

디지털 이미지 보호를 위한 DCT 기반의 워터마킹 구현

김봉현*, 조동욱**

*한밭대학교 컴퓨터공학과

**충북과학대학 정보통신학과

e-mail:bhkim@hanbat.ac.kr

Implementation of DCT-based Watermarking for Digital Image Protection

Bong-Hyun Kim*, Dong-Uk Cho**

*Dept of Computer Engineering, Hanbat National University

**Dept of Information & Communication Science, Chungbuk Provincial University

요 약

본 논문에서는 기존의 DCT(Discrete Cosine Transform)를 이용한 디지털 워터마킹 방법을 개선하여 비가시성을 향상시키는 DCT 기반의 디지털 워터마킹 방법을 제안하고자 한다. 이에 원 영상을 DCT 변환한 영역에 워터마크로 사용할 이미지를 이진화하여 얻은 픽셀 값을 기준으로 워터마크를 삽입하고자 한다. 삽입 할 워터마크는 식별하기 어려운 의사난수를 사용하지 않고 가시적으로 인지할 수 있는 문자(서명) 혹은 도장으로 구성된 이진 영상을 사용한다. 이 방법의 강인성 평가를 위해 워터마크가 삽입된 영상을 대상으로 영상처리를 수행하지 않은 경우, JPEG 영상압축, cropping, 필터링, 밝기 조절 및 대비 확장 등 기본적인 영상처리 알고리즘을 적용한 후 워터마크를 검출하였다. 실험 결과 제안된 방법의 워터마킹 영상은 기존 방법에 비하여 워터마크가 삽입된 영상의 화질이 비교적 우수하였으며 검출된 워터마크의 시각적인 인지도가 높아 가시적 효율성이 뛰어남을 검증하였다. 최종적으로, 실험에 의해 제안한 방법의 유용성을 입증하고자 한다.

1. 서론

최근 멀티미디어 콘텐츠가 디지털화 되고, 네트워크 발달함에 따라 디지털 콘텐츠의 무단 복제 및 불법적인 유포가 성행하고 있다. 또한, 인터넷의 발달로 인해 전자상거래가 가속화됨에 따라 멀티미디어 콘텐츠에 대한 소유권 및 저작권 문제도 크게 대두되고 있는 실정이다. 이는 디지털의 특성으로 인해 원본과 동일한 수없이 많은 복사본을 만들어 낼 수 있으며, 이렇게 불법 복제된 디지털 콘텐츠는 인터넷 등을 통해 손쉽게 배포되고 있기 때문이다.

이러한, 디지털 콘텐츠의 무단복제를 방지하기 위하여 사용되어 왔던 대표적인 방법이 암호화 기술이다[1]. 하지만, 암호화 방법만으로는 불법복제의 문제를 완전히 해결할 수 없다. 일단 암호가 풀린 디지털 콘텐츠는 더 이상 콘텐츠만의 고유한 저작권이나 소유권을 증명해 줄 수 없기 때문이다. 이러한

문제점을 해결하고 디지털 콘텐츠의 저작권 보호를 위한 새로운 기술로 디지털 워터마킹 기술이 최근 들어 많은 관심을 끌고 있는 실정이다[2][3].

워터마킹 중 주파수 영역에서의 DCT 변환방법은 워터마킹 영상과 키 값을 연산하여 의사난수를 발생시켜 발생된 의사난수를 삽입하는 알고리즘을 사용하여 보안성을 만족시켰다. 또 워터마크를 삽입할 때 삽입되는 위치를 키 값으로 정하여 보안성을 유지하기도 했다. 그러나, 이러한 방법은 키 값을 알지 못하면 워터마크 영상을 추출하지 못하는 불편함을 수반하게 되는데 이러한 불편함을 해결하기 위하여 본 논문에서는 원 영상을 DCT(Discrete Cosine Transform) 변환한 후 시각적으로 인지하기 용이한 일반 이미지의 픽셀 값을 변화시켜 워터마크로 삽입하는 방법을 제안하고자 하며 실험을 통해 검증하고자 한다.

2. 디지털 워터마킹

2.1 워터마킹의 개요

디지털 워터마킹은 텍스트, 이미지, 비디오, 오디오 등의 데이터에 원 소유주만이 아는 마크(Mark)를 사람의 육안이나 귀로는 구별할 수 없게 원본 디지털 콘텐츠 신호에 비밀 정보 신호로써 은닉하는 것을 말한다. 만약 사용자들이 멀티미디어 디지털 정보를 불법 복제하여 정당한 대가나 허락 없이 상업용 혹은 기타 용도로 사용되었을 때에는 자신의 마크를 추출함으로써 자신의 소유임을 밝힐 수 있고, 이는 재산권 행사에 결정적인 증거가 된다. 즉, 워터마크는 저작권 정보를 포함하는 신호로 워터마크를 디지털 콘텐츠에 삽입한 후 나중에 이를 추출하여 소유권을 주장할 수 있게 된다[4][5].

디지털 워터마킹은 다양한 특성 및 요구조건을 만족해야 한다. 첫 번째는 삽입 후에도 원본의 변화가 거의 없고, 워터마크의 삽입여부를 감지할 수 없으며 콘텐츠의 품질을 저하시키지 않는 비가시성을 만족해야 하며, 두 번째로 전송이나 저장을 위한 압축이나 전송 중에 생길 수 있는 노이즈 등의 여러 가지 형태의 변형과 공격에도 워터마크를 추출할 수 있는 강인성을 만족해야 한다. 세 번째는 추출된 워터마크가 확실한 소유권을 주장할 수 있도록 공격 등에 대해 정확성을 유지하는 명확성을 만족해야 한다. 네 번째는 원본 영상 없이 워터마크된 영상만으로 워터마크를 검출할 수 있는 블라인드를 만족해야 한다. 다섯 번째는 관련된 키 값을 알고 있을 경우에만 워터마크를 확인할 수 있다는 보안성을 만족해야 한다. 그 외에도 삽입되는 정보의 양, 다중 워터마킹 등 많은 요구 조건들을 만족해야 한다.

2.2 기존의 워터마킹 기법

공간영역에서의 워터마킹 방법은 변환 식을 사용하지 않고 영상의 LSB(Least Significant Bit) 등 특정 화소 값을 직접적으로 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법이다. 이에 Bender 등은 “Patchwork”라고 불리는 확률적인 라벨링 방법을 제안하였고, Pitas 등은 디지털 이미지를 크기가 같은 두 집합으로 나누고 한 집합의 값들을 일정하게 더한 다음, 삽입된 워터마크를 검출하기 위해서 두 집합에 속한 화소들의 평균값의 차이를 이용하는 방법을 제안하였다[6]. 또한 Kutter 등은 특정 위치의 화소 정보를 변화시켜 인접 화소와의 비교로 신호를 검출해내는 방법 등을 제시하였다. 그러나 이러한 공간영역의 방법은 영상처리나 잡음, 압축 등의 공격 등에 약하

다는 단점이 있다.

주파수 영역의 방법은 주파수 계수를 변화시켜 워터마크를 삽입하는 것으로 DFT(Discrete Fourier Transform), DCT(Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform) 등의 변환 방법을 이용하여 워터마크를 삽입한다. 각각의 방법을 사용한 사람들을 알아보면 Ruanaidh 등은 DFT를 이용하여 위상에 워터마크를 삽입하는 방법 등을 제안하였다. 그리고 Koch와 Zhao 등은 이미지를 분할하여 DCT 변환한 후, 워터마크하는 방법을 제안하였고 Cox 등은 이미지 전체를 분할하지 않고 이미지 전체를 DCT 변환시킨 후 이미지에서 DC 성분을 제외한 중요한 주파수 계수를 선택하여 워터마크하는 방법을 제안하였다.

또한 Swanson, Podilchuk과 Zeng는 시각 시스템 모델을 사용하여 JND(Just Noticeable Difference) DCT 값을 구한 후, 워터마크 하는 알고리즘을 제안하였다. 그리고, Xia 등은 DWT를 이용하여 영상을 웨이블릿 변환 후 최저주파 대역을 제외한 나머지 부대역에 워터마크를 삽입하였으며 영상을 다해상도로 분해하여 단계별로 다른 가중치를 두어 워터마크 삽입 성능을 향상시키고자 했다[7]. 주파수 영역에서의 워터마킹의 경우 워터마크가 삽입되는 주파수 대역에 따라 고주파 영역, 저주파 영역 혹은 중주파 영역 워터마킹으로 분류된다. 주파수 영역의 방법은 공간영역의 방법보다 공격에 강한 특징을 가지고 있다.

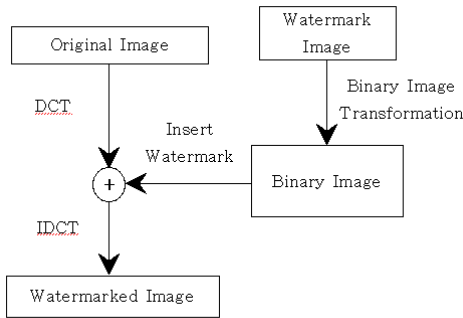
3. 제안한 방법에서의 워터마크 기법

본 논문에서는 기존의 DCT 기반의 디지털 워터마킹 방법을 응용하여 시각적으로 인지하기 용이한 2차원의 워터마크 영상을 이진화하여 픽셀 값을 조정해 원 영상의 주파수 계수에 삽입하는 방법을 연구하였다.

3.1 워터마크 삽입

(그림 1)에서는 워터마크 삽입의 전체적인 흐름을 나타내었다. 워터마크를 삽입할 때는 먼저 M x M 크기의 원 영상 전체를 식 (1)의 순방향 DCT 변환하여 영상을 주파수 영역으로 변환한다.

$$F(u,v) = \frac{2}{N} C(u)C(v) \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i,j) \cos \frac{(2i+1)\pi u}{2N} \cos \frac{(2j+1)\pi v}{2N} \dots (1)$$



(그림 1) 워터마크 삽입 과정

다음으로 삽입하고자 하는 워터마크 영상을 이진화 영상으로 변환한다. 원영상의 주파수 계수 $F(u,v)$ 에서 $u=1, v=1$ 부터 $u=M, v=M$ (M 은 원영상의 크기)까지의 계수에 모두 식 (2)를 따라 이진화된 워터마크의 픽셀 값이 흰색을 가질 경우 주파수 변환된 원 영상에 1을 더하고 그렇지 않은 경우에는 주파수 변환된 원 영상에 4를 더한다.

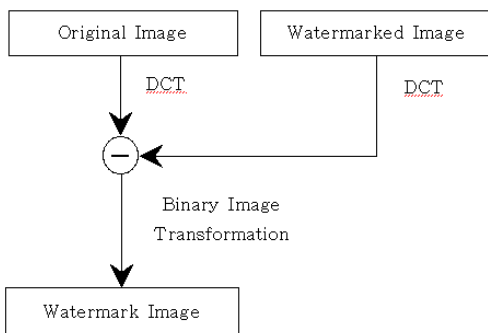
$$\text{When Pixel} : F[v][u] = F[v][u] + 1 \dots (2)$$

$$\text{Else Pixel} : F[v][u] = F[v][u] + 4$$

식 (2)를 영상의 변환된 모든 영역에서 수행하고 나면 워터마크에 의해 변경된 계수에 식 (3)의 역방향 DCT를 수행하여 워터마크 된 영상을 얻는다.

$$f(i,j) = \frac{2}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u)C(v)F(u,v) \cos \frac{(2i+1)\pi u}{2N} \cos \frac{(2j+1)\pi v}{2N} \dots (3)$$

3.2 워터마크 검출



(그림 2) 워터마크 추출 과정

(그림 2)에서는 워터마크 검출의 전체적인 흐름도를 나타내었다. 워터마크의 검출은 삽입단계의 역과정을 통하여 워터마크를 검출한다. 워터마크를 검

출하기 위해 워터마크가 삽입되지 않은 원 영상과 워터마크 삽입 된 영상, 검출된 워터마크와 비교하기 위해 원본 워터마크 영상이 있어야 한다.

원 영상과 워터마크 삽입 된 영상을 (식 1)의 순방향 DCT 변환한다. 이를 각각 $O[v][u]$ 와 $M[v][u]$ 라고 한다. $O[v][u]$ 와 $M[v][u]$ 의 차($S[v][u]$)를 구해 주고 차 영상을 식 (4)를 따라 임계값을 기준으로 이진화해서 워터마크 추출 영상을 얻는다.

$$\text{Watermark}[i][j] = \begin{cases} 1, & \text{if } (S[v][u] > T) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \dots (4)$$

4. 실험 및 고찰

본 논문의 실험을 분석 및 평가하기 위한 환경은 펜티엄4 2.8GHZ의 CUP와 1024 MB의 RAM, ATI 9600 Pro의 VAG이고 Windows XP 운영체제하에서 비주얼 C++ 6.0으로 컴퓨터 시뮬레이션 하였다. 실험에 사용된 이미지는 원본으로 512 x 512 크기의 Gray 영상으로 된 Lena를 사용하였고 워터마크 영상으로는 64 x 64 크기의 SUK 문자가 삽입된 이진 영상을 사용하여 성능을 평가하였다. 워터마크 추출 시의 임계값은 2로 설정하였다. 성능 평가의 기준은 워터마크의 비가시도와 강인성에 대하여 성능을 평가하였다. 비가시성에 대한 성능 평가 지수는 워터마크 된 영상과 원영상과의 PSNR을 사용한다. 비가시도에서는 먼저 시각적으로 워터마크의 삽입 여부를 알 수 없어야 하고, 워터마크 삽입 후에도 원 영상에 대한 왜곡이나 변형을 구분할 수 없어야 한다. 강인성에서는 워터마크 된 영상은 영상처리, 압축, 잡음첨가, 영상절단 등 다양한 공격을 가한 후 워터마크 영상을 추출 했을 때 워터마크 영상을 가시적으로 인지할 수 있어야 한다.

4.1 비가시성

(그림 3)는 Lena 원 영상이고 (그림 4) 제안된 알고리즘을 사용하여 워터마크 된 영상이다. (그림 5)는 삽입한 워터마크 영상과 추출된 워터마크 영상이다. 워터마크를 삽입한 영상에 추출 알고리즘을 적용하여 워터마크를 추출한 영상이다. 그림에서 볼 수 있듯이 시각적으로 워터마크의 삽입 여부를 구분하기가 어려우며, 화질 저하는 거의 없는 것을 볼 수 있다. 워터마크 삽입 후, 원영상의 화질 왜곡의 정도를 살펴보기 위해, 원영상과 워터마크 된 영상과의 PSNR을 사용하여 Cox의 방법과 제안한 방법의 비교를 <표 1>에 나타내었다. <표 1>에서 알

수 있듯이 제안한 방법이 Cox등의 방법보다 PSNR이 약 6[dB]정도 개선되는 것을 알 수 있다.



(그림 3) 원 영상



(그림 4) 워터마크가 삽입된 영상



(그림 5) 워터마크 영상과 추출된 워터마크

<표 1> PSNR의 비교

	PSNR[dB]	
	proposed method	Cox et. al.'s method
Lena	40.299	34.92

4.2 클리핑(Clipping) 공격에 대한 실험

제안된 워터마킹 알고리즘의 강인성을 평가하기 위하여 워터마킹 된 영상에 대하여 클리핑 공격에 대하여 강인성을 확인하였다.

영상의 변형이나 왜곡에 있어 무엇보다 많이 가해지는 공격은 영상을 부분적으로 절단하는 것이다. 실험에서는 상하좌우 각각 10% 씩 외곽을 절단하였다. (그림 6)이 절단된 그림이고 (그림 8)은 추출한 워터마크이다. 다른 방법으로 우상단 1/4을 절단하였다. (그림 7)이 절단된 그림이고 (그림 9)는 추출한 워터마크이다. 두 경우 모두 삽입된 로고가 잘 추출되었다.



(그림 6) 외곽 cropped한 영상



(그림 7) 우상단 1/4 cropped한 영상



(그림 8) 외곽 cropped 추출 워터마크



(그림 9) 우상단 cropped 추출 워터마크

5. 결론

본 논문에서는 기존의 DCT 기반의 디지털 워터마킹 방법을 응용하여 시각적으로 인지하기 용이한 디지털 워터마킹 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 기존의 의사난수를 사용하지 않고 워터마크를 이진화해서 그 값에 따라 특정 값을 영상에 삽입하는 알고리즘을 사용하였다. 또한 저주파 성분과 고주파성분에 모두 워터마크를 삽입함으로써 공격에 대한 강인성을 높였다. 제안한 방법은 워터마크로써 의사난수를 사용한 것보다 워터마크를 시각적으로 인지하는데 용이하였다. 제안된 방법은 워터마크를 확인하기 위해서 원영상이 필요하기 때문에 워터마크의 블라인드 특성을 만족하지 못 한다. 향후 연구 과제로는 원 영상을 필요로 하지 않는 견고한 워터마킹 방법에 대한 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] 정사라, 석종원, 홍진우, "디지털 콘텐츠의 저작권 관리를 위한 워터마킹 기술", 전자통신 동향분석, 2001.
- [2] 김익현, "인터넷신문과 온라인 스토리텔링", 커뮤니케이션북스, pp.57-60.
- [3] "리스닝스페셜", 한국방송공사, 2003.
- [4] 배기혁, 정성환, "JPEG2000에서의 효율적인 디지털 워터마킹 기법", 한국멀티미디어학회, 2002.
- [5] 배기혁, 정성환, "시각적 특성을 이용한 효과적인 블라인드 워터마킹", Telecommunications Review, 2002.
- [6] I.Pitas, "A Method for Signature Casting on Digital Images", in Proc. of IEEE Conf. on Image Processing, pp, 215-218, 1995.
- [7] X.G.Xia, C.G.Boncellet and G.R.Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," Proc. of IEEE ICIP, vol. 3, pp.548-551, 1997.