

# 디지털콘텐츠 저작권보호 도구로써의 디지털 워터마킹 성능 비교

Comparison of Digital Watermarking Performance As Copyright Protection Tools of  
Digital Contents

김철기

부산대학교 예술대학 디자인학과 교수

**Kim, Cheol Ki**

Pusan National University

## 1. 서론

- 1-1. 연구배경
- 1-2. 연구목적

## 2. 관련연구

- 2-1. 워터마킹의 정의
- 2-2. 워터마킹 연구동향

## 3. 워터마킹 시스템의 분류

- 3-1. 영역에 따른 분류
- 3-2. 특성에 따른 분류

## 4. 실험 및 문제점 분석

- 4-1. 문제점 제기
- 4-2. 실험환경
- 4-3. DCT 변환에 기반한 방법
- 4-4. DWT 변환에 기반한 방법

## 5. 결론

### 참고문헌

### 논문요약

디지털 기술의 발전과 더불어 창작물에 대한 소유권 정보의 중요성이 강조되고 있다. 특히 디지털 콘텐츠의 복제와 변경의 용이성으로 소유권 보호를 위한 다양한 별도의 방법이 필요한 시점이다.

이러한 문제점의 해결을 위하여 워터마킹기법의 경우 특히 영상에 대한 소유권 분쟁의 해법으로 근래에 각광을 받고 있는 기술들 중 하나이다. 그러나 아직까지 이러한 워터마킹기법 및 활용에 대한 이해가 부족한 실정이다.

본 논문에서는 2D 이미지 창작물에 대한 워터마킹 기법의 올바른 선택 기준을 위하여 JPEG 압축 기술인 DCT에 기반한 방법과 JPEG2000 압축 기술인 DWT에 기반한 방법의 성능 결과를 비교하고자 한다.

이를 위하여 100장의 사진, 애니메이션, 그래픽 등 다양한 장르의 이미지에 대하여 일반적으로 이루어질 수 있는 인위적 공격을 가하여 실험을 수행하였으며, 공격 후 삽입된 워터마크의 검출 여부와 워터마크 삽입 전후의 화질 변화도를 측정하였다.

본 논문의 최종적인 목적은 실험 결과에 기반하여 디자인 관련 창작작업에 있어 저작권 문제를 해결하는데 기준을 제공하는데 있다.

### 주제어

워터마킹, 저작권보호, 디지털저작권관리

### Abstract

The importance of copyright about visual creation as a new technology in the area of visual design and image archiving is emphasizing rapidly. Especially, due to the characteristics of easy duplication and modification of digital contents such as visual design, it is necessary to develop a variety of techniques for various protection purposes such as ownership claiming and authentication.

To solve above problems, the watermarking technique is one of the most concerned techniques and is solution about image ownership. But comprehension of watermarking and application is insufficient so far.

In this paper, to propose a good criterion of watermarking about 2D image creation, we will compare with DCT based method and DWT based method(the DCT is used for JPEG compression, the DWT is used for JPEG2000 compression).

For performance tests, we used one hundred images from several genre such as photography, animation, graphic, and measured watermarking extraction after some attacks. And we measured image quality before and after watermark insertion.

This paper aims to support base for copyright troubles in design related creation works.

### Keyword

Watermarking, Copyright Protection, DRM

## 1. 서론

### 1.1. 연구배경

인터넷과 디지털 기술의 발전은 인간의 삶의 질을 향상시키는데 지대한 공헌을 하였으나 한편으로는 창작물의 무분별한 복제 및 배포와 같은 역효과를 양산하고 있다. 특히 인터넷 기술의 발전 중 당나귀(e-donkey), 프루나(pruna), 토렌트(torrent) 등과 같은 P2P 서비스의 보급과 웹 상에서의 블로그(Blog) 등의 확산과 더불어 영상의 소유권과 관련된 소송이 끊이지 않고 있는 실정이다. 또한 디자인 창작물과 같은 미디어에 대한 디지털화의 추세는 편집, 전송 및 저장의 편리함으로 저작권의 보호와 인증에 대한 해결책이 절실히 필요한 시점이다.

디지털 창작물의 정보 보호를 위해 적용할 수 있는 방법은 공용키(public key) 암호화 알고리즘을 이용한 방법, 방화벽(firewall)을 이용한 방법, 디지털 워터마킹(digital watermarking)으로 나누어 볼 수 있다.<sup>1)</sup> 이러한 세 가지 방법들 중 본 논문에서는 디지털 워터마킹에 관하여 논하고자 하며, 이 방법은 저작권 정보, 배포자 정보를 창작물에 삽입해 놓음으로써 훗날 저작권과 관련된 문제가 발생하였을 때 해결책을 제시할 수 있는 장점을 갖고 있다. 워터마킹 기술의 발전은 개인 창작물의 저작권 보호의 개념과 더불어 1990년대 후반에 들어서면서 집중적인 관심을 받고 있는 분야이다. 이러한 기술의 응용 분야는 정보기술(IT)뿐만 아니라 디자인 관련 창작물의 소유권 보호를 위하여 다양한 형태로 논의가 진행중이다. 실례로 아도브(Adobe)사의 포토샵의 경우 영상에 가시적 워터마크(visible watermark)를 삽입함으로써 본인의 창작물에 자신만의 로고를 삽입하는 방법과 비가시적 워터마크로써 자신만의 암호를 삽입하는 방법을 제공하고 있다. 그러나 전자의 경우 시각적으로 로고가 보임으로써 원 작품과의 조화를 이루기 힘들다는 단점이 존재하며, 후자의 경우 여러 가지 필터링 및 기하학적 변환 공격에 취약하다는 단점이 존재한다.

### 1.2. 연구목적

디자인 분야에서는 이러한 워터마킹 기술의 인식 부족과 영상디자인 창작물에 대한 적용 방안에 대한 논의가 아직까지 부족하다. 또한 기존의 공학관련 연구에서도 단지 5~6장의 사진 이미지를 사용하여 연구가 이루어져 왔다. 이러한 연구 상황은 그동안의 연구가 새로운 알고리즘 개발에만 집중되어 왔음을 보

여주고 있으며 그동안 개발된 알고리즘을 필드에 적용하기 위한 다양한 장르의 영상에 대한 검증이 부족함을 나타낸다. 따라서 본 논문에서는 소수의 이미지에 의존한 기존의 워터마킹 연구와 달리 다양한 장르의 100장의 이미지를 이용하여 주파수 영역에 기반한 대표적인 워터마킹 기법의 성능 검증 및 이의 결과를 토대로 각 워터마킹 기법의 문제점 분석을 통하여 창작물의 목적에 따른 워터마킹 기술의 올바른 선택과 적용을 위한 도움을 제공하고 소유권 보호의 인식을 높이는 데 목적이 있다.

## 2. 관련연구

### 2.1. 워터마킹의 정의

디지털 워터마킹(digital watermarking)이란 디자인 창작물과 같은 멀티미디어 콘텐츠에 창작자의 고유 정보를 삽입함으로써 차후 발생할 수 있는 소유권 분쟁에 있어 자신의 권리를 주장하고 보호하기 위한 방법을 말하며 이때 삽입되는 고유 정보를 워터마크(watermark)라 한다.<sup>2)</sup> 특히 근래에 들어 멀티미디어 콘텐츠에 대한 저작권 보호 및 지적 재산권 분쟁이 늘어나고 있는 추세에서 이러한 분쟁을 해결하기 위한 필수적인 기술로 각광을 받고 있다. 이러한 워터마킹 기술의 기원은 중세시대로 거슬러 올라갈 수 있다. 중세시대 교회의 비밀문서 또는 군사용 비밀문서 등의 용도로 사용된 기술로 젖은 종이에 그림을 인쇄하여 넣었다는 의미에서 'water + mark'에 어원을 두고 있다.<sup>3)</sup>



[그림 1] 만원권 지폐에 들어간 워터마크의 적용 예

현재는 지폐의 위조 방지를 위해 본 기술을 사용하고 있으며 특히 창작물 보호를 위한 멀티미디어 콘텐츠에 적용이 늘어가고 있다. [그림 1]은 만원권 지폐에 들어간 워터마크 영역을 나타내고 있다.

### 2.2. 워터마킹 연구동향

2) Ingemar J. Cox, Matthew L. Miller, Jeffrey A. Bloom, Digital Watermarking, Morgan Kaufmann, 2002.

3) <http://juswmis.egloos.com/2349378>

1) [http://ipleft.or.kr/bbs/view.php?board=ipleft\\_5&id=359](http://ipleft.or.kr/bbs/view.php?board=ipleft_5&id=359)

국내의 워터마킹 관련 연구는 크게 두 가지 맥락에서 전개되고 있다. 즉, 사람의 눈에 띄는 가시적 워터마크(visible watermark)와 사람의 눈에 띄지 않는 워터마크(invisible watermark)로 나뉘어 연구가 진행되고 있다. 전자의 경우는 영상의 픽셀 자체에 워터마크를 삽입하는 공간영역(spatial domain)에 기반한 워터마크가 주를 이루며, 후자의 경우는 주파수 영역(frequency domain)에 기반한 워터마크가 주를 이룬다. [그림 1]에서 보여준 지폐의 예는 이러한 두 가지 워터마킹 기법중 공간영역에 기반한 워터마크에 해당한다.

Koch와 Zhao 등은 이미지를 분할한 이후 DCT 변환을 적용하여 워터마킹을 수행하는 방법을 제안하였다<sup>4)</sup>. 반면에 Cox<sup>5)</sup> 등은 이미지를 분할하지 않고 DCT 변환을 먼저 수행한 후 이미지의 DC 성분을 제외한 중요 주파수 계수를 선택하여 워터마킹을 수행하는 방법을 제안하였다. Zhang은 영상을 8x8 블록 DCT 후 고주파와 저주파 성분 모두에 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다. 또 Swanson<sup>6)</sup>, Podilchuk와 Zeng<sup>7)</sup>는 HVS 모델을 사용하여 JND DCT 값을 구한 후 워터마킹을 수행하는 방법을 제안하였으며, Xia<sup>8)</sup>와 Kundur<sup>9)</sup> 등은 DWT를 이용한 방법을 제안하였다. Hien<sup>10)</sup> 등은 RDWT(Redundant DWT)에 의한 로고 워터마킹을 연구하였다.

근래에 들어서는 디지털 시네마라 불리는 고화질 영화의 등장으로 고화질 영상에 대한 불법촬영 등 많은 문제점에 대한 해결책 및 DRM의 대안으로 디지털

4) E. Koch, J. Zhao, "Toward Robust and Hidden Image Copyright Labeling," Nonlinear Signal Processing Workshop, pp.406~463, 1995.

5) I. J.Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shammoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, vol.6, no.12, pp.1673~1687, 1997.

6) Mitchell D. Swanson, "Transparent Robust Image Watermarking," Proceedings of IEEE ICIP, pp.211~214,1996.

7) C. I. Podilchuk and W. Zeng, "Digital Image Watermarking Using Visual Models," Proceedings of IS&T/SPIE Conference on Human Vision and Electronic Imaging II, vol.3016, pp.100~111, 1997.

8) X. G. Xia, C. G. Boncelet and G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," Proceedings of IEEE ICIP, vol. 3, pp. 548~551, 1997.

9) D. Kundur, D. Hatzinakos, "Digital Watermarking Using Multiresolution Wavelet Decomposition," International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing, vol.5, pp.2969~2972, 1998.

10) Hien, T. D., Nakao, Z. and Chen, Y.-W., "Robust multi-logo watermarking by RDWT and ICA", Signal Processing, 86, pp.2981-2993, 2006

워터마킹 기술이 이용되고 있으며, 우리나라의 경우 한 예로, 독립영화 '위낭소리'에 워터마킹 기술을 채택, 적용하고 있다. [표 1]는 국내 및 국외의 워터마킹 기술의 상용화 사례를 보여주고 있다.

[표 1] 워터마킹 상용화 사례

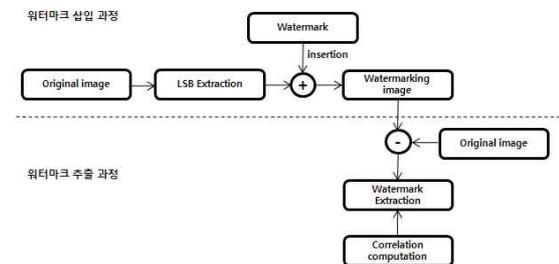
구분	회사명	상품명
국내	마크애니	MAIM
	디지털트리얼테크놀로지	WaterStamp
	씨케이엔비	Aqua Image
국외	Alpha Tech Ltd.	EIKONAmark, VolMark
	AlpVision	SignIt!
	BlueSpike	Giovanni
	Compris	TextMark, TextHide
	DataMark	StegMark ImageLITE
	Digimarc	Digimarc ImageBridge
	eWatermarking	SteganoSign
	MediaSec	CDP
	MTL Systems	ADW Tool
	Nextamp	NextGuard
	Signum Tech.	SureSign
	Verance	ConfirMedia

### 3. 워터마킹 시스템의 분류

#### 3.1. 영역에 따른 분류

##### 3.1.1 공간 영역에 기반한 방법

공간 영역에 기반하여 워터마크를 삽입하는 방법은 영상을 구성하는 픽셀 값들을 직접적으로 변경하여 워터마크를 삽입하는 방법으로 알고리즘 구현이 단순하고 처리 속도가 빠르다는 장점이 있으나, 손실 압축이나 영상처리에 사용되는 각종 필터링(filtering)에 취약하다는 단점이 존재한다. [그림 2]는 공간 영역에 기반한 방법의 개념도를 나타내고 있다.

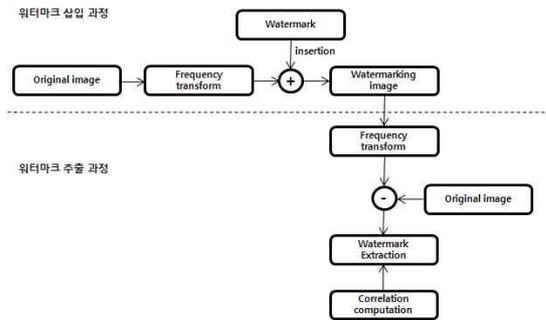


[그림 2] 공간 영역에 기반한 워터마킹의 개념도

##### 3.1.2 주파수 공간에 기반한 방법

주파수 공간에 기반한 방법은 각종 변환 방법을 적용하여 영상을 주파수 영역으로 변환한 후 저주파 부분의 계수값(coefficients)을 조작하여 데이터를 변환하는 방법으로 잡음(noise)과 영상압축에 강하다는 장점이 존재하나, 알고리즘 구현이 복잡하고 처리 시

간이 공간 영역에 기반한 방법에 비해 많이 걸린다는 단점이 존재한다. [그림 3]은 주파수 영역에 기반한 방법의 개념도를 나타내고 있다.



[그림 3] 주파수 영역에 기반한 워터마킹의 개념도

### 3.2. 특성에 따른 분류

#### 3.2.1 저작물에 따른 분류

저작물에 따른 분류는 워터마크를 삽입할 대상이 무엇인지에 따라, 첫째, 텍스트 워터마킹으로서 주로 공문서 파일 등에 적용되는 워터마킹 기법, 둘째, 정지 영상에 대한 워터마킹으로서 디자인 창작물 등에 폭넓게 적용될 수 있는 기법, 셋째, 오디오 워터마킹으로서 음원 파일에 최소한의 영향을 미치면서(일반적으로 인간의 청각 특성을 이용) 자신만의 워터마크를 삽입함으로써 음원 분쟁에 대한 중요한 해결책으로 급부상되고 있는 기법, 넷째, 비디오 워터마킹으로 MPEG 등 동영상 파일에 워터마크를 삽입하는 방법이 있다.

#### 3.2.2 워터마킹의 인지 정도에 따른 분류

인간의 시각적 인지성(認知性)에 기반한 방법으로 가시적 워터마킹 기법과 비가시적 워터마킹 기법이 있다. 가시적 워터마킹 기법은 본인만의 로고나 상표를 원 영상에 삽입함으로써 광고효과와 같은 부가적 효과를 거둘 수 있으며, 삽입 방법 또한 간단하다는 장점이 존재하나 원본 데이터의 훼손이 심하다는 단점과 함께 로고가 삽입된 부분을 임의로 삭제하여 재사용할 가능성이 있다는 단점이 존재한다.

#### 3.2.3 강인성에 따른 분류

워터마크가 삽입된 강도에 따라 강인한 워터마킹, 중간 정도(semi-fragile)의 워터마킹, 연성(fragile) 워터마킹이 있다. 강인한 워터마킹은 의도적이거나 비의도적으로 행해지는 공격에 대하여 강인하게 설계되어 있는 특징이 있다. 중간정도의 워터마킹은 미리 정해놓은 일정한 임계치(threshold) 이상의 공격이 들

어왔을 때 워터마크가 손상됨을 통하여 소유권을 주장하게 한다. 연성 워터마킹은 삽입한 워터마크가 약간의 변형 또는 공격에 의해서도 쉽게 깨어지도록 설계해 놓았다.

#### 3.2.4 워터마크의 종류에 따른 분류

삽입되는 워터마크의 종류에 따라 이미지 형태와 노이즈(noise) 형태 두 가지로 분류되며, 이미지 형태의 경우 다시 이진영상과 도장, 로고, 레이블 등으로 나뉜다. 본 방법의 경우 이미지의 특성에 기인하여 워터마크의 추출 후 결과가 수치적 또는 시각적으로 구분이 가능하다는 장점이 있으나 강인성이 다소 떨어진다는 단점이 존재한다. 노이즈 형태의 경우 의사 랜덤 수열(pseudo random sequence), 가우시안 랜덤 수열(gaussian random sequence), 카오스 수열(chaotic sequence)로 세분화되며, 이 세 가지 중 단순하고 워터마크의 생성 속도가 빠르다는 장점에 의해 의사 랜덤 수열이 가장 많이 사용되고 있다.

#### 3.2.5 워터마크의 삽입 영역에 따른 분류

워터마크의 삽입 영역에 따른 분류는 공간 영역 워터마킹과 주파수 영역 워터마킹으로 구분된다. 공간 영역 워터마킹의 경우 LSB(Least Significant Bit) 방법, Patchwork 방법, 랜덤함수 방법, PIM(Picture Information Measure) 방법으로 세분화 되며, 주파수 영역 워터마킹의 경우 대역 확산(spread spectrum) 방법과 도약(hopping) 방법으로 나뉜다. 또한 주파수 영역 워터마킹에 적용되는 변환 방법으로는 DCT, DFT, DWT 등이 있으며 이러한 방법의 경우 공간 영역 워터마킹과 달리 필터링이나 압축 등과 같은 왜곡에 강인하다는 장점이 존재하지만 설계가 복잡하고 계산 복잡도(complexity)가 높다는 단점이 존재한다.

## 4. 실험 및 문제점 분석

### 4.1. 문제점 제기

앞서 서론에서 언급하였듯이 현재까지의 디지털 워터마킹과 관련된 대부분의 연구는 공학적인 부분에 기반을 두고 단지 5~6장의 표준 영상에 대하여 새로운 알고리즘의 개발과 성능 비교에 초점을 두고 진행되어왔다. 그러나 이러한 연구의 경우 너무 적은 수의 표준영상에 대한 실험으로 기인하여 나타나는 실험결과의 객관성에 대한 의구심과 일관성의 부족 현상이 종종 나타나곤 하였다. 즉, 표준영상이 아닌 일반 실세계의 영상에 대하여 검증이 부족하다는 면이 없지 않았다 하겠다. 따라서 본 논문에서는 기존의

워터마킹 기법들 중 가장 대표적인 방법에 해당하는 주파수영역에 기반한 두 가지 방법에 대하여 기존의 표준영상이 아닌 회화 작품, 애니메이션, 사진, 그래픽 등 다양한 장르의 이미지 100장을 이용하여 검증을 하고자 한다. 이러한 형태의 검증 이유는 공학적 알고리즘의 접근과 달리 실제 디자인 및 디지털콘텐츠 분야 종사자들의 경우 워터마킹 소프트웨어의 사용에 있어서 실험실적 실험에서 벗어나 다양한 종류의 영상을 사용하고 있기 때문에 소프트웨어의 선택에 있어서도 어떠한 알고리즘에 기반한 소프트웨어를 선택하는 것이 옳은 지에 대한 판단 기준을 제공하고자 함이다. 다양한 영상에 대한 실험이 이루어져야 하는 필요성은 영상자체의 텍스처(texture) 분포도에 기반하고 있다. 일반적으로 모든 영상분석 알고리즘들은 영상의 텍스처에 가장 큰 영향을 받을 수 있는데, 본 논문에서는 다양한 텍스처를 가진 영상들을 사용함으로써 기존의 연구에서 간과한 이러한 부분에 대한 취약성을 검증하고자 한다.

#### 4.2. 실험환경

본 절에서는 3절에서 분류한 방법들에 기반하여 영상콘텐츠 창작물에 워터마크를 직접 삽입하고 여러 가지 공격 및 왜곡을 가해 봄으로써 어떠한 방법이 더 강인한 방법인지 판별하고자 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 여러 가지 공격에 취약한 공간영역에 워터마크를 삽입하는 방법보다는 의도적인 공격에 강인한 특성을 띠는 주파수영역에 워터마크를 삽입하는 방법들로 실험을 진행하였다.

주파수 공간에 삽입하는 워터마크의 경우 영상자체에서 인간의 시각으로 판별하기 어렵다는 장점에 기인하여 의도적 공격에 강인함을 나타내므로 본 방법을 본 논문에서 선택하였다. 실험에 사용된 이미지는 온라인 이미지 DB 중 하나인 ALIPR<sup>11)</sup>에서 사진, 회화 작품, 애니메이션 등 다양한 유형의 이미지를 100장 선택한 후 512\*512 사이즈로 리사이징(resizing)한 후 사용하였다. 실험에 사용된 영상들의 특징은 사진의 경우 조명에 민감할 뿐만 아니라 다양한 질감(texture)을 포함하고 있으며, 회화작품은 화가의 화풍에 따라 다양한 형태의 붓질(brushstroke)을 보여주고 있다. 그리고 애니메이션의 경우 컴퓨터를 기반으로 하여 인공적으로 생성된 디지털이미지이므로 윤곽선이 일반 사진과 달리 명확하게 구분되는 특성이 있고 사용된 컬러 또한 일반 사진과 달리 비교적 단순한 질감의 특징이 있다. 워터마크를 삽입하기 위하여 이

상과 같은 그림의 특성들을 모두 고려하여 삽입위치를 결정하여야 하는 어려움이 존재한다. [그림 4]는 본 논문의 실험에 사용된 영상들의 일부 샘플 영상을 보여주고 있다. 실험환경은 윈도우XP 기반 MATLAB version 7, RAM 2GB 환경에서 실험하였다.

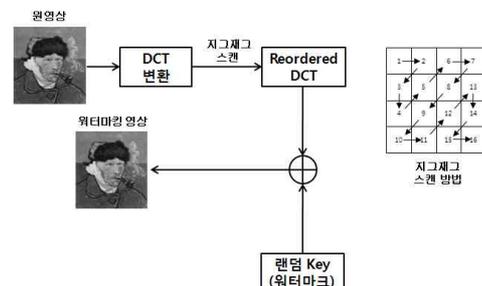


[그림 4] 실험에 사용된 영상의 대표 샘플

또한 삽입된 워터마크의 강인성 테스트를 위하여 워터마크가 삽입된 영상에 대하여 크기변화(scaling), 블러링(blurring), 샤프닝(sharpening), 잘라내기(cropping)와 같이 총 네 가지 공격을 가해 DCT 변환과 DWT 변환에 기반한 방법의 반응 결과를 비교 분석하였다.

#### 4.3. DCT 변환에 기반한 방법

DCT 변환에 기반하여 워터마크를 삽입하는 방법의 경우, 일반적으로 DCT 변환의 결과물인 저주파수에 해당하는 AC 성분과 고주파수에 해당하는 DC 성분 중 DC 성분에 자신만의 암호인 워터마크를 삽입하는 경향이 많다. 그 이유는 저주파수 성분에 해당하는 AC 성분에 워터마크를 삽입할 경우 영상의 품질에 악영향을 미칠 수 있으므로, 고주파 성분에 워터마크를 삽입함으로써 원 영상의 화질을 최대한 보존하면서 원하는 목적을 성취할 수 있도록 하고 있다. 따라서 본 논문에서도 이러한 방법에 기인하여 [그림 5]와 같이 원 영상을 8\*8 블록에 기반한 DCT 변환을 수행하여 워터마크를 삽입하였다.



[그림 5] DCT 변환에 기반한 워터마킹 과정

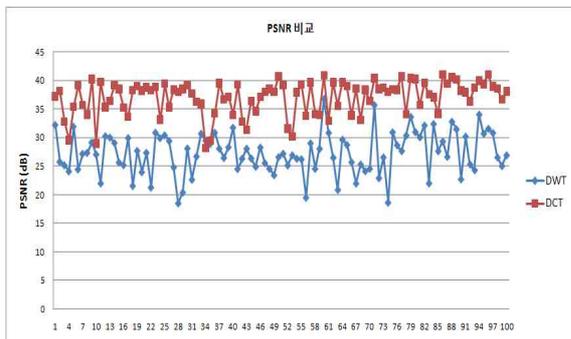
11) <http://www.alipr.com>

위의 [그림 5]에 나타난 과정에 의하여 워터마크를 삽입한 후, 화질의 차이를 알아보기 위하여 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)값과 상관도(correlation)를 계산하여 비교하여 보았으며, 앞서 언급한 네 가지 공격을 가한 이후의 상관도를 계산하였다. PSNR은 잡음이 있는 영상과 복원된 영상을 비교하여 화질의 변화가 얼마나 있는가를 두 영상간의 오차를 측정하여 성능을 평가하는 방법 중 하나로 데시벨(dB)로 표현하며, 값이 높을수록 화질이 우수하다 할 수 있으며 통상 30dB 이상이면 화질이 매우 우수하다 평가한다<sup>12)</sup>. 또한, 상관도는 원영상과 워터마크가 삽입된 영상간의 유사도를 측정하는 기준으로써 0.0~1.0 사이의 값을 갖으며, 1.0에 가까울수록 두 영상간에 차이가 없음을 나타낸다. [표 2]에 나타난 실험결과에서 보듯이 워터마크를 삽입한 후 원영상과의 화질 비교에서 DCT에 기반한 방법의 경우, 30 dB 이상의 PSNR값을 보여주고 있으며, [표 3]에서는 네 가지 공격 후 상관도의 변화를 계산해 본 결과 크기변화, 블러링, 샤프닝 모두 약 0.9 이상의 상관도를 보였으나, 잘라내기의 경우 대부분 0.2 이하의 낮은 상관도를 나타냄을 보였다. 아래의 [그림 6]은 워터마크의 삽입 전후 영상을 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 워터마크의 삽입된 결과영상에서 삽입된 워터마크의 인지가 이루어지지 않고 있는 것은 비가시적 워터마크의 성질에 기인한 것이다.



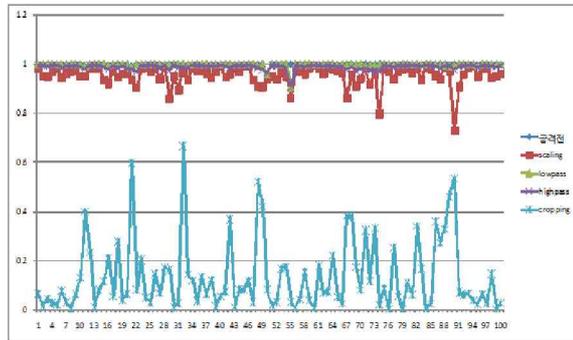
[그림 6] 워터마크의 삽입 전(좌)과 후(우)비교

[표 2] 워터마크 삽입 후 PSNR 값의 비교



12) Nedeljko Cvejc, Tapio Seppanen, Digital audio watermarking techniques and technologies, p.177

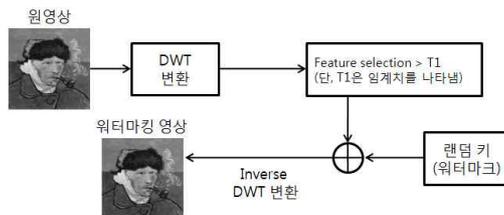
[표 3] 워터마킹 영상에 공격 후 상관도 (DCT 변환)



이는 DCT 변환에 기반한 워터마킹 기법의 경우 잘라내기 공격에 매우 취약함을 보여주고 있다.

#### 4.4. DWT 변환에 기반한 방법

본 절에서는 두 번째 실험 방법으로 이산웨이블릿 변환(DWT)에 기반한 워터마킹 기법의 성능을 비교 분석하였다. DCT 기법과의 비교를 위하여 동일한 영상에 대하여 동일한 공격을 가하였을 때 성능을 측정하였다. DCT 기법에 기반한 방법과 달리 DWT 기법에 기반한 방법의 경우 영상의 변환 결과물인 저주파수(low frequency) 성분과 고주파수(high frequency) 성분 중 고주파수 성분을 detail 성분이라 부르며 이는 다시 가로, 세로, 대각선 성분으로 세분화 되는 특성을 가지고 있으므로 DCT 기법보다 더 세밀한 부분을 제어 할 수 있는 장점을 가지고 있다.

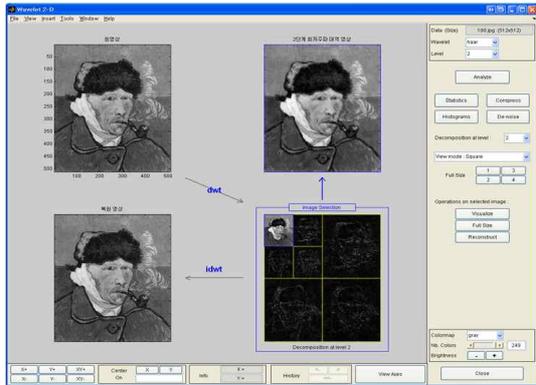


[그림 7] DWT 변환에 기반한 워터마킹 과정

[그림 7]은 DWT에 기반하여 워터마크를 삽입하는 방법을 보여주고 있으며, [그림 8]은 입력 영상을 2단계에 걸쳐 주파수 성분을 뽑아내는 과정과 복원 과정의 예를 보여주고 있다.

DWT에 기반한 워터마킹 방법의 경우 DCT에 기반한 워터마킹 방법과 비교하여 잘라내기에 더 강인함을 확인할 수 있었으며, 반면에 PSNR의 값의 경우 [표 2]에서와 같이 DCT에 비하여 대략 25~30dB로 측정되는 바와 같이 다소 낮은 값의 분포를 보이고 있으나 [표 9]에서와 같이 상관도 측정결과 약 0.95 이

상으로 화질에 큰 손상이 없음 알 수 있었다. 이러한 사실은 영상의 화질을 중요시하는 디자인 분야에서는 매우 중요한 사항 중 하나이다.



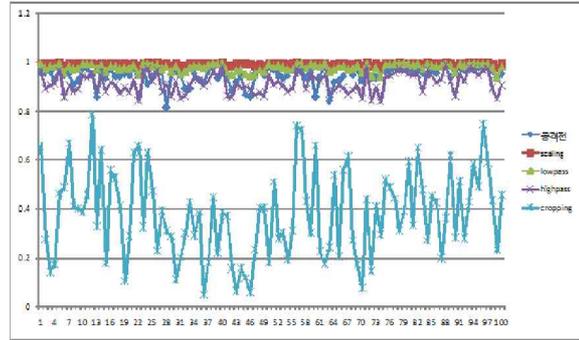
[그림 8] DWT 2단계 분해 및 복원 결과 영상

즉, [표 5]~[표 7]과 같이 크기변화, 블러링, 샤프닝 등은 DCT와 마찬가지로 미세한 차이를 보일 정도로 우수 또는 열세를 나타내었으나, 잘라내기에서 현저한 성능의 우위를 보이는 장점을 나타내고 있음을 [표 8]을 통해 알 수 있다. [표 8]의 경우 DWT와 DCT 두 가지 방법을 적용하여 동일한 100장의 이미지에 대하여 워터마크를 삽입한 후 [그림 9]와 같이 이미지의 일정 영역을 300\*300 크기로 잘라낸 후 워터마크가 얼마나 손상되었나를 나타내는 워터마크의 상관도를 측정된 결과를 보여주고 있다. 디자인 작업을 수행하다보면 컴퓨터그래픽 기술을 이용하여 직접 영상을 생성하기도 하지만, 다른 곳에 있는 사진이나 그림들을 이용하여 새로운 이미지를 만들어 낸 결과물들을 종종 볼 수 있다. 이때 가장 많이 사용되는 기술들 중 하나가 잘라내기, 회전 등의 기법이다. 누군가가 이러한 기법들을 이용하여 이미지를 변형하였고, 원본 영상의 저작권자가 자신의 이미지에 대한 소유권을 주장하고자 할 때 이러한 공격에 강인한 워터마크 기법을 적용하여 워터마크를 삽입해 놓는다면 추후 발생할 수 있는 소유권 분쟁에 있어 유연하게 대처할 수 있게 된다.

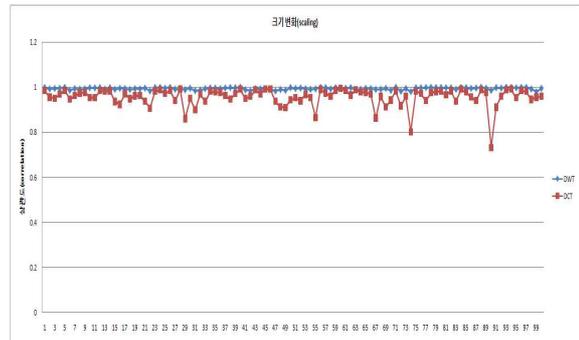


[그림 9] 워터마크 영상과 잘라내기 공격을 한 영상

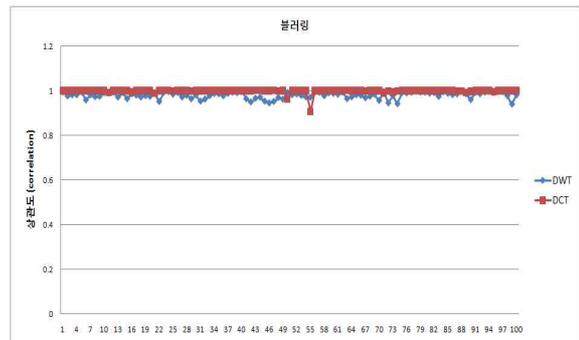
[표 4] 워터마크 영상에 공격 후 상관도 (DWT 변환)



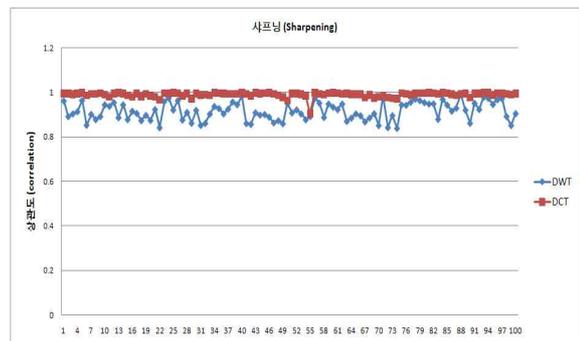
[표 5] 워터마크 영상에 크기변화 공격 후 상관도 변화 비교



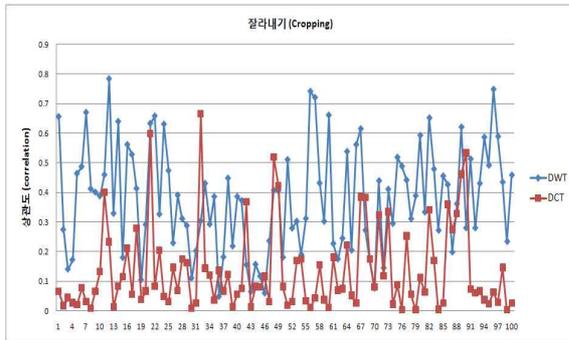
[표 6] 워터마크 영상에 크기변화 공격 후 상관도 변화 비교



[표 7] 워터마크 영상에 샤프닝 공격 후 상관도 변화 비교



[표 8] 워터마킹 영상에 잘라내기 공격 후 상관도 변화 비교



[표 9] 워터마킹 테스트 결과비교 (N=100)

	DCT 기반		DWT 기반	
	평균	표준편차	평균	표준편차
유사도	0.9990	0.0045	0.9487	0.0333
크기변화	0.9564	0.0397	0.9932	0.0048
블러링	0.9968	0.0101	0.9793	0.0145
샤프닝	0.9887	0.0112	0.9146	0.0393
잘라내기	0.1340	0.1450	0.3783	0.1779
PSNR	37.020	2.9357	27.3237	3.6272

## 5. 결론

오늘날 디지털 기술의 발전으로 인하여 많은 디자인 관련 종사자들은 다양한 형태의 창작물을 생산해내는게 가능해졌다. 그러나 이러한 장점의 이면에는 창작물의 저작권과 관련된 수많은 문제점들이 발생하게 되었다. 즉 창작물의 무단 도용이나 복제 등 수 많은 비윤리적인 행위들이 기술의 발전과 더불어 증가하게 되었다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 그동안 보안과 관련된 분야에서 많은 연구들이 진행되어 오고 있다. 그 중 가장 대표적인 것이 워터마킹기술이다. 포토샵과 같은 소프트웨어에도 워터마킹 기술이 탑재되어 있으나 아직까지 그렇다할 성능을 보여주고 있지는 못한 실정이며, 현장에서 창작활동을 하는 디자이너들의 경우 저작권 보호와 관련된 해법에 관하여 기본 지식이 미흡한 실정이다. 이러한 문제점의 인식으로 인하여 본 논문에서는 다양한 장르의 영상을 이용하여 여러 가지 저작권 침해와 관련된 경우의 수 중 가장 대표적인 공격이라 할 수 있는 영상의 크기변화, 잘라내기, 필터링 효과 등과 관련된 항목에 대하여 DCT와 DWT에 기반한 방법을 기준으로 성능을 비교함으로써 선택에 대한 도움을 제공하였다. DCT에 기반한 방법의 경우 저주파를 제외한 고주파 영역에만 암호에 해당하는 워터마크를 삽입하므로 저주파 부대역(approximation subband)을 제외한 다

양한 영역에 워터마크를 삽입하는 DWT에 비하여 화질의 변화에 덜 영향을 미치는 장점이 존재함을 알 수 있었으나, 크기변화나 잘라내기 등에서 DWT에 비하여 낮은 성능을 나타내는 것을 실험을 통하여 확인할 수 있었다. 또한, DCT와 DWT에 기반한 방법의 화질 영향도 상관도 측정에 의거하여 그다지 큰 차이를 나타내는 것이라 할 수 없으므로 두 가지 방법들 중 DWT가 더 우수한 성능을 보임을 실험을 통하여 확인하였다. 서론에서 언급한 바와 같이 1990년대부터 워터마킹과 관련된 디지털콘텐츠의 보안 연구가 많은 관심 속에서 지금까지 이루어져왔다. 그러나 아직까지 확연하게 눈에 띄는 방법론의 출현이 미미한 실정이다. 이는 완벽한 저작권 보호의 도구로써 워터마킹의 기술 구현에 아직까지 많은 한계점이 존재한다는 사실을 입증하는 반증이라 하겠다. 이는 그동안 수 많은 워터마킹 관련 업체들의 난립이 보여주고 있는 사실이라 하겠다. 이로 인하여 실제 상용화되어 있는 워터마킹 시스템의 사용자의 목적에 맞는 선택 또한 힘든 상황이다. 그나마 본 연구의 결과에 기반하여 상용화되어 있는 소프트웨어의 핵심 기술이 어떠한 방식을 이용하여 이루어졌는지 파악한 후 사용하면 소프트웨어의 올바른 선택에 조금이나마 도움이 될 것으로 사료된다.

향후 워터마킹 관련 연구의 방향은 본 논문에서도 지적하였듯이 소수의 표준 영상에 기반한 실험실 환경에 국한된 연구가 아닌, 실제 영상 및 시각디자인 등 필드에 적용 가능한 형태의 워터마킹시스템 모델을 제시하는 형태로 이루어져 가야하겠으며, 좀 더 다양한 종류의 저작권 침범 행동에 대한 테스트 및 화질의 개선을 위한 방법론의 개발 등이 보완되어야 하겠다. 또한 이러한 방법론의 개발에 앞서 가장 중요한 점은 콘텐츠창작자들 스스로부터 저작권과 관련된 사항을 항상 숙지하고 타인의 저작권을 침해하는 일이 없도록 하는 마음가짐이 중요한 시점이라 하겠다.

## 참고문헌

- Ingemar J. Cox, Matthew L. Miller, Jeffrey A. Bloom, Digital Watermarking, Morgan Kaufmann, 2002.
- J.J.K.O Ruanaidch, W.J. Dowling and F.M. Boland, Watermarking Digital Images for Copyright Protection, IEE Proc. Vis. Image Signal Process, 143, 1996. pp.250-256.

- E. Koch, J. Rindfrey, and J. Zhao, Copyright protection for multimedia data, In Proc. of it the Int. Conf. on Digital Media and Electronic Publishing, 1994.
- Cox I. J., Kilian J., Leighton T. and Shamoon T., Watermarking for Multimedia, NEC Research Institute Technical Report 95-10, 1995.
- I. J.Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shammoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, vol.6, no.12, pp.1673~1687, 1997.
- M.D. Swanson, B. Zhu, and A.H. Twefik, Transparent robust image watermarking, in Proceedings ICIP'96, Lausanne, Switzerland, 1996.
- X. A. Xia, Charles G. Bonchelet and G. R. Arce, Wavelet transform based watermark for digital images, Optics Express, Journal of Optics society of America, 3-12, 1998. pp.497-511.
- D. Kundur and D. Hatzinakos, Digital watermarking using multiresolution wavelet decomposition, In Proc. of the In. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, Seattle, Washington, USA, 1998.
- Nedeljko Cvejic, Tapio Seppanen, Digital audio watermarking techniques and technologies, p.177.
- Guorong Xuan, Jidong Chen, Jiang Zhu, Yun Q. Shi, Lossless Image Digital Watermarking based on Integer Wavelet and Histogram Adjustment, International Conference on Diagnostic Imaging and Analysis (ICDIA'02), 2002, pp.60-65.
- Kamran Hameed, Adeel Mumtaz, and S.A.M. Gilani, Digital Image Watermarking in the Wavelet Transform Domain, Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, vol.13, 2006, pp.86-89.
- William Zhu, Clark Thomborson, and Fei-Yue Wang, A Survey of Software Watermarking, LNCS, vol.3495, 2005, pp.454-458.
- Greg Kipper, Investigator's Guide to Steganography, 2004.
- E. Koch, J. Zhao, "Toward Robust and Hidden Image Copyright Labeling," Nonlinear Signal Processing Workshop, pp.406~463, 1995.
- Mitchell D. Swanson, "Transparent Robust Image Watermarking," Proceedings of IEEE ICIP, pp.211~214,1996.
- C. I. Podilchuk and W. Zeng, "Digital Image Watermarking Using Visual Models," Proceedings of IS&T/SPIE Conference on Human Vision and Electronic Imaging II, vol.3016, pp.100~111, 1997.
- X. G. Xia, C. G. Bonchelet and G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," Proceedings of IEEE ICIP, vol. 3, pp. 548~551, 1997.
- Hien, T. D., Nakao, Z. and Chen, Y.-W., "Robust multi-logo watermarking by RDWT and ICA", Signal Processing, 86, pp.2981-2993, 2006
- <http://blog.naver.com/ysoonkim11/80002176493>
- <http://blog.naver.com/windfalcon1/120001455935>
- [http://ipleft.or.kr/bbs/view.php?board=ipleft\\_5&id=359](http://ipleft.or.kr/bbs/view.php?board=ipleft_5&id=359)
- <http://juswmis.egloos.com/2349378>
- <http://blog.naver.com/kmh8400?Redirect=Log&logNo=50009889690>