

디지털 영상을 위한 에너지 기반 워터마킹 알고리즘

An Energy-Based Watermarking Algorithm for Digital Images

최동진*, 황동국**, 이상주*, 이우람*, 전병민*
충북대학교 컴퓨터공학과*, 백석대학 컴퓨터정보학과**

Dong-Jin Choi(tobehuman@hotmail.com)*,
Dong-Guk Hwang(dkh@kebi.com)**, Sang-Ju Lee(sangju77@korea.com)*,
Woo-Ram Lee(ninayosi@hanmai.net)*, Byoung-Min Jun(bmjun@cbucc.chungbuk.ac.kr)*

요약

본 논문에서는 원영상의 에너지 크기에 기반하여 워터마크를 생성하고, 이를 치환을 통해 영상 내에 삽입하는 새로운 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 원영상의 에너지와 일정 비율이 되는 에너지를 갖도록 생성된 워터마크는 영상에 삽입된 후에도 영상의 에너지를 유지시켜 주어 워터마킹된 영상의 품질 훼손을 줄일 뿐만 아니라, 큰 에너지를 갖고 삽입되기에 공격에 대한 견고성도 강화시켜 준다. 실험 결과를 통해 제안한 알고리즘이 평균 PSNR 47.6dB의 우수한 비가시성을 가지며, 다양한 공격이 가해진 후에도 평균 98.9%의 메시지를 복원해 내는 우수한 견고성을 가짐을 확인할 수 있다.

■ 중심어 : | 워터마킹 | 블라인드 검출 | 에너지 | 소유권 |

Abstract

In this paper, we present a new watermarking algorithm in which a watermark is created based on the energy of the original image and embedded into the image by replacement. The watermark is adjusted to have a certain proportional amount of energy based on one of the original image and embedded into the DFT magnitude component replacing original coefficients. This scheme reduces degree of quality degradation in a watermarked image by maintaining energy and strengthen robustness against attacks by embedding a strong watermark. From the result of experiment, we confirmed that the proposed algorithm had high invisibility of 47.6dB of PSNR and could reconstruct 98.9% of message on average.

■ Keyword : | Watermarking | Blind Detection | Energy | Copyright |

1. 서론

최근 디지털 미디어의 보편화와 전자 출판 산업의 급격하고 광범위한 성장, 그리고 다양한 멀티미디어 콘텐츠의 디지털화, 인터넷과 같은 디지털 통신망의 급속한

발전과 영상처리 기술의 향상으로 멀티미디어 디지털 데이터가 매우 빠르고 쉽게 배포 및 활용되고 있다.

그러나 이러한 기술의 발전에 따른 부작용으로 불법 와 콘텐츠의 인위적 조작이 성행되고 있다.

디지털 콘텐츠의 불법 복제 및 조작과 유통은 저작자

* 이 논문은 2004년도 충북대학교 학술연구 지원사업에 의하여 연구되었음.

접수번호 : #041020-002

접수일자 : 2004년 10월 20일

심사완료일 : 2005년 01월 31일

교신저자 : 전병민, e-mail : bmjun@cbucc.chungbuk.ac.kr

의 창작 의욕과 수입원을 차단하는 매우 중요한 문제이며, 이를 방지하기 위해서 멀티미디어 데이터의 저작권을 가진 소유자가 원하는 정보를 삽입함으로써 데이터의 저작권 보호와 복사 방지 및 불법적인 유통을 막고자하는 워터마킹이 연구되어왔다.

지금까지 연구되어진 워터마킹 방법은 공간 영역에서 영상의 화소에 워터마크를 직접적으로 삽입하는 방법 [1-2]과 주파수 변환 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법 [3-8]으로 나눌 수 있다. 공간 영역에서의 워터마킹 방법은 단순하고 빠르게 워터마킹을 수행할 수 있는 장점이 있으나 일반적으로 주파수 영역에서의 워터마킹 방법보다 잡음 추가나 JPEG 압축 등과 같은 공격에 견고성이 낮아지는 단점을 가지고 있다.

주파수 영역에서의 워터마킹 방법은 DCT(Discrete Cosine Transform), DFT(Discrete Fourier Transform) 및 DWT(Discrete Wavelet Transform) 등의 변환 방법을 이용하여 원영상을 주파수 영역으로 변환한 후, 워터마크를 삽입하는 방법이다. 기존의 방법들은 원영상의 손상을 방지하기 위해 대부분의 정보를 가지고 있는 저주파 영역에 워터마크를 삽입하지 않고, 고주파 영역에 워터마크를 삽입하거나 중간 주파수 대역에 워터마크를 삽입하는 방법을 사용하였다[7,9,10]. 그러나 실제적으로 고주파 영역이나 중간 주파수 대역에 삽입된 워터마크의 경우 저역 통과 필터(Low-Pass Filter)나 JPEG 압축에 대해서는 견고성이 약해지는 단점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Cox 등은 DCT 변환을 이용한 주파수 영역에서의 워터마킹 방법을 제안하였다[3]. 이 방법은 저주파 성분에 워터마크를 삽입하여 JPEG 압축과 같은 공격에 견고한 특성을 갖는다. 그러나 많은 수의 저주파 성분을 수정함으로써 인해 영상의 품질 저하가 발생하고, 워터마크 검출 단계에서 원영상을 필요로 한다는 단점이 있다.

이러한 문제점을 개선하고자 본 논문에서는 원영상의 에너지 크기를 이용하여 워터마크를 생성하고 삽입하는 새로운 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 워터마크는 삽입 위치에 있는 주파수 스펙트럼 크기 성분들의 에너지와 일정한 비율이 되는 에너지를 갖도록 증폭되어 영상에 삽입된다. 이는 저주파 영역에 워터마크를 삽입하면

서도 원영상의 품질을 훼손시키지 않고 공격에 대한 우수한 견고성을 제공하는 효과를 낸다. 또한 원영상의 주파수 스펙트럼 내에 워터마크를 삽입하기 위해 사용된 치환 방법은 검출 단계에서 원영상의 필요성을 배제하여 블라인드 검출을 가능하게 한다.

본 논문의 구성은 2장에서 제안한 방법의 기본이 되는 에너지와 워터마크에 대해서 살펴보고, 3장에서 이를 이용한 워터마킹 방법을 설명한다. 4장에서는 실험을 통하여 제안한 방법의 성능을 평가하며, 5장 결론에서는 본 논문을 시작으로 향후 연구되어야 할 부분에 대해 언급한다.

II. 에너지와 워터마크

영상과 워터마크를 신호라 간주할 때, 에너지는 샘플링된 신호의 합으로 볼 수 있다. 다음은 워터마크의 에너지와 주파수 영역에서 영상의 에너지를 구하는 식이다.

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$$

$$E_W = \sum_{k=1}^n w_k, \quad w_k \geq 0 \quad (1)$$

$$I = (i_{1,1}, i_{1,2}, \dots, i_{2,1}, i_{2,2}, \dots, i_{h,w})$$

$$F = DFT(I) \quad (2)$$

$$M = F, \quad P = \angle F$$

$$E_M = \sum_{u=1}^h \sum_{v=1}^w m_{u,v}$$

$$E_{M^t} = \sum_{(u,v) \in L} m_{u,v} \quad (3)$$

식 (1)은 워터마크 W 의 에너지 E_W 를 구하는 과정을 보여준다. 식에 표현된 것처럼 워터마크의 에너지는 포함된 값들을 모두 합하여 구한다. 영상의 에너지는 공간 영역이 아닌 DFT를 통해 변환한 주파수 영역에서 구한다. 이것은 워터마킹이 주파수 영역에서 이루어지기 때문이다. 식 (2)의 M, P 는 각각 영상 I 의 주파수 스펙

트럼 크기(Magnitude)와 위상(Phase)을 나타낸다. E_M 은 영상 I 의 에너지로 주파수 스펙트럼의 크기 계수들을 전부 합하여 구한다. 제안한 알고리즘은 영상 전체의 에너지 보다는 주파수 스펙트럼의 일부 크기 성분들의 에너지 정보만을 이용한다. 식 (3)에서 L 은 워터마크를 삽입하기 위해 선택된 주파수 성분들의 집합이다. E_{M^L} 은 전체 주파수 스펙트럼 중 L 에 위치한 크기 계수들만을 합하여 구한 영상의 부분 에너지이다.

워터마크는 영상에 메시지를 기록하기 위해 삽입되는 패턴으로서 메시지에 따라 그 형태가 결정되고, 요구되는 성능에 맞게 에너지가 조절되어 영상에 삽입된다. 이러한 작업은 식 (4)처럼 스케일 인자 α 의 곱으로 간단히 이루어진다. W 는 초기 워터마크 \hat{W} 을 α 만큼 증폭시켜 얻은 영상에 삽입될 워터마크이다.

$$W = \alpha \hat{W} \quad (4)$$

제안한 알고리즘에서는 워터마크의 스케일 인자 α 를 에너지 정보를 이용하여 결정한다.

$$\alpha = \beta \frac{E_{M^L}}{E_W} \quad (5)$$

식 (5)는 워터마크의 에너지 E_W 와 워터마크가 삽입될 위치에 있는 주파수 크기 성분들의 에너지 E_{M^L} 의 비율에 기반 하여 α 값이 결정됨을 보여준다. β 는 E_{M^L} 의 에너지와 워터마크 W 사이의 에너지 비율을 나타내는 값으로 $\beta = 1$ 이면 E_{M^L} 과 E_W 이 같아지고, $\beta = 0.5$ 이면 둘 사이의 비율이 1:0.5가 된다.

영상에 삽입되는 워터마크의 에너지 크기는 워터마킹 알고리즘의 성능에 많은 영향을 미친다. 큰 에너지를 갖는 워터마크는 공격에 대해 높은 견고성을 보장하지만 영상에 훼손을 초래하여 품질을 나쁘게 한다. 반대로 작은 에너지를 갖는 워터마크는 영상의 품질을 유지시키나 공격이 가해지면 쉽게 소멸되어 검출이 불가능해진다.

III. 제안한 워터마킹 알고리즘

영상에 삽입되는 워터마크의 에너지 크기는 워터마킹 알고리즘의 성능에 많은 영향을 준다. 여기서는 견고성과 비가시성 측면에서 영상에 따른 최적의 에너지 비율을 사용하여 워터마크를 생성하고, 치환을 통해 영상 내에 삽입하는 워터마킹 알고리즘을 제안한다.

1. 워터마크 생성

워터마크의 생성 과정은 두 단계로 나뉘어 진다. 첫 번째는 메시지에서부터 워터마크의 형태를 결정하는 단계이다. 다양한 응용을 위해서 제안한 알고리즘에서는 비트 시퀀스 형태의 메시지를 사용한다. 워터마크의 형태는 메시지의 비트 값에 따라 식 (6)의 코딩 방식을 사용하여 결정된다.

$$w_i = \begin{cases} 1.5 & , \text{if } b_i = 1 \\ 0.5 & , \text{if } b_i = 0 \end{cases} \quad (6)$$

b_i 는 영상에 삽입하려는 메시지의 비트 값으로 이 값에 따라 1.5와 0.5의 두 단계 값으로 구성된 워터마크가 생성된다. 이러한 코딩 방식은 간단할 뿐 아니라 0 값의 사용을 피해 증폭 시 워터마크의 에너지가 다른 값으로 집중되지 않도록 해주며 두 값의 차이를 크게 하여 검출 단계에서 비트 값의 복원이 수월하도록 해주는 이점을 갖는다.

두 번째는 워터마크를 증폭하는 단계이다. 워터마크의 크기는 미리 선택된 주파수 스펙트럼 크기 계수들의 에너지 크기에 기반 하여 식 (4), (5)를 사용해 조절된다. 이 때 둘 사이의 에너지 비율 β 는 워터마크의 성능을 결정하는 중요한 요인이 된다. [그림 1]은 선택된 위치 L 에 있는 주파수 스펙트럼 크기 성분들의 에너지 E_{M^L} 과 삽입한 워터마크의 에너지 E_W 사이의 비율을 달리 하여 얻은 워터마킹된 영상의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)값을 나타낸다. 둘 사이의 에너지 비율이 1:0.8일 때, 즉 β 가 0.8일 때 PSNR값이 가장 높음을 확인 할 수 있다.

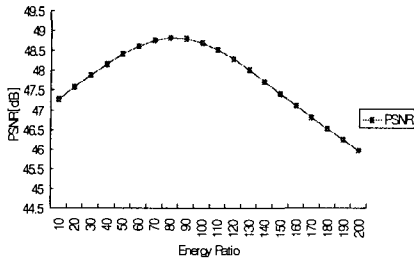


그림 1. 최적 에너지 비율

식 (7)은 워터마크의 생성에 사용된 스케일 인자 α 를 보여준다. 우수한 비가시성을 확보하기 위해 E_W 가 E_{M^t} 의 80%가 되도록 워터마크를 증폭한다.

$$\alpha = 0.8 \frac{E_{M^t}}{E_W} \quad (7)$$

2. 워터마크 삽입

최종적으로 결정된 워터마크는 DFT를 통해 얻은 원영상의 주파수 스펙트럼 크기 성분에 삽입된다. 공격에 대한 견고성을 강화하기 위해 삽입 위치 L 은 주로 저주파 대역과 중간주파수 대역에서 선택한다. 다른 워터마크 알고리즘에 비해 상대적으로 큰 에너지를 갖는 워터마크를 삽입하기 위해 Cox등이 제안한 덧셈 방법[3] 보다는 치환 방법을 사용하여 삽입이 이루어진다.

$$m'_{u,v} = \begin{cases} w_i & , \text{if } (u, v) = l_i \\ m_{u,v} & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

식 (8)은 워터마크의 삽입 방법을 나타낸다. w_i 와 l_i 는 각각 워터마크 W 와 삽입 위치 L 의 i 번째 원소를 의미한다. 이 방법에 따라 워터마크를 구성하는 값들은 주파수 스펙트럼 크기 성분의 삽입 위치에 있는 원래의 값을 치환하며 영상 내에 삽입된다. $m_{u,v}$ 와 $m'_{u,v}$ 는 각각 원영상과 워터마크가 삽입된 후의 주파수 스펙트럼 크기 성분으로 (u, v) 좌표의 계수를 나타낸다. 이러한 삽입 방법은 영상 데이터의 간섭 없이 워터마크를 삽입하여 검출 과정을 단순하게 해 준다. 뿐만 아니라 큰 에너

지를 갖는 워터마크의 삽입을 가능하게 하여 견고성을 높이는 효과를 제공한다.

3. 워터마크 검출

삽입된 워터마크의 검출은 원영상 없이 워터마크된 영상만으로 워터마크 삽입 위치에 있는 주파수 스펙트럼 크기 계수들을 수집함으로써 간단하게 이루어진다. 식 (9)는 워터마크된 영상의 주파수 스펙트럼 크기 성분 M' 로부터 워터마크를 검출하는 방법을 보여준다.

$$w'_i = m'_{u,v} , \text{if } (u, v) = l_i \quad (9)$$



(a) 원영상

(b) 워터마크된 영상

그림 2. 제안된 알고리즘을 적용한 영상

w'_i 는 워터마크를 구성하는 하나의 값으로, 이것들을 나열하여 워터마크 W' 이 재구성된다. $m'_{u,v}$ 는 DFT를 통해 얻은 워터마크된 영상의 주파수 스펙트럼 크기 성분의 (u, v) 좌표 계수를 나타낸다.

검출된 워터마크 W' 으로부터 메시지의 복원은 식 (10)을 통해 이루어진다. 0과 1의 비트 값은 2배의 크기 차이가 나는 워터마크 값들로 코딩되어 영상에 기록되었기 때문에, 평균을 이용하여 간단히 식별이 가능하다.

$$b'_i = \begin{cases} 0 & , \text{if } w'_i \leq AVE_{W'} \\ 1 & , \text{if } w'_i > AVE_{W'} \end{cases} \quad (10)$$

은 검출된 워터마크 W' 을 구성하는 값들의 평균이다. 이 값을 기준으로 보다 작은 값을 갖는 값은 비트 0으로, 큰 값을 갖는 값은 비트 1로 변환하여 메시지를 복구한다.

IV. 실험 결과 및 고찰

1. 실험

제안된 알고리즘의 성능 평가를 위한 실험은 임의로 선택된 60장의 512x512 영상을 대상으로 실시하였다. 삽입 메시지는 길이가 100인 비트 시퀀스를 사용하였으며, 매 실험마다 메시지의 내용과 워터마크의 삽입 위치를 달리하여 보다 정확한 성능을 측정할 수 있도록 하였다.

2. 비가시성 평가

워터마크는 흔적 없이 영상 내에 삽입되어야 한다. 만약 삽입 흔적이 외부로 드러나면 공격의 대상이 될 뿐만 아니라 영상의 품질을 저하시키게 된다. [그림 2](b)는 제안된 알고리즘을 이용해 워터마킹된 Lena 영상이다. 육안으로 식별하기에 원영상과의 구별이 어려울 정도로 워터마크의 삽입 흔적이 거의 나타나지 않는 것을 확인할 수 있다. 일반적으로 PSNR값이 35dB 이상이면 사람의 육안으로 구별이 힘들다고 한다[8]. [그림 3]은 60장의 실험 영상에 대해 메시지와 삽입 위치를 달리하면서 얻은 평균 PSNR값이다. 영상에 따라 약간의 차이는 있지만 대부분의 영상에 대해 47dB 전후의 결과가 측정되어 평균 47.6dB의 우수한 성능을 가짐을 보여주고 있다.

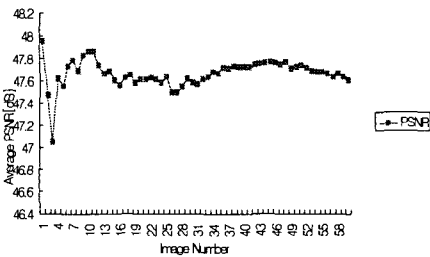


그림 3. 비가시성 측정 결과

3. 견고성 평가

삽입된 워터마크는 사후에 검출이 가능해야 한다. 만약 워터마크의 검출이 실패하고 메시지를 복원할 수 없다면 그 워터마킹 알고리즘은 쓸모없게 된다. 몇몇 예상되는 공격 하에서 제안된 알고리즘의 견고성을 평가하기 위해

영상에 기록된 메시지와 복원된 메시지 사이의 에러 비트 수를 평가 인자로 사용하였다. 복원 비트의 에러는 삽입된 워터마크가 손상되었음을 의미하기 때문에 에러 비트 수가 적을수록 견고성이 높다고 볼 수 있다.

4. JPEG 손실 압축

[그림 4]는 워터마킹된 영상에 JPEG 손실 압축을 적용한 후 측정된 에러 비트 수의 평균을 보여준다. JPEG 압축에서 원영상의 품질 보존 수준을 나타내는 Quality 인자를 80%, 50%, 30%로 달리하며 측정하였다. 품질 훼손이 거의 발생하지 않는 80%로 압축한 경우 메시지 복원에서 발생한 에러 비트의 수는 0으로 나타났다. Quality 인자를 낮게 주어 영상의 품질에 많은 손상이 가도록한 50%와 30%의 경우에도 평균 1비트 이내의 에러 밖에 발생하지 않았다. 이러한 성능은 JPEG 압축 과정에서 상대적으로 손실이 적게 발생하는 저주파 영역에 원영상의 에너지에 기반한 큰 에너지를 갖는 워터마크를 삽입하였기에 얻어진 결과이다. 이러한 결과로부터 제안된 알고리즘이 JPEG 손실 압축에 대해서 우수한 견고성을 가짐을 확인할 수 있다.

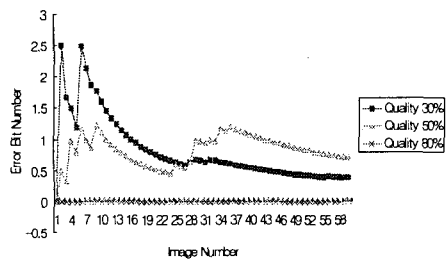


그림 4. JPEG 압축에 대한 견고성 측정 결과

5. 저역 통과 필터링

[그림 5]는 마스크의 크기를 달리한 이동 평균 필터를 이용하여 저역 통과 필터링 공격에 대한 견고성을 측정할 것을 보여준다. 3x3 마스크를 사용하여 이동 평균 필터링을 수행한 경우는 0.2비트, 4x4 마스크는 0.86비트 그리고 5x5 마스크는 2.1비트의 에러 비트가 평균적으로 발생하였다. 주로 낮은 주파수 대역에 워터마크를

삽입하였음에도 불구하고 마스크의 크기가 커짐에 따라 에러 비트 수가 증가하는 것을 볼 수 있다. 그러나 2비트 내외의 적은 양이므로 메시지의 복원에는 큰 영향을 미치지 않는다.

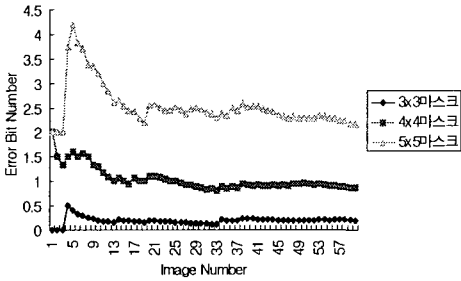


그림 5. 저역 통과 필터링에 대한 견고성 측정 결과

이들 처리에 취약함을 보여주었다. 그러나 이 정도의 복원 에러는 소량이므로 전체 메시지의 복원에 심각한 영향을 주지 않을 뿐 더러 간단한 에러 정정 기법의 도입으로 쉽게 개선이 가능하므로 염려의 대상이 되지는 않는다.

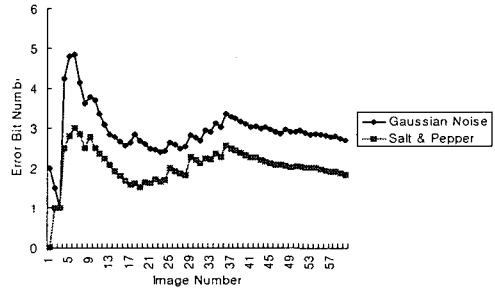


그림 6. 잡음에 대한 견고성 측정 결과

6. 잡음 추가

잡음은 영상의 모든 주파수 대역에 영향을 미치기 때문에 대부분의 워터마킹 알고리즘이 이에 대해 취약성을 갖는다. [그림 6]의 실험 결과를 통해 제안된 알고리즘도 잡음에 더 민감한 것을 확인할 수 있다. 가우시안 잡음이 첨가된 후에 측정된 평균 에러 비트 수는 2.7로 다른 공격에 비해 조금 많은 에러가 발생한 것을 알 수 있다. Salt & Pepper 잡음의 경우에도 평균 1.85비트의 에러가 발생하여 제안된 알고리즘이 잡음에 대해 상대적으로 더 민감함을 보였다. 그러나 평균적으로 발생한 에러 비트 수는 3비트 이내의 소량으로 메시지의 복원에는 큰 영향을 주지 않아 제안된 알고리즘이 잡음에 대한 우수한 견고성을 가짐을 확인할 수 있다.

JPEG 손실 압축, 저역 통과 필터링 그리고 잡음 추가라는 몇몇 공격에 대한 견고성 측정 실험을 통해 평균 1.1비트의 에러 발생이라는 결과를 얻었다. 실험을 통해 얻어진 우수한 메시지 복원 성능은 주로 원영상이 에너지에 기반하여 영상의 품질을 저하시키지 않으면서도 큰 에너지를 갖는 강인한 워터마크를 삽입한 결과로 볼 수 있다. 그러나 심한 경우 6비트 정도의 복원 에러가 발생하기도 하였다. 이러한 복원 에러는 주로 필터링과 잡음 처리 후에 나타나 제안한 알고리즘이 상대적으로

V. 결론

본 논문에서는 원영상의 에너지 크기에 기반하여 워터마크를 생성하고, 영상 내에 치환을 통해 삽입하는 새로운 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 원영상의 에너지와 일정 비율이 되는 에너지를 갖도록 생성된 워터마크는 영상에 삽입된 후에도 영상의 에너지를 유지시켜 주어 워터마킹된 영상의 품질 훼손을 줄여 주었다. 또한 큰 에너지를 갖고 삽입되기에 공격에 대한 견고성도 강화시키는 효과를 나타내었다. 평균 PSNR 47.6dB의 비가시성 측정 결과와 JPEG 압축, 저역 통과 필터링, 잡음 추가 공격으로부터 측정된 평균 1.1비트의 에러 즉, 98.9%의 메시지 복구 성능이 이 사실을 잘 보여준다. 치환에 의한 삽입 방법은 원영상 데이터로부터 독립적으로 워터마크를 삽입하여, 사후 워터마킹된 영상만으로도 삽입된 워터마크의 검출을 가능하게 하였다. 이는 검출 단계에서 원영상을 필요로 하지 않아 제안된 알고리즘을 보다 많은 응용에 쉽게 적용할 수 있게 한다.

실험을 통해 메시지 복원 시 약간의 비트 에러가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 비록 소량이지만 워터마킹에 있어 메시지는 매우 중요한 요소이기에 완전한 복원

을 위해서는 FEC(Forward Error Correction) 에러 정정 기법의 도입과 같은 비트 에러를 복구하기 위한 연구의 진행이 요구된다.

참고 문헌

[1] A. Nikolaidis and I. Pitas, "Region-based image watermarking," IEEE Trans. Image Processing, Vol.10, No.11, 2001.

[2] O. Bruyndonckx, J.J. Quisquater, and B.Macq, "Spatial method for copyright labeling of digital images," In Proceeding of the IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, 1995.

[3] Ingemar J.Cox, F.Thomson Leighton, and T. Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," IEEE Trans. Image Processing, Vol.1, No.12, 1997.

[4] L. Xie and G.R. Arce, "A class of authentication digital watermarks for secure multimedia communication," IEEE Trans. Image Processing, Vol.10, No.11, 2001.

[5] V. Solachidis and I. Pitas, "Circularly symmetric watermark embedding in 2-D DFT domain," IEEE Trans. Image Processing, Vol.10, No.11, 2001.

[6] E. Koch, and J. Zhao, "Towards robust and hidden image copyright labeling," In Proceeding of the IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, 1995.

[7] C. T., Hsu, and J. L. Wu, "Hidden digital watermarks in images," IEEE Trans. Image Processing, Vol.8, No.1, 1999.

[8] 지남현, "인간시각체계 특성을 이용한 정지영상 디지털 워터마킹 알고리즘", 한국콘텐츠학회논문지, Vol.3, No.2, 2003.

[9] V. Darmstaedter, J. F. Delaigle, J. J. Quisquater, and B. Macq, "Low cost spatial watermarking," Comput & Graphics, Vol.22, No.4, 1998.

[10] K. I. Hashida and A. Shiozaki, "A method of embedding robust watermarks into digital color images," IEICE Transforms Fundamentals, Vol.E81-1A, No.10, 1998.

저자 소개

최 동 진(Dong-Jin Choi)

준회원



- 2003년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2003년 3월~현재 : 충북대학교 컴퓨터공학과 석사
- <관심분야> : 워터마킹, 이동객 체추적

황 동 국(Dong-Guk Hwang)

정회원



- 1998년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
- 2000년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2003년 8월 : 충북대학교 컴퓨터공학과 박사 수료

- 2000년 3월~현재 : 백석대학 컴퓨터정보과 초빙교수
- <관심분야> : 독순술, 2D, 객체인식, 컴퓨터비전

이 상 주(Sang-Ju Lee)

준회원



- 2002년 2월 : 대전대학교 정보시스템공학과(공학사)
- 2003년 3월~현재 : 충북대학교 컴퓨터공학과 석사
- <관심분야> : 영상처리, 컴퓨터비전

이 우 램(Woo-Ram Lee)

준회원



- 2003년 2월 : 충북대학교 컴퓨터 공학과(공학사)
 - 2003년 3월~현재 : 충북대학교 컴퓨터공학과 석사
- <관심분야> : 얼굴검출, 퍼지이론

전 병 민(Byoung-Min Jun)

종신회원



- 2003년 제3권 2호 참조