

## 에지와 대역확산기술을 이용한 디지털 워터마킹 기법

송상주\*, 이두성\*\*

### A New Watermarking Algorithm Using the Edge and PN Code

Sang-Ju Song\*, Doo-Sung Lee\*\*

#### 요약

본 논문은 디지털 콘텐츠 제작자에 대한 저작권관리(DRM: Digital Right Management)의 한 요소 기술인 워터마크 기법으로서 주파수 공간에서의 이산웨이브릿변환을 사용하여 새로이 제안한 것이다. 본 논문에서 새로이 제안한 워터마크 삽입 및 검출 알고리즘은 에지와 스펙트럼확산 기술을 사용하여 워터마크 시퀀스를 생성하고, 이산웨이브릿 변환을 이용해서 구성하였다. 본 논문에서 제안한 방법에 대하여 여러 가지 공격을 시도한 결과 Lena 영상을 이용한 cox의 유사도 측정값은 6이상이고, PSNR은 40dB 이상이었으며, JPEG과 COLLUSION, CLIPPING, SCALING 등에서 워터마크 기술의 다양한 평가기준에 만족하는 것을 보여주었으며, 무감지성, 강인성, 기밀성 그리고 디지털 콘텐츠 유통의 안정성을 보장하는 방법으로서 타당함을 입증하였다.

#### Abstract

In this paper, we proposed a new digital watermarking technique. It uses frequency domain of discrete wavelet transform(DWT). watermarking technique is one of the most important tools for DRM(Digital Right Management). We proposed a new algorithm watermark insertion and detection. This technique creates the watermark sequence using the edge image, spread spectrum technique and DWT. We tested the technique with various attacks, and found that it satisfies the watermarking evaluation criteria. Cox similarity measurement value is more than 6 on the Lena image and PSNR is more than 40dB on JPEG, Collusion, Clipping and Scalling. By the result, we proved that the new technique satisfies the requirement of Digital contents distribution, which are undeletability tenacity, statistical undetectability.

▶ Keyword : Watermark, DRM, Digital Contents Security

• 제1저자 : 송상주

• 접수일 : 2004.09.27, 심사완료일 : 2004.11.13

\* 서일대학 소프트웨어과 겸임교수, \*\* 서일대학 전기전자컴퓨터공학계열 교수

## I. 서론

최근 인터넷, 컴퓨터 통신과 같은 네트워크의 급속한 발전과 멀티미디어 디지털 콘텐츠의 증가로 인하여 소유권자의 동의를 없는 불법복제로부터의 저작권 보호와 인증에 대한 문제가 심각하게 대두되고 있다[1].

이에 대한 문제를 효과적으로 해결하기 위한 방법으로 현재 디지털 워터마킹에 대한 연구가 표준안 작업과 함께 활발히 진행되고 있다[7][8][9][10]. 디지털 워터마킹(Digital Watermarking) 기법은 비가시성(Invisibility)과 함께 워터마크 삽입에 대한 무감지성, 영상의 변형에 대한 강인성(Robustness), 워터마크의 확인이 가능한 보안성(Security), 워터마크가 삽입되어진 영상에 대해 소유권을 주장할 수 있는 명확성(Unambiguity) 등 워터마킹 기술의 평가기준에 만족할 수 있어야 한다[2].

지금까지의 워터마킹 기법으로 공간영역에서의 방법(Spatial Domain)이 단순하고 빠르게 워터마킹 할 수 있는 장점이 있으나 잡음과 JPEG 압축 등에 약하다는 단점을 가지고 있으며, 이에 반해 주파수 영역의 방법(Frequency Domain)이 공간영역의 방법보다 공격에 강하다는 특징을 가지고 있다[1][3][4][5][6].

## II. PROPOSED WATERMARKING METHOD

### 2.1 Watermark Insertion

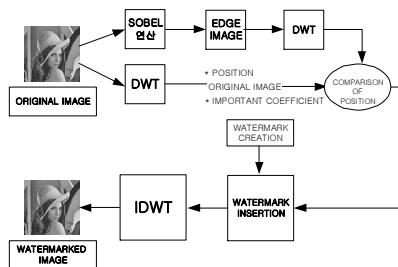


Figure 1. Watermark insertion process

그림 1. 워터마크 삽입과정

(그림 1)은 본 논문에서의 워터마크 삽입과정을 나타낸 것이다.

#### 1) First step (전처리 과정)

워터마크 삽입 과정은 전처리 과정으로 원영상을 가로방향과 세로방향을 고려한 단일화된 소벨 마스크 연산자를 사용한 소벨시퀀스 기법을 적용하여 에지영상을 추출한다.

#### 2) Second step

추출된 에지 영상에 반복적인 이진화 기법(Iterative Thresholding)을 사용하여 소벨 연산자로 찾은 에지 영상을 단순화(0과 255의 값으로 이진화)하여 에지 영상을 더욱 명확하게 한다.

#### 3) Third step

이를 다시 3레벨의 이산 웨이브릿 변환을 통하여 에지 영상의 위치와 중요계수를 추출한다.

#### 4) Fourth step(두번째 처리과정)

두 번째 처리과정으로 원영상을 3레벨의 이산 웨이브릿 변환하여 원영상의 위치와 중요계수를 추출한다.

#### 5) Fifth step (위치의 비교)

두 처리과정에서 얻어진 에지 영상의 위치와 중요계수 간의 비교를 통해 워터마크의 삽입 위치를 선정한다. 즉 에지 성분으로 추출된 계수값이 위치한 정보를 기반으로 원영상에서 웨이브릿 변환하여 얻어진 위치와 중요계수를 비교하여 중간값의 대역을 찾는다.

#### 6) Sixth step

삽입될 워터마크에 PN Code로 암호화하여 워터마크를 생성하고 삽입한다.

#### 7) Final step (워터마크 삽입영상 생성)

이를 다시 IDWT하여 워터마크 삽입 영상을 생성한다. 워터마크 삽입을 위해 DWT를 수행하여 원영상을 주파수 영역으로 변환하였으며, 웨이브릿의 정의는 아래의 식(1)과 같다.

$$WT_{f(a,b)} = \int_{-\infty}^{\infty} \Psi\left(\frac{x-b}{a}\right) f(x) dx \dots\dots\dots (1)$$

식(1)에서  $\Psi(x)$ 가 근원 웨이브릿이고,  $\Psi(x)$ 를 b만큼 이동하고 a만큼 확장하여 주파수 영역에 따른 다해상도(Multiresolution)를 갖게 된다.

워터마크를 각 주파수 성분에 삽입하는 과정은 다음과 같은 식(2)을 사용하여 워터마크를 삽입하게 된다.

$$V'_i = V_i(1 + a_i W_i) \dots\dots\dots (2)$$

여기서 a는 스케일 (scale) 변수 즉, 가중치(Weights)며 워터마크 w를 주파수 계수 값 v에 삽입함으로써 v'을 얻을 수 있다.

### 2.2 Watermark Extraction

(그림 2)는 본 논문에서의 워터마크 검출과정을 나타낸 것이다.

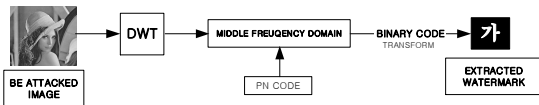


Figure 2. Recovery process of watermark image  
그림 2. 워터마크 이미지의 검출과정

1) First step

워터마크의 추출을 위해서는 (그림 2)에서와 같이 공격당한 영상에 DWT를 수행하여 주파수 영역으로 변환하였다.

2) Second step

다음으로 워터마크 삽입된 영상에서 각 대역에 위치한 워터마크를 추출한다.

3) Final step (원래의 이미지 복원)

그리고 추출한 데이터에 다시 동일한 PN Code를 인가함으로써 원래의 의미있는 영상의 시퀀스를 복원하고 이를 이용하여 원래의 이미지를 복원한다.

추출 후 인증과정으로 원영상과 워터마크가 삽입된 영상에 대하여, 각각 웨이브릿 변환을 한 후 공격당한 영상의 계수값 V''를 추출한 후 원 영상의 계수값인 V와 비교하여 그 차인 추출된 워터마크(W'')를 구한다. 원래의 워터마크 W와 W''의 유사도를 구함으로써 워터마크의 유효성을 측정한다. 유사도는 다음 식에 의하여 구한다[2]. 이 두 값들간에 유사성(Correlation) Sim<sub>δ</sub>(W, W'')을 측정함으로써 소유권 인증의 가부를 결정할 수 있다.

$$Sim_{\delta}(W, W'') = \frac{\sum_{i=1}^n (W \times W'')}{\sum_{i=1}^n \sqrt{W'' \times W''}} \dots\dots\dots (3)$$

검출된 워터마크가 원래의 워터마크와 정확히 일치한다면 유사성 Sim<sub>δ</sub>(W, W'')는 n<sup>1/2</sup>의 값을 갖고 원래의 워터마크와 일치하지 않으면 N(0,1)인 정규분포를 갖는 작은

값을 갖는다. 여기서 n은 워터마크의 개수이다. Cox의 논문에서는 Sim<sub>δ</sub>(W, W'')의 값이 일정한 값 δ(δ=6)보다 크게 되면 두 워터마크가 동일한 것으로 인정이 되어 영상의 소유권이 입증되고 만약 일정한 값 보다 작게 되면 소유권을 인정할 수 없다. 참고로, 일정한 값 δ=6에서 원래의 워터마크와 검출된 워터마크의 유사성 측정의 오차 확률은,

$$P_{error} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_6^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 9.82 \times 10^{-10} \dots\dots (4)$$

으로 매우 낮은 값을 갖는다[1].

## III. EXPERIMENTAL RESULTS

본 논문에서는 원영상으로 8 bit gray level로 256 × 256 크기의 Lena 영상에 워터마크의 삽입을 위해 32 × 32 크기의 시각적으로 쉽게 인지 할 수 있는 이진영상의 워터마크를 사용하였다.

실험방법으로는 제안한 방법의 타당성 비교를 위해서 원영상이 필요한 cox의 유사도(Similarity)측정 알고리즘을 이용한 실험결과 데이터를 아래에 제시하였다. 그림에서 ( )안의 숫자는 해당 임계치 이상의 중요한 계수의 갯수를 나타낸다.

영상의 객관적인 비교를 위하여 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)의 측정은 아래의 식으로 주어지는 최대 신호대잡음비(PSNR)를 사용하였다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} [f(i,j) - \hat{f}(i,j)]^2} \dots\dots (5)$$

$$PSNR = 20 \log \left( \frac{255}{RMSE} \right) \quad [dB] \dots\dots\dots (6)$$

단, f(i,j) 및  $\hat{f}(i,j)$ 는 원영상 및 워터마크가 삽입된 영상의 pixel 값, N은 영상의 크기를 나타낸다.

### 3.1 Lena 영상의 실험 결과와 PSNR 비교표

[T=10이상(665개), T=5이상(1422개)]



워터마크된 영상      원 영상

그림 3. Lena 영상  
Figure 3. Lena Image

표 1. Lena 영상의 PSNR(dB)

방법 \ 임계값	10	5
임의난수 시퀀스	49.40	48.68
카오스 시퀀스	44.53	43.68
가우시안 시퀀스	44.60	43.96
소벨 FN시퀀스	44.58	43.94

워터마킹 기법들이 가져야하는 기본적인 요구 조건인 비가시성을 측정하는 PSNR이 다른 시퀀스들과 같이 40dB 이상으로 영상의 비가시성을 충분히 만족시키고 있음을 볼 수 있다.

### 3.2 Lena 영상의 실험 결과

표 2. 유사도 비교 (Lena 영상)

Method	Attack					
	T	Noise	JPEG	Collusion	Clipping	Scaling
Random Number seq	5	3.20	12.31	3.88	13.75	20.34
	10	3.73	11.77	3.49	9.41	14.31
Chaos sequence	5	9.95	31.08	12.94	23.64	33.09
	10	11.64	23.72	13.78	16.45	24.95
Gaussian sequence	5	9.45	30.04	10.80	23.33	35.32
	10	10.44	22.87	12.33	15.92	24.19
Sobel FN sequence	5	8.97	30.29	11.28	23.94	36.60
	10	10.78	23.59	11.99	16.53	25.33

#### 임계값 5에서의 유사도 비교(1422개)

중요한 계수는 임계값 5일 때도 카오스 시퀀스가 전체적으로 높은 유사도를 보였다. 그리고 너무 많은 계수에 워터마크를 삽입하는 것은 좋지 않음을 보여주고 있다.

#### 임계값 10에서의 유사도 비교(665개)

레나 영상의 웨이브릿 변환 후 계수 값 중 10이상의 임계값에 워터마크를 삽입 후 각종 공격을 가하고, 유사도를 측정하여 비교하였다. 각종 공격 형태에서 잡음은 워터마크가 삽입된 영상에 30% 균등한 잡음을 추가한 영상이고 압

축은  $q=3$ 으로 JPEG 압축한 영상, 공모는 5개의 다른 워터마크를 영상에 각각 삽입하고 평균을 구한 후 만든 단일 영상, 절단은 워터마크가 삽입된 영상의 중앙을 절단하여 원 영상의 중앙에 삽입한 영상, 재크기는 워터마크가 삽입된 영상을 2배 확대한 뒤 다시 원영상의 크기로 복원한 영상이다. 실험 결과에서 보는 것과 같이 제안한 방법이 모든 공격에서 고르게 높은 유사도를 나타내고 있다.

(그림 4)는 실험에 사용한 원영상과 의미 있는 워터마크 영상 그리고 워터마크 삽입영상을 나타낸다.



(a) 원영상      (b) 워터마크      (c) 워터마크 삽입영상

그림 4. 실험 영상  
Figure 4. Test Image

(그림 5)는 제안된 워터마킹 기법의 강인성을 평가하기 위하여 의미 있는 워터마크가 삽입된 영상에 가해질 수 있는 영상 처리나 고의적인 왜곡 등 다양한 공격을 통해 손상된 영상들에 대하여 실험하였다.



그림 5. 변환 영상들  
Figure 5. Transformation images

(그림 6)은 (그림 5)의 변형된 영상들로부터 검출한 워터마크 영상들을 나타내었다.

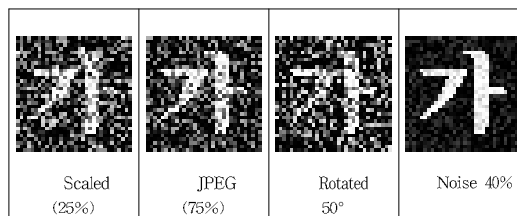


그림 6. 검출된 워터마크 영상들  
Figure 6. Detected watermark images

#### IV. CONCLUSION

본 논문에서 제안한 워터마킹 기법은 인터넷을 통한 디지털 멀티미디어 데이터들의 폭발적 증가와 함께 최근 관심이 집중되고 있는 디지털 매체들에 대한 저작권 관리(DRM) 기술의 한 요소기술인 워터마크 기법을 고차원적으로 새롭게 제안하여 적용하고, 콘텐츠 보호를 위한 암호화 기술로 워터마크에 접근권을 통제해 무단사용과 불법복제시 콘텐츠 제작자의 권리를 보호하기 위한 강인성을 비교하기 위하여 다양한 공격에 대한 각 대역에 따라 추출된 워터마크를 분석하였다

본 논문에서는 주파수 공간에서 워터마크를 삽입하는 방법으로 의미있는 워터마크 영상에 대한 8BIT의 바이너리 시퀀스(Binary Sequence) 데이터에 대역확산기법을 적용하여 PN CODE와 함께 워터마크시퀀스를 생성하고 이를 정해진 위치에 삽입하는 알고리즘으로 가장 중요하다고 생각되어지는 영상의 인접한 부분에 최적의 워터마크 삽입함으로써 워터마크의 강인성과 기밀성 그리고 디지털 콘텐츠 유통의 안정성을 보장하는 방법임을 확인할 수 있었다.

새롭게 제안한 방법은 워터마킹 기술의 평가기준을 고려하였고, 워터마크에 암호화시퀀스를 이용하고 추출된 중요 계수 중 Edge 성분의 위치 데이터를 이용하여 최적의 위치에 삽입함으로써 강인성, 무감지성, 비가시성 등 여러 가지 측면을 고려한 신뢰할 수 있는 방법임을 여러 가지 공격에 대한 실험결과로써 본 연구의 타당성을 입증하였다.

#### REFERENCES

- [1] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," NEC Research Institute, Technical Report 95-10, 1995.
- [2] F. Hartung and M. Kutter, "Multimedia Watermarking Techniques," Proc. of the IEEE, Vol. 87, No. 7, July, 1999.
- [3] M. Kutter, F. Jordan and F. Bosson, "Digital Singnature of Color Images using Amplitude Modulation," Proceedings of the SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases, vol. 3022, pp. 518-526, 1997.
- [4] E. T. Lin and E. J. Delp, "A Review of Fragile Image Watermarks," Proc. of the Multimedia and Security Workshop (ACM Multimedia '99) Multimedia Contents, pp. 25~29, October 1999.
- [5] X. G. Xia, C. G. Boncelet and G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," IEEE Int. Conf. on Image Processing, 1997.
- [6] I. J. Cox, M. L. Miller, "A Review of Watermarking and the Importance of Perceptual Modeling," Proc. SPIE Conf. on Human Vision Electronic Imaging II, Vol. 3-16, pp. 92-99, Feb., 1997.
- [7] R. B. Wolfgang, E. J. Delp, "A watermarking technique for digital imagery : further studies," Video and Imaging Processing Laboratory, Proceeding of the International Conf. on Imaging Science, pp. 279-287, 1997.
- [8] 강영창, 김선형. "윤곽선을 이용한 강인한 디지털 워터마크 생성 방법에 관한 연구," 한국정보처리학회, 추계 학술발표논문집, 10, 2000.
- [9] 최준기, 송상주, 강영창, "각종 공격에 강인한 디지털 워터마크 생성 방법에 관한 연구" 한국정보과학회, 전문대학 논문지, Vol 6, No.1, 6, 2000.
- [10] 송상주, 박두순, 김선형. "디지털 워터마킹을 위한 각종 시퀀스 유사도 비교," 한국컴퓨터정보학회, 논문지, Vol 6, No.4, 12, 2001.
- [11] 고병수, 장제혁, 최용탁. "디지털 콘텐츠 유통 및 보호를 위한 인증 시스템 설계 및 구현," 한국컴퓨터정보학회, 논문지, Vol 8, No.3, 2003.

## 저 자 소개



### 송 상 주

1990년  
순천향대학교 전산학과 졸업  
1998년  
순천향대학교 대학원 전산학과 졸업  
2002년 2월  
순천향대학교 대학원 전산학과 졸업  
(공학박사)  
2000년~2003년 2월  
인덕대학 여성정보행정과 겸임교수  
2003년~현재  
서일대학 소프트웨어과 겸임교수  
<관심분야> 웹 상에서의 콘텐츠 개발, 멀티미디어 정보보호, 정보검색, 프로그래밍 언어론 등가 (“가”삭제)



### 이 두 성

1972년 3월~1979년 2월  
성균관대학교 전자공학과 졸업  
1979년 3월~1981년 2월  
성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업  
1997년 3월~2001년 2월  
성균관대학교 대학원 전기전자 및 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)  
1983년 9월~현재  
서일대학 전기전자컴퓨터공학계열 교수  
<관심분야>  
음성인식, 디지털신호처리

ACI