

# 멀티미디어 콘텐츠 저작권 보호를 위한 워터마킹

이나영\*, 전영민, 김계영, 최형일  
송실대학교 컴퓨터학과

e-mail:{white, ymjun}@vision.soongsil.ac.kr  
{gykim, hic}@computing.soongsil.ac.kr

## Watermarking for Copyright Protection of Multimedia Data

Na-Young Lee\*, Young-Min Jun, Gae-Young Kim.  
Hyung-Il Choi

\*Dept of Computing, SoongSil University

### 요약

본 논문에서는 영상에 쌍직교 웨이블릿 변환(BOWT:Biorthogonal Wavelet Transform)을 사용하여 인간 시각 시스템(Human Visual System)에 덜 민감한 고주파 영역에 워터마크를 삽입한다. 추출 시 워터마크가 삽입된 영상과 워터마크와의 계층적 상관관계(Hierarchical Correlation)를 구하여 임계값 이상이면 영상에 대하여 저작권을 주장할 수 있다. 본 논문에서 사용한 워터마크는 seed값을 갖는 정규분포로부터 무작위로 생성된 실수열의 집합이다. 바코드(Bar-Code)를 워터마크(Watermark)로 사용하므로써 저작권 보호뿐 아니라 바코드가 가지고 있는 바코드 체계를 이용하여 멀티미디어의 콘텐츠를 자동관리 하는데 적합하다.

### 1. 서론

데이터의 디지털화와 멀티미디어의 눈부신 발전으로 컴퓨터 네트워크를 이용한 영상, 비디오, 오디오 등의 불법 복제가 확산됨에 따라 저작권 보호(copyright protection)와 인증에 대한 문제가 심각해지고 있는 실정이다. 불법 복제를 방지하기 위한 방법으로 워터마킹(watermarking) 기법이 활발히 연구되고 있다. 디지털 워터마킹(Digital Watermarking)이란 디지털 미디어에 저작자의 서명이나 사인 등 저작자임을 입증할 수 있는 정보(watermark)를 사람의 눈에 안보이게 삽입하여 추후, 디지털 미디어의 저작권에 관한 논란이 일어났을 경우, 해당하는 미디어에 삽입되어 있는 저작권 정보(watermark)를 추출하여 저작권 문제를 해결하는 방법[6]이다.

워터마크를 삽입하는 방법에는 크게 두 가지가 있다. 공간 영역(Spatial Domain)에 워터마크를 삽입하는 방법과 공간 영역을 FFT(Fast Fourier-

Transform), DCT (Discrete Cosine Transform), WT(Wavelet Transform)등을 사용하여 변환된 주파수 공간(Frequency Domain)에서 워터마크를 삽입하는 방법이 있다. 전자의 경우, 화질저하가 심하며, 영상처리 기법에 의하여 워터마크가 손실될 위험 부담이 크기 때문에 최근에는 주파수 공간에서 워터마크를 삽입하는 방법이 더 활발히 연구되고 있다.

본 논문에서는 영상에 쌍직교 웨이블릿 변환을 적용하여 변환된 주파수 영역의 고주파 영역에만 워터마크를 삽입한다. 워터마크 추출 시 계층적 상관관계에 의하여 추출한다. 2절에서는 본 논문에서 제안한 워터마킹 기법을 제시하며, 끝으로 실험 결과를 통하여 제안한 워터마킹 기법이 강건함을 증명한다.

### 2. 디지털 워터마크

본 논문에서는 워터마크(watermark)로 바코드

(bar-code)를 사용하여 영상의 저작권 보호뿐 아니라, 멀티미디어 콘텐츠를 자동관리 한다. 워터마크는 바코드 정보인 숫자 부분을 랜덤함수의 seed값으로 사용하여 평균이 "0"이고 분산이 "1"인 정규분포로부터 무작위로 생성된 실수열의 집합이다.

### 2.1 워터마크 삽입 알고리즘

본 논문에서는 영상의 에지(edge)영역을 찾아내는데 최적화된 쌍직교 웨이블릿 변환(BOWT)을 사용하여 영상을 그림 (1)과 같이 3레벨로 분해한다[5]. 워터마크는 최 저주파 영역을 제외한 모든 고주파 영역 중 의미가 있는 값에만 삽입된다. 이때, 저주파 영역은 압축에 강인하지만, 화질 저하가 발생하는 단점을 가지고 있으므로 워터마크 삽입 영역에서는 제외된다.

워터마크 삽입 함수는 식 (1)과 같다.

$$v'(i, j) = v(i, j) + \alpha^2 v(i, j)x(i, j) \quad (1)$$

$$v(i, j) = BOWT[Y(x, y)]$$

식 (1)에서  $v(i, j)$ 는 원 영상  $Y(x, y)$ 의 웨이블릿 변환 계수,  $v'(i, j)$ 는 워터마크가 삽입된 영상의 웨이블릿 변환 계수이며,  $x(i, j)$ 는 워터마크이다. 여기서  $\alpha^2$ 은 워터마크 삽입 함수의 역함수가 존재하지 않도록 하기 위하여 사용된다[5].

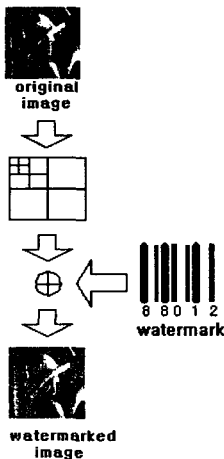


그림 1. 워터마크 삽입 과정

### 2.2 계층적인 워터마크 추출 알고리즘

본 논문에서는 워터마크 추출 시 기존 방법의 높은 시간 복잡도를 개선하기 위한 방법으로 워터마크와 워터마크가 삽입된 영상을 계층적인 상관관계(hierarchical correlation)에 의하여 구하는 알고리즘을 제안한다. 워터마크 추출 시, 원 영상(original image)를 사용하지 않는다. 즉, 워터마크가 삽입된 영상과 제시된 워터마크와의 상관관계(Corr)를 구하여 임계값( $HT_k$ )이상이면 저작권자로 인정한다.

$$Corr = \frac{1}{M_k} \sum_{i,j} |v_k(i, j)| x_k(i, j) \quad (2)$$

$$\text{where } -\sigma_v \leq Corr \leq \sigma_v$$

식 (2)에서  $v_k(i, j)$ 는 k번째(0~2)레벨에서 워터마크가 삽입된 웨이블릿 변환 계수이며,  $M$ 는 웨이블릿 변환 계수 중 워터마크가 삽입된 계수의 개수이다.

$$HT_k = HT_{k-1} - \hat{\sigma} \sigma_v \quad (3)$$

$$LT_k = LT_{k-1} - \hat{\sigma} \sigma_v$$

$$LT_0 = (\hat{\mu} - 3\hat{\sigma}) \sigma_v$$

$$HT_0 = (\hat{\mu} + 3\hat{\sigma}) \sigma_v$$

$$\sigma_v = \sum_{i,j} \sqrt{\frac{(v_{i,j} - \mu)^2}{M}}$$

실험을 통하여 얻어진 상관관계 값은 0~1사이로 정규화 하였다. 이때, 평균값이  $\hat{\mu}$ , 표준편차가  $\hat{\sigma}$  이라고 하면 식 (3)에서  $HT_k, LT_k$ 는 k레벨에서의 임계값(threshold values)이며,  $\sigma_v$ 는  $v'(i, j)$ 의 표준편차이다. 워터마크 추출은 워터마크가 삽입된 영상을 웨이블릿 변환하여 0레벨에서 워터마크와의 상관관계를 구한 값이 임계값  $HT_0$ 이상이면 저작권자로 인정하고, 임계값  $LT_0$ 이하이면 불법복제로 인정한다. 구해진 상관관계 값이  $LT_0 < Corr < HT_0$  이면 1레벨로 확장하여 1레벨에서 워터마크가 삽입된 영상과 워터마크와의 상관관계를 구하는 방법으로 2레벨까지 반복적으로 수행한다. 이때, 고주파 성분이 가장 많은 0레벨은 영상처리 기법이나

손실 압축에 의해 워터마크가 손실될 가능성이 많다. 그러므로 워터마크 추출 시 임계값을  $HT_0$ ,  $LT_0$  와 같이하며 2레벨로 갈수록 임계값의 범위를 줄여나간다. 그림 (2)에서는 계층적으로 상관관계를 구하여 워터마크를 추출하는 과정을 보여준다.

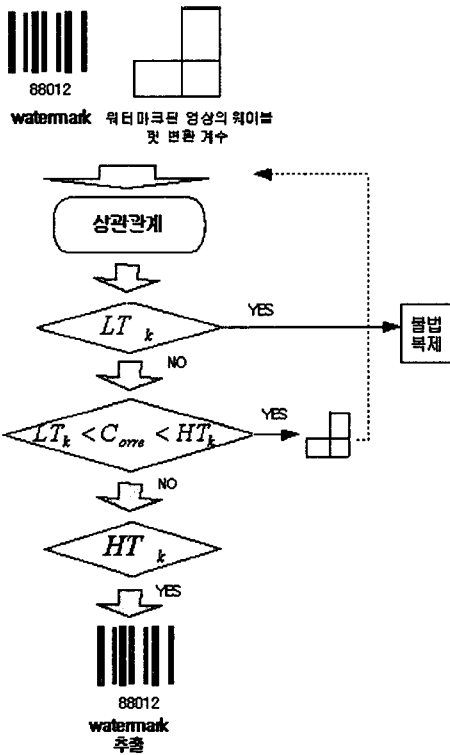


그림 2. 워터마크 추출 과정

### 3. 실험 결과

본 논문에서는 워터마크가 잘 추출되는지를 알아보기 위하여 seed값이 “88012”인 워터마크를 포함한 서로 다른 1000개의 seed값을 갖는 워터마크로 실험을 수행하였다. 실험에서 사용된 영상은 lena 영상으로 256\*256 크기의 그레이 영상을 사용하였다. 그림 (3)의 (b)는 원 영상 (original image)에 워터마크를 삽입한 영상으로 (a)와 시각적으로 구분이 잘 안 된다. 워터마크가 삽입된 영상에 잡음을 첨가하고 중앙부분을 자른 후 JPEG 압축을 적용했을 때에도 그림 (4)와 같이 워터마크(88012)가 잘 추출되는 것을 볼 수 있다.

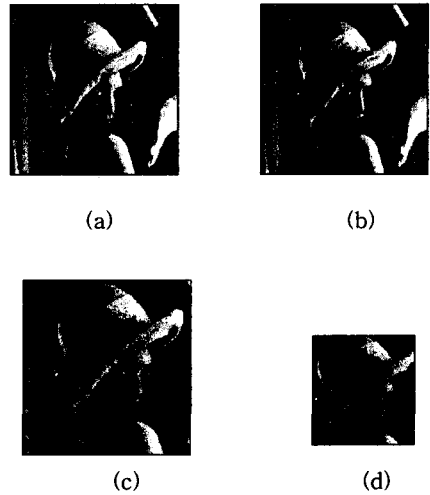


그림 3. (a) 원 영상(original image), (b) 워터마크가 삽입된 영상, (c) 15% 잡음 첨가 (d) 중앙 부분을 자른 후, 15%의 JPEG 압축

그림 (4)에서 가로축은 seed값이 “88012”인 워터마크를 포함한 1000개의 서로 다른 seed값을 갖는 워터마크를 나타내며 세로축은 상관관계 값을 나타낸다.

기존의 워터마크 추출방법에서는 영상 전체에 대하여 상관관계를 구하므로 영상의 크기가 커졌을 경우, 많은 시간 복잡도를 요구하는 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 단점을 해결하기 위하여 임계값을 각 레벨마다 다르게 설정하여 상관관계를 구하므로 시간 복잡도를 개선하였으며, 워터마크가 잘 추출됨을 볼 수 있다.

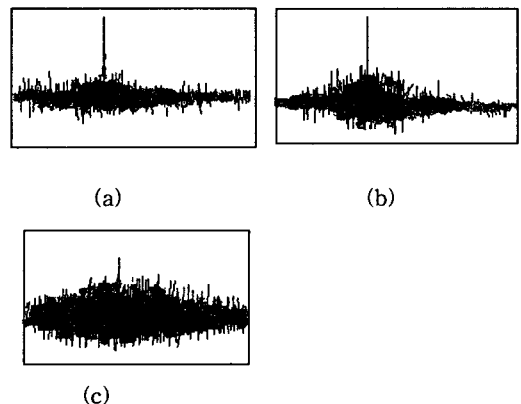


그림 4. 워터마크 검출 : (a) 워터마크가 삽입된 영상, (b) 15% 잡음 첨가, (c) 중앙 부분을 자른 후, 15%의 JPEG 압축

참고문헌

- [1]. Xiang-Gen Xia, Charles G.Bonchelet and Gonzalo R.Arce, "Wavelet transform based watermarked for digital images", OPTICS EXPRESS, 1998, 12.
- [2]. I. J. Cox, J. Kilian, F.Thomson Leighton, and T.Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia", IEEE Trans. on image processing, vol.6, no.12, 1997, 12.
- [3]. John M. Acken, "How watermarking adds value to digital contents", Communication of the ACM, Vol. 41, No.7, 1998, 7.
- [4]. Rakesh Dugad, Krishna Ratakonda, and Narendra Ahuja, "A new wavelet scheme for watermarking images", in International Conference on Image Processing, Vol. II, 1998.
- [5]. 최지원, 이해성, 변혜란, "프레임 구조의 웨이블릿 변환을 이용한 디지털 워터마킹", 한국정보과학회, 봄 학술발표논문집, 1999, 4.
- [6]. 오황석, 백윤주, 이홍규, "영상에 적응적인 디지털 워터마킹 시스템", 한국정보과학회, 봄 학술발표논문집, 1999, 4.
- [7]. A. Piva, M. Barni, F. Bartolini, and V. Cappellini, "DCT-based watermark recovering without resorting to the uncorrupted original image", in International Conference on Image Processing, Vol.III, 1997
- [8]. 최은주, 서정희, 양황규, 차의영, "영상의 변형에 강인한 적응적 디지털 워터마킹에 관한 연구", 정보처리학회, 춘계학술발표 논문집, 1999, 4.