HVS 특성 및 주파수 공간 특성을 이용한 강인한 워터마킹

김윤호* · 박기홍*

*목원대학교 IT 공학부

Robust Watermarking based on HVS statistics and Frequency domain

Yoon-ho Kim* · Ki-hong Park*

*Div. of Computer Multimedia Eng., Mokwon University

E-mail : yhkim@mokwon.ac.kr

요 약

본 논문에서는 디지털 멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위하여 웨이블릿 기반 인간 시각 시스템과 주파수 계수의 공간적 특성을 이용한 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 원영상을 1-Level 분해하여 HL1영역과 LH1영역을 4×4 영역으로 블록화하고 각 블록의 엔트로피와 텍스쳐 값이 가장 좋은 영역을 찾는다. 워터마크가 삽입될 영역은 상위 레벨 계수들의 상관도 특성에 따라서 3-Level 영역에 워터마크를 삽입하였다. 성능평가로 JPEG 압축, 필터링 등 워터마크된 영상에 외부공격을 가하여 워터마크 추출여부를 확인하였고, 실험결과 제안한 알고리즘은 JPEG 압축 50% 이상에서 90%이상의 상관도를 보였고, 샤프닝, 필터링 및 부분삭제 영상변형에 강인함을 보였다.

키 워 드

HVS, DWT, Entropy, Texture

I. 서 론

컴퓨터 네트워크와 멀티미디어 관련 기술이 급격하게 발전함에 따라서 디지털화 된 매체인 음성이나 정지영상 및 동영상등과 같은 멀티미디어 컨텐츠 대한 수요가 급격하게 증가하고 있다. 또한 디지털화 된 데이터는 편집, 전송 및 저장이 용이하고 누구나 손쉽게 인터넷을 통하여 얻을 수 있고, 데이터가 항구적이며 값싸고, 검색에 있어 편리한 장점들을 가지는 반면, 복제된 데이터가 원본과 동일하기 때문에 불법적으로 복제된 복사본들이 원본의 가치를 떨어뜨리고 지적 재산권을 침해할 수 도 있다. 디지털로 저장, 전송되는 비중이 커지면서 디지털 신호에 대한 저작권의 보호는 중요한 문제로 제기되고 있으며 이를 위한 효율적인 방법이 요구되고 있다 [1][2].

이러한 문제점을 극복하기 위한 방안으로 컨텐츠에 저작권을 가진 소유자가 원하는 정보를 삽입하는 디지털 워터마킹 기술이 있다. 디지털 워터마킹은 디지털 데이터에 특정한 정보를 담고있는 워터마크를 사용자가 인식할 수 없도록 삽입하는 것을 말하며 삽입된 정보를 이용하여 디지털 데이터의 소유권을 보호한다 [3]. 그러나 디지털 워터마킹 기술에 대한 연구는 아직도 기초적인 단계로 많은 연구가 필요하다.

본 논문에서는 인간의 시각 시스템에 잘 부합하면서 영상의 특성에 따른 적응적인 워터마크가 되도록 하여 워터마크 삽입 후 영상의 손상을 최대한 줄이기 위하여 워터마크의 삽입 영역을 결정한다. 워터마크의 삽입영역은 원영상을 2D DWT를 취한 후, 고주파 대역에서의 영상의 손상이 덜 민감하다는 인간의 시각특성을 이용하기 위하여 엔트로피의 값과, 텍스쳐 분포특성을 계산하여 워터마크를 삽입한다. 본 논문에서는 그레이레벨 256×256 원영상과 32×32 워터마크 이미지를 사용하여 실험하였고, 논문의 구성은 다음과 같다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이산 웨이블릿 변환과 주파수 계수의 공간적 특성에 대해서 살펴보고, 3장에서는 제안된 워터마킹 방법에 대해서 설명한다. 4장에서는 실험 및 성능평가를 하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 이산 웨이블릿 변환과 주파수 계수의 공간적 특성

MPEG 및 JPEG 등의 영상압축을 위한 기저 주파수 영역 변환 알고리즘 DCT는 영상을 블록 단위로 처리하기 때문에 압축률이 높아짐에 따라서 블록화 현상을 발생시키고 영상의 질을 떨어뜨린다. DCT가 8×8 화소단위로 변환하는 반면, DWT는 주어진 영상 전체를 대상으로 주파수 변환을 수행함으로써 블록효과를 제거할 수 있을 뿐 아니라 영상처리에 있어서 공간영역정보와 주파수영역정보를 모두 사용할 수 있어 더욱 효과적인 처리가 가능하

다. 인간의 시각 구조는 다중해상도 특성을 지니고 있으며 영상처리에서 이와 유사한 특성을 지니고 있는 것이 바로 이산 웨이블릿 변환(2D-DWT)이다. 웨이블릿 변환은 모함수라 불리는 원형의 웨이블릿의 수축과 팽창에 의해 얻어지는 웨이블릿들의 집합에 의해 구성되고, 푸리에 변환이나 DCT에는 없는 공간에 대한 지역적인 특성을 가지고 있어서 주파수 영역에서 전체적인 특징뿐만 아니라 지역적인 특징까지도 분석이 가능하다. DWT 수행 방법은 식(1)과 식(2)에 나타낸 것과 같이 저대역-통과 필터($h(n)$)와 고대역-통과 필터($g(n)$)를 이용하여 영상을 고주파성분과 저주파성분으로 각각 필터링한다.

$$y_{low} = \sum_{N=0}^{N-1} x(2k-n)h(n) \quad (1)$$

$$y_{hign} = \sum_{N=0}^{N-1} x(2k-n)g(n) \quad (2)$$

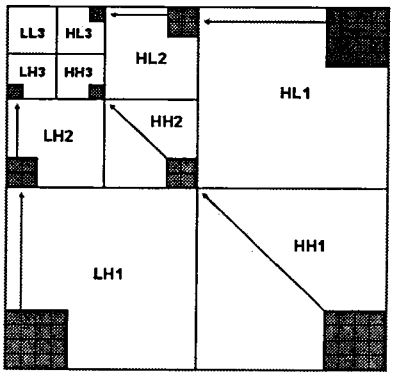


그림 1 상관도에 따른 트리구조

그림 1은 3-Level DWT 계수들에 대한 상관도, 부대역간 계수들의 트리구조를 나타낸다. 각 부대역에서 트리의 하위레벨 계수값의 상대적인 크기는 상위레벨 계수 값에서도 98% 정도의 확률을 갖고 그대로 유지한다. 즉, 1-Level 부대역의 에너지 크기는 동일 위치 특성을 갖는 상위 레벨의 부대역의 에너지 값과 일정한 관계를 갖는다 [4].

III. 제안된 워터마킹 방법

본 논문에서 제안하는 워터마킹 방법은 원영상을 웨이블릿 3-Level 분해한 후, 주파수 계수의 공간적 특성을 적용하여 워터마크를 삽입한다. 워터마크의 삽입 영역은 영상의 HVS 특성에 맞게 워터마크의 강인성과 화질의 질 모두를 만족할 수 있도록 하였다. 즉, 원영상을 1-Level 분해하여 HL1영역과 LH1영역을 4 by 4 영역으로 블록킹하여 HVS 특성 파라미터를 계산하고 워터마크를 삽입할 가장 적당한 영역을 결정한다. 선택된 영역은 상위 레벨 계수 영역(3-Level)과 지역적 상관도와 상대적인 크기가 같으므로 3-Level 영역에 워터마크를 삽입하였다. 그림 2와 3은 원영상(X)에 워터마크(W)를 삽입하는 과정과 추출하는 과정을 보여주고 있다. 워터마크 추출 시 비밀키를 적용하여 임계값보다 크면 0, 그렇지 않으면 1로 워터마크를 추출한다.

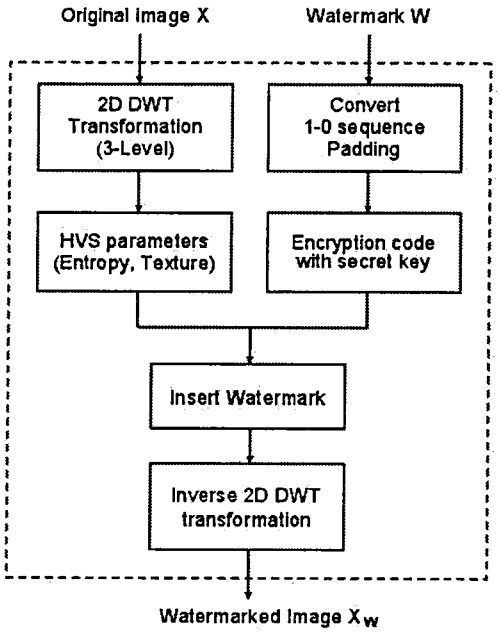


그림 2. 워터마크 삽입 블럭도

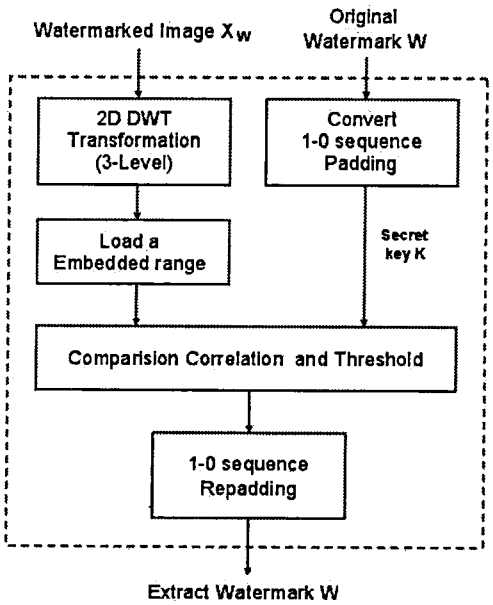


그림 3. 워터마크 추출 블럭도

HVS 모델에서 디지털 워터마킹 기술을 위한 중요 파라미터로 명암대비, 텍스쳐, 엔트로피 및 주파수 감도 등이 있으며 이 파라미터를 이용하면 효과적인 워터마크 삽입 영역을 설정할 수 있다 [5].

본 논문에서는 HVS 기반 파라미터로 텍스쳐와 엔트로피를 이용하여 가장 적당한 워터마크 삽입 영역을 결정한다.

식 (3)에서 텍스쳐 T_k는 원영상의 1-Level DWT 계수에 의해 계산되어지고, 그 결과는 가장 가까운 정수로 표현된다. $X_k(x,y)$은 DWT계수의 k번째 블록을 나타내고, (x,y)은 위치를 의미한다.

$$T_k = round[X_k(x,y)/Q(x,y)] \quad (3)$$

엔트로피는 영상의 변화 정보에 대한 기대치라고 말하고, 식 (4)와 같이 표현된다.

$$E_k = \sum_{x,y=0}^{3} p_k(x,y) \log \frac{1}{p_k(x,y)} \quad (4)$$

$$p(E_k) = \frac{X_k(x,y)}{\sum_{x,y=0}^{3} X_k(x,y)} \quad (5)$$

Ⅳ. 실험 및 성능평가

1. 실험 및 고찰

실험영상은 256×256 크기의 그레이 레벨 표준영상인 Barboon 이미지와 삽입할 워터마크 정보는 32×32 크기의 시각적으로 확인이 가능한 이진 로고영상을 사용하였다. 제안된 방법의 성능 평가는 워터마크된 영상에 JPEG 압축, 클리핑, 필터링 등 외부공격을 가한 후 워터마크를 추출하여 원래의 워터마크와의 상관관계를 측정하였다.

압축률은 부호화한 후의 데이터 양으로부터 쉽게 구해지지만, 복호화상의 화질 판정은 쉽지 않다. 최종적으로 사람이 판단해야 하지만, 객관적인 평가척도로서 S/N비가 자주 사용된다. 식 (6)은 PSNR의 정의식으로 분자 단은 8비트 화소인 화상의 경우에 원화상의 최대 전력값 255를 갖는 신호를 나타낸다. 분모 단은 잡음을 표현한 식으로 복호 화상과 원화상의 차이를 이용한다 [6].

$$PSNR(a,b) = 10 \log_{10}(255^2/K)[dB] \quad (6)$$

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

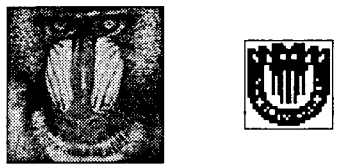
a는 원영상이고, b는 복원된 영상이다. (x, y)는 pixel의 조합을 나타내고 있다. 또한 식(7)은 원영상과 추출된 워터마크 영상의 상관도를 나타낸 것이다.

$$Corr. = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \overline{A})(B_{mn} - \overline{B})}{\sqrt{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \overline{A})^2 \sum_m \sum_n (B_{mn} - \overline{B})^2}} \quad (7)$$

여기서, A = 원영상, B = 복원된 영상

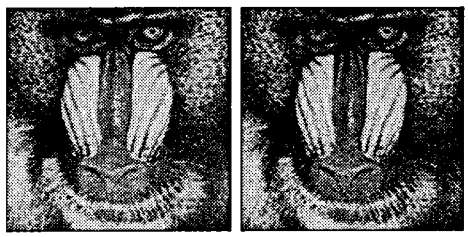
$\overline{A}$ = A의 평균값, $\overline{B}$ = B의 평균값

그림 4와 그림 5는 실험에 사용된 원영상과 워터마크, 워터마크가 삽입된 영상이다. 원영상과 워터마크가 삽입된 영상간의 화질 저하는 인간의 시각에 의한 주관적 판단과 상관관계를 구하여 판단하였다. 워터마크를 삽입하였을 때, 33.37[dB]로 99%의 상관관계를 나타냈다.



Original Image　　Watermark

그림 4. 원영상과 워터마크



원영상　　워터마킹된 영상

그림 5. 원영상과 워터마킹된 영상

2. 성능 평가

본 논문에서 강인성에 대한 실험에서는 샤프닝, 필터링, 부분삭제 그리고 JPEG 압축등의 영상처리를 거친 다음 PSNR과 상관관계를 측정하여 평가하였다. 표 2와 표 3에서 보여주듯이 JPEG 압축 50%까지 상관관계가 90% 이상으로 뚜렷하게 추출할 수 있었고, 필터링과 부분삭제에서도 성능이 좋았다.

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 HVS 시스템기반 다중해상도 특성을 이용한 워터마킹 방법을 제안하였다. 전처리 과정은 푸리에 변환이나 DCT에는 없는 공간에 대한 지역적인 특성을 가지고 있는 DWT를 이용하여 3-Level까지 분해한다. 원영상을 1-Level 분해하여 HL1영역과 LH1영역을 4 by 4 영역으로 블록화하고 각 블록의 엔트로피와 텍스쳐를 계산하여 가장 큰 영역을 워터마크 삽입영역으로 선택한다. 워터마크가 삽입될 영역은 원영상의 상위 레벨 계수들의 상관도 특성에 따라서 3-Level 영역에 워터마크를 삽입하다. 성능평가로 JPEG 압축, 필터링 등, 워터마크된 영상에 외부공격을 가하여 워터마크 추출여부를 확인하였다. 실험결과 제안한 알고리즘은 JPEG 압축 50% 이상에서 90%이상의 상관도를 보였고, 샤프닝, 필터링 및 부분삭

제 영상변형에 강인함을 보였다. 차후 연구에서는 RGB 칼라 모델에서 채널간의 특성과 HVS 기반 워터마킹 방법에 대해서 연구하겠다.

Ⅵ. 참고문헌

[1] 박기홍, 송학현, 김윤호, "압축에 강한 EX-or 코드기반 이진 워터마킹", 정보기술학회 논문지 제2권 제2호, 2004년 8월.

[2] 송학현, 김윤호, "An Adaptive Digital Watermarking using DWT and FIS", 디지털콘텐츠학회 논문지 제5권 제2호, 2004년 6월.

[3] M. D. Swanson, B. Zhu, and A. Tewfik, "Robust Image Watermarking Using Perceptual Masking", IEEE Int. Conf. on Image Processing, Oct, 1996.

[4] S.K. Peak and L.S. Kim, "A Real-Time Wavelet Vector Quantization Algorithm and Its VLSI Architecture:, IEEE Trans. on Circuit and System for Video Technology, Vol. 10, No. 3, April 2000.

[5] D. C. Lou and T.L. Yin, "Adaptive digital watermarking using Fuzzy logic techinques", Optical Engineering, Vol. 41, No. 10, Oct. 2002.

[6] King N. Ngan, Chi W. Yap, and Keng T. Tan, "Video Coding for Wireless Communication Systems", Marcel Dekker, 2001.

표 2 JPEG압축에 대한 강인성 실험결과

평가 / JPEG	추출된 워터마크	PSNR[dB]	Corr.(%)
No Attack		33.47	99
10 %		32.14	99
20 %		31.42	98
30 %		30.47	98
40 %		28.64	96
50 %		26.72	93

표 3 공격유형에 대한 강인성 실험결과

평가 / 공격유형	추출된 워터마크	PSNR[dB]	Corr.(%)
No Attack		33.47	99
샤프닝		27.84	95
고주파 필터		22.17	89
저주파 필터		22.07	88
좌상단 1/4 삭제		29.65	97
내각 1/5삭제		30.12	98