

# 디지털 워터마킹 평가에 관한 고찰 (Notes on Evaluation of Digital Watermarking)

김은실\* · 손윤경\*\* · 박지환\*\*\*

## 1. 서론

인터넷의 광범위한 보급에 따라 네트워크를 이용한 멀티미디어 콘텐츠(정지영상, 동영상, 오디오 등)의 유통·판매가 본격화되고 있다. 그러나 멀티미디어 콘텐츠는 컴퓨터 상에서 모든 작업(작성·편집·복사·배포 등)이 수행되고 또 그 취급이 용이하기 때문에 위법임에도 불구하고 무단으로 복제되기 쉬운 저작권 보호의 문제가 심각한 실정이다. 이와 같이 취급이 용이한 멀티미디어 콘텐츠의 불법복제에 대응하기 위한 저작권 보호 기술로서 디지털 워터마킹(digital watermarking)이 주목되고 있다[1].

디지털 워터마킹이란 멀티미디어 콘텐츠에 추출 가능한 워터마크, 즉 저작권 및 인증정보를 삽입하여 디지털 콘텐츠에 대한 저작권(소유권)을 주장할 수 있도록 하는 방식이다. 나아가 불법복사의 경로추적이나 복사방지 장치, 영상 데이터 베이스의 인덱싱 등에도 활용 가능한 기술이다. 그러나 디지털 워터마킹은 그 개발 역사가 짧기 때문에 공개된 것이 거의 없고, 더구나 그 내용을 공개하면 공격당할 두려움이 많다는 이유로 제품

화된 기술도 거의 공개되어 있지 않은 실정이다. 이 때문에 콘텐츠 제공자는 디지털 워터마크를 사용하고 싶지만 어느 기술을 이용해야 할지 고민하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 디지털 워터마킹 기법을 가능한 한 객관적으로 정리 분석하고, 용도에 적합한 기술을 선택할 수 있도록 평가기준과 방법을 객관화하는 것이 필요하다[2].

따라서 본 논문에서는 디지털 워터마킹 기법의 안전성을 평가할 수 있는 평가항목과 평가방법에 대해서 고찰하고자 한다. 또한, 이 평가방법에 근거하여 이미 상용화된 Photoshop[3]과 같은 영상처리 도구들을 이용하여 평가를 수행하고, 그 유효성을 보인다. 논문의 구성은 2장에서 기존에 제안되었거나 표준화를 위한 디지털 워터마킹의 평가활동에 대하여 알아보고, 3장에서 일반적인 디지털 워터마킹의 평가방법과 日本電子工業振興協會(JEITA: Japan Electronics and Information Technology industries Association)에서 제안하고 있는 평가항목에 대해 알아본다. 4장에서는 일반적인 영상처리에 있어서의 디지털 워터마킹의 내성 평가방법에 근거하여 안전성을 평가한다. 5장에는 디지털 워터마킹의 향후과제에 대하여 언급한다.

## 2. 디지털 워터마킹 표준화에 관한 활동

디지털 워터마킹에 대한 검토사항 중에 호환성

본 연구는 한국과학재단 지역대학 우수과학자 지원연구(과제번호:2000-1-51200-002-2)에 의해 수행된 결과의 일부임

\*부경대학교 대학원 전자계산학과

\*\*부경대학교 교육대학원 전산교육전공

\*\*\*부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

및 표준화의 문제를 들 수 있다. 수많은 디지털 워터마킹 기술이 개발되고 있는 가운데 본격적인 응용을 위해서는 호환성이 없어서는 곤란하다는 문제가 제기되고 있다. 그래서, 업계단체가 중심이 되어 각 목적에 맞는 일정의 가이드 라인을 제시하는 움직임이 있다. 이와 같은 활동이 공개적으로 이루어지고 있는 것은 중요한 의미를 갖는다. 디지털 워터마킹 기술은 비교적 새로운 기술이기 때문에 ISO등의 규격은 아직 존재하지 않고, 업계표준을 정하려는 활동에 지나지 않고 있다.

디지털 워터마킹에 대한 단체 표준화 활동으로 cIDf(Content ID Forum), CPTWG(Copy Protection Technical Working Group), DAVIC(Digital Audio Visual Council), MUSE, SDMI(Secure Digital Music Initiative), JEITA 등이 있다.

cIDf[5]는 일본 기업이 중심이 되어 디지털 콘텐츠의 저작권 보호를 목적으로 하는 포럼으로서 콘텐츠 ID의 세계 표준화를 목적으로 하는 디지털 워터마킹 기술의 이용방법 등에 대해서 검토하고 있다.

CPTWG[6] 산하의 DHSG(Data Hiding Sub Group)에서는 DVD 등의 디지털 미디어에 대한 복사제어를 목적으로 디지털 워터마킹에 관한 표준사항을 결정하기 위한 활동을 하고 있다.

MPEG-4[7]에서는 IPMP(Intellectual Property Management & Protection : 지적재산권 관리 및 보호)시스템의 인터페이스를 표준화하고 있으며, IPMP의 데이터를 콘텐츠에 직접 삽입하는 수단으로서 디지털 워터마크 기술을 사용할 것을 권고하고 있다.

DAVIC[8]에서는 디지털 오디오, 비디오의 배포 및 통신 등의 업계표준을 정하려고 하고 있다. 그 가운데 디지털 워터마킹의 역할은 저작권관리가 목적이며, DHSG와 같은 복사제어는 아니다.

MUSE[9]는 유럽 중심으로 진행되고 있는 프로

젝트로서 그 목적은 표준화가 아니라 음악용 디지털 워터마킹 기술의 검증에 있다. MUSE가 디지털 워터마킹을 이용하는 목적은 저작권 보호와 복사제어의 양쪽이다.

SDMI[10]는 레코드 회사가 중심이 되어 음악 저작권 등의 보호시스템 전체의 구조와 각 보안기술의 가이드 라인을 작성하고 통일 사양을 책정하는 것을 목적으로 하고 있다.

JEITA[11]에서는 각종 콘텐츠(정지영상, 동영상, 오디오, 텍스트 데이터)의 저작권 보호 및 이용자의 이용범위의 명확한 가이드 라인 설정을 목적으로 기존의 평가활동과는 중복되지 않도록 디지털 워터마킹 기술의 동향에 대해서 조사를 행하고 있으며, 그 조사결과를 바탕으로 디지털 워터마킹 기술의 안전성 평가를 위한 평가항목과 기준을 제시하고 있다. 주요활동은 아래와 같다[2].

(1) 저작권 정보의 삽입을 원하는 콘텐츠와 디지털 워터마크의 이용목적, 삽입 정보량들의 다양성을 고려하고 각종 디지털 워터마킹 기술 및 이들에 관한 특허, 제품 등의 현상과 적용 가능성을 조사한다.

(2) 적용하는 디지털 워터마킹 기술을 이용자의 입장에서 평가하기 위한 평가기준을 제안한다.

본 논문에서는 위의 각 위원회 활동 중에서 JEITA가 제안하고 있는 평가항목에 근거하여 평가를 수행하고자 한다. 그리고 디지털 워터마킹이 대상으로 하는 디지털 콘텐츠로서는 멀티미디어 데이터 중 연구개발이 활발한 정지영상에 대하여 우선 평가를 수행한다.

### 3. 디지털 워터마킹의 평가항목

암호학에 있어서 새로운 암호화 알고리즘이 발표되면 많은 연구자가 그 안전성에 대해서 검토하기 시작한다. 그 연구방향은 주로 암호해독이 가

능한가 그렇지 않은가를 검토하는 것이다. 이와 같은 암호 알고리즘의 설계와 해독의 상호작용에 의해 비로소 공격에 강한 암호 시스템을 구축할 수 있다. 마찬가지로 디지털 워터마킹 기술에 대해서도 워터마크의 해독이나 제거, 위조 등의 공격에 대한 안전성을 검토해야 한다. 유효한 공격 수단이나 공격방향이 명확히 되면 그 공격에 견딜 수 있는 워터마킹 기술이 개발되어 더욱 신뢰할 수 있는 알고리즘을 찾아 낼 수 있기 때문이다.

디지털 워터마킹을 평가하는 경우, 여러 가지 측면에서 판단해야 한다. 고려하고 있는 디지털 콘텐츠의 이용방법과 밀접한 관계가 있지만, 아래와 같은 항목에 대하여 고려 할 필요가 있다.

- (1) 디지털 워터마킹에 대한 공격
- (2) 영상처리 등에 의해 워터마크가 제거될 위험성
- (3) 삽입된 워터마크 정보 중 비공개된 부분을 누설, 고침, 위장할 위험성
- (4) 복수의 공모에 의한 결탁공격
- (5) 화질, 음질 등의 평가
- (6) 압축 등에 의한 내성 평가
- (7) 워터마크의 삽입 및 검출 시간
- (8) 디지털 워터마킹의 동작환경

이것은 디지털 워터마킹 기술 평가항목의 중요한 요소들이다[2].

### 3.1 구조상의 평가항목

디지털 워터마킹 기술에는 각각 대상 미디어에 따른 구조상의 특징이 있다. 그들을 상호비교하기 위하여 다음의 평가항목이 중요하다[1].

#### (1) 정보용량

삽입하는 워터마크 량을 프레임 당 비트수로 계산할 것인가, 혹은 증거자료의 개수로 계산할 것인가 또한 오류 정정 부호를 포함할 것인가에

따라 평가방법이 달라져야 한다.

#### (2) 미디어 품질

인간의 감상 기능을 제공하는 정지영상이나 음악 소프트웨어에서는 사용자의 엄격한 감식안이나 청각능력에 견딜 수 있는 등급을 요구되며, 칼라영상이나 동영상에서는 압축처리가 필요하기 때문에 데이터 압축에 견딜 수 있어야 한다.

#### (3) 계산량

워터마크 삽입구조에 따라 워터마크를 삽입하고 검출하는데 소요되는 시간이 달라진다.

#### (4) 범용성

디지털 워터마크의 대상 미디어가 같더라도 그 데이터 형식은 다른 것이 많기 때문에 범용성 있는 워터마킹 기술이 요구된다.

#### (5) 유연성

멀티미디어의 다양화와 콘텐츠 공급형태의 변경에 따라 데이터의 기록이나 표시형식이 해마다 변화하기 때문에 기존방식과의 호환성이 필요하다. 따라서 디지털 워터마킹 기술도 쉽게 버전 업할 수 있어야 한다.

### 3.2 운용상의 평가항목

#### (1) 아핀 변환(Affine transform)

일반적으로 화소 영역에 직접 워터마크를 삽입하는 방법은 아핀 변환조작에 약하다. 한편, 주파수 영역에 워터마킹을 하는 방법은 비교적 이 조작에 강하며 특히, 위상정보를 이용한 워터마크의 경우에는 영향이 적음을 알 수 있다.

#### (2) 가공 처리

웨이블렛 변환과 같은 대역정보를 일괄하여 처리하는 워터마킹 기술은 부분적인 가공처리에 민감하고 약하다. 이에 대하여 화소영역에 삽입된

워터마크 정보는 그대로 남기 때문에 이 처리에는 내성이 있다.

(3) 필터 처리

주파수 영역을 이용하는 방법은 대부분의 경우 워터마크 정보를 잃어버린다.

(4) 데이터 압축

영상 데이터의 화소영역에 워터마크 정보를 삽입하고, 그 후 높은 압축률로 압축하면 대부분의 워터마크 정보를 잃어버리게 된다. 고주파 영역에 워터마크 정보를 삽입하면 고주파 성분이 압축되기 때문에 저주파 성분을 이용하게 된다.

(5) DA/AD 변환

디지털 표현된 영상 데이터를 사진으로서 출력(DA변환)하고, 다시 스캐너로 읽어들이는 조작(AD변환)을 반복하면 워터마크 정보를 잃어버리게 된다.

디지털 워터마킹에 요구되는 평가항목들을 위와 같이 열거하여 보았다. 본 논문에서는 운용상의 평가항목으로서 주로 영상처리에 있어서의 내성을 중심으로 살펴보기로 한다.

3.3 JEITA의 내성에 관한 평가항목과 기준

디지털화 된 영상은 각종 소프트웨어에 의해 영상처리가 쉽게 이루어진다. 영상처리는 사용자가 영상을 좋게 보이게 하기 위하여 처리하는 경우와 디지털 워터마크에 대한 공격으로서 이용하는 경우로 나누어진다. 다시 말하면 「선의의 영상처리」와 「악의의 영상처리」로 분류된다.

디지털 워터마크에 기대되는 요구조건으로서 「선의의 영상처리」에 대해서는 워터마크 정보가 유지될 필요가 있다. 그러나 「악의의 영상처리」에 대해서 워터마크 정보가 유지되도록 하는 것은

쉽지 않다. 이 두 종류의 처리에 대한 디지털 워터마킹의 내성을 각각 일반 영상처리 내성, 특수 영상처리 내성이라고 부르며, 여기서는 전자를 평가 대상으로 한다[2].

일반 영상처리 내성의 평가항목은 디지털화 된 영상으로서 영상조정을 목적으로 하는 처리 중에서 선택한다. 또한 평가의 실용성을 고려하고 평가 작업을 간략화 할 수 있도록 대표되는 영상처리 파라메타의 조합으로 설정한다. 이는 물론 실제의 영상처리에서는 다양한 영상처리 기법을 복잡하게 조합하여 처리하는 경우가 많지만 이 모든 것을 다루기는 어렵기 때문이다. 디지털 워터마크의 사용환경에 따라서는 이렇게 설정하는 일반 영상처리 내성 평가항목과 기준이 적절하지 않을 수 있다. 그래서 디지털 워터마크를 이용하는 사용자가 사용목적에 맞게 임의의 영상처리를 추가할 수 있는 평가구조로서 유연성을 가지도록 구성하는 것이 바람직할 것이다. 또 특수 영상처리 내성의 평가항목에 관해서는 디지털 워터마킹 기법마다 공격효과가 있는 기법이 다르고 동시에 내성의 강약이 달라지게 되기 때문에 특정하는 것은 어렵다.

여기서는 특수 영상처리에 대해서는 다루지 않고 일반 영상처리에 대한 내성 평가항목과 기준에 대해서 고찰한다[2].

디지털 워터마킹은 오류 정정 부호가 포함되어 있는 경우가 많고 일반적으로는 삽입 정보량이 적을수록 높은 오류 정정 기능을 가진다고 생각할 수 있다. 그러나 디지털 워터마킹 기술이 비공개인 경우 이 구별은 할 수 없기 때문에 여기서는 오류 정정 부호를 포함한 내성을 평가한다. JEITA에서 제안하고 있는 평가항목과 기준을 표1에 정리하여 나타낸다.

표 1. JEITA의 일반 영상처리 내성 평가항목과 기준

평가항목		평가방법
1	※ 파일형식 변환 (a) 디지털 워터마크를 full color 영상에 삽입하는 것	
	인덱스 칼라	시험영상에 워터마크를 삽입하고 사용 팔레트에 「Web」을 선택해서 Indexed Color로 하고 다시 Full Color 영상으로 변환하여 평가한다.
2	JPEG 압축	시험영상에 워터마크를 삽입하고, JPEG 파일로 압축, 저장 보존한다. 이것을 신장해서 평가한다. YCrCb의 축소는 4 : 2 : 0 (수평, 수직 동시에 1/2로 서브샘플링)을 이용하고, 양자화 테이블로는 표준 예를 사용한다. 압축률(영상 파일크기)은(a) 1/5 (b) 1/10 (c) 1/20 (d) 1/40 에 대해 평가한다. 단 신장후의 영상의 가로, 세로의 화소값을 각각, w, h로 했을 때 압축률의 계산은 아래 식(1)로 정의한다. $[\text{압축률}] = [\text{JPEG파일의크기}(\text{byte})] / (w \times h \times 3) \quad (1)$
3	(b)워터마크를 JPEG 압축 영상에 삽입하는 방법 JPEG 압축 /신장	시험영상을 1/8의 파일크기의 JPEG 파일로 압축하고 워터마크를 삽입한다. 이것을 일단 full color 영상으로 신장 후 다시 JPEG 압축에 의해 상기의 압축률로 압축하고, 평가한다.
4	트리밍	워터마크를 삽입한 시험 영상의 중심을 고정하고 (a) 3/4 (b) 1/2 (c) 1/3 (d) 1/4의 축척으로 동일 가로, 세로의 비로 트리밍한 영상을 평가한다.
5	확대	상기 트리밍 영상을 원 영상 크기로 확대한 영상을 평가한다. 확대 처리로는 선형 보간을 사용한다
6	축소	워터마크를 삽입한 시험영상의 중심을 고정하고 (a) 3/4 (b) 1/2 (c) 1/3 (d) 1/4의 축척으로 축소했을 때의 내성을 조사한다. 축소 처리로는 선형 보간을 사용.
7	계조 변환	시험영상에 워터마크를 삽입하고 그 RGB 신호에 대해, 식(2)을 이용하여 계조변환을 행했을 때의 내성을 평가한다. 계수 $a$ 로는 (a) 0.5 (b) 0.75 (c) 1.25 (d) 1.5를 사용한다. 시험 영상 픽셀값 : $I_{xy}$ , 처리후 영상 픽셀값 : $O_{xy}$ , 임의의 파라메타 : $a$ $O_{xy} = 255 \cdot \left( \frac{I_{xy}}{255} \right)^a \quad (2)$
8	사영 변환	워터마크를 삽입한 시험영상을 사영변환한 때의 내성을 평가한다. 좌표변환은 아래의 계산식으로 행하고 선형 보간을 사용한다. 파라메타 ( $a, b$ )는 (a) (5, 1) (b) (10, 3) (c) (20, 6) (d) (30, 9)로 한다. 원영상의 가로, 세로의 화소수를 각각 $w, h$ , 임의의 화소의 좌표를 $x, y$ , 변환후의 좌표를 $X, Y$ 로 했을 때, 이하의 좌표변환식으로 나타낼 수 있다. $x = X + \frac{aw(h - Y)(1 - \frac{2X}{w} - \frac{b}{100})}{200h} \quad (3)$ $y = \frac{200Y - 2aY(1 - \frac{Y}{2h})}{200 - a} \quad (4)$
9	공간 주파수 변환	워터마크를 삽입한 시험영상에 공간주파수 변환을 실시한 후의 내성을 평가한다. (a)와 (b)는 블러링 처리 (c), (d)는 에지 강조 처리에 해당한다. 공간주파수 처리의 파라메타는 아래의 표 2 참조
10	프린터/스캔	워터마크를 삽입한 시험영상을 $a$ 배로 하고 오차 확산처리에 의해 2치화를 행한다. 다음으로 2치화된 영상을 중간조 영상으로서 선형 보간에 의해 축소하고, 1/a (원 영상 크기)로 하고 이 영상을 평가한다. 파라메타 $a$ 로서 (a) 3 (b) 2 (c) 1.5 (d) 1을 사용하고 회전량은 시계 방향으로 0.5도 한다.
11	중첩 합성	블랜드 파라메타를 (a) 0.8 (b) 0.6 (c) 0.4 (d) 0.2 로 했을 때의 내성을 평가한다. 여기서 $G$ 를 정수로 하고 $L^* = 50$ 에 해당하는 117을 이용한다. $O_{xy} = a \cdot I_{xy} + (1 - a) \cdot G \quad (5)$

표 2. 공간주파수 처리의 파라미터

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	8	1	1	1	1	40	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(a) /32 (b) /64

-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	56	-1	-1	-1	-1	40	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

(c) /32 (d) /16

### 4. 내성평가 및 결과

#### 4.1 평가환경 및 결과

3장의 JEITA에서 제시한 디지털 워터마킹 기술의 내성 평가항목과 기준에 근거하여 「JPEG 압축에 대한 견고성을 갖는 디지털 워터마킹」 [4] (이하 LPZ 방식)과 Photoshop 6.0에 플러그인 방식으로 제공되고 있는 상용 프로그램인 「Digi-Marc」에 대해서 평가를 수행하였다. 또한, 현재 벤치마크 톨로 알려져 있는 StirMark [12]의 많은 공격 방법 중에서도 JEITA의 기준과 유사한 대표적인 공격 파라미터를 선정하여 현재 상용화되었거나 그 단계에 있는 디지털 워터마킹 기술의 안전성에 대해 평가하였다. 그림 1은 LPZ방식의 개요를 나타낸다.

실험에 사용한 영상은 영상처리에서 일반적으로 많이 사용하고 있는 영상중의 하나인 Lena (256 × 256, 8bits/pixel Grayscale Image)와 Girl (256 × 256, 8bits/pixel RGB Color Image)을 대상으로

하였으며, 평가환경과 실제 평가에 사용한 방법은 각각 [표 3], [표 4]와 같다.

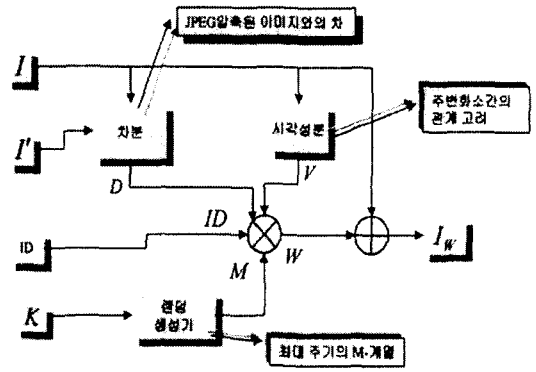


그림 1. LPZ 방식의 블록도

표 3. 평가환경

내 용	사용자의 평가환경
운영체제	Windows98 Second Edition
CPU	Intel Celeron™ 633MHz
주기억 용량	128MB RAM
영상 접근 방법	주기억장치에 있는 영상 데이터에 대해서 직접 처리를 수행한다
평가 도구	Photoshop 6.0(이하 Ps6으로 표기)

각 평가 항목에 대한 LPZ 방식의 내성평가 결과를 그림 2~그림 13에, 「DigiMarc」에 대한 결과를 그림 14~그림 26에 각각 보인다. 그리고 각종 영상처리 후 워터마크 검출 여부를 표 5~표 7에 정리하였다.



그림 2. Lena 원 영상    그림 3. 워터마크 삽입 영상

표 4. 실험에 사용한 평가방법

평가 항목	평가 방법
※ 파일형식 변환	
(a) 디지털 워터마크를 full color 영상에 삽입하는 것	
1	인덱스 칼라 Ps6에서 「File」 「Save For Web...」 선택하여 indexed color 형식인 GIF로 변환한 후 「File」 「Save As...」를 선택하여 원래의 Full color 형식을 선택하고 Full color 영상으로 되돌린다.
2	JPEG 압축 워터마크가 삽입된 영상을 Ps6에서 「File」 「Save For Web...」에서 JPEG 파일 형식을 선택하여 저장한다. 그리고 저장한 영상을 읽어들이 「File」 「Save As...」를 선택하여 원래의 형식으로 되돌린다. 품질계수 : (a) 90 (2) 80 (3) 50 (4) 25
(b) 워터마크를 JPEG 압축 영상에 삽입하는 방법	
3	JPEG 압축 /신장 Ps6에서 「File」 「Save For Web...」에서 JPEG (품질계수 88로 압축) 파일 형식을 선택하여 저장한 후 제안된 기법으로 워터마크를 삽입한다. 워터마크가 삽입된 영상을 「File」 「Save As...」를 선택하여 원래의 파일 형식으로 변환 후 다시 「File」 「Save For Web...」에서 JPEG (품질계수 60) 파일로 변환한다.
4	트리밍 Ps6에서 「Image」 「Trim...」을 선택하고 사각선택도구(Marquee Tool)를 이용하여 잘라낼 영역을 선택하여 「Image」 「Cut」를 선택한다. 단, 사각선택 도구로 이미지를 지정할 때 Feather값은 0 이여야 한다. 드래그해서 나타난 선택영역 모서리의 점을 이동시켜서 크기를 조절한다. 잘려진 영상을 새로운 파일로 저장한다. 파라메타:(a) 3/4 (b) 1/2 (c) 1/3 (d) 1/4
5	확대 Ps6에서의 평가항목 4의 파라메타 (a)~(d)에서 사용한 영상을 읽어 들여 「Image」 「Image Size」를 선택하여 원래의 이미지 크기(256×256)로 재편집한다.
6	축소 Ps6에서 「Image」 「Image Size」를 선택하여 파라메타 (a) 3/4 (b) 1/2 (c) 1/3 (d) 1/4 만큼의 크기로 재편집한다.
7	계조 변환 Ps6에서 「Image」 「Adjust」 「Curves...」를 선택하여 각 채널별로 각 색의 계조를 조작한다.
8	사영 변환 Ps6에서 「Edit」 「Transform」을 선택하여 (a)~(d) 처리에 대해서 평가한다. (a) 좌표변환 (b) 크기조절 (c) 기울기 조절 (d) 투시도법
9	공간 주파수 변환 Ps6에서 「FILTER」 「blur」를 선택하여 (a)에 대한 처리를 하고 「FILTER」 「blur more」를 선택하여 (b)에 대한 처리를 한다. 그리고 「FILTER」 「sharpen」을 선택하여 (c)에 대한 처리를 「FILTER」 「sharpen Edge」를 선택하여 (d)에 대한 처리를 한다.
10	프린터/스캔 Ps6에서 「Image」 「Image size」를 선택하여 $\alpha$ 배만큼 확대한 후 「Image」 「Mode」를 선택하여 Grayscale 모드로 변경한다. 이렇게 변경된 영상을 다시 「Image」 「Mode」 bitmap 모드를 선택하여 2치화 한다. 이것을 「Image」 「Image size」를 선택하여 $1/\alpha$ 로 축소하고 「Image」 「Rotate Canvas」를 선택하여 0.5도만큼 회전하여 시험 영상을 만든다.
11	중첩 합성 Ps6에서 「Image」 「Apply Image」를 선택하여 워터마크가 삽입된 영상을 대상 영상으로 워터마크가 미 삽입된 영상을 마스크 영상으로 지정하여 합성한다.



그림 4. 인덱스 칼라



그림 5. JPEG 압축



그림 6. 트리밍



그림 7. 트리밍 영상의 확대



그림 8. 축소



그림 9. 사영변환



그림 10. 공간 주파수 변환(흐림 처리)



그림 11. 공간 주파수 변환(에지강조)



그림 12. 프린터·스캔



그림 13. 중첩 합성

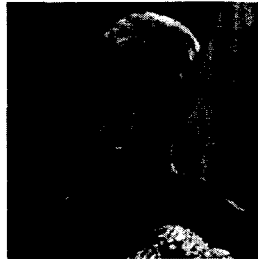


그림 14. Girl 원 영상

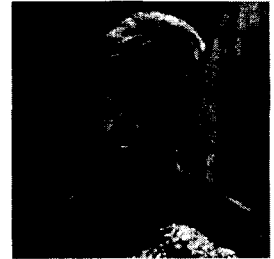


그림 15. 워터마크 삽입 영상

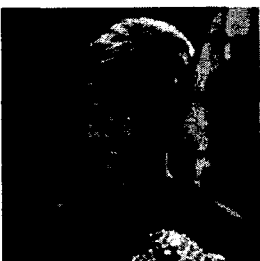


그림 16. 인덱스칼라

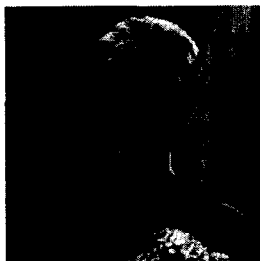


그림 17. JPEG압축 (품질계수 25%)

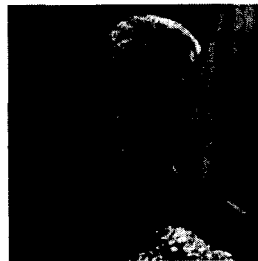


그림 18. JPEG 압축·신장

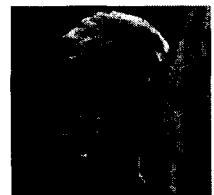


그림 19. 트리밍



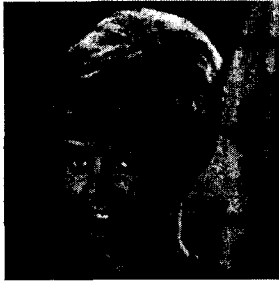


그림 20. 트리밍  
영상의 확대



그림 21. 축소



그림 22. 사영변환

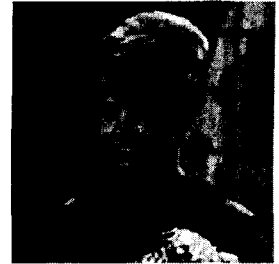


그림 23. 공간주파수  
변환(흐림 처리)

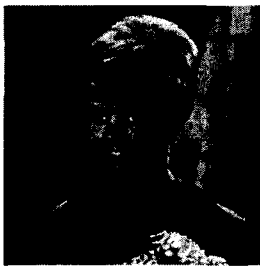


그림 24. 공간주파수 변환(에지강조)



그림 25. 프린터·스캔



그림 26. 중첩합성

표 5. LPZ방식의 평가결과(Lena Gray-scale 영상)

필수평가항목		평가 파라메타			
		(a)	(b)	(c)	(d)
1	Index Color	○			
2	JPEG 압축	○	○	○	○
3	JPEG 압축·확장	적용불가			
4	트리밍	×	×	×	×
5	확대	×	×	×	×
6	축소	×	×	×	×
7	계조 변환	×	×	×	×
8	사영변환	×	×	×	×
9	공간주파수변환	○	×	○	○
10	프린터/스캔	×	×	×	×
11	중첩 합성	○	○	○	○
		○ : 검출, △ : 일부검출, × : 미검출			

표 6. 「DigiMarc」의 평가결과 (Lena Gray-scale 영상, 삽입강도 4)

필수평가항목		평가 파라메타			
		(a)	(b)	(c)	(d)
1	Index Color	○			
2	JPEG 압축	○	○	○	○
3	JPEG 압축·확장	○	○	○	○
4	트리밍	○	○	○	○
5	확대	○	○	○	×
6	축소	○	×	×	×
7	계조 변환	○	○	○	○
8	사영변환	○	×	×	×
9	공간주파수변환	○	×	○	○
10	프린터/스캔	×	×	×	×
11	중첩 합성	○	○	○	○
		○ : 검출, △ : 일부검출, × : 미검출			

표 7. 「DigiMarc」의 평가결과 (Girl RGB 칼라영상, 삽입강도 4)

필수평가항목		평가 파라메타			
		(a)	(b)	(c)	(d)
1	Index Color	○			
2	JPEG 압축	○	○	○	○
3	JPEG 압축 · 확장	○	○	○	○
4	트리밍	○	○	○	○
5	확대	○	○	○	×
6	축소	○	×	×	×
7	계조 변환	○	○	○	○
8	사영변환	○	×	×	×
9	공간주파수변환	○	○	○	○
10	프린터/스캔	×	×	×	×
11	중첩 합성	○	○	○	○

○ : 검출, △ : 일부검출, × : 미검출

※ 영상조작을 위해서 Adobe Photoshop6.0을 사용하고 각 항목에 있어서 특히 지정하지 않은 Photoshop의 파라메타는 초기 값을 사용하였다.

#### 4.2 StirMark 평가항목

현재 가장 강력한 공격도구로 StirMark가 알려져 있다. StirMark의 기본적인 사상은 디지털 워터마크를 넣은 테스트 영상에 대하여 StirMark를 실행시켜 결과 파일로부터 워터마크가 검출되면 OK, 그렇지 않으면 NG로 처리하는 것이다. StirMark에 의한 평가항목은 여러 가지 있지만, 크게 나누면 아래와 같이 분류된다.

- (1) 일상적으로 이루어지는 영상처리 항목
  - (2) 의도적으로 워터마크를 제거하려는 조작
- StirMark에서는 이들 복수의 공격을 혼합한 강력한 도구로 인정되고 있다.

StirMark의 주요 처리 내용은 크게 기하학적 변형과 화소 단위의 변형으로 분류되며, 구체적인

평가항목은 다음과 같다.

- (1) Index color
- (2) JPEG압축: (a) 30%(b) 25%(c) 20%(d) 15%
- (3) Cropping: (a) 20%(b) 25%(c) 50%(d) 75%
- (4) 축소: (a) 25% (b) 50% (c) 75% (d) 90%
- (5) 확대: (a) 1.1 (b) 1.25 (c) 1.5 (d) 1.75
- (6) Color Quantization
- (7) General linear geometric : (a) (1.010, 0.013, 0.009, 1.011) (b) (1.007, 0.010, 0.010, 1.012) (c) (1.013, 0.008, 0.011, 1.008)
- (8) Convolution filter: (a) Gaussian (b) Sharpening (c) Median filter(3 x 3) (d) Median filter(4 x 4)

StirMark에 의한 평가결과를 표8에 제시한다. 평가에 사용한 디지털 워터마킹 기법은 현재 상용화 제품으로 제시되어 있는

- (1) EIKONAmak[13] (2) PictureMarc[14]
- (3) WaterStamp[15] (4) SureSign[16]을 대상으로 하였다.

#### 4.3 평가결과 분석

LPZ방식은 JPEG압축에 대한 내성을 목적으로 설계된 알고리즘이기 때문에 평가항목에서 JPEG 압축을 행하는 평가항목2의 경우와 평가항목1의 (a)의 경우에는 워터마크가 정확히 검출되었다. 그리고 평가항목9의 흐림 처리의 강도를 낮게 했을 때와 예지 강조 처리를 하였을 때는 삽입한 워터마크 정보를 오류 없이 검출할 수 있었다. 또한 평가항목11에 있어서도 (a), (b), (c)의 경우는 단 1bit 만의 오류가 검출되고, 다른 워터마크 정보는 손실 없이 검출되었다. 그러나 기하학적인 처리에 대한 내성평가에서는 워터마크 정보를 검출할 수 가 없었다. LPZ방식이 JPEG압축이라는

표 8. StirMark에 의한 평가결과

평가항목		EIKONAmark				PictureMarc				WaterStamp				SureSign			
		평가 파라메타				평가 파라메타				평가 파라메타				평가 파라메타			
		(a)	(b)	(c)	(d)	(a)	(b)	(c)	(d)	(a)	(b)	(c)	(d)	(a)	(b)	(c)	(d)
1	Index Color	×				×				×				×			
2	JPEG 압축	×	×	×	×	○	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○
3	Cropping	×	×	×	×	○	○	○	×	○	○	×	×	○	△	△	×
4	확대	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
5	축소	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
6	Color Quantization	×				×				×				×			
7	선형 기하학 변환	×	×	×		○	○	○		○	○	○		×	×	×	
8	Convolution	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

※ StirMark 평가항목에 대한 조건 미지정시 default 파라메타 적용  
○ : 검출, △ : 일부검출, × : 미검출

특정한 영상처리에 대한 내성을 목적으로 하였기 때문에 위의 일반적인 평가항목에 대부분 만족할 수 없었으나, JPEG압축에 대해서는 안전성이 있음을 알 수 있었다. 따라서 디지털 워터마킹 기술을 도입할 때는 사용자의 목적에 맞는 적절한 기법을 선택하는 것이 바람직하다고 할 것이다.

상용화 디지털 워터마킹 제품인 Adobe사의 Photoshop 6.0에서 플러그인 형식으로 제공하고 있는 「DigiMarc」에 대한 평가결과도 일반영상 처리에 있어서는 정확히 검출되었다. 그러나 이 제품에서도 공간 주파수 변환에서 블러링을 강하게 한 것과 사영변환의 원근감 조정이나 기울기를 변경하는 등의 좌표변환이 행해지는 기하학적인 처리에서는 워터마크를 검출하지 못했다.

StirMark의 평가 파라메타를 이용한 평가결과에서도 현재 상용화되어 있는 제품이지만 일부 평가 파라메타를 제외하고는 거의 내성을 가지지 못함을 알 수 있었다.

### 5. 결론 및 향후의 과제

본 논문에서는 저작권 보호를 목적으로 하는 디지털 워터마킹 기술에 대한 안전성을 평가하기 위한 평가항목을 고찰하고, 각 항목에 대한 평가 도구를 이용하여 LPZ방식과 DigiMarc 를 비롯한 몇 가지 상용제품에 대하여 내성평가를 수행하였다. 더 많은 제품(또는 알고리즘)에 대해서 평가 함이 바람직 하나 아직까지도 디지털 워터마킹 기술에 대한 알고리즘이 공개되어 있지 않아 평가를 수행할 수 없는 아쉬움이 남는다.

디지털 워터마킹의 당면의 과제로서 내성을 중심으로 살펴보았다. 그러나, 호환성과 표준화 이외의 측면으로서 거론되고 있는 사항 중의 하나가 신뢰성 평가의 관점에서 디지털 워터마킹 알고리즘의 공개에 대해 검토되어야 할 것이다. 즉, 암호와 마찬가지로 알고리즘은 공개되고 키에만 의존하는 것이 이상적이라 할 수 있다. 그러나, 현실적으로는 여러 가지 문제가 있어서 기대가 어려운

실정이나, 호환성의 문제, 신뢰성의 검증 등을 신중히 고려한다면 충분히 검토되어야 할 사항중의 하나이다.

또한, 적당한 워터마크가 숨겨져 있는지에 대한 제3자에 의한 검증기능이 필요할 것이다. 예를 들면, 워터마크가 숨겨져 있어서 A라는 사람의 저작권이 쓰여져 있다고 하더라도 정말로 A가 저작권을 가지고 있다는 것을 어떻게 증명할 것인가의 문제이다. 마지막으로 디지털 워터마킹은 너무 변화가 심하여 어떻게 최신 기술을 갱신시켜 갈 것인가의 호환성의 문제를 들 수 있다.

향후의 연구과제로는 다양한 영상형식에 있어서 다양한 공격이나 영상처리에 내성을 가지는 목적으로 개발되어 이미 상용화되어 있는 디지털 워터마킹 기술을 입수하여 위에서 설정한 평가항목과 기준의 효용성을 검증할 수 있어야 하겠다. 또한 디지털 워터마킹 기술의 표준화가 하루 빨리 달성될 수 있도록 더욱 객관적인 평가항목과 기준을 만들어야 할 것이다.

**참 고 문 헌**

[1] 松井甲子雄, “電子透かしの基礎”, 森北出版株式会社, 2000(in Japanese)  
 [2] 社団法人 日本電子工業振興協會, “電子透かし技術に関する調査報告書”, 2000.13.3.  
 [3] Adobe Photoshop 6: <http://www.adobe.com:82/products/photoshop>  
 [4] H.J.Lee, J.H.Park and Y.Zheng, “Digital Watermarking Robust Against JPEG Compression”, LNCS 1729, pp.167-177, 1999.11  
 [5] Content ID forum: <http://www.cIDf.org>  
 [6] CPTWG: [http://www.trl.ibm.com/projects/s7730/Hiding/dhvgx\\_e.htm](http://www.trl.ibm.com/projects/s7730/Hiding/dhvgx_e.htm)  
 [7] MPEG-4: <http://www.csel.it/mpeg>  
 [8] DAVIC: <http://www.davic.org>  
 [9] MUSE Project: “Request for Proposals: Emb-

dedded Signalling Systems Issue 1.0”, June 11, 1997  
 [10] SDMI: <http://www.sdmi.org>  
 [11] JEITA: <http://www.jeita.or.jp>  
 [12] StirMark: <http://www.cl.cam.ac.uk/~fapp2/watermarking/stirmark>  
 [13] EIKONAmark: <http://www.alphatecltd.com>  
 [14] PictureMarc(Digimarc): <http://www.digimarc.com>  
 [15] WaterStamp: <http://www.digitreal.com>  
 [16] SureSign: <http://www.signumtech.com>



김 은 실

- 1999년 2월 부경대학교 전자계산학과(학사)
- 1999년 3월~현재 부경대학교 전자계산학과 석사과정
- 관심분야: 정보보호, 디지털 워터마킹, 영상처리
- e-mail: narcissus@mail1.pknu.ac.kr



손 윤 경

- 1998년 2월 부경대학교 전자계산학과(학사)
- 2000년 3월~현재 부경대학교 전산교육전공 석사과정
- 관심분야: 정보보호, 디지털 워터마킹 등
- e-mail: kkh1052@mail1.pknu.ac.kr



박 지 환

- 1984년 2월 경희대학교 전자공학과(학사)
- 1987년 3월 전기통신대학 정보공학과(석사)
- 1990년 3월 요코하마국립대학 전자정보공학과(박사)
- 1990년 3월~1996년 7월 부산수산대학교 부교수
- 1994년 9월~1995년 3월 동경대학 생산기술연구소 객원 연구원
- 1998년 1월~1998년 2월 전기통신대학 정보시스템학 객원 연구원
- 1999년 7월~1999년 8월 Monash University, Visiting Professor
- 2001년 2월~2001년 3월 Communication Research Laboratory, Japan, STA Fellowship
- 1996년 4월~현재 동경대학 생산기술연구소 협력연구원
- 1996년 7월~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
- 1997년 3월~현재 한국통신정보보호학회 이사
- 1998년 3월~현재 한국멀티미디어학회 총무이사
- 1999년 3월~현재 한국정보처리학회 논문지 편집위원
- 관심분야 : 정보보호 및 암호학, 디지털 워터마킹, 영상처리, 멀티미디어 압축 등
- e-mail : jpark@pknu.ac.kr