

웨이블릿 변환과 PN코드를 이용한 디지털 워터마킹

배성범, 이상민, 최귀열*, 이광형
승실대학교 정보통신전자공학부, 재능대학 정보통신과*

Digital Watermarking using the Wavelet Transform and PN Code

Sung-Bum Bae, Sang-Min Lee, Gwi-Yeol Choi*, Kwang-Hyung Lee
Dept. of Electronic Engineering, Soongsil University
Dept. of Information & Communication, Jaeneung College*
E-mail: iridium@dsp.soongsil.ac.kr

요약

디지털 워터마킹이란 디지털 데이터에 인간이 감지할 수 없도록 특정정보를 삽입하는 기술이다. 본 논문에서는 웨이블릿 3레벨을 이용하여 각 부대역에 디지털 영상 내부에 시각적으로 인식 가능한 심벌(마크, 심벌, 인장 또는 사인)을 삽입한다. 다중 문턱값을 이용하여 시각적으로 중요한 웨이블릿 계수를 선택하여 각 부대역별 웨이블릿 계수에 가중치를 달리 결정하여 삽입하고 PN코드를 이용한 디지털 워터마킹을 제안하였다. 제안한 워터마킹 방법은 실험을 통해 워터마크의 비가시성, 다양한 공격에 대하여 우수한 강인성을 확인하였다.

1. 서론

최근 몇 년 동안 디지털 멀티미디어 데이터는 네트워크의 발달과 보급을 통해 쉽게 전송이 가능하다는 이유 때문에 폭발적인 수요를 보이고 있다. 멀티미디어 표현물의 상업적 가치가 증가되고 있으며 각종 멀티미디어 데이터들이 네트워크와 인터넷을 통해서 분배, 복제되고 있는 실정이다. 디지털 데이터의 불법복제 및 변조 등에 대한 문제의 발생과 함께 이를 해결하기 위한 연구의 필요성이 발생하게 되었으며, 이러한 문제를 해결하기 위해 최근에 디지털 데이터 내부에 정보를 은

닉하여 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호 할 수 있는 연구가 활발히 진행되고 있다.

워터마크는 크게 두 가지의 특징, 즉 워터마크가 삽입 됐을 때 눈에 보이지 않아야 한다는 것과 여러 영상 처리에 강인해야 한다는 특징을 지녀야 한다. 위 두 특성을 가지기 위한 워터마크에 대한 연구는 공간영역에서 삽입하는 방법과 주파수 영역에서 삽입하는 방법, 그리고 이 두가지 방법을 응용하여 사용하는 방법이 있는데 일반적으로 주파수 영역 기반 변환 방식이 공간영역에서의 방식에 비해 더 효율적인 것으로 알려져 있다.

공간영역에서의 워터마킹 방법은 인간의 시각적 특성에 의존하여 영상의 화소 자체를 조작하는 방법이다. 이는 구현하기 쉽다는 장점은 있으나, 압축이나 cropping, 등의 공격에 약하다는 단점이 있다.

주파수영역에서 사용되는 방법은 압축이나 잡음에 크게 영향을 받는 고주파 영역을 제외하고 시각적으로 큰 의미를 갖는 저주파영역에 워터마크를 삽입한다. 주파수 영역 삽입은 일반적으로 대역확산 통신에 기반을 두고 있으며, 이때 삽입되는 워터마크는 어떤 특정한 비밀키(private key)에 의해서 발생하는 의사 가우시안 잡

음(pseudo gaussian random sequence)을 사용한다. 이때, DCT, wavelet 등의 변환이 사용되며, 워터마크를 추출할 때는 똑같은 비밀키를 이용하여 워터마크를 추출한다. 대신에 저주파영역은 영상에서 우리가 인식할 수 있는 대부분의 정보에 해당되므로 신호세기를 강하게 하면 왜곡이 심해지게 되는 단점이 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안한 워터마킹 방법에 대해 기술하였고 3장에서는 실험 및 결과를 나타내었다. 4장에서는 결론 및 추후 연구과제를 언급한다.

2. 제안한 워터마킹 방법

제안된 워터마킹 알고리즘은 의사잡음 코드의 생성, 워터마크의 삽입, 워터마크의 검출과정으로 이루어져 있다. 웨이블릿 변환을 거친 계수에 대하여 삽입하고자 하는 워터마크를 의사잡음코드와 워터마크 가중치 α 를 조합하여 삽입하며 워터마크가 영상전체에 분포할 수 있도록 하기 위해서 모든 부대역에 대하여 워터마크를 삽입하였다. 특히, 영상압축이 고주파 성분을 제거하는 손실 부호화를 하기 때문에 이러한 영상 압축에서도 견고하도록 하기 위해 저주파 성분인 LL₁ 부대역에도 워터마크를 삽입하였다. 전체적인 워터마크 삽입, 검출 과정은 다음과 같다.

2.1 워터마크의 삽입방법

워터마크는 32*32 심벌워터마크를 사용하여 실험하였으며 8비트 의사잡음코드를 이용하여 영상을 스크램블링 하여 삽입하였다. 가중치는 다양한 가중치를 주어 영상이 왜곡되지 않는 범위를 찾아 가중치를 주었다.

[단계1] 원영상을 3레벨 웨이블릿 변환을 한다.

[단계2] 각 대역별 임계값을 계산한다.

[단계3] 웨이블릿 변환된 영역의 각 부대역에 알맞은 가중치(α) 결정

[단계3] 워터마크 영상을 웨이블릿 변환한다.

[단계4] 의사잡음 코드를 이용하여 스크램블링 한다.

[단계5] 3레벨 웨이블릿 변환된 10개의 부대역에 워터마크를 삽입

[단계6] 역 웨이블릿 변환을 수행하면 워터마킹된 영상을 만들 수 있다.

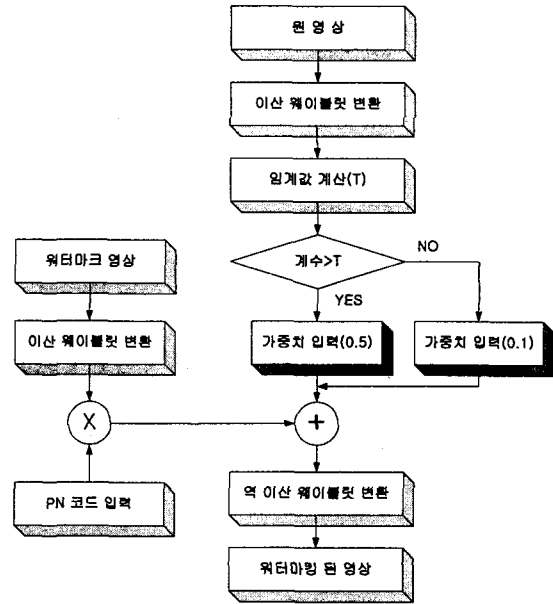


그림 2.1 워터마크 삽입과정

2.2 워터마크의 검출방법

워터마킹된 영상으로부터 워터마크를 검출하기 위해서는 원영상과 워터마킹된 영상을 이산 웨이블릿 변환한다. 이때 원영상과 워터마킹된 영상은 워터마크 삽입 시와 동일한 레벨로 분해한다. 워터마킹된 영상과 원영상의 차이가 워터마크이기 때문에 웨이블릿 변환을 거친 원영상과 워터마킹된 부영상의 부대역의 차를 구한다. 의사잡음코드를 이용하여 삽입 시와 동일한 의사잡음코드를 이용하여 디스크램블링 한 후 역이산웨이블릿 변환을 하여 워터마크를 확인하였다.

[단계1] 원영상과 워터마킹된 영상을 3레벨 웨이블릿 변환을 수행한다.

[단계2] 각 부대역 계수들의 차를 구한다

[단계3] 의사잡음 코드를 이용하여 디스크램블링

[단계4] 역 이산웨이블릿 변환을 하면 워터마크 영상을 얻을 수 있다.

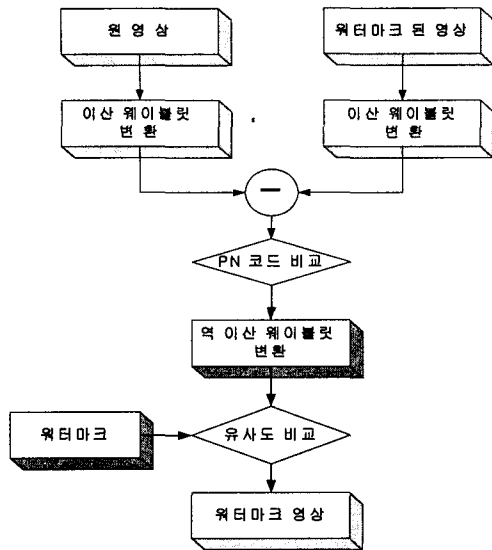


그림 2.2 워터마크 검출과정

3. 실험 및 결과

기존의 푸리에 변환이나 DCT 변환등은 신호의 불규칙적인 정도는 알 수 있지만 전 시간(영상에 있어서는 공간) 영역에 대해 적분을 함으로서 시간의 일정영역 혹은 국부적인 영역에 대한 특성을 만족하지 않는다. 그러나 웨이블릿 변환은 비정상적인 신호에 대한 해석방법으로 주파수에 따라 시간해상도가 변하는 특성을 갖고 있다. 즉, 고주파 성분이 많이 포함된 부분은 시간해상도를 크게 하고 저주파 성분이 많은 곳은 주파수 해상도를 크게 할 수 있다. 웨이블릿 변환의 이러한 특성을 이용하여 본 논문에서는 웨이블릿 변환을 한 후, 가중치를 주어 해상도를 변화시키는 워터마킹과 PN코드를 이용한 워터마킹 방법을 시도하였다.

실험을 위해 사용한 원영상은 바바라 영상을 이용하였다.



그림 3.1 바바라 원영상

신호
처리

그림 3.2
워터마크

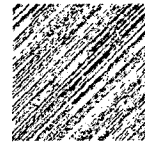


그림 3.3
스크램블링

워터마크 영상은 32*32 영상을 이용하여 원 영상의 모든 부대역에 삽입하였다.



그림 3.4 워터마킹된 영상

신호
처리

그림 3.5 복원된 워터마크

그림 3.4는 워터마킹된 영상인데 원 영상과 시각적으로 화질의 차이가 거의 없다. 웨이블릿 계수에 가중치를 많이 주면 줄수록 영상의 왜곡이 심해지는 결과가 나왔으며 너무 적게 주면 영상이 진해지는 결과를 얻을 수 있었다. 본 논문은 가중치를 0.5와 0.1을 주었는데 이때의 결과가 원영상과 거의 차이가 없다는 것을 알 수 있었다.

• 비가시성 실험

디지털 워터마킹이 효과적으로 작용하기 위해서는 원영상에 비밀스러운 정보를 삽입 한 후에도 시각적인 손상이 최대한 적어야 한다. 비가시성 실험을 평가하기 위해 PSNR을 구하여 객관적인 성능비교를 하였다.

$$PSNR = 10 \log \frac{255^2}{\frac{1}{N^2} \sum_{x=0}^N \sum_{y=0}^N (f(x,y) - g(x,y))^2}$$

f(x,y)는 원영상, g(x,y)는 워터마킹된 영상

	바바라 영상
PSNR [dB]	40.04

표 1. 비가시성 실험

• 공격당한 워터마킹된 영상



그림 3.6 45도 회전



그림 3.7
CROP된 영상

복원된 워터마크

신호
저장



그림 3.8
salt & pepper 잡음

복원된 워터마크

신호
저장



그림 3.9
canny 연산

복원된 워터마크

신호
저장

복원된 워터마크

신호
저장

	45도 회전	CROP	소금·후추 잡음	canny 연산
PSNR [dB]	40.50	40.58	39.94	41.40

표 2. 워터마크의 비가시성 실험

4. 결론

본 논문에서는 웨이블릿 변환과 의사잡음코드를 이용하여 워터마크 영상을 삽입 및 추출하는 워터마킹 방법을 제안하였다.

웨이블릿 변환을 이용하여 주파수 영역으로 변환된 계수중 시각적으로 중요한 계수를 선택하기 위해서 다중 임계값을 사용하였고 모든 부대역에 대하여 워터마크를 삽입하였다. PN코드를 이용하여 영상을 스크램블링 하여 중간에 가로채더라도 워터마크 영상이 무슨 영상인지 모르게 하였다. 복원시는 동일한 PN 코드를 이용해야 복원 할 수 있게 하였다. 제안한 워터마킹 방법은 실험을 통해 워터마크의 비가시성, 강인성등 다양한 공격에 대하여 우수한 강인성을 확인하였다.

향후 연구과제로는 공격에 더 강인한 워터마킹 방법에 대한 연구와 디지털 방송 환경하에 적합한 동영상 및 3차원 데이터에 적합한 워터마킹 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Yu-Pin Wang, Mei-Juan Chen and Po-Yuen Cheng, "Robust Image Watermark with Wavelet Transform and Spread Spectrum Techniques", IEEE Conf. on Signals, Systems and Computers, vol. 2, pp 1846 -1850, 2000
- [2] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia", IEEE Transaction on Image Processing, 6, 12, 1673-1687, 1997
- [3] X. G. Xia, C. G. Boncellet, G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Image", IEEE Int. Conf. on Image Processing, 1997
- [4] D. Kundur, D. Hatzinakos, "Digital Watermarking Using Multiresolution Wavelet Decomposition", IEEE Int. Conf. on Image Processing, 1997
- [5] D. Kundur, D. Hatzinakos, "Digital Watermarking based on Multiresolution Wavelet Data Fusion", Proc IEEE, Special Issue on Intelligent Signal Processing, under review, 43 papers, 1997
- [6] M. Vetteli and J. Kovacevic, "Wavelets and Subband Coding", prentice hall, 1995