

HVS 기반 효과적인 워터마킹을 위한 파라미터 성능분석

박기홍*, 윤병민*, 김윤호**

요약

본 논문에서는 HVS 기반 효과적인 워터마킹 방법을 제안하였다. 인간시각시스템의 파라미터로 명암대비, 텍스처, 엔트로피, 그리고 표준편차 등을 사용하였고, 외부공격에 대한 각 파라미터들의 성능을 평가한다. 실험결과, 스크린샷 영상의 경우 명암대비 파라미터를 사용했을 때 워터마크의 추출이 좋았고, 거친 영상은 표준편차 파라미터에 강인함을 보였다. 결론적으로 영상의 특징에 맞는 파라미터를 선택하는 것이 효과적인 워터마킹을 위해 선행처리 되어야 한다.

A Property Analysis of Parameters for Effective Watermarking based on Human Visual System

Ki-Hong Park*, Byung-Min Yoon*, Yoon-Ho Kim**

Abstract

We proposed a method of effective watermarking based on HVS. To speak generally, HVS parameters are contrast sensitivity, texture degree, entropy sensitivity and standard of deviation, etc. The aim of this paper is evaluated by the experiments of imperceptibility and correctness of watermark. According to some experimental results, contrast sensitivity function is superior in smooth image. On the other hand, standard of deviation provides good results in rough images. Consequently, how to select the parameters considering image attribute is key problem in effective watermarking.

Key words : Watermarking, CSF, Texture Degree, HVS, DCT

1. 서론

컴퓨터와 인터넷의 발달로 다양한 아날로그 데이터들이 디지털 콘텐츠의 형태로 변하고 있다. 디지털화된 콘텐츠를 유통하는 상업적인 형태가 일반화됨에 따라 디지털 콘텐츠의 저작권 보호 기술에 대한 필요성 또한 크게 대두되고 있고, 현재 디지털 콘텐츠의 불법 복제 및 배포, 변형에 대한 확실한 해결책을 갖고 있지 않다. 이러한 문제점들을 극복하기 위한 방안으로써 디지털 데이터의 저작권 보호와 인증에 대한 해결책이 연구 개발되고 있으며 크게 세 가지로 분류할 수 있는 바, 첫째로 공용키 암호와 알고리즘을 이용해 데이터를 암호화하는 방법이고, 둘째는 방화벽을 구축하여 디지털 자료에 대한 접근을 인정절차를 거치도록 하는 방법이며, 마지막으로 디지털 데이터의 불법적인 유통이나 내용조작을 막고 소유권을 보장하기 위한 방법인 디지털 워터마킹 기법이 있다.

디지털 콘텐츠의 불법적인 복제를 방지하기 위한 저작권 보호 방법의 하나인 디지털 워터마킹은 1990년대 초반의 Tanaka[1]과 1993년 Caronni[2], 그리고 Tirke [3]이 디지털 이미지에 워터마킹을 도입하면서 이에 대한 연구가 시작되었다[4]-[6].

현재 디지털 워터마킹은 문서, 이미지, 오디오, 비디오 등 여러 종류의 디지털 데이터에 대한 연구가 이루어지고 있지만, 아직까지 기초적인 단계이어서 상용화를 위해서는 다양한 접근과 이론적 연구가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 인간 시각 시스템과 관련된 파라미터들에 대하여 영상속성에 따른 워터마킹 성능을 비교 분석하였고, 데이터의 특성에 맞는 파라미터를 선택하는 방법을 제안한 바, 2장에서는 인간 시각시스템에 적용 가능한 파라미터들을 정의하였고, 3장에서는 워터마크 삽입 및 추출 프로세스를 기술하였다. 4장에서는 실험 방법과 성능평가를 수행하였고, 5장에서는 결론을 맺는다.

* 본 연구는 산업자원부의 지역혁신인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

※ 제일저자(First Author) : 박기홍

접수일 : 2005년 4월 15일, 완료일 : 2005년 5월 2일

* 목원대학교 대학원 IT공학과

kihong@mokwon.ac.kr

** 목원대학교 컴퓨터멀티미디어콘텐츠공학부 교수

2. 시각 파라미터

영상의 주파수 특성을 이용하여 워터마크를 삽입하는 변환기반 방법에 퍼지추론을 적용하여 최적의 변환기반 방법에 퍼지추론을 적용하여 최적의 주파수 영역을 결정하는 방법들이 제안되면서 인간의 시각시스템에 관심이 높아지고 있다. HVS(Human Visual System) 특성 파라미터로는 명암대비, 텍스처, 엔트로피, 주파수 감도 등이 있으며, HVS 특성과 통계적 특성을 결합한 워터마크 기법이 제안되었다[7]-[9].

본 연구에서는 인간 시각 파라미터로 크게 4가지를 다루었고, 각 파라미터들은 식(1)~(6)과 같이 정의한다. 영상대비(Contrast Sensitivity)는 영상의 가장 어두운 영역으로부터 가장 밝은 영역의 범위이고, 정의식은 식(1)과 같다.

$$CSF = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \quad (1)$$

식(1)에서 I_{max} 는 설정된 영역에 대한 명암도의 최대값이고, I_{min} 은 설정된 영역에 대한 명암도의 최소값이다. 텍스처 등급 T_k 는 DCT 계수를 양장화하여 계산한다. $X_k(x, y)$ 은 DCT 계수의 k 번째 블록을 나타내고 (x, y) 는 위치를 의미한다.

$$T_k = \text{round}[X_k(x, y) / Q(x, y)] \quad (2)$$

Entropy는 영상의 변형 정보에 대한 기대치로서 정의하며, Entropy E_k 는 DCT 매트릭스의 계수들에 의해 계산되며 식(3)과 같이 정의된다.

$$E_k = \sum_{x,y=0}^7 p_k(x, y) \log \frac{1}{p_k(x, y)} \quad (3)$$

$$p(x, y) = \frac{X_k(x, y)}{\sum_{x,y=0}^7 X_k(x, y)} \quad (4)$$

표준편차가 0일 때는 영역의 계수값 모두가 동일한 크기이고, 표준편차가 클수록 평균에서 떨어진 값이 많이 존재하므로 워터마크가 삽입될 영역이 될 수 있다.

$$Avr_k = \left\{ \sum_{x,y=0}^7 X_k(x, y) \right\} / \text{size}(X_k) \quad (5)$$

$$Std_k = \sqrt{\left\{ \sum_{x,y=0}^7 (X_k(x, y) - Avr_k)^2 \right\} / \text{size}(X_k)} \quad (6)$$

3. 워터마크 삽입 · 추출

디지털 워터마킹은 워터마크 삽입 방법에 따라 공간영역(Spatial domain)에 삽입하는 방법과 주파수영역(Frequency domain)에 삽입하는 방법으로 나눌 수 있다. 공간영역에 워터마크를 삽입하는 방법은 변환식을 사용하지 않고 영상의 특정 화소 값을 직접 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법으로 영상처리와 잡음 등의 공격에 취약하다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완할 수 있는 대안으로 변환기반 방법이 이용되는 바, 영상을 주파수 계수로 변환시켜 워터마크를 삽입하는 방법이며, 주파수 변환 방법에는 DFT, DCT, DWT 등이 있다.

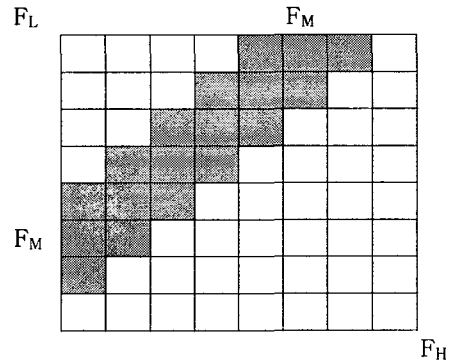


그림 1. Definition of DCT Regions(8 by 8)

본 연구에서는 DCT 변환기반을 이용하였고, 영상의 영역별 파라미터 값을 계산하기 위하여 이미지를 8x8 블록으로 2차원 DCT를 수행한 후, 중간 주파수 대역에 워터마크를 삽입하였으며 변환기반 기법에서 적절한 중간주파수를 선택하는 것이 또한 중요한 과제이다. 인간의 감지능력이 떨어지는 주파수 영역과 데이터 손실을 고려하여 그림 1과 같이 미드밴드를 정의하였고, 워터마크가 삽입되어질 영역이 된다.

첫 단계로 원영상을 8x8로 블록화한 후, HVS 파라미터의 값이 높은 영역들을 선택하여 워터마크가 삽입될 영역을 선택하고, 두 번째 단계는 워터마크 이미지를 비밀키를 이용하여 원영상의 선택된 영역에 삽입하는 과정이다. 그림 2는 원영상에 2D-DCT를 수행한 후, 워터마크를 삽입하는 블록도를 나타낸다. 워터마크된 영상으로부터 워터마크를 추출하는 방법은 워터마크 삽입 순서와 같은 절차를 거치며 그림 3과 같이 비밀키를 이용하여 워터마크 시퀀스(1-0)을 리페딩하는 방법으로 임계값보다 크면 0, 그렇지 않으면 1로 워터마크를 추출한다.

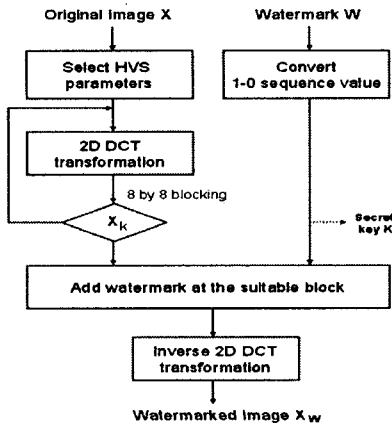


그림 2. Embedding process

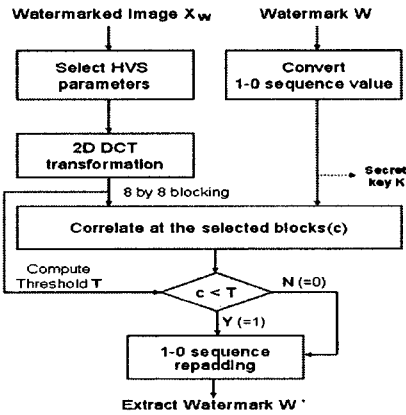


그림 3. Extracting process

4. 실험 및 성능평가

실험에 사용된 영상은 그림 4와 같다.

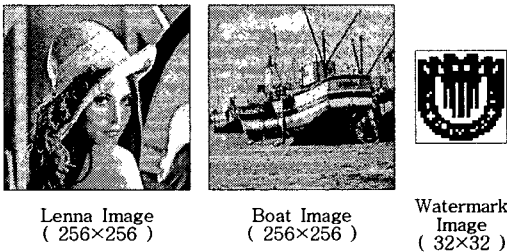


그림 4. 실험에 사용된 원영상과 워터마크

원영상은 256×256 크기의 그레이 레벨 표준 영상인 Lenna, Boat 이미지를 사용하였고, 워터마크(W) 영상은 32×32 크기의 시각적으로 확인이 가능한 이진 로고 영상을 제작하여 사용하였다.

워터마크가 삽입된 영상에서 워터마크 추출여부를 확인하고 PSNR을 통해 비가시성을 평가하였으며, PSNR은 식(7)과 같이 정의한다. 여기서, 분자단은 8비트 화소인 화상의 경우에 원화상의 최대 전력값 255를 갖는 신호를 나타내며, 분모단은 잡음을 표현한 식으로 복호화상(b)과 원화상(a)의 차이를 의미한다.

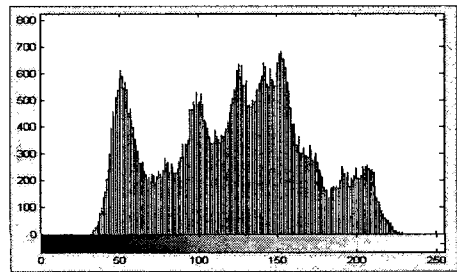
$$PSNR(a, b) = 10 \log_{10}(A/B)[dB] \quad (7)$$

here, $A = 255^2$

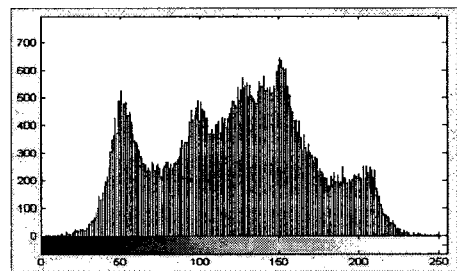
$$B = \frac{1}{N \times M} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{M-1} [a(x, y) - b(x, y)]^2$$

a는 원영상이고, b는 복원된 영상이다. (x,y)는 pixel의 조합을 나타내고 있다.

그림 5는 Lenna 이미지의 명암대비 매개변수로 워터마크가 삽입될 영역을 선정하고, 워터마크 삽입후의 원영상과 워터마킹된 영상의 히스토그램을 보여주고 있다. 그림 5에서 PSNR 값은 32.46[dB]로 히스토그램만을 이용하여 비교했을 때, 영상간에 큰 차이를 느낄 수 없었고, 화소값이 120~150의 수가 조금 증가함을 확인하였다. 이처럼 명암대비, 표준편차 등 실험의 변수로 사용된 모든 경우에서 약간의 화소 변화가 있었지만, 원영상이 아닌 워터마킹된 영상이 최종적인 콘텐츠로서 사용자들에게 배포된다는 점에서 비가시성을 평가하는 파라미터로 의미가 있다.



(a) Original Image



(b) Embedded Image

그림 5. 원영상과 워터마킹된 영상의 히스토그램

강인성에 대한 실험에서는 부분삭제, 잡음첨가 그리고 손실압축(JPEG) 등의 영상 손실 공격을 가장한 일련의 처리를 거친 후, 추출된 워터마크와 본래의 워터마크의 상관관계를 측정하여 강인성을 평가하였다. 식

(6)은 원영상과 추출된 워터마크 영상의 유사도를 나타낸 것이다.

$$Corr. = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2 \sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2}} \quad (8)$$

here, A = 원영상, B = 복원된 영상
 \bar{A} = the mean of the element of a matrix(A)
 \bar{B} = the mean of the element of a matrix(B)

표 1과 그림 6에서 보여주듯이 Lenna 이미지의 경우, 명암대비 파라미터를 사용했을 때, 손실압축, 부분삭제 및 노이즈 첨가 공격에서 성능이 좋았다. 또한 Boat 이미지는 전체적으로 모든 파라미터가 좋은 성능을 보였지만, 표준편차를 이용할 경우 상관관계가 가장 높았다.

표 1. Experimental Results

	Loss 1/4 of image	JPEG Q = 80	JPEG Q = 50	Gauss. noise maea=0 var.=0.01
Contrast	0.972	0.983	0.890	0.975
Texture	0.963	0.978	0.876	0.968
Entropy	0.957	0.944	0.869	0.917
Std.	0.968	0.975	0.884	0.924

(a) Lenna Image

	loss 1/4 of image	JPEG Q = 80	JPEG Q = 50	Gauss. noise maea=0 var.=0.01
Contrast	0.732	0.958	0.894	0.962
Texture	0.966	0.954	0.872	0.948
Entropy	0.970	0.968	0.861	0.908
Std.	0.982	0.978	0.911	0.975

(b) Boat Image



(a) Loss 1/4 of Lenna image & extracted Watermark using Contrast parameter



(b) Add Gauss.Noise(mean=0, var.=0.01) & extracted Watermark using Contrast parameter



(b) JPEG compression(Q=80) & extracted Watermark using Std. parameter

그림 6. Experimental Results

5. 결론

본 연구에서는 원 영상의 시각적 특성을 고려하여 워터마킹을 수행하면 보다 효율적인 워터마킹이 가능함에 착안하여, 인간 시각 시스템과 관련된 파라미터들을 변환영역 기반의 워터마킹 기법에 적용함으로써 영상의 속성에 따른 각 HVS 파라미터의 성능을 비교 분석하였다. 변환 영역기반의 2D-DCT를 수행하여 중간 주파수 계수를 선택하였고, 워터마크를 삽입하였다.

공격유형으로 부분삭제, 잡음첨가(Gaussian) 그리고 손실압축(JPEG) 등의 영상의 손실성 공격을 가장한 실험을 수행하여 상관관계 및 강인성을 평가하였다. 실험 결과, 스무드한 영상은 명암대비 파라미터를 사용했을 때 좋은 성능을 보였으며, 또한 Boat 영상처럼 거칠고 복잡한 경우 표준편차 파라미터를 포함한 전체적으로 모든 파라미터가 좋은 성능을 보였다. 결과적으로 워터마크의 효율성을 위하여 원영상에 워터마크를 삽입할 때 영상의 특징을 분석한 후, 효과적인 HVS 파라미터를 선택할 중요함을 실험적으로 입증하였다.

차후 연구에서는 부분삭제 공격 시 워터마크가 삽입된 부분이 삭제될 경우에 워터마크를 뚜렷하게 추출할 수 없는 경우도 있는 바, 공격유형에 따라 공간기반 및 변환기반 기법을 융합하는 방법도 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] K. Tanaka, Y. Nakamura and K. Matsui, "Embedding Secret Information into a Dithered Multi-level Image," In Proceedings of the 1990, IEEE Military Communications Conference, pp. 216~220, 1990.
- [2] G. Caronni, "Ermitteln unauthorisierter Verteiler von maschinenlesbaren Daten," Technical report, ETZ Zurich, 1993.
- [3] A. Tirkel, et al., "Electronic Water Mark," in Proceedings DICTIA, pp. 666~672, 1993.
- [4] R. B. Wolfgang and E. J. Delp, "A Watermark for Digital Images," Proc. of IEEE Int. Conf. on Image Processing, Vol. 3, pp. 219-222, 1999.

- [5] I.J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, etl. , "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. On Image Processing, Vol. 6, No. 12, pp. 1673-1687, 1997.
- [6] E. Koch and J. Zhao, "Tward Robust and Hidden Image Copyright Labeling," Proc. IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, pp. 425-455, 1995
- [7] D. C. Lou and T. L. Yin, "Adaptive digital watermarking using fuzzy logic techniques," Optical Engineering, Vol. 41, No. 10, Oct., 2002
- [8] W. Huiqin and L. Renhou, "An Encrypted Fuzzy Image-Adaptive Watermarking Algorithm Based on HVS," Chinese Journal of Electronics, Vol. 11, No. 4, Oct, 2002
- [9] Y. H. Kim and H. H. Song , "An Adaptive Digital Watermarking using DWT and FIS", KDSCS, Vol. 5, No 2, Jun., 2004
- [10] 신회종, 박기홍, 김윤희, "퍼지추론과 시각특성 기반의 적응적 워터마킹," 한국 디지털 콘텐츠 학회 논문지, 제 5권 제4호, 2004, 12



박 기 홍

2004. 목원대학교 컴퓨터공학과 학사.
 2004. - 현재 목원대학교 IT공학과 석사과정.
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전



윤 병 민

1982. 충남대학교 전자공학과 학사.
 2002. 목원대학교 컴퓨터교육과 석사
 2003. - 현재 목원대학교 IT공학과 박사과정



김 윤희 호

1983. 청주대학교 전자공학과 학사.
 1986. 경희대학교 전자공학과 석사.
 1992. 청주대학교 전자공학과 박사.

1992.-현재 목원대학교 컴퓨터멀티미디어콘텐츠공학부 교수

IEEE, 대한전자공학회, 한국통신학회, 한국정보기술학회
 정회원 / 한국디지털콘텐츠학회, 한국해양정보통신학회
 종신회원 / 멀티미디어 기술사
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 뉴로퍼지 응용, IT 정책 등