

시각특성 파라미터들의 워터마킹 성능

박기홍, 김윤호, 강희조
목원대학교 대학원 IT 공학부
e-mail : (kihong, yhkim, hjkang)@mokwon.ac.kr

Watermarking Performance of Human Visual Parameters

Ki-hong Park, Yoon-ho Kim and Heau-jo Kang
Div. of Computer Multimedia Contents Eng., Mokwon University

요 약

본 연구에서는 변환기반 워터마킹 기법에 HVS 파라미터들을 접목하여 영상속성에 따른 파라미터의 워터마킹 성능을 분석하고, 원영상의 특성에 최적의 파라미터를 선택하는 기법을 제안하였다. 원영상의 영역별 파라미터의 값들을 계산하기 위하여 변환기반의 2D-DCT 를 수행한 후 워터마크의 삽입 위치를 결정하였다. 워터마크를 삽입시 비밀키로 매트릭스 형태를 취하는 방법을 이용하였고, HVS 특성을 고려하여 워터마크를 삽입한 후, 각 파라미터에 대한 성능을 평가하였다. 스트림 영상 경우, 명암대비 파라미터를 사용했을 때 좋은 성능을 보였고, 거친 영상은 통계적 파라미터를 이용할 때 워터마킹 성능이 우수하였다. 결과적으로, 원영상에 워터마크를 삽입할 때 영상의 특징을 분석한 후, HVS 를 고려하여 파라미터를 선택하는것이 효과적인 워터마킹을 위해 중요함을 실험적으로 입증하였다.

1. 서론

컴퓨터와 인터넷의 발달로 다양한 아날로그 데이터들이 디지털 콘텐츠의 형태로 변하고 있다. 디지털화 된 콘텐츠를 유통하는 상업적인 형태가 일반화 됨에 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 암호화 알고리즘을 이용해 데이터를 암호화 하는 방법이고, 둘째는 방화벽을 구축하여 디지털 자료에 대한 접근에 인증절차를 거치도록 하는 방법이며, 마지막으로 디지털 데이터의 불법적인 유통이나 내용 조작을 막고 소유권을 보장하기 위한 방법인 디지털 워터마킹 기법이 있다.

디지털 콘텐츠의 불법적인 복제를 방지하기 위한 저작권 보호 방법의 하나인 디지털 워터마킹은 1990 년대 초반의 Tanaka[1]과 1993 년 Caronni[2], 그리고 Tirkel[3]이 디지털 이미지에 워터마킹을 도입하면서 이에 대한 연구가 시작되었다 [4][5][6].

현재 디지털 워터마킹은 문서, 이미지, 오디오, 비디오 등 여러 종류의 디지털 데이터에 대한 연구가 이루어지고 있지만, 아직까지 기초적인 단계

이어서 상용화를 위해서는 다양한 접근과 이론적 연구가 필요한 실정이다.

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

2. 시각 파라미터

영상의 주파수특성을 이용하여 워터마크를 삽입하는 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 워터마킹 기법 제안되었다 [7][8][9].

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

고, 정의식은 식(1)과 같다.

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

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

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

Entropy 는 영상의 변화 정보에 대한 기대치로서 정의하며, Entropy E_k 는 DCT 매트릭스의 계수들에 의해서 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 0 일 때는 영역의 계수값 모두가 동일한 크기이고, 표준편차가 클수록 평균에서 떨어진 값이 많이 존재하므로 워터마크가 삽입될 영역이 될 수 있다.

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

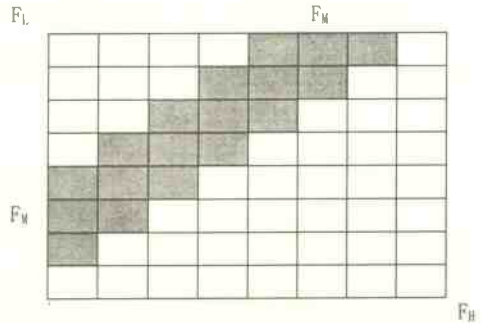
$$Std_k = \sqrt{\left\{ \sum_{x, y=0}^7 (a(x, y) - Avr_k)^2 \right\} / \text{size}(X_k)} \quad (6)$$

3. 워터마크 삽입 추출

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

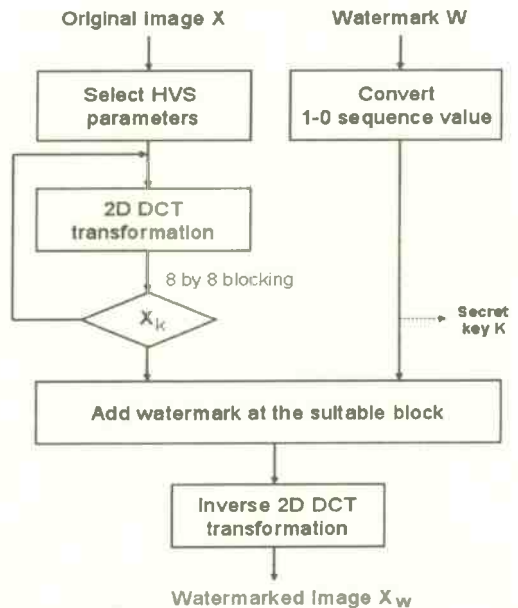
본 연구에서는 DCT 변환 기반을 이용하였고, 영상의 영역별 파라미터 값들을 계산하기 위하여 이미지를 8×8 블록으로 2 차원 DCT 를 수행한 후,

중간 주파수 대역에 워터마크를 삽입하였으며 변환기 기반 기법에서 적절한 중간주파수를 선택하는 것이 또한 중요한 과제이다. 인간의 감지능력이 떨어지는 주파수 영역과 데이터 손실을 고려하여 그림 1 과 같이 미드밴드(F_M : Mid-Band for the Embedding Region)를 정의하였고, 워터마크가 삽입되어질 영역이 된다.



(그림 1) DCT 계수(8×8)의 중간대역 설정

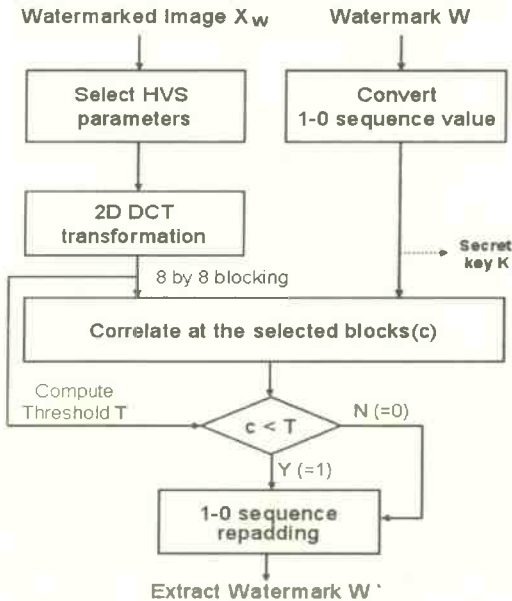
워터마크의 삽입은 크게 두 단계로 이루어져 있다. 먼저, 원영상을 8×8 로 블록화 한 후, HVS 파라미터의 값이 높은 영역들을 선택하여 워터마크가 삽입될 영역을 선택하게 된다



(그림 2) 워터마크 삽입 블록도

두 번째 단계는 워터마크 이미지를 비밀키를 이용하여 원영상의 선택된 영역에 삽입하는 과정으로, 워터마크의 크기에 따라서 워터마크의 삽입영역의 수가 달라진다. 그림 2 는 원영상에 2D DCT 를 수행한 후, 워터마크를 삽입하는 블록도를 나타낸다.

워터마킹된 영상으로부터 워터마크를 추출하는 방법은 워터마크 삽입 순서와 같은 절차를 거치며 그림 3 과같이 비밀키를 이용하여 워터마크 시퀀스 (1-0)을 리패딩하는 방법으로 임계값보다 크면 0, 그렇지 않으면 1로 워터마크를 추출한다.



(그림 3) 워터마크 추출 블록도

전처리 과정으로 변환기반의 DCT 기법을 이용하고, DCT 계수로부터 적절한 중간주파수 대역을 설정하기 위하여 이미 발표한 우리의 퍼지 추론기법을 적용하였으며[9][10], 전체적으로 워터마크를 삽입하고 추출하는 알고리즘은 다음과 같다.

Step 1. Definition:

- DCTc: DCT coefficients
- GDCTc: Group of DCTc
- MVoDCTc: Maximum variance of DCTc
- FIS: Fuzzy inference system
- Wm: Watermark
- SF: Similarity factor for FIS
- SW: Strong watermark
- WW: Weak watermark

/* stage for obtaining DCTc */

Step 2. Preprocessing

100: Perform the 2D DWT

Step 3. while image block is not empty repeat step 4 - step 10.

Step 4. Grouping DCTc into 3-level
Calculating MVoDCTc

Step 5. if MVoDCTc is larger than TH
goto 100

/* stage for fuzzy inference */

Step 6. Repeat step 7 - step 10.

Step 7. for each value of GDCTc applying FIS
given fuzzy association map

/* stage for embedding watermark */

Step 8. Find the defuzzification value.

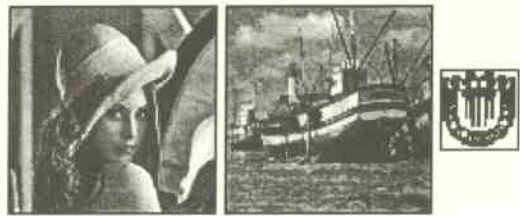
Step 9. Find the SF

Step 10. if SF > then embedding a SW
else WW

Step 11. End of algorithm.

4. 실험 및 성능평가

실험영상은 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 (그림 4).



(a) Lenna

(b) Boat

(c) W

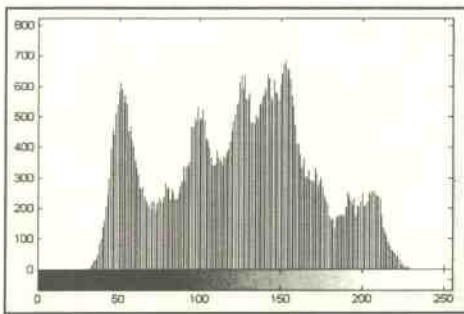
(그림 4) 실험에 사용된 영상

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

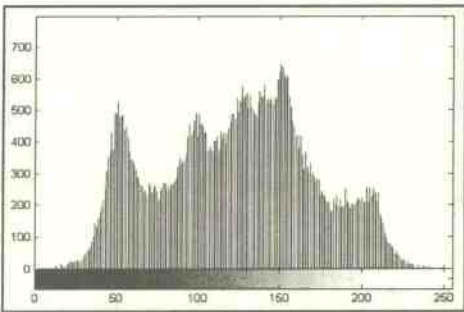
$$PSNR(a, b) = 10 \log_{10} (255^2 / G) [db] \quad (7)$$

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

그림 5 는 Lenna 이미지의 명암대비 매개변수로 워터마크가 삽입될 영역을 선정하고, 워터마크 삽입후의 원영상과 워터마킹된 영상의 히스토그램을 보여주고 있다. 그림 5 에서 PSNR 값은 32.46[db] 로 히스토그램만을 이용하여 비교했을 때, 영상간에 큰 차이를 느낄 수 없었고, 화소값이 120~150 의 수가 조금 증가함을 확인 하였다. 이처럼 텍스처, 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) Watermarked Image

(그림 5) 원영상과 워터마킹된 영상의 히스토그램

식(8)은 원영상과 워터마크 영상의 상관도를 나타낸 것으로 강인성 성능평가의 척도로 사용된다.

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

본 논문에서 강인성에 대한 실험에서는 부분삭제, 잡음첨가(Gauss.) 그리고 손실압축(JPEG) 등의 영상 손실 공격을 가장한 일련의 처리를 거친 후, 추출된 워터마크와 본래의 워터마크의 상관관계를 측정하여 강인성을 평가하였다. 표 1 과 그림 6 에서 보여주듯이 Lena 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] Lena 영상에 대한 HVS 파라미터 실험결과

Attack	Lenna Image			
	Loss 1/4 of image	JPEG Q = 80	JPEG Q = 50	Gauss. noise
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) 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



(c) JPEG compression(Q=50) & extracted watermark using contrast parameter

(그림 6) Lena 영상의 실험결과

[표 2] Boat 영상에 대한 HVS 파라미터 실험결과

Attack	Boat Image			
	Loss 1/4 of image	JPEG Q = 80	JPEG Q = 50	Gauss. noise
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



(a) Loss 1/4 of Boat image & extracted watermark using Std. parameter



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



(c) JPEG compression(Q=50) & extracted watermark using Std. parameter

(그림 6) Boat 영상의 실험 결과

5. 결론

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 DCT 를 수행하여 중간 주파수 계수를 선택하였고, 이 과정에서 퍼지추론 알고리즘을 적용하였다.

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

참고문헌

[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", KDCS, Vol. 5, No 2, Jun., 2004
 [10] 신희중, 박기홍, 김운호, "퍼지추론과 시각특성기반의 적응적 워터마킹," 한국 디지털 콘텐츠학회 논문지, 제 5권 제4호, 2004, 12

저자소개

박기홍



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

김운호



1983 년 청주대학교 전자공학과 학사
 1986 년 경희대학교 전자공학과 석사
 1992 년 청주대학교 전자공학과

박사

1992 년 - 현재 목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 교수
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 뉴로퍼지 응용, IT 정책 등



강희조

1994 년 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과 박사

1968 년 - 1997 년 오사카대학교 통신공학부 객원교수

1990 년 - 2003 년 동신대학교 전자정보통신공학부 교수

2003 년 - 현재 목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 조교수

관심분야 : 멀티미디어통신, 텔레메틱스, 유비쿼터스, 무선통신, 가시광통신 및 위성통신, 디지털컨텐츠, RFID 등