

PIM(Picture information measure)을 이용한 wavelet기반 워터마킹 기법

김 윤 평, 김 영 준, 이 동 규, 한 수 영, 이 두 수
한양대학교 전자전파공학과
전화 : 02-2290-0358 / 핸드폰 : 011-9928-7679

Wavelet Based Watermarking Technique Using PIM(Picture information measure)

Yun Pyoung Kim, Young Jun Kim, Dong Gyu Lee, Soo Young Han, Doo Soo Lee
Dept. of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University
E-mail : jackoat@korca.com

Abstract

In this paper, a novel watermarking technique is proposed to authenticate the owner-ship of copyright for the digital contents. Using the 2-level DWT(Discrete Wavelet Transform) we divide a specific frequency band into detailed blocks and apply PIM(picture information measure). After the complexity is calculated, the watermark is embedded in only on high complexity areas. Conventional watermarking technique damages to the original image, because it does not consider the feature of the whole area or a specific frequency band. Easily affected by noise and compression, it is difficult to extract the watermark. However, the proposed watermarking technique, considering the complexity of input image, does not damage to the original image. Simulation result show that the proposed technique has the robustness of JPEG compression, noise, and filtering such as a general signal processing.

I. 서론

최근 컴퓨터 네트워크의 급속한 확장과 진보된 멀티

미디어 기술의 발전으로 인해 디지털 콘텐츠(Digital Contents)의 불법적인 복사와 위조가 가능하게 되었다. 디지털 콘텐츠는 특성상 복사본의 질이 원본과 같으며, 편집과 재생의 과정이 매우 쉽고, 빠르고 간단하다. 이러한 특성으로 인해 저작자의 소유권 보호와 인증에 대한 문제가 중요성을 더해가고 있다. 그 방법 중의 하나로 디지털 워터마킹(Digital Watermarking) 기법이 제안되었다. 디지털 워터마킹이란 저작권(Copyright)이나 인증(Authentication) 정보를 키(Key)를 이용하여 디지털 콘텐츠에 삽입되는 것으로 삽입된 정보를 워터마크라 한다[1].

워터마킹은 워터마크의 삽입 및 검출과정의 적용 영역에 따라 공간 영역(Spatial Domain)과 주파수 영역(Frequency Domain)의 두 분야로 구분되어진다. 공간 영역에서의 워터마킹 방법은 영상을 구성하는 픽셀 값을 직접 변경하여 워터마크를 삽입하는 방법으로 알고리즘이 비교적 단순하고 계산속도가 빠르다는 장점이 있지만, JPEG나 MPEG, 필터링(Filtering)등과 같은 영상 압축이나 일반적인 영상 처리[2]에 워터마크가 강인하지 못한 단점을 가지고 있다. 반면, 주파수 영역의 워터마킹 방법은 영상을 FFT(Fast-Fourier Transform)나 DCT(Discrete Cosine Transform), 또는 DWT(Discrete Wavelet Transform) 등을 이용해 주파수 영역으로 변환하여 적당한 주파수 대역에 워터마크를 삽입하는 방법이다. 이러한 방법은 잡음이나 압축에 강인한 장점이 있지만, 알고리즘이 복잡하고 계산량이 많다는 단점을 가지고 있다.

이러한 디지털 워터마킹이 효과적으로 작용하기 위해서는 다음과 같은 요건들이 만족을 해야 한다[1][3]. 첫 번째로 알아보기가 어려워야 한다(Difficult to notice). 워터마킹이 된 원래의 데이터를 손실 압축했을 때 워터마크와, 원본 데이터의 품질이 그대로 유지가 되어야 한다. 두 번째로 시그널(Signal)의 일반적인 일그러짐에 대해 견고함이 유지돼야 한다(Robustness). 이미지의 선명도를 높인다거나, 색상의 일부를 바꾼다거나 또는 일반적인 영상처리를 할 때 데이터 안에 있는 워터마크가 깨지지 않고 유지되어야 한다. 세 번째로 워터마크를 없애기 위한 불법적 시도에 대처할 수 있어야 한다(Temper-resistance). 네 번째로 워터마킹 된 신호로부터 합법적으로 추출된 워터마크는 신뢰 할 수 있어야 한다(Unambiguousness).

본 논문에서는 정지영상의 소유권 인증을 위해 PIM(Picture Information Measure)을 이용한 DWT기반의 워터마킹 기법을 다루고 있다.

입력 영상을 2-Level DWT를 이용한 후 특정 선택 주파수 영역에 8×8 크기의 세부 블록(block)으로 나누는 다음 블록 단위로 PIM을 적용, 복잡도를 계산하고 임계값(Threshold)이상의 복잡한 영역에 대해서만 워터마크를 삽입하는 방법을 구현하였다. 기존의 방법은 전체 영역 또는 선택 주파수 영역의 특징을 고려하지 않고 워터마크를 삽입하였기 때문에 영상의 왜곡이 심하다. 또한 잡음이나 압축 등에 약하기 때문에 워터마크를 추출하기가 용이 하지 않다. 그러나 제안된 방법은 영상의 중요도를 이용하여 워터마크를 삽입함으로써 원본의 화질에 손상을 입히지 않으며, 영상의 특징을 고려하기 때문에 JPEG 압축, 잡음, 필터링 과 같은 일반적인 신호처리에 강인한 특성을 보여준다.

II. 워터마크 삽입 및 추출

워터마크의 삽입은 우선 256×256 원본 영상을 2-level DWT를 수행하여 7개의 대역으로 분해한다. 분해 된 대역 중에 HL₂ 대역에 대해서만 8×8 크기의 세부 블록으로 나눈다. 영상을 8×8로 나누는 이유는 영상 압축의 표준인 JPEG(joint picture expert group)과 MPEG(moving picture expert group)에서 사용되는 방법으로 영상의 압축에서도 강인한 워터마킹 성질을 나타내기 위해서이다. 또한 경험적으로 가장 최적화된 PIM을 구하는데 그 이유가 있다. 각각 8×8로 나누어진 영역을 PIM을 적용하여 영상의 복잡도를 계산한다. PIM은 Shi-Kuo Chang이 제안한 영상의 복잡도를 표현하는 한 가지 방법이다[4][5]. PIM은 아래 식 (1)과 같이 정의된다.

$$PIM(f) = \sum_{i=0}^{L-1} h(i) - Max_i[h(i)] \quad (1)$$

$f(=f(x, y))$: PIM을 계산 하고자 하는 원래 영상(또는 블록)

i : 영상의 밝기(gray level) 값, $0 \leq i \leq L - 1$

L : 양자화 단계 수(또는 gray level 단계)

$h(i)$: gray level이 i 인 pixel의 빈도수

PIM은 전체 픽셀(pixel) 수와 히스토그램의 최대 값의 개수와와의 차이로 정의 할 수 있다. 예를 들어 $PIM(f)=0$ 이면 영상은 한 가지 밝기 값만 갖는다. 즉 단순한 영상이라 할 수 있다. 그와 반대로 여러 가지 밝기 값이 존재하여 상대적으로 작은 $Max_i[h(i)]$ 값을 가지면 $PIM(f)$ 가 매우 큰 값을 가지게 되는데 이러한 영상을 복잡한 영상이라고 정의하고 있다.

위에서 구한 $PIM(f)$ 값들을 크기 순서대로 정렬(sorting) 한 후 그 정렬된 값의 중간(median) 값을 구하여, 그 중간 값보다 큰 값을 복잡한 영역의 임계값으로 사용한다. 아래 그림. 3 은 DWT된 HL₂ 에 대해 PIM을 적용하여 임계값보다 큰 영역만을 표시하고 나머지 임계값보다 낮은 영역, 즉 워터마크가 삽입되지 않는 영역은 흰색으로 처리한 그림이다. 본 논문에서는 임계값보다 큰 영역에 대해서만 워터마크를 삽입한다.



그림 1. 원 영상(Original Image)

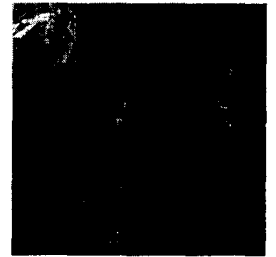


그림 2. DWT 한 영상

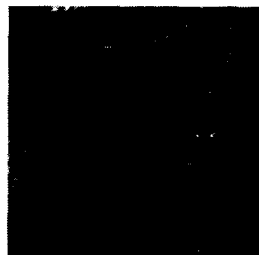


그림 3. DWT된 HL₂ 영역

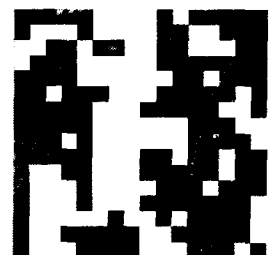


그림 4. PIM 으로 선택된 영역

워터마크를 삽입하는 방법은 매우 다양하다. 본 논문에서 워터마크를 삽입하는 방법은 아래 식 (2) 와 같이 표현 된다.

$$t'_{(i,j)} = t_{(i,j)} + \alpha x_{(i+j+h \times 1000)} \quad (2)$$

i 는 원래 영상의 계수 값, t' 는 워터마크가 삽입된 영상의 계수 값이며, α 는 사용자 정의의 임의의 상수이고, i 와 j 는 전체 영상에 대한 픽셀(Pixel)의 위치이며, h 는 영상내의 세부 블록의 번호이다. 즉 HL₂ 영역은 128×128 의 크기이므로, 블록의 번호는 가장 상위 왼쪽의 블록을 1, 오른쪽과 아래로 갈수록 번호가 1씩 늘어나게 되어 가장 오른쪽 아래 블록의 번호는 256이 된다. 그리고 x 는 길이가 M인 의사 난수 수열(Pseudo-random sequence)중에서 $(i+j+h \times 1000)$ 번째의 수를 선택하여 워터마크 정보로 사용한다.

워터마크의 추출은 식 (3)과 같이 DWT된 원 영상의 HL₂ 영역과 워터마크가 삽입된 영상을 DWT한 후 HL₂ 영역의 계수 값의 차이와 키 값을 이용함으로써 이루어진다.

$$x'_{(i+j+h \times 1000)} = \frac{t'_{(i,j)} - t_{(i,j)}}{\alpha} \quad (3)$$

III. 강인성(Robustness) 실험

본 논문의 제안된 기법의 강인성을 평가하기 위하여 선형위상 9/7 웨이블릿(Wavelet) 필터를 사용하였다. 원 영상은 512×512 크기의 'barbara' 회색영상(gray-level)를 사용하였으며, α 값은 사용자 정의로 10을 삽입하였고, 워터마크 삽입 시 화질에 대한 객관적인 평가 방법으로 원영상과 워터마크된 영상의 PSNR(Peak-to-peak Signal-to-noise ratio)를 사용하였다, 또한 원본 워터마크와 추출된 워터마크의 유사도 측정을 위해 상관도(correlation)를 사용하였다. 워터마크된 영상에 각각 JPEG 90% 압축, $\sigma=4$ 의 16×16 크기의 lowpass 필터링(Filtering), $\sigma=0.05$ 의 가우시안 잡음인가(Additive Gaussian Noise : ADWGN), 9×9 미디언(median) 필터링등과 같은 심한 변조를 한 후, 워터마크를 추출, 원본 워터마크와 변조후의 추출된 워터마크의 상관도를 비교하였다. 또한 워터마크를 삽입한 영상에 위의 변조를 한 후 서로 다른 워터마크 50개 표본을 얻은 다음 원본 워터마크와 상관도를 측정하였다. 그림에서 10번째 워터마크(삽입된 워터마크)만

큰 값의 상관도를 보여주고 있다.

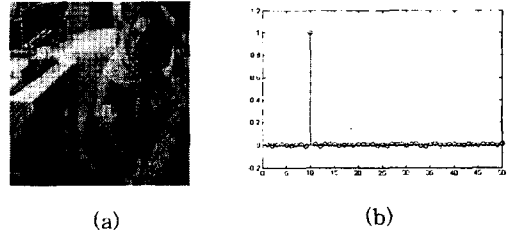


그림 5. (a) 워터마크를 삽입한 후 IDWT한 영상 (PSNR = 48.23db) (correlation = 1.000) (b) 워터마크 상관도

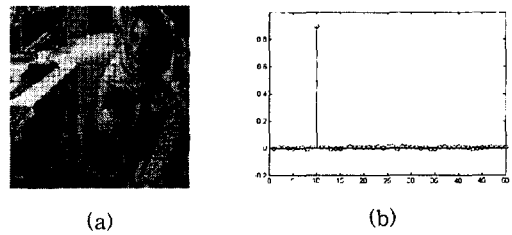


그림 6. (a) 워터마크가 삽입된 영상에 JPEG 90% 압축한 영상 (PSNR = 25.68db) (correlation = 0.8966) (b) 워터마크 상관도

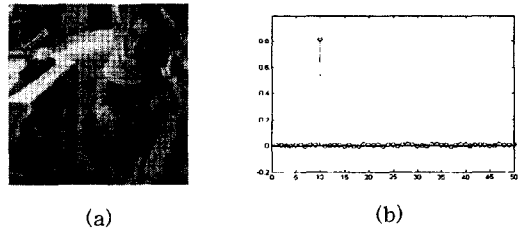


그림 7. (a) 워터마크가 삽입된 영상에 8×8 median 필터를 한 영상 (PSNR = 22.99db) (correlation = 0.8145) (b) 워터마크 상관도

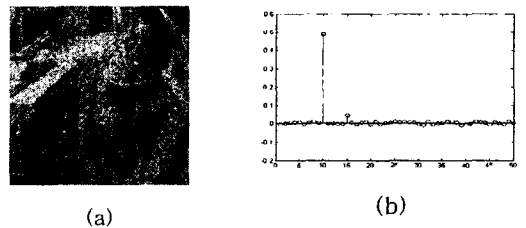


그림 8. (a) 워터마크가 삽입된 영상에 $\sigma=0.05$ 의 gaussian 잡음인가를 한 영상 (PSNR= 13.78db) (correlation = 0.4890) (b) 워터마크 상관도

참고문헌(또는 Reference)

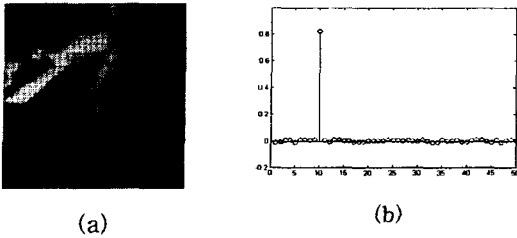


그림 9. (a)워터마크가 삽입된 영상에 $\sigma=4$, 16×16 Gaussian lowpass 필터를 한 영상 (PSNR = 21.46db) (correlation = 0.8234) (b) 워터마크 상관도

IV. 결론

본 논문에서는 영상의 중요한 부분을 선택하여 그 영역에만 워터마크 정보를 삽입하는 새로운 워터마킹 방법을 제안하였다. 제안한 방법은 입력 영상을 DWT를 이용하여 2-level로 분해한다. 최저 주파수 영역의 정보는 손실 부호 등에 의하여 쉽게 제거 및 변형되기 때문에, 최저 주파수 대역을 제외하고, 중간 레벨인 HL_2 영역에 워터마크를 삽입하였다. 우선 HL_2 영역을 8×8 블록으로 나눈 후, 각각의 블록에 PIM방법을 적용하여 복잡도를 계산한다. 각 블록들의 복잡도를 크기순서 대로 정렬한 후 평균값을 임계값으로 설정, 임계값보다 큰 영역에만 DWT 계수에 사용자가 원하는 워터마크를 삽입한다. 이러한 방법을 통해 삽입된 워터마크는 원본 워터마크와 추출된 워터마크와의 상관관계를 통하여 소유권을 증명할 수 있다.

제안한 방법은 기존의 방법보다 원본 영상의 화질에 열화를 주지 않으며 워터마크를 삽입할 수 있다. 이는 인간의 시각 특성상 복잡한 영역에 대해서는 영상의 변화에 둔감하기 때문이다. 또한 영상을 블록으로 나누어 처리하기 때문에 JPEG나 MPEG과 같은 표준 영상 압축 방법에도 매우 강인함을 보인다. 그리고 일반적인 신호처리인 영상의 압축, 가우시안 잡음, 필터링 등에도 강인함을 보이고 있다.

제안된 기법은 소유권 인증을 중요시 생각하는 문서나, 콘텐츠에 폭 넓게 쓰일 수 있을 것으로 기대되며 향후 연구 과제로는 회전(Rotation) 및 크기 변환(Scaling or Cropping)과 같은 기하학적인 변형에도 워터마크를 추출해 낼 수 있는 기법에 관한 연구가 필요하다.

[1] S. Katzenbeisser and F. A. P. Petitcolas, *Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking*, Artech House.

[2] I. J. Cox, M. L. Miller, and J. A. Bloom, *Digital Watermarking*, Morgan Kaufmann Publishers.

[3] I. J. Cox, J. Kilian, F. T. Leighton and T. Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," *IEEE Trans. on Image Proc.*, Vol. 6, pp. 1673-1687, Dec 1997.

[4] Shi-Kuo Chang, *Principles of Pictorial Information Systems Design*, Prentice Hall, pp. 520-523, 1997.

[5] Tae-Hee Kim and Dong-Seok Joeng, "Image indexing method using entropy measure with multilevel-multiresolution approach," *SPIE, Storage and Retrieval Image and Video Database VI*, vol. 3312, pp. 383-391, 1998.