

JPEG2000에서의 효율적인 디지털 워터마킹 기법

배기혁^o, 정성환

창원대학교 컴퓨터공학과

An Effective Digital Watermarking Scheme in JPEG2000

Ki-Hyeok Bae , Sung-Hwan Jung

Dept. of Computer Engineering, Changwon National University.

E-mail : bkihyeok@cdcs.changwon.ac.kr

요 약

본 논문에서는 JPEG2000 코딩에서의 핵심 처리기술 중의 하나인 웨이블릿(wavelet) 변환 처리 후, 각 계수간의 시각특성을 이용한 JPEG2000에서의 효율적인 워터마킹 기법을 제안한다. 제안한 방법은 웨이블릿 변환 영역에서 계수간의 시각적인 특성을 이용하여 영상의 손실을 최소화하고, 저주파성분과 고주파성분에 고르게 워터마크를 삽입함으로써 보다 강인성을 높였다. 그리고 추출시에 원영상 없이도 워터마크를 추출할 수 있는 블라인더(Blind) 워터마킹 기법이다.

1. 서 론

최근 인터넷을 중심으로한 컴퓨터통신, 네트워크의 급속한 발전과 성능향상으로 멀티미디어 데이터의 활용이 크게 증가하고 있다. 디지털로된 신호나 데이터의 표현방법은 아날로그 방법에 비해 많은 장점을 가지고 있으며, 기존의 이미지, 비디오 및 오디오 등이 아날로그 형태에서 디지털 형태로 빠르게 대체되고 있다. 그러나 디지털 데이터는 원본과 동일한 복사본을 쉽게 만들 수 있고, 인터넷 등을 통한 배포가 쉽고 빨라짐에 따라 불법복제 및 지적소유권보호 문제가 크게 부각되고 있다. 디지털 컨텐츠의 불법복제 및 불법유통은 저작자의 창작의욕과 수입원을 차단하는 매우 중요한 문제이다. 이와 같은 소유권자의 동의가 없는 불법적 복제를 방지하고 소유권을 효과적으로 보호하기 위한 저작권 보호 기술로 워터마킹(Watermarking) 기법이 활발히 연구되고 있다. 하지만 기존에 연구되어온 방법들은 대부분이 비압축 영역에서 연구가 이루어지고 있으며, 제한된 전송 대역폭이나 저장매체의 효율적인 공간활용을 고려해야 하는 현실적인 적용면에서 압축 영역에서의 많은 연구가 필요한 실정이다.

본 논문에서는 차세대 영상 압축 표준인 JPEG2000에서의 효율적인 워터마킹 기법을 제시한다.

2. 디지털 워터마킹

디지털 워터마킹 기법은 디지털 컨텐츠에 저작자의 특별한 정보를 삽입하여 지적재산권 및 저작권을 보호하고 소유권을 주장할 수 있는 근거를 제시할 수 있도록 하는 기술이다[1]. 워터마킹은 저작권 보호뿐만 아니라 데이터 인증(Authentication)과 방송감시(Broadcast monitoring) 및 구매자판별(Fingerprinting) 등에도 응용되고 있다.

이러한 디지털 워터마킹은 다음과 같은 다양한 특성 및 요구조건을 만족해야 한다. 먼저 워터마크의 삽입여부를 감지하지 못하고 컨텐츠의 품질을 유지해야 하는 비가시성(Invisibility), 여러 가지 형태의 변형이나 공격에도 추출이 가능해야 하는 강인성(Robustness), 추출된 워터마크가 확실한 소유권을 주장할 수 있어야 되는 명확성(Unambiguity), 관련 키(key)값 등을 알고 있을 경우에만 워터마크의 확인이 가능한 보안성(Security), 그리고 원본 이미지 없이 워터마킹된 이미지 만으로 워터마크를 검출할 수 있는 블라인더(Blind) 기법이 요구되고 있다.

디지털 영상의 저작권 보호를 위해 지금까지 연구되어온 워터마킹 방법으로는 공간영역(Spatial domain)방법과 주파수영역(Frequency domain)에서의 방법으로 크게 나눌 수 있다.

공간영역 방법은 변환 식을 사용하지 않고 영상의 특정 위치의 화소 값을 직접적으로 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법이다[2,3]. 이러한 공간영역의 방법은 영상처리나 잡음, 압축 등에 약한 단점이 있다.

주파수 영역의 방법은 주파수 계수를 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법으로 DCT(Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform), DFT(Discrete Fourier Transform) 등의 변환방법을 이용하여 워터마크를 삽입하는 방법이다[4,5]. 주파수 영역의 방법은 공간영역의 방법보다 공격에 강하다는 특징을 가지고 있다.

3. JPEG2000

JPEG2000은 기존의 DCT기반 JPEG의 문제점을 해결하고 더욱 향상된 영상 압축표준을 제공하며, 정지영상 뿐만 아니라 인터넷, 팩시밀리, 인쇄, 디지털 사진, 의료 영상 등의 다양한 용융을 만족시킨다. JPEG2000은 단순히 고압축과 영상 화질을 개선하는 것뿐만 아니라 현재의 표준보다 더 좋은 기능성을 제공한다. 무손실과 손실 압축, 매우 큰 영상의 부호화, 화소 정밀도와 해상도에 따른 점진적 전송, 비트 에러에 대한 능력, ROI(Region Of Interest) 코딩들은 JPEG2000의 대표적인 예이다. JPEG2000에서 달라진 가장 두드러진 특징 중 하나는 DCT를 웨이블릿으로 대체하였다는 것이다. 웨이블릿 변환계수를 코딩할 때 발생하는 각 샘플이 가지는 통계적 특성을 이용하여 엔트로피 코딩 방식에서도 JPEG2000은 산술 부호화 방식을 사용하고 있다.

3.1 JPEG2000의 웨이블릿

JPEG2000은 컨벌루션(Convolution)과 리프팅(Lifting) 기반의 두 가지 필터링 모델을 지원한다. 그리고 각 모델은 가역(Reversible) 변환과 비가역(Irreversible) 변환에 사용할 수 있다. 기본 비가역 변환은 Daubechies 9/7 필터를 사용하여 구현될 수 있으며, 가역 변환은 5/3 필터로 구현될 수 있는데 여기에 사용되는 계수들은 아래 <표 1>과 같다. 또한 리프팅 기반의 필터링은 짹수 샘플 값들의 가중치 합에 의해 업데이트되는 홀수 샘플들의 값과 홀수 샘플 값들의 가중치 합에 의해 업데이트되는 짹수 샘플들의 값으로 매우 간단한 필터링 동작들로 구성된다.

Analysis Filter Coefficients		
i	Lowpass Filter hL(i)	Highpass Filter hH(i)
0	6/8	1
±1	2/8	-1/2
±2	-1/8	

Synthesis Filter Coefficients		
i	Lowpass Filter gL(i)	Highpass Filter gH(i)
0	1	6/8
±1	1/2	-2/8
±2		-1/8

Analysis Filter Coefficients		
i	Lowpass Filter hL(i)	Highpass Filter hH(i)
0	0.6029490182363579	1.115087052456994
±1	0.2668641184428723	-0.591271763114247
±2	-0.0782232665289878	-0.057543526228499
±3	-0.0168641184428749	0.091271763114249
±4	0.02674875754108097	

Synthesis Filter Coefficients		
i	Lowpass Filter gL(i)	Highpass Filter gH(i)
0	1.115087052456994	0.6029490182363579
±1	0.591271763114247	-0.2668641184428723
±2	-0.057543526228499	-0.0782232665289878
±3	-0.091271763114249	0.0168641184428749
±4	0.02674875754108097	

<표 1> 웨이블릿 5/3과 9/7필터의 계수들

4. 웨이블릿을 이용한 워터마킹 알고리즘

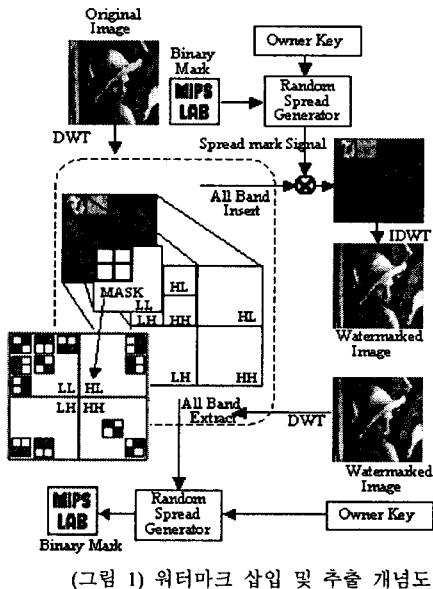
제안하는 방법은 기존의 방법[8,9]들에 비해 워터마크 추출 시에 원 영상이 필요 없으며, 계수의 선택을 위해 특정 Threshold를 사용하지 않고 워터마크를 삽입하는 방법이다. 그리고 저주파성분 뿐만 아니라 고주파 성분에도 고르게 워터마크를 삽입함으로써 공격에 강인하게 하였다. 이때 워터마크가 삽입되는 해당대역의 특성에 따라 계수를 교환함으로써 워터마크 삽입에 의한 영상의 시각적 손상을 최소로 하였다.

4.1 워터마크 삽입 및 추출 알고리즘

본 논문에서는 추출 시에 시각적으로 쉽게 인지 할 수 있는 장점을 가지는 이진영상 워터마크를 사용하였다. 이때 영상의 화질을 저하시키지 않으면서 공격에 강인하게 하기 위해 워터마크를 랜덤화하여 삽입한다.

먼저 워터마크의 삽입을 위해 먼저, 각 밴드의 웨이블릿 변환의 특성에 따라 각 마스크를 통과하는 계수간의 크기 관계를 조사한다. 예지 반전 등의 시각적인 손실을 최소화하기 위해 두 계수의 차가 가장 작은 계수 쌍을 워터마크의 삽입 대상으로 선택하고, 해당 계수들을 교환하여 워터마크를 삽입한다.

본 논문에서 사용한 워터마크의 전체 삽입 및 추출 과정은 아래 (그림 1)과 같다.



4.2 각 대역 계수탐색 및 워터마크 삽입

먼저 워터마크를 삽입할 가장 최적의 계수를 찾기 위해 중복 없이 가로, 세로 인접한 4개의 계수를 계수 쌍 비교를 위한 하나의 마스크처리 대상으로 구성한다. LL 벤드는 수평, 수직, 대각의 모든 성분을 나타내기 때문에 (그림 1)과 같이 4방향으로 된 6개의 마스크를 이용하여 계수 쌍을 검사하게 된다. 최소의 차를 갖는 계수 쌍이 선택되고 삽입할 워터마크의 상태에 따라 선택된 계수 쌍을 교환함으로써 워터마크는 삽입된다.

다음으로 고주파 대역은 영상의 수평, 수직, 대각의 애지 성분을 잘 나타내므로 대역별 특성에 따라 각각 다른 2개의 마스크들을 적용하여 워터마크 삽입이 이루어 진다. 이때 두 계수 쌍 중 최소의 차를 갖는 계수 쌍이 선택되면 LL대역과 동일한 방법으로 워터마크를 삽입한다.

4.3 워터마크 추출 알고리즘

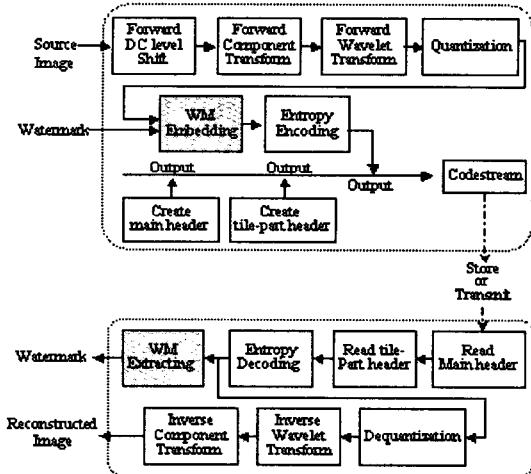
워터마크의 추출은 삽입에서와 같이 각 대역에 해당하는 마스크를 통과하는 최소의 차를 갖는 계수 쌍을 선택한다. 각 마스크의 계수 쌍의 크기 관계를 이용함으로써 원 영상 없이 워터마크를 추출할 수 있다. 추출된 워터마크는 랜덤화의 역 과정을 통해 최종 이진워터마크를 얻을 수 있다.

5. JPEG2000에 제안한 알고리즘

앞에서 제안한 웨이블릿 기반의 워터마킹 알고리즘은 웨이블릿을 기반으로 하는 JPEG2000에 효과적으로 적용시킬 수 있다.

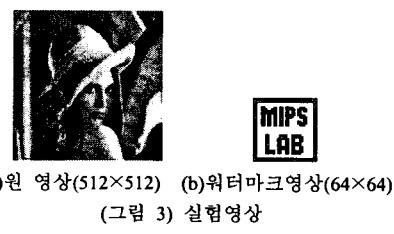
먼저 JPEG2000 과정은 입력 영상을 타일링, DC레벨 쉬프팅, 컴포넌트 변환의 전처리 단계를 거치게 된다.

다음으로 웨이블릿 변환이 수행되고 양자화 된다. 양자화된 각 웨이블릿 계수들에 제안한 알고리즘을 적용하여 워터마크를 삽입하고 엔트로피 코딩을 하여 코드스트림 형태로 저장하거나 전송한다. 그리고 워터마크 추출은 삽입의 역과정이다. JPEG2000에 제안한 워터마크 삽입, 추출 단계는 (그림 2)와 같다.



6. 실험 결과

본 논문에서 구현된 웨이블릿은 JPEG2000에서 표준으로 권고하고 있는 Daubechies-9/7 필터와 5/3 필터를 이용하였다. 그리고 원 영상으로 512×512 크기의 Lena 영상을 사용하였고, 워터마크로는 64×64 크기의 시각적으로 쉽게 인지 할 수 있는 이진영상을 사용하였다. (그림 3)은 실험에 사용한 원 영상과 워터마크 영상을 나타낸다.



워터마크 삽입 후 원영상의 손실정도를 측정하기 위해 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)를 사용하였으며, 워터마크와 추출된 워터마크 사이의 객관적인 유사성 측정을 위하여 NC(Normalized Correlation)를 사용하였다.

6.1 기존 방법과의 성능평가

<표 2>는 본 논문에서 제안한 워터마킹 방법과 기존 방법들의 성능을 비교한 것이다. 각 논문에서 사용한 웨이블릿 필터들은 Harr 필터와 Daubechies 6-tab 등 각각

다른 필터를 사용하고 있다. 따라서 본 실험에서는 공정한 비교를 위하여 JPEG2000의 표준 필터인 Daubechies 9/7 tap 필터와 5/3 tap 필터를 동일하게 적용하여 성능을 평가하였다.

	Proposed	Ohnishi[7]	Hsu[8]	Kim[9]
Blind (Public)	O	O	X	X
PSNR(dB) (9/7)tap	37.67	X	39.72	36.85
PSNR(dB) (5/3)tap	38.25	48.32	40.79	38.26
NC JPEG(5.0)	0.91	0.59	0.68	0.84

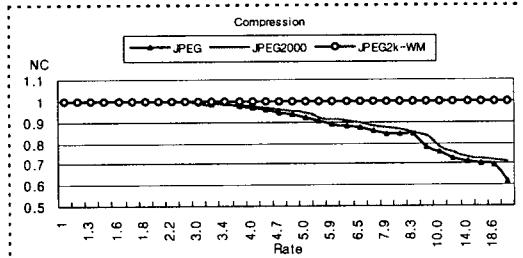
<표 2> 기존의 방법과 성능 비교

먼저 워터마크 추출시에 원영상의 필요여부는 제안한 방법과 Ohnishi[7]의 방법이 워터마크 추출시에 원영상이 필요 없는 블라인더 워터마킹 방법으로서 실용적이라 할 수 있다. 그리고 Ohnishi[7]의 방법은 나머지(mod) 연산으로 각 계수의 LSB를 사용하기 때문에 정수 연산을 하는 5/3필터를 적용할 경우 워터마킹된 영상의 화질은 우수하나 실수연산을 하는 9/7필터에서는 적용이 불가능할 뿐만 아니라, 공격에 가장 약한 특성을 보인다. 따라서 이 방법은 실제 활용에 많은 어려움이 있다. 또 Hsu[8]의 방법을 수정한 Kim[9]의 방법은 에지의 반전을 막기 위해 Threshold를 넘는 계수는 워터마크를 첨가할 부분에서 제외시키고 워터마크를 삽입해야 하기 때문에 특정 Threshold를 사용해야 하는 단점이 있으며, 추출시 원영상이 필요하다.

그리고 제안한 방법은 블러링, 밝기변화, 노이즈, 대비변화, 클리핑 등의 다양한 공격에 대해 실현한 결과, 추출된 워터마크의 NC가 전반적으로 약 0.9를 유지하는 높은 추출율을 보였다.

6.2 JPEG2000에 적용된 알고리즘 평가

(그림 4)는 워터마크 삽입 후 JPEG과 JPEG2000에 대한 압축 비율에 따른 워터마크 추출결과와 제안한 워터마킹 알고리즘에 대한 워터마크 추출 결과이다.



(그림 4) 다양한 압축에 대한 워터마크 추출결과

먼저 워터마킹된 영상을 기존의 JPEG과 JPEG2000으로 압축율을 높여가며 실험하였다. 압축 후 워터마크 추출시에 JPEG2000압축에 대한 워터마크 추출율이 기존의

JPEG보다 약간 우수하나 크게 차이는 나지 않았다. 그리고 제안한 방법은 JPEG2000에 내장된 방법이므로 이상적인 전송과 저장을 가정 한다면 압축된 코드 스트림에서 워터마크를 추출할 수 있으므로 압축율에 영향을 받지 않고 삽입된 워터마크를 추출할 수 있다.

7. 결 론

본 논문에서는 JPEG2000 코딩에서의 핵심 처리기술 중의 하나인 웨이블릿 변환영역의 계수들이 갖는 시각적 특성을 고려한 JPEG2000에서의 효율적인 워터마킹 기법을 제안하였다. 제안된 방법은 워터마크 추출 시에 계수간의 상관관계를 이용함으로써 원본 없이도 워터마크를 추출할 수 있다. 또한 고주파 성분 뿐만 아니라 저주파 성분에도 워터마크를 삽입 함으로써 공격에 대한 강인성을 높였다. 실험결과, 워터마크가 삽입된 영상과 원 영상을 비교할 때 시각적인 차이를 거의 느끼지 못하였다. 그리고 일반적으로 영상에 워터마크 삽입 후, 저장이나 전송을 위해 추가적인 압축을 하게 된다. 그러나 본 연구는 JPEG2000 압축과정 중에 워터마크를 삽입함으로써 앞에서와 같은 추가적인 압축으로 인한 워터마크의 손실을 막을 수 있다.

[참고문헌]

- [1] H.Berghel, "Protection Owner Ship Rights through Digital Watermarking," IEEE Computer Magazine, pp. 101-103, 1996.
- [2] I.Pitas, "A Method for Signature Casting on Digital Images," in Proc. of IEEE Conf. on Image Processing, pp. 215-218, 1995.
- [3] M.Kutter, F.Jordan and F.Bosson, "Digital Signature of Color Images using Amplitude Modulation," Processing. of SPIE, vol. 3022, pp. 518-526, 1997.
- [4] I.J.Cox, J.Kilian, T.Leighton, and T.Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 6, no.12, pp. 1673-1687, 1997.
- [5] D. Kundur, D. Hatzinakos, "Digital Watermarking Using Multiresolution Wavelet Decomposition," International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing, vol.5, pp.2969-2972, 1998.
- [6] X.G.Xia, C.G.Boncelet and G.R.Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," Proc. of IEEE ICIP, vol. 3, pp. 548-551, 1997.
- [7] J.Ohnishi and K.Matsui, "Embedding a Seal Into a Picture Orthogonal Wavelet Transform," IEEE Computer Society, pp.514-521, 17-23, 1996.
- [8] C.T. Hsu, J.L. Wu, "Multiresolution Watermarking for Digital Images," IEEE Trans. Circuits and Systems II. vol.45, no.8, pp.1097-1101, 1998.
- [9] 김현순, 배성호, 박길홍 "이웃한 웨이블릿 변환 계수쌍의 평균과 차이를 이용한 워터마킹 기법," 한국정보처리학회지 논문지, 7권 6호 pp.1980-1987, 2000