

웨이브릿 변환 영역에서의 디지털 워터마킹에 관한 연구

한상엽*, 선영범*, 김진태*
한서대학교 컴퓨터정보학과 영상통신연구실*

A Study on Digital Watermarking on the Wavelet Transform Domain

Sang-Yub Han*, Young-Bum Sun*, Jin-Tae Kim*
Image Communications Laboratory
Dept. of Computer & Information Science, Hanseo University*

요약

디지털 워터마킹은 멀티미디어 데이터의 저작권 보호 목적으로 최근에 제안되었다. 본 논문에서는 디지털 영상에 저작권 정보를 은닉하는 디지털 워터마킹 방법을 제안한다. 제안한 방법은 2차원 이상 웨이블릿 변환과 영상의 대역 특성에 기반한다. 워터마크로 PN 코드와 이진 영상을 웨이블릿 영역에서 중간 대역의 큰 계수에 삽입한다. 실험 결과 삽입된 워터마크는 잡음, JPEG 압축과 같은 일반적인 영상 왜곡에 대해 매우 강함이 입증되었다.

1. 서론

최근 개인용 컴퓨터의 보급 확대와 인터넷의 발달로 인하여 영상, 음성, 비디오 등의 멀티미디어 데이터가 급격히 증가하고 있다. 네트워크를 통하여 각종 디지털 멀티미디어 데이터들이 불법 복제되고 있어 이들의 저작권을 보호할 필요성이 증대되고 있는 현실이다. 현재까지 디지털 영상에 대한 저작권 보호 기술로 가장 주목받고 있는 것은 디지털 영상 내부에 시각적으로 볼 수 없는 원 저작자의 정보인 워터마크를 은닉하는 디지털 워터마킹 기법이다.[1-5] 이러한 워터마킹 기법은 원 영상에 부가적인 정보를 넣는 것이므로 일종의 잡음이나 영상의 왜곡으로 볼 수 있다. 이런 잡음이나 영상의 왜곡은 시각적으로 인지할 수 없도록 원 영상에 대한 변형을 최소화해야 하지만 인위적인 잡음 제거작업에는 강해야하는 상반된 특성이 요구된다.

지금까지의 워터마킹 기법은 영상의 화소 값을 직접적으로 변화시키는 공간 영역에서의 방법과 영상을

변환하여 변환 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법으로 나눌 수 있다. 공간 영역에서의 워터마킹 방법은 단순하고 빠르게 워터마킹할 수 있는 장점이 있으나 잡음과 JPEG 압축 등에 약하다는 단점을 가지고 있다.

변환 영역에서의 워터마킹 방법으로는 DCT, DFT와 같은 주파수 영역에서 일정한 크기 값을 갖는 계수에 워터마크를 삽입하는 방법이 제안되었고, 또한 신호 해석 및 영상 압축에 많이 사용되고 있는 웨이블릿 변환을 이용하여 워터마크를 삽입하는 방법이 있다.

본 논문에서는 웨이블릿 변환을 이용하여 영상을 여러 부대역으로 나눈 후에 각 대역별로 워터마크를 삽입하는 방법을 제안한다.

2. 웨이블릿 변환

웨이브릿 변환은 임의의 함수를 시간-주파수 영역에서 동시에 국부성을 갖는 웨이블릿 기저 함수의 선형 결합으로 표현된다. 웨이블릿 기저 함수는 기본 웨

본 연구는 한국과학재단 복직기초연구(2000 1 30300 003 2)지원으로 수행되었음.

이브릿과 스케일 함수의 스케일 파라미터를 가변시켜 구할 수 있다. 신호 $f(t)$ 의 웨이브릿 변환은 다음과 같다.

$$(W_{\psi}f)(a, b) = \frac{1}{|a|^{1/2}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad (1)$$

여기서, ψ 는 기본 웨이브릿, a 는 스케일 파라미터, b 는 이동 파라미터이다. a, b 가 실수일 경우 연속 웨이브릿 변환이고, 2의 지수승으로 이산화시킨 것이 이산 웨이브릿 변환이다.

2차원 영상에 대한 이산 웨이브릿 변환은 수평, 수직 방향으로 1차원 이산 웨이브릿 변환을 적용하여 얻어진다. 연속으로 반복 적용하면 서로 다른 단계의 다해상도 부대역 영상을 얻을 수 있다. 그림 1은 2차원 영상을 2단계 웨이브릿 변환하여 얻어진 다해상도 영상을 나타낸다. 그림 1에서 LL2는 원 영상의 1/8 크기를 갖는 축소된 영상으로 원 영상의 대략적인 특성을 갖는 저주파 성분이고, LH, HL, HH 부대역은 각각 원 영상의 수직, 수평, 대각 방향의 에지 성분을 가지는 고주파 성분이다.

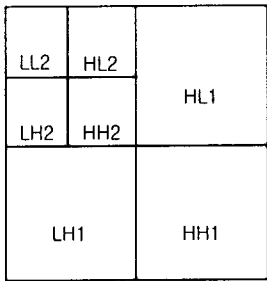


그림 1. 2단계 이산 웨이브릿 변환

3. 워터마크 삽입 및 추출

3.1 워터마크 삽입과정

본 논문에서는 2차원 이산 웨이브릿 변환을 이용하여 영상을 부대역으로 나눈 후에 각 대역별로 워터마크를 삽입하는 방법을 제안한다. 웨이브릿 변환된 각 부대역에서 가장 저주파 대역인 LL2와 가장 고주파 대역인 HH1에는 워터마크를 삽입하지 않는다. LL2 대역은 영상에 대한 정보가 많이 포함되어 있기 때문에 정보의 손실 우려가 많기 때문이고, HH1 대역은 신호 값이 크기가 적기 때문에 영상을 압축하면 손실될 수가 많이 있기 때문이다.

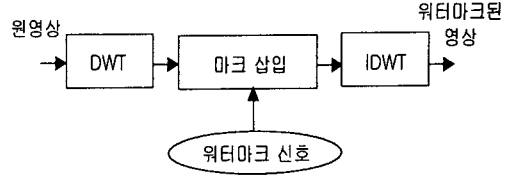


그림 2. 워터마크 삽입과정

그림 2는 워터마크를 삽입하는 과정이다. 워터마크가 삽입되는 곳은 HL2, LH2, HH2, HL1, LH1의 다섯 개 대역이다. 다섯 개 대역의 신호중에서 시각적으로 중요한 계수에 대해 워터마크를 삽입하는데, 삽입되는 워터마크 신호로는 PN 코드와 일반 이진 영상을 사용한다. 워터마크를 삽입하는 과정은 다음과 같다.

$$V'_i = V_i + wX_i \quad (2)$$

$$V'_i = V_i(1 + wX_i) \quad (3)$$

여기서, V'_i 는 워터마크가 삽입된 후의 계수 값이고, V_i 는 워터마크를 삽입하기 위해 선택된 웨이브릿 계수이고, X_i 는 삽입할 워터마크, w 는 대역별 가중치이다.

3.2 워터마크 추출과정

워터마크의 추출과정은 삽입과정과 유사하다. 영상 압축과 잡음 첨가 등의 영상처리가 이루어진 변형된 워터마크가 들어있는 영상을 삽입과정에서와 동일하게 2레벨로 이산 웨이브릿 변환을 한다. 보관하고 있는 원 영상에 대해서도 2레벨로 이산 웨이브릿 변환하여 변환 영역에서 두 영상의 차이를 구한다. 이렇게 하면 변형된 워터마크를 구할 수 있고 원래의 워터마크와 유사도를 계산하여 유사도가 높다면 자신의 저작권을 주장할 수 있다. 그림 3은 워터마크 추출과정의 블록도이다.

두 워터마크간의 유사도를 측정하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있지만 본 논문에서는 다음과 같은 식을 사용한다.

$$NC(W, W') = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \times w_i^*}{\sum_{i=1}^n w_i^2} \quad (4)$$

여기서, $W = w_1, w_2, \dots, w_n$, $W' = w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*$ 이다. W 는 원래의 워터마크, W' 는 추출된 워터마크, n 은 워터

마크 시퀀스의 수이다.

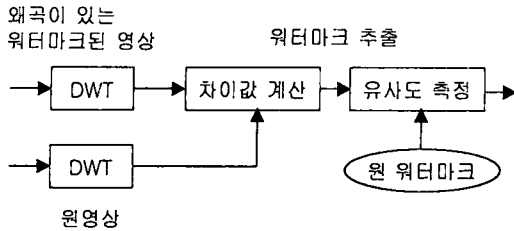


그림 3. 워터마크 추출과정

4. 실험 결과 및 고찰

그림 4(a)는 실험에 사용된 256×256 크기의 256 명암도를 갖는 'Lena' 영상이고, 그림 4(b)는 2레벨 이산 웨이브릿 변환된 영상이다. 사용된 웨이브릿은 가장 간단한 Harr 웨이브릿이다.



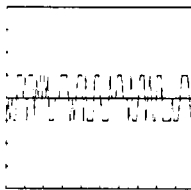
(a)원 영상



(b)웨이브릿 대역 영상

그림 4. 'Lena' 영상

본 논문에서 사용한 워터마크는 PN 코드와 이진 영상이다. 그림 5에 워터마크 신호를 보인다. 본 논문에서 워터마크를 삽입하는 식은 PN 코드인 경우는 식 (2)를 사용하였고, 로고 영상인 경우는 식 (3)을 사용하였다.



(a)PN 코드



(b)로고 영상

그림 5. 워터마크 신호

표 1은 웨이브릿 대역 영상에 워터마크 신호(FN 코드를 삽입하고 JPEG 압축을 하고, 다시 워터마크를 추출하여 유사도를 계산한 결과이다. 표 1에서 보는 바와 같이 JPEG 압축이 많이 행하여도 워터마크 신호가 잘 검출됨을 알 수 있다. 표 1에 원 영상과 워터마크가 삽입된 영상의 PSNR 값을 같이 표시했다. 워터마크를 삽입하는 과정에서 대역별 가중치는 실험적으로 식 (2)에서는 0.2, 식 (3)에서는 0.1를 사용하였고, PN 코드는 -2~2 범위를 사용하였다.

표 1. JPEG 압축에 따른 워터마크의 유사도

JPEG 압축	PSNR	대역 위치	유사도
0%	62.949	LH1	0.9826
		HL1	0.9177
		LH2	0.9307
		HL2	0.9220
		HH2	0.9220
10%	46.048	LH1	0.9177
		HL1	0.9004
		LH2	0.8961
		HL2	0.9696
		HH2	0.8701
20%	42.406	LH1	0.9826
		HL1	0.9610
		LH2	0.8787
		HL2	0.7792
		HH2	0.8614
30%	39.584	LH1	0.9740
		HL1	0.9740
		LH2	0.8831
		HL2	0.7012
		HH2	0.7922
40%	37.343	LH1	0.8744
		HL1	0.9480
		LH2	0.8787
		HL2	0.7878
		HH2	0.8874
50%	35.141	LH1	0.8658
		HL1	0.8961
		LH2	0.7835
		HL2	0.7792
		HH2	0.9134

5. 결론

본 논문에서는 웨이브릿 변환을 이용하여 원 영상을 부대역으로 나눈 후에 각 대역별로 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다. 워터마크 신호로 PN 코드와 이진 영상을 사용하였다. JPEG 압축과 같은 여러

가지 영상 왜곡에 대해 제안한 방법은 워터마크를 대부분 추출하였다. 앞으로의 연구로 영상의 암호화와 연계된 디지털 워터마킹 기법이 연구되어야 하며 원 영상 없이도 워터마크를 추출할 수 있는 기법이 필요하리라 본다.

[참고문헌]

- [1] F. A. P. Petitcolas, R. J. Anderson, and M. G. Kuhn, "Information hiding - A survey," Proc. IEEE, vol. 87, no. 7, pp. 1062-1078, Jul. 1999.
- [2] F. Hartung and M. Kutter, "Multimedia watermarking techniques," Proc. IEEE, vol. 87, no. 7, pp. 1079-1107, Jul. 1999.
- [3] R. Wolfgang, C. I. Podolchuk, and E. Delp, "Perceptual watermarks for digital images and video," Proc. IEEE, vol. 87, no. 7, pp. 1108-1126, Jul. 1999.
- [4] I. J. Cox, M. L. Miller, and A. L. McKellips, "Watermarking as communications with side information," Proc. IEEE, vol. 87, no. 7, pp. 1127-1141, Jul. 1999.
- [5] G. Voyatzis and I. Pitas, "The use of watermarks in the protection of digital multimedia products," Proc. IEEE, vol. 87, no. 7, pp. 1197-1207, Jul. 1999.