

이진 영상을 사용하는 강인한 워터마킹 기법

신창돈*

*한림성심대학

A Robust Watermarking Method Using Binary Images

Chang-doan Shin*

*Hallym College

E-mail : cdshin@hsc.ac.kr

요 약

본 논문에서는 이진 영상을 사용하는 블라인드 워터마킹 기법을 제안한다. 워터마킹된 영상을 변형시키는 다양한 공격에서 워터마크 검출력을 높이기 위해 삽입과 검출시에 사용되는 임계치를 달리 하여 적용하였다. 또한 워터마크 검출시 계수 값의 작은 변화에 따른 워터마크 검출 값의 오류 현상을 개선하기 위해 계수값 이동 변화량을 지정하여 이 범위안에 속하는 계수 변화량은 인정하지 않아 계수 값의 변화 민감성을 둔화시켰다. 실험 결과 제안한 방법은 기존 방법에 비해 비교적 우수한 비가시성을 확보하였으며, JPEG 압축, 잡음 첨가, 클로핑, 블러링 등의 공격에 대하여 높은 강인성을 나타내었다.

ABSTRACT

In this paper, a blind watermarking method using binary images as watermarks is proposed. In order to enhance the detection capability against various attacks that transform watermarked image, the method uses asymmetric thresholds for inserting and detecting. Also, in order to reduce errors in the detected value of watermarks according to small changes in the coefficient values when detecting watermarks, it set the range for movement variation of the coefficients and lowered the sensitivity of variation by ignoring the variations that fall into this range. The experimental results show that the proposed method has good quality and is robust to various attacks such as the JPEG lossy compression, noise addition, cropping, blurring, etc.

키워드

저작권 보호, 블라인드 워터마킹, 이진 영상

1. 서 론

디지털 콘텐츠 보호를 위한 워터마킹 방법은 워터마크 검출을 위한 원본 영상의 사용 유무에 따라 블라인드 방법과 널블라인드 방법으로 나눌 수 있다^[1]. 그리고 이러한 방법들은 공간적인 영역에서 보다 주파수 영역으로 변환된 계수를 이용한다. 널블라인드 방법은 워터마크 검출 과정에서 원본 영상을 가지고 있기 때문에 정확한 삽입 위치와 미세한 계수 차이에도 불구하고 워터마크 검출이 가능하여 블라인드 방법보다 비가시성도 높고 여러 가지 인위적인 공격에 대해서도 강인함을 갖는다^[2]. 하지만 대부분의 블라인드 워터마킹 방법에서는 워터마크 삽입 위치를 정확히 추출하지 못하거나 미세한 계수 값의 변화에도 영향을 많이 받는다.

Hasegawa^[3]와 배기혁^[4]은 워터마크 검출시 원 영상이 필요없는 계수 극성 기반 블라인드 워터마킹 방법을 제안하였다. Hasegawa가 제안한 방법에서는 영상을 2단계 웨이블릿 영역으로 변환

후 LL2 부대역을 8개 블록으로 분할하고 이진 워터마크를 삽입하였다. 워터마크 삽입시 계수 쌍에 대응되는 워터마크 값이 '1'일 때와 '0'일 때 모두 계수 쌍의 극성을 변환시켜 검출시 원본 영상이 필요 없는 방법을 제안하였다. 그러나 이러한 방법에서는 손실 압축이나 다양한 공격에 의한 계수 값의 작은 변화에도 변환된 계수 쌍의 극성에 그대로 의존하여 워터마크를 검출하기 때문에 검출 강인성이 낮아지거나 작은 변화에도 민감하게 반응하는 단점이 있다.

배기혁이 제안하는 방법은 2단계 웨이블릿 영역에서 각 부대역의 인접 계수를 그룹으로 한 마스크 개념을 도입하여 마스크 내의 최소 차 인접 계수 쌍을 선택하여 극성을 변환시키는 방법을 제안하였다. LL 부대역에서는 4개의 인접 계수에 대하여 수평, 수직, 대각 성분의 계수 쌍 조합중 최소 차 계수 쌍을 선택하고, 나머지 부대역은 수직 성분, 수평 성분 그리고 대각 성분 중 하나의 성분 중 최소 차 계수 쌍을 선택하여 워터마크를 삽입한다. 이러한 방법은 워터마

크 검출을 위해 특정한 임계치를 지정하지 않은 장점이 있지만, 잡음 첨가 같은 공격에 마스크내의 계수 값이 변화되는 환경을 전혀 고려하지 못해 검출력이 약화되는 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 제약을 해결하기 위한 방안으로 이진 영상(binary logo image)을 사용하여 상관계수와 더불어 시각적인 검출 방법이 가능하도록 제안하며, 여러 영역에 워터마크를 삽입하여 검출확률을 높였으며, 다양한 공격으로 인한 계수 변화 값을 고려하여 삽입과 검출 임계치를 다르게 하는 비대칭 임계치를 사용하여 강인성을 확보하였다^[5]. 또한 워터마크 검출시 계수 값의 작은 변화에 따른 워터마크 검출 값의 오류 현상을 개선하기 위해 계수값 이동 변화량을 지정하여 이 범위안에 속하는 계수 변화량은 인정하지 않아 계수 값의 변화 민감성을 둔화시켰다.

II. 제안한 블라인드 워터마킹 기법

전체적인 워터마킹 처리 방법은 (그림 1)과 같다. 먼저 워터마크를 생성하고, 원 영상을 2단계 웨이블릿을 통해 분해한 후, 적당한 서브 영역을 선택하여 워터마크 삽입에 적당한 계수 쌍을 선택하여 이미 생성된 워터마크를 삽입 알고리즘에 따라 삽입하고 역웨이블릿 변환을 통하여 워터마킹 이미지를 생성한다.

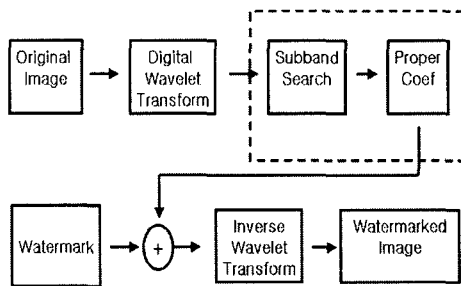


그림 1. 워터마킹 과정의 전체적인 흐름도

2.1 워터마크 생성

본 논문에서 사용하는 워터마크는 시각적으로 쉽게 인지할 수 있는 장점을 가지고 있는 이진 영상(binary image)을 워터마크로 사용하였다. 그러나 이진 영상은 특정한 패턴을 가지고 있어 워터마크 삽입시 일정 영역의 화질이 집중적으로 나빠질 우려가 있고, 공격에 쉽게 노출될 수 있는 단점을 가지고 있다. 따라서 원 영상의 화질 열화 방지와 의도적인 공격에 강인하게 위해 랜덤화 과정을 거쳐 삽입하게 된다. 이진 영상의 특정 패턴을 지역적으로 집중되지 않고 랜덤하게 전체 영역에 확산하여 화질 열화 방지와 공격의 강인성을 갖게 된다. (그림 2)는 이진 워터마크를 생성하는 과정을 나타내고 있다.

```

B = imread(logo_image); //이진 로고 로딩
rand('seed', key); //key값 사용 난수 패턴 생성
R = rand(64); // 난수 (64 X 64 bit) 발생
N = round(R); //0과 1사이의 실수값을 정수(0, 1)로 변환
for l = 1:64 //이진로고와 난수를 XOR 연산하여 최종
    for j = 1:64 워터마크 생성
        W(l,j) = xor(B(l,j), N(l,j));
    end
end
    
```

그림 2. 랜덤 워터마크 생성 알고리즘

2.2 웨이블릿 변환 및 삽입 부대역 선택

워터마크의 삽입을 위해 원 영상을 2단계 웨이블릿 변환을 이용하여 7개의 부대역으로 분해한다. 총 7개의 부대역중 LH2, HL2 부대역 영역에만 생성된 랜덤 워터마크를 삽입한다. $N_1 \times N_2$ 크기의 영상을 2계층의 웨이블릿 변환 영역으로 변환하면 LH2, HL2의 부대역의 크기는 원 영상의 1/4크기로 줄어든다. 본 논문에서 사용되는 원 영상의 크기가 512 x 512 이므로 변환된 LH2, HL2의 부대역 영역 계수의 i, j 범위는 식 (1)과 같다.

$$1 \leq i \leq 128, 1 \leq j \leq 128 \quad (1)$$

하나의 계수 쌍은 수직 $\{c(2i-1,j), c(2i,j)\}$ 또는 수평 $\{c(i,2j-1), c(i,2j)\}$ 방향 중 둘 중에 하나이고, 64 x 64 크기의 워터마크에 대응하기 위해서는 식(2)과 같이 수직 계수 쌍인 경우 128 x 64 범위를 가지며, 수평 계수 쌍인 경우 64 x 128 크기의 범위를 갖는다. 따라서 본 논문에서는 하나의 부대역을 2개의 블록으로 나누어, LH2 부대역은 LH2₁과 LH2₂로 분할하고 HL2 부대역은 HL2₁과 HL2₂로 분할하였다.

$$1 \leq 2i \leq 128, 1 \leq j \leq 64$$

$$1 \leq i \leq 64, 1 \leq 2j \leq 128 \quad (2)$$

2.3 워터마크 삽입

분할된 4개의 블록에 워터마크를 삽입함에 있어, 먼저 각 블록의 모든 인접 계수 쌍에 대하여 계수값의 차이 분포를 구한다. LH2 부대역의 2개의 블록은 $|c_b(2i-1,j) - c_b(2i,j)|$ 와 같이 수직 방향으로 인접 계수값의 차이 분포를 구하고, HL2 부대역의 2개의 블록은 $|c_b(i,2j-1) - c_b(i,2j)|$ 와 같이 수평 방향으로 인접 계수값의 차이 분포를 구한다. 각 블록의 계수값의 차이 분포에 따라 전체 계수값 차이의 85% 수준을 포함하는 임계치 $T_{b,i}$ 를 설정한다. 각 블록의 임계치 $T_{b,i}$ 가 설정된 후 계수값의 차이가 임계치 $T_{b,i}$ 이상인 계수 쌍은 워터마크 삽입에서 제외시킨다. 임계치 이상인 계수 쌍을 제외시키는 이유는 대부분이 부분이 에지 부분에 해당되므로, 이 부분이 워터마크를 첨가하면 에지의 반전이 이루어져 눈으로 심각하게 느낄 만큼 화질이 저하되기 때문이다.

LH2 부대역의 블록은 임계치 $T_{b,i}$ 이하인 영상의 계수쌍 $\{c_b(2i-1,j) - c_b(2i,j)\}$ 을 워터마크

$w_{r,i}(i, j)$ 값에 따라 $\{c_b'(2i-1, j) - c_b'(2i, j)\}$ 로 대치함으로써 워터마크를 삽입한다.

워터마크 삽입시 $w_{r,i}(i, j)$ 의 값이 '1'일 때와 '0'때 모두 계수 쌍의 값을 대치시킨다. 특히 원본 영상 없이 워터마크가 검출할 수 있도록 하기 위해 식(3)과 같이 삽입한다.

$$\begin{cases} \text{if } w_{r,i}=1, c_b'(2i-1, j) \geq c_b'(2i, j) \\ \text{if } w_{r,i}=0, c_b'(2i-1, j) < c_b'(2i, j) \end{cases} \quad (3)$$

또한 제안한 방법에서 인접 계수간의 극성만 반전시키는 것만 아니라, 일정 차이 유지를 위해 Δ 값을 설정하여 Δ 값 이하의 계수간의 차이는 양 계수간의 Δ 값을 가감하였다. Δ 값을 도입함으로써 약간의 영상의 화질 열화는 발생하였으나 원 영상 없이 워터마크 검출시 Δ 값 비율에 따른 검출 강인성이 높아졌다. Δ 값을 구하는 방식은 식(4), 식(5), 식(6)과 같다. 먼저 각 블록의 인접 계수중 임계치 이하의 최대 차이 $D_{b, \max}$ 는 임계치 $T_{b,i}$ 와 같다. 그리고 $1/4 D_{b, \max}$ 와 $1/2 D_{b, \max}$ 사이의 a 값을 설정한다. a 값의 크기에 따라 워터마크 삽입 강도는 높아지나 화질 열화도 같이 심해진다. 따라서 a 값을 조절함으로써 워터마크 삽입 강도를 조절할 수 있다. Δ 값은 인접 계수의 차이의 크기에 따라 식(6)과 같이 3단계로 정해진다.

$$D_{b, \max} = T_{b,i} \quad (4)$$

$$\frac{1}{4} D_{b, \max} \leq a \leq \frac{1}{2} D_{b, \max} \quad (5)$$

$$\Delta = \begin{cases} a, & \text{if } \frac{1}{2} d_{\max} < d \leq d_{\max} \\ \frac{1}{2} a, & \text{if } \frac{1}{4} d_{\max} < d \leq \frac{1}{2} d_{\max} \\ \frac{1}{2} a, & \text{if } 0 \leq d \leq \frac{1}{4} d_{\max} \end{cases} \quad (6)$$

2.4 워터마크 검출

제안하는 방법에서의 워터마크를 검출 방법을 요약하면 워터마크 검출시 원 영상이 필요 없는 블라인드 검출 방법이고, 검출 임계치가 삽입 임계치 보다 높은 비대칭 검출방법이며 다양한 공격에 의한 계수 쌍의 변화 의존도를 최소화하기 위해 극성유지 방법을 사용하였다.

전반적인 워터마크를 검출 하는 과정은 (그림 3)에 나타나 있다. 각 블록에서 워터마크를 검출 하기 위해 인접 계수 쌍의 선택 방법은 삽입할 때와 같게 하며, 워터마크 검출 계수 쌍을 결정 하는 각 블록의 검출 임계치 $T_{b,d}$ 는 삽입 임계치 $T_{b,i}$ 보다 높게 적용하였다. 검출 임계치를 삽입 임계치보다 높게 정하면 false positive⁽⁶⁾가 발생할 확률이 높지만, 4개의 블록에서 검출된 복수 워터마크에 의한 상호 상해 효과와 시각적으로 구분 가능한 워터마크로 인하여 그 부작용을 최소화 하였다. 검출 임계치 $T_{b,d}$ 의 최적값을 구하는 실험을 통해서 삽입 임계치 $T_{b,i}$ 보다 약 2 배 높게 결정하였고, 이를 수식으로 나타내면 식(7)과 같다.

$$T_{b,d} \cong T_{b,i} \times 2 \quad (7)$$

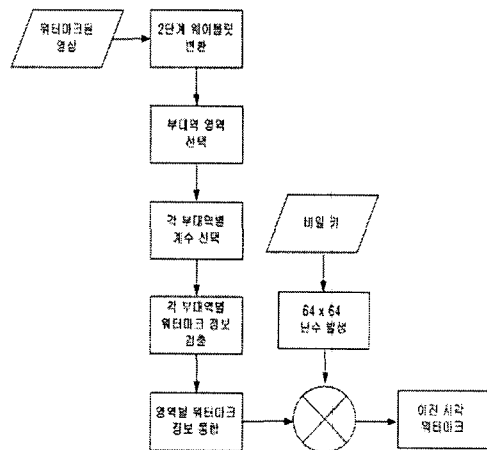


그림 3. 워터마크 검출 과정

III. 실험 결과

본 논문에서 제안된 방법의 성능 실험을 위해 사용된 영상은 (그림 4)와 같이 512 x 512 해상도 크기와 8비트 gray 컬러 수준을 갖는 이미지이고, 워터마크로는 시각적으로 쉽게 인지할 수 있는 64 x 64 크기의 이진 영상을 사용하였다. 웨이블릿 변환을 위해 Haar 필터를 사용하여 영상을 2단계 계층까지 변환하였다.



**HSC
VCD**

그림 4. 실험에 사용된 영상과 이진 로고

기존의 블라인드 워터마킹 기법들과 비교하여 워터마킹된 영상의 비가시성을 나타내는 PSNR 평가치는 <표 1>과 같다. 본 논문에서 제안하는 기법이 기존 기법들에 비해 비가시성 평가에서 비교적 우수한 성능을 나타내고 있다.

표 1 워터마킹 방법들에 대한 비가시성 평가

제안하는 방법	기존의 워터마킹 방법	
	배기태	Hasegawa
38.64 dB	38 dB	38.24 dB

비대칭 임계치와 대칭 임계치 방법을 비교하면 압축 등 외부 공격이 거의 없을 경우 비대칭

임계치보다 기존의 방법이 워터마크 검출 강인성이 높으나, 압축 강도가 높아질수록 급격하게 검출 강인성이 떨어진다. (그림 5)는 비대칭 임계치와 대칭 임계치 워터마크 방법의 JPEG 강인성 비교를 나타낸다.

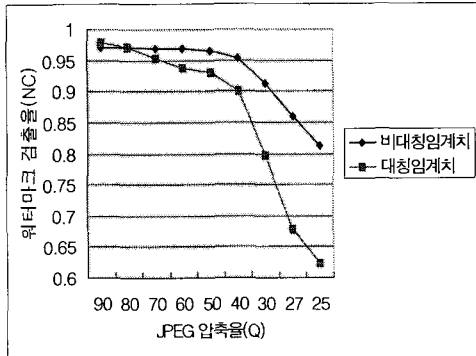


그림 5. 비대칭 임계치의 압축 강인성 비교

<표 2>는 압축, 클로핑, 회전, 크기변화, 각종 필터링 등의 공격 후 워터마크 검출 내용을 나타낸다. 실험 결과 전반적으로 검출률이 90% 이상을 유지하는 높은 강인성을 보이고 있다.

표 2. 다양한 공격 후 검출한 워터마크

검출률 = 0.983 JPEG 70%	검출률 = 0.908 Cropping 25%	검출률 = 0.989 brightness 50%
검출률 = 96.99 Sharpping	검출률 = 0.946 Rotate 33°	검출률 = 0.957 Scaling 50%
검출률 = 0.980 Contrast -50%	검출률 = 0.961 Median Filtering	검출률 = 0.918 Blur

IV. 결론

본 논문의 워터마크는 시각적으로 쉽게 인지할 수 있는 장점을 가지고 있는 이진 영상이며 원 영상의 화질 열화 방지와 의도적인 공격에 강인하게 위해 랜덤화 과정을 거쳐 삽입하였다. 워터마크 검출시 다양한 공격으로 인한 워터마크 영상의 계수 값 변화에 적응적으로 대처하기 위해 비대칭 임계치를 사용하였다. 또한 워터마크 검출시 계수 값의 작은 변화에 따른 워터마크 검출 값의 변환 현상을 개선하기 위해, 극성 유지 임계치를 설정하여 임계치 이상의 차이 값에 대해서만 계수 차이 극성 내용을 토대로 워터마크를 검출하였다.

실험 결과 제안한 방법은 기존 방법에 비해 비교적 우수한 비가비성을 확보하였으며, JPEG 압축, 잡음 첨가, 클로핑, 블러링 등의 다양한 공격에 대하여 높은 강인성을 나타내었다.

참고문헌

- [1] A. Lumini and D. Maio, "Blind watermarking system for digital images in the wavelet domain", in proceedings 12th International Symposium Electronic Imaging Security and Watermarking of Multimedia Contents II (EI00), San Jose (CA), January 2000.
- [2] 고유호, 윤병주, 이훈철, 김성대, 유상조, "임의의 모양을 가지는 영상 객체에 적용 가능한 극좌표계 모양적용 이산변환에 기반한 워터마킹 기법", 대한전자공학회 논문지, 제39권 제2호, 2002.
- [3] M. Hasegawa, H. Watanabe, T. Yamada, and S. Kata, "Watermarking method for extracting embedded data without original image," *Visual Communications and Image Processing 2002*, 2002.
- [4] 배기혁, 정성환, "웨이블릿 계수간의 시각특성을 이용한 워터마킹", 정보과학회 2001년 추계학술대회 제28권 제2호, 2001.
- [5] 신창돈, 오해석, "비대칭 임계치를 이용한 효과적인 워터마크 검출 방법", 한국정보처리학회 논문지, 제10-B권 제6호, 2003.
- [6] M. L. Miller and J. A. Bloom, "Computing the Probability of False Watermark Detection," Proc. of Workshop on Information Hiding, 1999.