

# 주파수 영역에서의 최적 워터마크 삽입영역 선정에 대한 연구

오재호\*, 조시용, 김선형

순천향대학교 정보통신공학

## A Study on the Selection of the Optimal Insertion Region for Digital Watermarking in the Frequency Domain

Jae-Ho Oh, Si-Yong Jo, Sun-Hyung Kim  
Information and Technology Engineering Department  
SoonChunHyang University  
ChungChungNamDo, Korea

### 요약

본 논문에서는 디지털 콘텐츠 저작권 보호를 위해서 에지 웨이블릿 변환에 기초한 디지털 워터마킹 방법을 제안하였다. 이미지의 중요한 성분인 저주파 성분을 비롯한 각 대역의 모든 가능한 위치에 다양한 가중치와 임계값을 적용하는 워터마크 삽입방법을 통하여 손실압축, 고의적인 영상의 변형 등 각종 공격에 대하여 상반관계에 있는 비가시성과 강인성을 만족하는 워터마크 양에 대한 적정량 선정과 최적의 삽입대역을 찾는 방법을 제안하였다. 그리고 제안한 방법이 적절한 워터마크 삽입영역과 적절한 워터마크 양을 찾을 수 있음을 실험을 통하여 입증하였다.

### Abstract

In this paper, we proposed a digital watermarking method based on the edge-wavelet transform to protect digital contents copyrights. We find out the optimal watermark insertion region and the proper amount of watermark in order to satisfy robustness and imperceptibility against various attacks such as noise, compression, collusion, clipping, scaling. Especially through this experiment, we could find out the adequate location of watermark insertion and proper amount of watermark and it is also viewed to satisfy robustness and imperceptibility in the lower frequency region with small watermark quantity.

**Keywords:** edge-wavelet transform, watermark insertion, watermark quantity, watermark location

### I. 서론

디지털 영상의 빠른 성장과, 디지털 대중매체 그리고 강력한 디지털 대중매체 조작도구의 점점 더 쉬운 접근이 대중매체의 안전을 매우 중요한 이슈로 떠오르게 만들었다. 근래에 디지털 워터마크는 멀티미디어 데이터의 지적 재산보호를 위한 수단으로 새로이 제안되고 있다. 그것은 디지털 지적 재산권 보호를 위한 기술로서 원 음성이나 이미지 영상에 비가시적 신호를 첨가하여, 첨가된 워터마크를 검출토록 함으로써 법적인 소유권을 제공하거나 적어도 저작권 위반을 검출할 수 있게 한다. 많은 논문에서 고의적인 공격과 다양한 신호조작에 대해 워터마킹의 강

본 연구는 정보통신부의 ITRC사업에 의해서 수행된 것임 인성과 비가시성에 대한 워터마킹기술들이 제안되었는 데, 본 논문에서는 정지영상의 워터마킹 삽입영역의 선정방법에 초점을 두어서 연구하였다.

본 논문에서는 디지털 콘텐츠 보호를 위해 웨이블릿 변환을 사용하였고, 고의적인 공격들과 노이즈, 압축, 공모, 클리핑, 스케일링 등 다양한 공격에 안전하고, 강인성과 비가시성을 만족하는 최적의 워터마크 삽입영역과 최적의 워터마킹 양을 찾아내는 방안을 제시하는 데 있다. 워터마크 삽입과정은 원영상의 에지영상으로부터 구한 중요한 필터 계수 값에 서로 다른 가중치를 더하고, 저주파수 영

역(DC 포함)을 포함한 모든 고주파수 영역의 중요한 부분에 워터마크 데이터를 삽입한 후, 이를 재 검출하였다[20]. 검출 결과에 대한 판정은 Cox가 제시한 유사도와 인간의 지각시스템(HVS)을 이용하였다. 이 결과를 통해서 LL3영역을 포함한 모든 영역에서 PSNR의 값이 40dB이상인 값을 기준으로 샘플링, 잘라내기 또는 손실 압축 등과 같은 여러 공격에 대해서 강인하고, 비가시성을 만족하는 최적의 워터마크 삽입영역과 적절한 워터마크 양을 제시하고자 한다.

## II. 워터마크의 삽입과 추출

### 2.1 웨이브릿 알고리즘

웨이브릿 변환은 웨이브릿이라고 불리는 기본 함수들을 중첩된 형태로 표현한 함수이다. 이 변환은 웨이브릿과 처리하고자 하는 신호와의 상관관계(correlation)에 의해서 구현된다. 이는 기본(mother) 웨이브릿을 이동하고 확장함으로써 생성된다. 웨이브릿의 정의는 아래의 식(1)과 같다. 수식 (1)에서  $\psi(t)$ 가 기본 웨이브릿이고,  $\psi(t)$ 를 b만큼 이동하고 a 만큼 확장하여 주파수 영역에 따른 다 해상도를 갖게 된다.

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

웨이브릿 변환의 영역은 시간(공간)-주파수 영역에서 동시에 국한시켜 표현할 수 있다. 웨이브릿은 대역통과 필터의 성질을 갖고 있어서 신호의 특징을 추출하고 지역통과 필터에 의한 잡음을 억제하는데 효과적이다. 따라서 영상 처리 및 영상 압축 등에 많이 이용되고 있다[4][5].

### 2.2 워터마크의 삽입과 추출

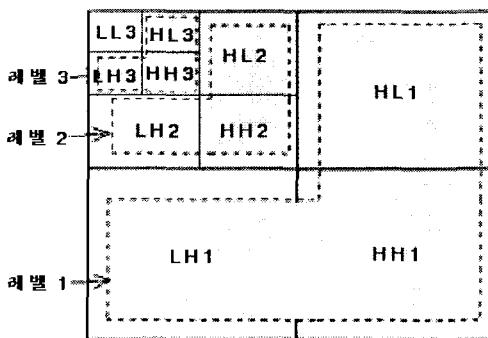


그림 2-1 워터마크 삽입을 위한 대역분할

워터마크를 삽입하기 위하여 먼저 원 영상에 대한 에지 영상을 구해서 이에 대한 에지데이터를 구한다. 그런 다음 그림2-1과 같이 원영상을 3-레벨 웨이브릿 변환을 이용하여 다해상도(Multi resolution)의 부대역 영상으로 분해한다. 웨이브릿변환 영상(DWT)으로부터 위치데이터와 계수값을 구해서 이를 에지영상의 위치데이터와 비교해서 워터마크 데이터의 삽입위치를 선정한다[20]. 그리고 나서 분할한 대역의 주파수 특성을 확인해 가며 최저 주파수대인

LL3를 포함하는 모든 대역을 실험대역으로 선정하였다[1][2][3]. 즉, 3레벨 웨이브릿 변환 후 워터마크 삽입대역으로 레벨 1 대역에서는 전체대역과 LL1을 제외한 전체대역 그리고 저주파대역인 LL1 대역을 선정하고, 레벨2대역에서는 전체대역과 LL2를 제외한 전체대역, 중간대역 그리고 LL2 대역을 선정하고, 레벨3대역에서는 전체대역과 중간대역 그리고 LL3 대역을 비롯한 다양한 대역을 선정하여 워터마크를 삽입한다.

워터마크 삽입 알고리즘은 원영상을 이용하여 각각 1단계, 2단계, 3단계 웨이브릿 변환 후 분할된 영역을 워터마크 삽입대역으로 다양하게 선정한 후, 임의로 설정한 각 대역별 가중치와 임계값을 적용하여 웨이브릿변환된 영상(DWT)에 워터마크시퀀스를 삽입한다. 이때 시퀀스로는 공격에 강인한 카오스 시퀀스를 사용한다[6][7][8][10].

DWT후의 주파수 영역에서 각 계수 값에 워터마크를 삽입하는 방법은 식(2)에 의하여 이루어진다[9].

$$v'_i = v_i(1 + a_i w_i) \quad (2)$$

여기서 a 는 스케일변수 즉, 가중치며 워터마크 W를 주파수 계수 값 V에 삽입함으로써 V'를 얻을 수 있다. 워터마크 추출에 대한 인증은 COX가 제안한 유사도와 HVS로 측정한다[9]. 본 논문에서는 지면관계상 워터마크영상과 공격당한 영상에서 추출한 훼손된 워터마크영상과의 비교는 실제영상 대신에 5개 실험영상에 대한 실험결과 그래프로 나타내었다.

## III. 실험과 분석

### 3.1 실험

실험을 위한 환경으로는 팬티엄 III 933MHz 상에서 비주얼 C++로 구현하여 시뮬레이션 하였다. 웨이브릿 필터는 도우비치 필터를 사용하였으며 영상은 그림 3-1과 같이 256X256 크기의 8비트 그레이 레벨을 갖는 Lena영상과 Camera man영상 그리고 고주파 성분이 많은 Baboon영상, Bridge영상, Peppers영상을 사용하여 실험하였다.



그림 3-1 실험에 사용된 이미지들

실험은 3레벨 웨이브릿 변환 후 워터마크 삽입대역으로 레벨 1 대역에서는 전체대역과 LL1을 제외한 전체대역 그리고 저주파대역인 LL1 대역을 선정하고, 레벨2대역에서는 전체대역과 LL2를 제외한 전체대역, 중간대역 그리고 LL2 대역을 선정하고, 레벨3대역에서는 전체대역과 중간대역 그리고 LL3 대역을 비롯한 다양한 대역을 선정하여 각 대역의 계수에 스케일 변수를 0.1에서 0.01 사이의 값을 주고 임계값은 -10에서 200까지의 값을 주어 각각의 대역에 첨가시키는 방법으로 워터마크를 삽입하였고, 다양한 공격과 노이즈, 재크기, 절단, 공모, 압축에도 살아남는

지의 강인성 실험과 비가시성을 동시에 만족하는 적정점과 워터마크 삽입대역을 찾는 실험을 하였다. 강인성에 대한 인증은 유사도와 HVS를 사용하였다. 위 실험으로 얻어진 데이터를 통하여 우리는 실험영상의 삽입대역이 같은 영역에만 존재하지 않는다는 것을 찾았다. 각 정지영상의 이미지들을 주파수 변환하여 워터마크 삽입영역을 선정할 때 각 이미지의 화소 분포도에 따라 워터마크 삽입영역에서 약간의 차이가 보임을 찾아냈다.

3.2 실험결과

실험결과 다양한 가중치와 임계값을 토대로 한 실험영상에서 다양한 결과를 나타내었다. 표3-1에서 나타내는 화소수는 해당 임계치 이상의 중요한 계수의 갯수를 나타낸다. 영상의 객관적인 비교를 위하여 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)의 측정은 아래의 식(4)로 주어지는 최대신호대잡음비(PSNR)를 사용하였다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} [f(i, j) - \hat{f}(i, j)]^2} \quad (3)$$

$$PSNR = 20 \log_{10} \left( \frac{255}{RMSE} \right) [dB] \quad (4)$$

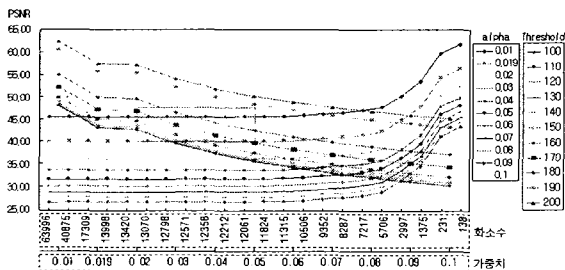
여기서  $f(i, j)$  및  $\hat{f}(i, j)$ 는 원영상 및 워터마크가 삽입된 영상의 pixel값을 나타내고, N은 영상의 크기를 나타낸다.

1) 실험 영상의 대역별 PSNR 및 각종 공격에 대한 유사도 비교

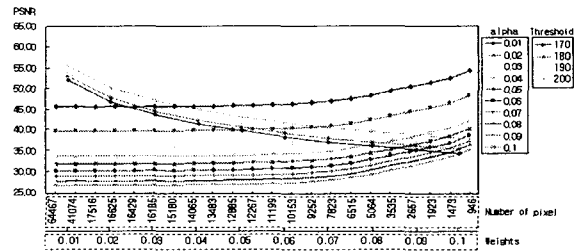
워터마크 기법들이 가져야 하는 기본적인 요구조건 중 비가시성을 만족하여야 하기에 영상에서 워터마크가 삽입되어도 육안으로 확인할 수 없어야 하며 영상의 질 또한 감퇴되지 않아야 하기에 PSNR값이 40dB 이상이면 비가시성을 만족하고 Cox의 유사도 6이상이면 강인성을 만족하므로 실험결과그래프는 이 두가지를 충분히 만족시키고 있다고 할 수 있다.

2) Camera 영상의 실험 결과

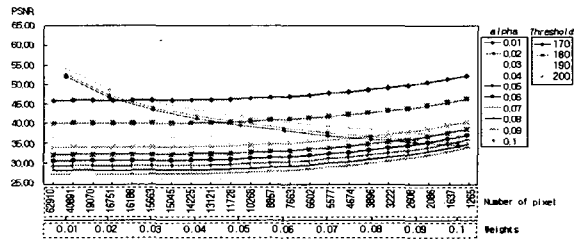
그림 3-2는 실험결과를 보여준다. 왼쪽상단 부분에서 오른쪽 아래로 그려진 그래프는 임계값을 나타내고, 오른쪽상단 부분에서 왼쪽 하단 부분으로 그려진 그래프는 가중치를 나타낸다.



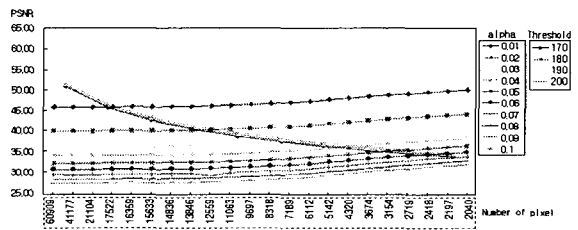
(a) Camera Image



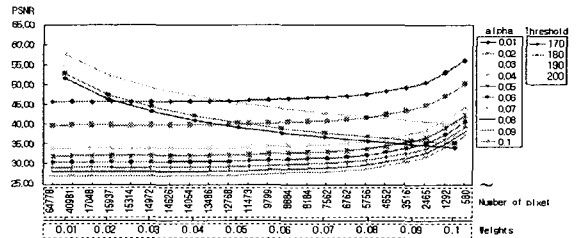
(b) Lena Image



(c) Bridge Image



(d) Baboon Image



(e) Peppers Image

그림3-2 실험에 사용된 정지영상의 실험결과

본 논문에서 우리는 최적 워터마크 삽입영역을 PSNR값이 40dB를 넘고 두 선들이 만나는 지점으로 설정하였다. 저주파가 포함된 영역에서 가중치와 더 많은 임계값을 준 결과 PSNR과 유사도는 Trad-off의 결과를 갖는다. 실험을 통해 PSNR값은 감소하고 유사도 값은 증가하는 가중치에 따라 증가하고 Pixel의 값은 임계 값에 의해 결정된다. PSNR값이 크면 유사도의 값은 작고 PSNR값이 작으면 유사도의 값이 크다는 것을 확인했다.

앞에서 그림의 결과를 통하여 볼 때 PSNR과 유사도는 강인성과 비가시성 사이에 관계가 있다. 또, 이 결과를 통하여 PSNR과 유사도는 LL1 영역, LL2 영역, LL3 영역과 모든 영역의 임계값은 170~200 사이와 0.02~0.05 사이의 가중치 사용이 적절하다는 것을 찾아냈다. <표 3-1>은 정

지영상의 화소 분포도의 비교를 보여준 것이다. 우리는 실험의 결과가 타당한지를 검증하기 위해서 웨이브릿변환후의 각 영상의 화소분포를 알아보았는데 그림 3-3과 같다.

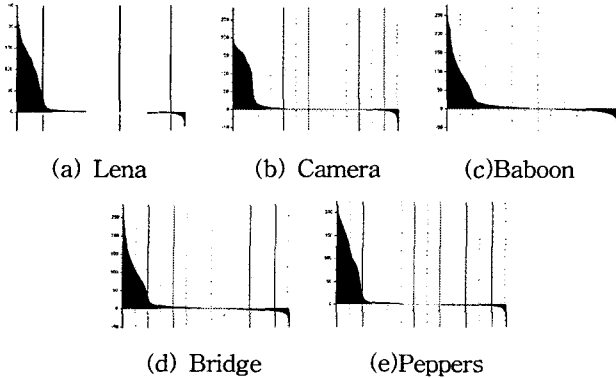


그림 3-3 웨이브릿변환 후의 각 영상의 화소 분포도

표 3-1 정지영상의 화소수 분포 비교

영상 화소수	레나	바분	카메라	페퍼스	브리지
170~200 화소수(%)	2.61	1.25	5.42	5.42	2.56
170~ 화소수(%)	4.05	5.11	5.65	6.65	4.91

이 실험을 통하여 우리는 각 정지영상의 웨이브릿 변환 후 화소수에 따라서 삽입영역과 워터 마크 삽입양이 조금씩 다른점을 찾아냈다. 분석 결과 각 정지영상의 화소분포 중 170 이상인 분포에 따라 삽입영역이 조금씩 달라짐을 보였는데, 170~200의 임계값 에서는 각 영상마다 조금씩 차이를 보였으나 <표 3-1>과 같이 170이상의 모든 분포 에서는 각 영상마다 화소의 분포가 크게 다르지 않음을 알 수 있었다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 디지털 영상의 소유권을 보호하기 위해 영상을 3레벨 웨이브릿 변환을 이용하여 레벨1, 레벨2, 레벨3로 대역분할하고 이미지의 중요한 성분인 저주파 성분을 비롯한 각 대역의 모든 가능한 위치에 다양한 가중치와 임계값을 적용하는 워터마크 삽입방법을 통하여 손실압축, 고의적인 영상의 변형 등 각종 공격에 대하여 상반관계에 있는 비가시성과 강인성을 만족하는 워터마크 양에 대한 적정선과 삽입 대역을 찾는 방법을 제안하였다. 실험을 통한 결과로 PSNR과 유사도는 LL1 영역, LL2 영역, LL3 영역과 모든 영역의 임계값은 170~200 사이와 0.02~0.05 사이의 가중치 사용이 적절하다는 것을 찾아냈다. 또한 워터마크 데이터를 DC부근 즉, 저주파수영역에 삽입함으로써 적은 워터마크양으로 강인성과 비가시성을 만족시킬 수 있음도 확인하였다. 즉, 실험영상의 디지털워터마킹 실험결과 최적의 삽입영역으로 DC를 포함한 저주파수영역에서도 적절한 워터마크양을 예지화상에 적용하면 강인성과 비가시성을 만족시킬 수 있음을 입증하였으므로 다음

연구과제로서는 이에 대한 보다 엄밀한 수학적 해석이 필요하다.

접수일자 : 2002. 6. 5      수정완료 : 2002. 7. 20

#### 참고문헌

- [1] Xiang-Gen Xia, Charles G. Boncelet, and Gonzalo R. Arce. wavelet transform based watermark for digital images. Optics Express, 3 pp. 497, December 1998.
- [2] Lihua Xie and Gonzalo R. Arce. Joint wavelet compression and authentication watermarking. In Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing, ICIP '98, Chicago, IL, USA, 1998.
- [3] J. Benedetto and M. Frazier, wavelets: mathematics and Applications, CRC Press, Boca Raton, 1994.
- [4] Petitcolas, F. A. P., Ross J. Anderson and Markus G. Kuhn, "Information Hiding - A Survey", Proceedings of the IEEE, special issue on protection of multimedia content, May 1999. Invited paper.
- [5] O. Rioul and M. Vetterli, "wavelets and Signal Processing," IEEE Signal Processing Magazine, pp. 14-38, 1991.
- [6] Hui Xiang, Lindong Wang, Hai Lin, Jiaoying Shi, "Digital Watermarking Systems with Chaotic Sequences"
- [7] R. M. May, "Simple mathematical model with very complicated dynamics". Nature, 261, 459-281.
- [8] Tohrn Kohda ,Akio Tsuneda "statistics of chaotic binary sequences" IEEE Transactions on information theory, vol 43, NO.1 , January 1997.
- [9] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Sharnoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," NEC Research Institute, Technical Report 95-10, 1995.
- [10] M. Antonini, ~M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies.
- [11] Houng-Jyh Wang, Po-Chyi Su, and C.-C. Jay Kuo. wavelet-based digital image watermarking, Optics Express, 3 pp. 497, December 1998.
- [12] Tirkel et al, A., "Electronic WaterMark," in Proc. DICTA 1993, pp. 666-672, Dec. 1993.
- [13] Voyatzis, G., N. Nikolaidis and I. Pitas, "Digital Watermarking : An Overview," Proc, of EUSIPCO'98, Sep., 8-11, Rhodes, Greece, 1998.
- [14] Langelaar, G. C., I. Setyawan, and R. L. Lagendijk, "Watermarking Digital Image and Video Data", IEEE SP Mag., Vol. 17, no. 5, pp. 20-46, Sep. 2000.
- [15] Pereira, S., Joseph J. K. O Ruannidh, F.

Deguillaume, G. Csurka and T. Pun, "Template Based Recovery of Fourier-Based Watermarks Using Log-.Polar and Log-log Maps," IEEE Int. Conf on Multimedia Computing and System(ICMCS'99), Florence, Italy, Jun. 1999.

[16] Schneier, B., Applied Cryptography, New York, USA : John Wiley & Sons, 2nd ed., 1996.

[17] Kutter, M., and F. A. P. Petitcolas, "Fair Benchmarking for Image Watermarking Systems," in Proceedings of the SPIE 3657, Security and Watermarking of Multimedia Contents, 1999, pp. 226-239.

[18]M. Vetterli and J. Kovacevic, wavelets and Subband Coding, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995.

[19]P. P. Validyanathan, "Quadrature Mirror Filter Banks, M-band Extensions and Perfect-reconstruction Techiques," IEEE ASSP Magazine, 4(3), pp. 4-20, 1987.

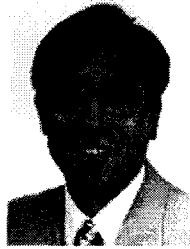
[20]강영창, "디지털 콘텐츠 보호를 위한 에지 웨이브릿 워터마킹 기법" 순천향대학교 박사논문, 2001.



김 선 형 (Sun-Hyung Kim)

正會員

'87.02 성균관대학교 공학박사  
현 재 순천향대학교 정교수  
관심분야 : 디지털 모델, DRM



조 시 용 (Si-Yong Jo)

正會員

'73.02 서울대공대공업교육학과  
'93.06 미국오하이오대(이학석사)  
'02.08 공학박사  
현 재 광주·전남지방 중소기업청장  
관심분야 : 컴퓨터 네트워크, 보안



오 재 호 (Jae-Ho Oh)

準會員

'02.02 순천향대학교 컴퓨터  
공학과 학사  
현 재 순천향대학교 정보통신  
공학과 석사중(주)눈소프트 이사  
관심분야 : 컴퓨터 네트워크, DRM