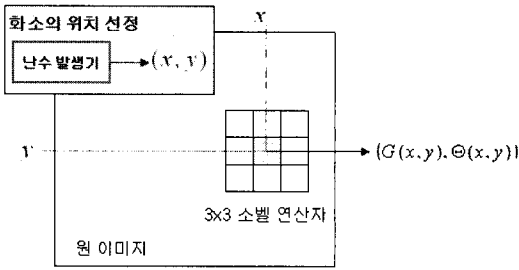


그림 4. 난수 발생기를 이용한 화소 위치 선택

일반적으로 에지를 구하기 위하여 수행하는 연산은 전체 영상에 대하여 처리한다. 그러나 본 논문에서는 계산량을 줄이기 위하여 이진 영상으로 이루어진 외부 저작권 크기 즉, 화소 수만큼 난수 발생기로부터 생성한 위치에서 에지 크기와 기울기를 구한다. 따라서 원 영상에서 에지 크기와 기울기 계산을 위하여 선택되는 화소의 개수는 외부 저작권 화소 개수와 동일하다.

3.2 소벨 연산 처리를 위한 화소 위치 선택

Monte Carlo 방법[9]을 이용하는 난수 발생기는 자연과학 및 공학 분야에 유용하게 사용된다. 특히 난수 발생기를 이용한 암호 시스템에서 암호화 키를 생성하는데 중요하게 이용할 수 있다. 난수 발생기의 선택은 적용하고자 하는 응용 분야의 요구에 따라 결정이 된다. 시뮬레이션 디버깅을 위한 데이터의 생성이나 난수 발생 형태가 엄격할 필요가 없고 하드웨어적인 발생 비용을 저렴하게 유지할 때는 간단한 형태의 의사 난수 발생기(Pseudo-Random Number Generator)를 이용한다. 의사 난수 발생 알고리즘은 유한 상태 기계를 이용하여 구현하며 난수

처럼 보이는 숫자를 생성할 수 있으며 간단하고 빠른 소프트웨어 루틴을 이용하여 구현할 수 있다. 본 논문에서는 에지 크기와 기울기를 구할 화소의 위치를 선택하기 위하여 Visual C++에서 제공하는 난수 발생기를 사용한다. 그림 4는 난수 발생기를 사용하여 임의의 좌표를 선택한 후 그 지점에서의 에지 크기와 기울기를 보여주고 있다.

3.4 소벨 계수를 이용한 콘텐츠 의존 저작권 정보 생성

콘텐츠를 보호하기 위한 방법으로 본 논문에서는 콘텐츠 내부에 저작권 정보를 직접 은닉하지 않고 간접적인 방법으로 콘텐츠를 보호하는 기법이다. 이 기법은 외부의 저작권 정보와 콘텐츠의 소벨 계수를 이용하여 새로운 콘텐츠 의존 정보를 생성한다. 새롭게 생성되는 이 정보는 랜덤한 형태의 영상으로 표현이 되며 제 3의 인증기관에 저장되어 향후 저작권에 대한 증명 자료로 사용된다. 그림 5는 소벨 연산자를 이용한 새로운 콘텐츠 의존 저작권 정보 보호에 대한 블록 다이어그램으로 핑거프린팅 기법처럼 내부로부터 정보를 추출한 다음 이 정보와 랜덤하게 생성된 값들과의 조합을 통해서 정보를 생성된다. 생성된 정보는 워터마킹 기법과는 다르게 콘텐츠에 직접 은닉하지 않고 간접적인 방법으로 콘텐츠를 보호한다.

소벨 연산자의 결과는 에지 크기와 기울기로 표시되기 때문에 식 (3)의 두 가지 조건을 이용하여 '0' 또는 '1'로 구성된 이진 영상을 구성한다.

$$T(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } \theta(x, y) \geq \theta_r \text{ and } \\ & G(x, y) \geq THRESHOLD. \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

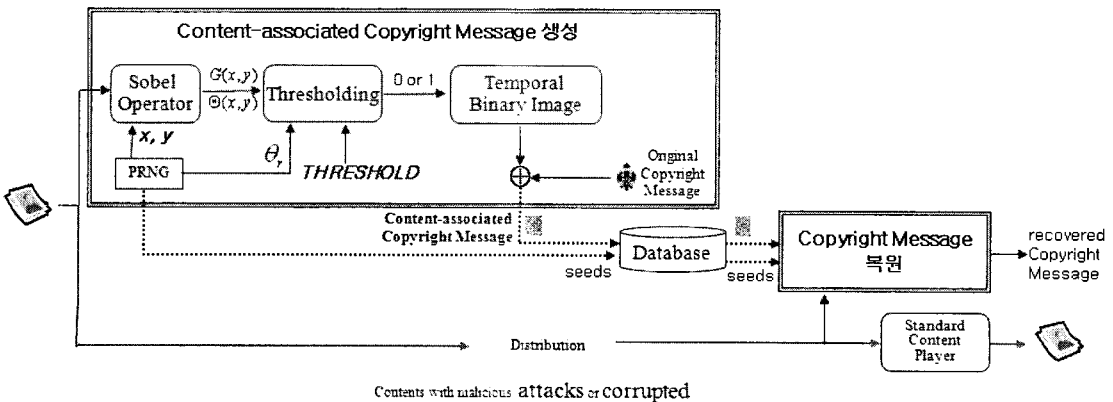


그림 5. 소벨 계수를 이용한 콘텐츠 보호 블록 다이어그램

여기에서 Θ 은 난수 발생기로부터 생성된 임의의 각도이며 THRESHOLD는 실험적인 결과로부터 정해진 경계값이다. 소벨 연산에서 에지는 에지 강도에 의해서 표현되며 에지 부분에서는 높은 값을 나타내며 그렇지 않은 영역에서는 낮은 값을 나타낸다. 경계값이 높으면 에지 영역이 사라지고 반대로 이 값이 낮으면 에지 영역이 많이 존재하므로 불필요한 연산을 한다. 식 (3)에서는 실험적으로 구한 경계값을 이용하며 이 경계값보다 큰 값을 가지는 영역만을 에지로 간주한다. 에지 기울기 값은 $0 \sim 2\pi$ 사이이며 난수 발생기로부터 생성하는 임의의 기울기와 비교하여 처리하도록 하였다.

식 (3)으로부터 생성된 $T(x,y)$ 는 '1'과 '0'으로 구성된 임시 데이터이며 이 정보와 외부의 저작권 정보를 조합하여 식 (4)와 같은 새로운 저작권 정보를 생성한다. $M \times N$ 크기의 저작권 정보, C 가 외부로부터 주어졌을 때, 새롭게 생성되는 콘텐츠 의존 저작권 정보, N_c 는

$$N_c(i,j) = T(i,j) \oplus C(i,j) \quad (4)$$

이다. 여기에서 $i = 0, 1, \dots, M-1$, 그리고 $j = 0, 1, \dots, N-1$ 이다. 식에서 $N_c(i,j)$ 은 새로운 저작권 정보인 콘텐츠 의존 저작권 이진 정보를 표현하는 크기가 $M \times N$ 인 행렬, N_c 의 (i,j) 번째 원소값으로 영상의 특징값 즉, 에지 정보로부터 얻어진 임시 이진 행렬 T 의 (i,j) 번째 원소값과 외부로부터 주어진 저작권 메시지 C 의 (i,j) 번째 원소값간의 EX-OR 연산에 의해 결정된다.

생성된 정보는 원본 콘텐츠에 직접 은닉되지 않으며 제 3의 인증기관에 난수 발생 초기 변수 값과 함께 저장되어 저작권 정보 복원시 이용할 수 있다.

3.4 원본 저작권 정보의 복원

저작권 정보 복원은 콘텐츠에 대한 소유권 문제 등이 발생하였을 때 인증기관에 저장된 콘텐츠 의존 저작권 정보와 난수 발생기 초기 변수 값을 사용하여 원래의 저작권 정보를 추출함으로써 콘텐츠에 대한 소유권을 증명할 수 있다. 원래의 저작권 정보의 추출은 새로운 콘텐츠 의존 저작권 정보를 생성하는 방법과 동일한 절차로 복원이 가능하다. 먼저 인터넷 휴대용 저장 장치 등을 이용하여 수신된 콘텐츠는 악의적인 공격 또는 불법적으로 복사되어 이용될 수 있다. 이와 같이 수신된 콘텐츠를 C_r 이라 할 때 원래의 콘텐츠 저작권 정보, $C'(i,j)$

는 식 (5)를 이용하여 복원할 수 있다.

$$C'(i,j) = T'(i,j) \oplus N_c(i,j) \quad (5)$$

여기에서 $N_c(i,j)$ 는 인증기관에 저장되어 있는 콘텐츠 의존 저작권 정보이고 $T'(i,j)$ 는 수신된 콘텐츠 C_r 에 인증기관에 저장되어 있는 난수 발생기의 초기값을 이용하여 식 (3)에서와 동일한 난수 발생기를 통해 얻어진 화소의 위치에 소벨 연산자를 적용하여 구한 임시 이진영상이다.

IV. 실험 및 결과

텍스트, 정지 영상, 음성 그리고 동영상 등의 콘텐츠는 콘텐츠의 특성에 따라 공격의 형태가 다를 수 있다. 즉 정지 영상에서는 영상 안에서만 공격이 이루어지는 반면 동영상에서는 영상과 영상 사이의 프레임 없애기 같은 공격이 이루어질 수 있다. 따라서 평가하고자 하는 콘텐츠에 따라 평가기준이 달라야 하며 또한 응용 분야에 따라서도 평가 방법은 달라야 한다. 본 논문에서는 기존의 평가프린팅 모델과 새로운 저작권 정보를 생성하는 방법을 적용한 새로운 모델을 평가하기 위하여 Stirmark^{[10][11]} 방법을 이용한다. 이 평가방법에는 샤프닝, JPEG 압축, 잡음 첨가, 필터링, 크기 변형, 잘라내기, 회전, 세로 또는 가로 줄 제거등과 같은 다양한 공격 방법으로 생성한 영상을 이용하여 시스템을 평가한다. 기본적인 Stirmark 알고리즘으로 생성한 영상 이외에 추가적으로 히스토그램 평활화로 생성한 영상을 이용하여 콘텐츠의 상대적인 밝기정보가 변화되었을 때의 저작권 정보의 검출율을 실험하였다.

원래의 저작권 정보 C 와 공격받은 영상으로부터 복원한 저작권 정보 C' 의 일치율 정도를 보여주는 BCR(Bit Correct Ratio)[12]을 이용하여 알고리즘의 성능을 평가하였으며 식 (6)과 같이 표현된다.

$$BCR = \left(1 - \frac{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} C(i,j) \oplus C'(i,j)}{M \times N} \right) \times 100\% \quad (6)$$

본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 공격받은 정지 영상으로부터 원래의 저작권을 추출하기위하여 사용한 정지 영상의 크기는 512×512 , 8 비트 그레이값을 가지는 영상으로 Lena, Baboon, Pepper 등을 사용하였으며 외부의 저작권 정보로는 그림 6

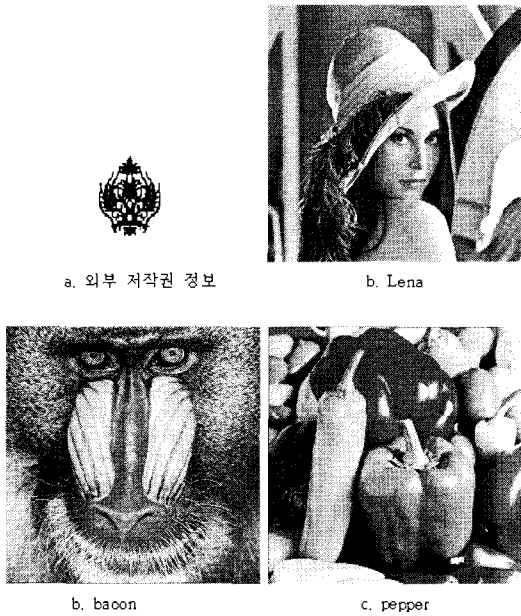


그림 6. 저작권 정보 영상 및 실험 영상

의 (a)처럼 64×64 크기의 바이너리 영상을 이용하였다.

4.1 히스토그램 평활화 공격후의 저작권 정보 복원

히스토그램 평활화는 출력 영상의 히스토그램 분포를 균등하게 되도록 처리하는 기법으로 원본 영상을 가시적으로 개선시켜 영상을 이해하는데 도움을 준다. 히스토그램 평활화의 직접적인 변형은 화소 값의 변형이다. 히스토그램 분포를 균등하게 만들어주기 위하여 원본 영상의 화소값을 다른 값을 갖는 화소값으로 변형한다. 그림 7은 히스토그램 평활화 공격으로부터 복원된 저작권 정보 영상을 보여주고 있으며 이때 사용된 경계값은 50이다.

히스토그램 평활화 공격을 당한 영상에서 영상의 에지 정보는 더욱 선명하게 나타나기 때문에 그림 7에서 보는 바와 같이 높은 BCR 값을 갖는다.



(a) Lena : BCR 95.3% (b) Baboon : BCR 84.7% (c) Pepper : BCR 94.9%

그림 7. 히스토그램 평활화 공격으로부터 복원된 저작권 정보 영상과 복원율 (BCR: %)

표 1. Stirmark 영상으로부터의 저작권 정보 복원율(BCR %)

실험영상		Lena	Baboon	Pepper
공격방법	Median	97.9	91.5	97.8
	9×9	93.5	80.7	95.1
JPEG(압축율20%)		97.2	94.1	98.2
Rescaling	110%	98.8	96.1	99.1
	75%	98.0	93.5	98.6
Rotation	0.25°	94.9	85.5	95.7
	2°	79.4	73.0	82.5
Crop	50%	73.8	68.3	79.8
	75%	75.5	69.3	78.9



Median 3 x3 JPEG 20% Crop 75%
(a) Lena



Affine 변환 Rotation & Scale Median 9×9
(b) Baboon



Rescale 110% Rotation 2° Rotation&Crop
(c) Pepper

그림 8. 외부 공격으로부터 복원된 저작권 정보 영상 예제

4.2 Stirmark을 이용한 영상 공격으로부터의 저작권 복원

Stirmark 알고리즘으로부터 생성된 미디언 필터 영상, 압축 영상, 회전 영상 및 잘라내기 영상 등 다양한 영상으로부터 소벨 연산을 이용하여 복원한 저작권 복원율은 표 1과 같으며 이때 사용된 경계값인 THRESHOLD 값은 50이다.

그림 8은 Stirmark 알고리즘을 이용하여 생성한 영상을 이용하여 본 논문에서 제안한 방법으로 복원한 몇몇 저작권 정보 영상을 보여주고 있다.

4.3 경계값에 따른 저작권 복원율

에지 검출을 위한 소벨 연산에서 에지의 유무를 판단하는 경계선 값이 중요하다. 경계선 값을 높게 설정하면 계산량을 줄일 수 있는 반면 중요한 에지가 사라질 수 있다. 반대로 경계선 값을 낮게 설정하면 불필요한 에지가 존재하여 계산량이 증가한다. 본 논문에서도 소벨 연산을 이용하여 저작권 존재 유무를 판단하기 때문에 경계값 설정은 중요하다. 그림 9에서 볼 수 있듯이 경계값이 증가하면 BCR 값이 증가됨을 알 수 있다. 그러나 경계값의 증가는 영상을 다르게 판단하는 결과를 초래할 수 있다. 예를 들어 경계값을 128로 설정하고 Lena 영상을 이용하여 새로운 저작권 정보를 생성한다. 생성된 저작권 정보와 공격받은 Lena 영상 대신 공격받은 Pepper 영상을 이용하여 원래의 저작권 정보를 복원하는 실험을 한 결과 히스토그램 평활화 88.3%, 미디어필터 90% 그리고 회전에서는 89%의 복원율을 보였다. 이 실험으로부터 경계값을 높게 설정하면 많은 에지 영역이 사라지기 때문에 영상을 올바르게 구분할 수 없음을 알 수 있다.

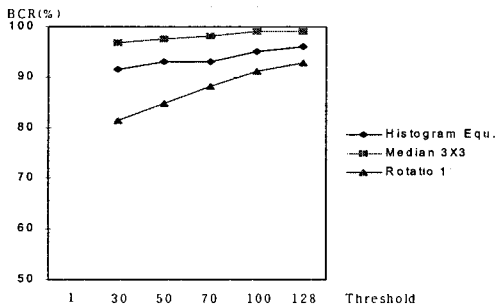


그림 9. 경계값에 따른 저작권 복원율

4.4 저작권 복원을 비교

Lin et al.^[13]은 신경회로망을 이용한 방법을 제안하였으며 압축 및 미디어 필터를 적용한 결과 BCR은 각각 88.43%, 89.25%이었으나 본 논문에서 제안한 방식을 이용하면 각각 평균 98.2%, 96.5%으로 성능이 우수함을 알 수 있다. 또한 크기 변경으로부터 계산된 BCR은 [4]에서 제안한 방법을 이용하면 78.58%이며 본 논문에서 제안한 방식을 사용할 경우는 96.0%의 결과를 보이고 있다. F.Wang

et al.^[14]는 유전자 알고리즘을 이용하여 워터마킹 시스템을 설계하였으며 미디어 필터를 적용한 결과가 최대 76%로 나타났으며 압축에 대한 결과는 100%를 보였다. 따라서 기존의 방법과 비교하면 여러 가지 공격에 대하여 우수함을 알 수 있으며 또한 콘텐츠 관련 정보를 삽입했을 때의 품질저하가 없음을 알 수 있다.

V. 결 론

콘텐츠를 보호하는 방법으로 특정한 정보를 콘텐츠 내부에 직간접적으로 삽입하는 워터마킹 기법이 주로 사용된다. 이 방법은 일반적으로 인간의 시각 또는 청각적으로 인식이 불가능한 영역에 정보를 은닉하는 방법으로 인간의 인지 능력으로 판단이 불가능하지만 원래의 콘텐츠와는 품질면에서 차이가 있다. 이와 반면에 핑거프린팅 기법은 콘텐츠 내부로 부터 콘텐츠 불변의 정보를 추출하여 콘텐츠 소유권 여부를 증명할 수 있는 반면 이 방법은 콘텐츠로부터 유일한 정보를 추출하는데 많이 시간이 소요되는 단점이 존재한다.

본 논문에서 제안한 소벨 연산자를 이용한 방법은 워터마킹 기법과 핑거프린팅 기법을 혼용한 방법으로 저작권에 관련된 외부 정보와 콘텐츠 내부의 소벨 연산을 통해서 나온 결과를 조합하여 새로운 저작권 정보를 생성한다. 이와 같이 생성된 정보는 향후 저작권을 증명할 때 이용되며 원본 콘텐츠에 저작권 정보를 은닉하지 않기 때문에 품질 저하가 없으며 또한 특정 위치의 화소만을 이용하기 때문에 처리시간도 매우 빠르다.

본 논문에서 제안한 알고리즘의 타당성을 검증하기 위하여 히스토그램 평활화 영상과 Stirmark 알고리즘으로 생성한 영상을 이용하여 저작권 복원 실험을 하였다. 이 실험으로부터 Lena 영상을 이용한 히스토그램 평활화, 3 × 3 미디어필터, 20% 압축 공격에서 저작권 복원율은 각각 95.5%, 97.9% 그리고 97.2%로 높게 나타났으며 이는 이전의 인공지능을 활용한 기법의 하나인 신경회로망을 이용한 기법^[13]을 이용하여 압축 및 미디어 필터를 적용한 후 복원하여 얻은 저작권 복원율이 각각 88.43%와 89.25%를 보인 것과 비교해 볼 때 본 논문에서 제안한 방법이 상대적으로 간단한 연산을 이용하여 보다 높은 복원율을 보이고 있음을 말하고 있다. 더불어 크기 조절 공격후의 저작권 정보 복원율에 대해서도 78.58%의 복원율을 보인 주피수 도메인을

활용한 워터마킹 기법^[4]에 비해 본 논문에서 제안된 알고리즘은 96%로 보다 높은 복원율을 보였다.

그러나 소벨 연산을 이용한 방법은 회전 및 영상의 잘라 내기 공격에 대하여 강인성을 지니지 못하기 때문에 회전각이 증가할수록 그리고 영상으로부터 잘라내는 면적이 많을수록 저작권 복원값이 낮게 나타남을 알 수 있었다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 소벨 연산의 에지 크기와 각도를 이용하기 때문에 에지의 존재 여부가 중요하다. 에지 유무는 에지 크기가 경계값보다 큰 값을 가질 때 존재하므로 경계값을 높게 설정할수록 에지가 사라지고 저작권 정보를 틀리게 판단할 확률이 증가한다.

소벨 연산자를 이용한 정지 영상에 대한 보호 기법은 콘텐츠의 품질을 저하시키지 않고 간접적인 방법으로 콘텐츠를 보호하는 기법으로 실험 결과에 나타났듯이 우수한 성능을 가지고 있다. 그러나 이 방법은 회전 또는 잘라내기 공격 등에는 저작권 복원율이 낮음을 알 수 있다. 따라서 향후 연구로는 회전 등 기하학적인 공격이 심한 경우에도 저작권 복원율을 높일 수 있는 알고리즘에 대한 연구가 지속될 것이다.

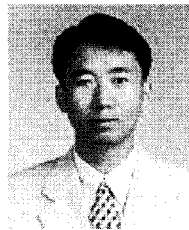
참 고 문 헌

[1] ISO/IEC 21000-11. Information technology - Multimedia framework(MPEG-21) Part 11.
 [2] R.G.V. Schydell, A.Z. Tirkel, and C.F.Osborne, "A Digital Watermark," In Proceeding of the International Conf. on Image Processing. pp. 86-90, Austin, IEEE Press, 1994.
 [3] H. Huang, J. Pan, and H. Hang, "Watermarking Based on Transform Domain," Series on Innovative Intelligence, Vol. 7, pp.147-163, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2004.
 [4] F. Deng and B. Wang, "A Novel Technique for Robust Image Watermarking in the DCT Domain," IEEE 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] Cox, Ingemar J., Digital Watermarking (Multimedia Information and System),

Morgan-Kaufmann, 2002.
 [7] Gonzalez, Digital Image Processing 2/E, Prentice-Hall, 2001.
 [8] A. Joly, C. Frelicot, and O. Buisson, "Robust Content-Based Video Copy Identification in a Large Reference Database," LNCS 2728, pp.414-424, 2003
 [9] H. Niederreiter, Random Number Generation and Quasi-Monte Carlo Methods, Philadelphia, PA: SIAM, 1992.
 [10] <http://www.petitcolas.net/fabien/>
 [11] Fabien A. P. Petitcolas., "Watermarking schemes evaluation," IEEE Signal Processing, vol. 17, no. 5, pp. 58 - 64, September 2000.
 [12] N. Nikolaidis and I. Pitas, "Benchmarking of Watermarking Algorithms", Series on Innovative Intelligence, Vol. 7, pp.315-347, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2004.
 [13] C. Chang and I. Lin, "Robust Image Watermarking Systems Using Neural Networks," Series on Innovative Intelligence, Vol. 7, pp.395-427, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2004.
 [14] H. Huang, J. Pan and F. Wang, "Genetic Watermarking on Transform Domain," Series on Innovative Intelligence, Vol. 7, pp.351-376, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2004.

신진욱 (Jinwook Shin)

정회원



1993년 2월 전북대학교 정보통신공학과 학사
 1995년 2월 전북대학교 정보통신공학과 석사
 2005년 8월 전북대학교 전자공학과 박사

2007년~현재 University of California, Berkeley, 박사후연구원(PostDoc.)

<관심분야> 영상 처리, 패턴인식, 디지털 시스템 설계

민 병 준 (ByungJun Min)

정회원



1999년 2월 전북대학교 정보통신공학과 학사

2002년 2월 전북대학교 정보통신공학과 석사

2002년~현재 전북대학교 전자정보공학부 전자전공 박사과정

2002년 7월~2005년 6월 육군전산소 전산장교(특수사관)

<관심분야> 영상 처리, 소프트웨어공학, 임베디드 시스템 설계

윤 숙 (Sook Yoon)

정회원



1993년 2월 전북대학교 정보통신공학과 학사

1995년 2월 전북대학교 정보통신공학과 석사

2003년 8월 전북대학교 전자공학과 박사

2002년 6월~2006년 6월 Univ. of California, Berkeley 연구원

2006년 9월~현재 목포대학교 정보공학부 멀티미디어 공학전공 전임강사

<관심분야> 멀티미디어 컴퓨팅, 멀티미디어 통신 및 신호처리, 패턴인식