

키와 로고 방식을 혼합한 이미지 워터마킹의 강인성 평가

박 영¹, 김윤호², 최세하³, 이명길⁴

충북과학대학¹, 목원대학교², 강원대학교³, 대덕대학⁴

Robustness Evaluation of Image Watermarking mixed Key and Logo Scheme

Young Park¹, Yoon-ho Kim², Se-ha Choi³, Myong-kil Lee⁴

Chungbuk Science College¹, Mokwon Univ.², Kwangwon Univ.³, Daeduk Tech. College.⁴

E-mail : py6363@ctech.ac.kr

요 약

본 연구에서는 키와 로고 방식을 혼합한 이미지 워터마킹의 강인성을 평가하였다. 저작권자의 개인 ID(Identification)는 키가 되고 워터마크는 로고영상을 선택하였다. 원 영상으로 사용한 실험영상은 Baboon, Cameraman과 Lena 표준영상을 사용하였고, 워터마크 영상은 32×32와 64×64 크기의 'Park'이라는 2진 영상을 사용하였다. 워터마크의 강인성 평가를 위하여 영상변형 및 JPEG 손실 압축이 가해진 워터마크가 삽입된 영상으로부터 워터마크 복원율을 구하였다. 실험 결과, 표준 영상들에 대하여 64×64 크기의 워터마크를 삽입한 경우에 비하여 32×32 크기의 워터마크 영상을 삽입한 경우에 영상축소에서는 평균 5.9%, 회전에서는 평균 13.9%, 잡음에서는 평균 6.5%, JPEG 손실 압축에서는 평균 4.2%로 더 우수한 복원율을 보였다.

ABSTRACT

In this research, robustness of image watermarking mixed Key and Logo scheme was evaluated. A personal ID of a copyrighter was key and watermark was logo image. The standard images of Baboon, Cameraman and Lena were used for experimental images, binary image 'Park' of 32×32 and 64×64 size were used for the watermark image, respectively. For robustness evaluation of the watermark, reconstructive rates of the watermark were obtained from images inserted watermark with image transformation or JPEG lossy compression. The experimental results show that the reconstructive rates of the case of 32×32 watermark was better than the case of the 64×64 watermark; average 5.9%, 13.9%, 6.5%, and 4.2% in the case of scale-down rates, rotational rates, impulse noise power density, and JPEG lossy compression rates, respectively.

키워드 : 이미지 워터마킹, 키와 로고 방식

1. 서 론

최근 인터넷상에 멀티미디어 데이터의 디지털 화 현상은 멀티미디어 데이터의 편집, 전송 및 저장에 편리함을 제공해 주는 반면, 저작권 분쟁과 무단 복사 등과 같은 문제점들을 발생시킬 수 있다. 또한 통신과 컴퓨터 기술의 비약적인 발전에 따른 인터넷의 급속한 발달과 성장으로 인하여 인터넷상의 멀티미디어 데이터들에 대한 저작권 보호와 인증에 대한 문제점들이 부각되었다. 이에 따라 디지털 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호하기 위한 방법으로 디지털 워터마킹에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다[1-2].

디지털 워터마킹 기법은 멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위해 제안되었으며, 워터마크는 디

지탈 신호나 영상에 삽입되어 비저작권자에 의해 인식되지 않아야 하고 저작권 소유자에 의해서만 검출될 수 있어야 한다. 워터마크란 영상이나 음성 등의 신호에 특정한 부호나 패턴 등을 삽입하는 기술을 말하며 저작권 보호를 위해 영상데이터에 표시한 보이지 않는 마크(Mark)를 말한다.

디지털 워터마킹은 공간영역과 주파수 영역에서의 방법으로 크게 나눌 수 있다. 공간 영역에서의 대표적인 워터마킹 방법으로는 영상의 화질에 영향이 적은 화소의 LSB(least significant bit)를 0 이나 1로 만든 후, 랜덤한 비트열을 LSB에 넣는 방법이다. 이 방법의 문제점은 일반적인 영상 처리에도 쉽게 지워지고 비트열이 첨가된 위치를

알고 있으므로 다른 비트열을 대신 넣을 경우 워터마크가 쉽게 바뀐다는 것이다. 일반적으로 공간 영역의 방법들은 인위적인 공격에 취약하여 영상에 대한 손실 압축, 변형 등에 워터마크가 손상되어 워터마크를 검출하기 어렵다는 공통적인 단점이 있다[3-5].

주파수 영역에서의 방법은 공간영역에서의 단점을 보완하기 위한 방법으로 제시되었는데, 기본적인 방법은 FFT, DCT나 Wavelet 변환을 이용하여 영상을 주파수 변환 한 다음 중간 대역의 주파수 계수 값을 변화하여 워터마크를 첨가하는 방법이다. 이러한 방법은 원 영상과 워터마크가 첨가된 영상 사이의 시각적인 차이를 최소화하는 것에 주안점을 두었다[6].

본 연구에서는 워터마크로 사용하는 로고 영상을 멀티미디어 저작권자의 개인 ID로 부호화한 후, 원 영상에 삽입하는 키와 로고 방식을 혼합한 이미지 워터마킹 기법을 제안한다. 워터마크가 삽입된 영상에 다양한 영상 처리를 한 후, 부호화 과정을 거쳐 복원한 워터마크와 원 워터마크의 일치도를 복원율로 평가하며, 부호화를 많이 할수록 워터마크가 강인하게 된다는 것을 보인다.

II. 제안하는 워터마킹 기법

II-1. 부호화된 워터마크의 생성

I를 $N_1 \times N_2$ 크기의 그레이 레벨인 원영상이라고 하고, W를 $M_1 \times M_2$ 크기의 2진 레벨 워터마크 영상이라고 하면, 원영상 I와 W는 각각 식 (1)과 식 (2)와 같이 쓸 수 있다.

$$I = \{i(x, y) \mid 0 \leq x < N_1, 0 \leq y < N_2\} \quad (1)$$

여기서 $i(x, y) \in \{0, \dots, 2^{L-1}\}$ 는 화소 $i(x, y)$ 의 세기이고, L은 각 화소에서 사용되는 비트 수이다.

$$W = \{w(x, y) \mid 0 \leq x < M_1, 0 \leq y < M_2\} \quad (2)$$

여기서 $w(x, y) \in \{0, 1\}$ 이다.

워터마크 영상은 부호화를 위해 원 영상과 최소 $N_1 \geq 2M_1$, $N_2 \geq 2M_2$ 인 관계를 만족해야만 한다. 저작권자의 개인 ID는 식 (3)과 같이 정의한다.

$$ID = \{id(x, y) \mid 0 \leq x < K_1, 0 \leq y < K_2\} \quad (3)$$

식 (3)에서 K_1 과 K_2 의 값은 워터마크 영상 W의 크기에 따라 달라지며, 각각 $K_1 \leq \lfloor N_1/M_1 \rfloor$, $K_2 \leq \lfloor N_2/M_2 \rfloor$ 의 관계를 만족해야 하고, 부호화 이득으로 정의한다.

따라서 부호화된 워터마크 영상 $W_{insert}^{(k)}$ 는 $\lfloor N_1 N_2 / K_1 K_2 \rfloor$ 개의

$W_{insert}^{(k)} (0 \leq k < \lfloor N_1 N_2 / K_1 K_2 \rfloor)$ 들로 구성된다. 그러므로 부호화된 W_{insert} 는 다음 식 (4)와 같이 쓸 수 있다.

$$W_{insert} = w(x, y) \times ID, \quad 0 \leq x < M_1, 0 \leq y < M_2 \quad (4)$$

여기서 원 영상에 삽입될 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 는 원영상 I보다 작거나 같게된다. 그림 1은 개인 ID로 워터마크 영상을 부호화시켜 삽입할 워터마크 영상 W_{insert} 를 생성하는 과정을 나타낸다.

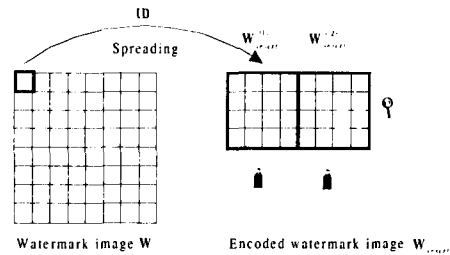


그림 1. 부호화된 워터마크 영상의 생성
Fig. 1. Generation of an encoded watermark image

II-2. 부호화된 워터마크의 삽입과정

부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 는 주파수 영역에서 원영상 I에 삽입된다. 원영상 I와 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 를 주파수 변환하면 각각 식 (5)와 식 (6)으로 표현할 수 있다.

$$F_I(p, q) = \sum_{x=0}^{N_1-1} \sum_{y=0}^{N_2-1} i(x, y) \exp[-j(2\pi/N_1)px] \exp[-j(2\pi/N_2)qy] \quad (5)$$

$$p = 0, 1, \dots, N_1 - 1; \quad q = 0, 1, \dots, N_2 - 1$$

$$F_{W_{insert}}(s, t) = \sum_{x=0}^{M_1-1} \sum_{y=0}^{M_2-1} W_{insert}(x, y) \exp[-j(2\pi/M_1)K_1 px] \exp[-j(2\pi/M_2)K_2 qy] \quad (6)$$

$$s = 0, 1, \dots, M_1 K_1 - 1; \quad t = 0, 1, \dots, M_2 K_2 - 1$$

부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 를 원영상 I의 각 주파수 성분대에 삽입하는 과정은 식 (7)과 같다.

$$F_{I+W_{insert}} = F_I + \alpha \cdot F_{W_{insert}} \quad (7)$$

식 (7)에서 F_I 는 원 영상 I의 주파수 성분들, $F_{W_{insert}}$ 는 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 의 주파수 성분들, $F_{I+W_{insert}}$ 는 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 의 주파수 성분들을 원영상 I의 주파수 성분들을 나타내며, α 는 상수값으로 일반적으로 1보다 작은 값이 된다.

FFT 변환한 워터마크 영상 W_{insert} 를 FFT 변환한 원영상 I에 삽입한 다음, IFFT를 수행하면 식 (8)과 같이 워터마크가 삽입된 영상이 생성된다.

$$f_{I+W_{insert}}(x, y) = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{p=0}^{N_1-1} \sum_{q=0}^{N_2-1} [F_{I+W_{insert}}(p, q)] \cdot \exp[j(2\pi/N_1)px] \cdot \exp[j(2\pi/N_2)qy] \quad (8)$$

$$x=0, 1, \dots, N_1-1; y=0, 1, \dots, N_2-1$$

II-3. 워터마크의 복원

영상 처리와 잡음으로 인해 변형된 영상을 I_{attack} 이라 가정할 경우, 워터마크 영상을 복원하기 위해서는 식 (9)와 같이, 간단히 I_{attack} 의 주파수 성분들과 원영상 I 의 주파수 성분들의 차를 구하면 된다.

$$F_{W_{detect}} = F_{I_{attack}} - F_I \quad (9)$$

여기서, $F_{W_{insert}}$ 는 부호화된 워터마크 영상 W_{insert} 가 영상 처리와 잡음에 의해 영향을 받은 영상 W_{detect} 의 주파수 성분을 나타내고 $F_{I_{attack}}$ 은 $F_{I+W_{insert}}$ 가 영상처리와 잡음에 의해 영향을 받은 주파수 성분을 나타낸다.

복호화 과정은 부호화 과정의 역과정으로 W_{detect} 를 부호화에서와 동일한 개인 ID로 부호화하는 것이다. 복호화 과정은 부호화 과정의 역과정으로 식 (10)과 같다.

$$\hat{w}(x, y) = \sum IFFT\{F_{W_{detect}} \times ID^T\} \quad (10)$$

$$k=0, \dots, [N_1 N_2 / M_1 M_2] - 1$$

여기서, $\hat{w}(x, y)$ 는 복원된 워터마크 영상의 한 화소를 나타내고 T 는 전치를 나타낸다. 저작권자의 개인 ID로 복원된 워터마크 영상 \hat{W} 가 삽입전의 워터마크 영상 W 와 일치하는 정도를 식 (11)과 같이 복원율을 나타내었다.

$$\text{복원율} = \frac{\text{The number of same pixel}}{\text{The number of total pixel}} \times 100 \quad (11)$$

III. 실험 및 실험 결과

워터마크의 강인성을 평가하기 위하여 표준영상은 256×256 그레이 레벨의 Baboon, Cameraman 및 Lena 표준영상을 실험 영상으로 선택하였다.

그림 2는 실험 영상으로 Baboon의 원 영상과 워터마크 영상 그리고 워터마크가 삽입된 영상을 나타낸다. 워터마크 영상은 각각 64×64와 32×32 크기의 2진 영상을 사용하였다. 제안한 워터마크 기법의 강인성을 평가하기 위하여, 영상변형 및 JPEG 손실 압축이 가해진 워터마크가 삽입된 영상들에 대해 실험하였다.

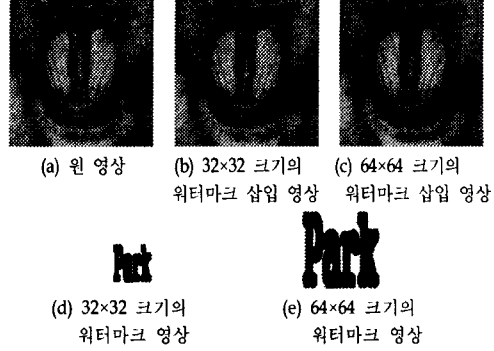


그림 2. 실험 영상
Fig. 2. Experimental image

워터마크가 삽입된 표준영상을 0~90%까지 축소하면서 워터마크 영상의 복원율을 그림 3에 나타내었다.

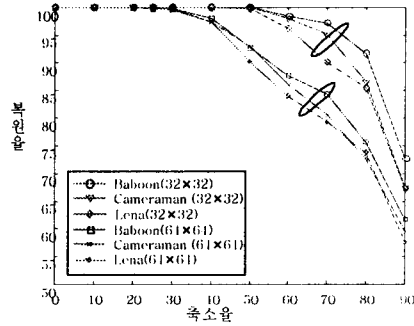


그림 3. 영상 축소율에 따른 복원율
Fig. 3. Reconstructive rate as a function of a scale-down rates

영상을 0°부터 90°까지 회전하여 회전율에 따른 복원율을 그림 4에 나타내었다.

그림 5는 임펄스 잡음으로 인한 영상 변형에 대하여 임펄스 잡음 전력밀도를 0.1~0.9까지 변화시키면서 워터마크 영상의 복원율을 보인다.

JPEG 손실 압축에 대하여도 제안한 기법이 강인하다는 것을 알아보기 위하여, 압축율을 0%부터 90%까지 변화시키면서 워터마크 영상의 복원율을 그림 6에 나타내었다.

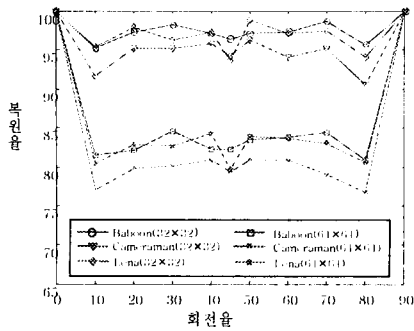


그림 4. 영상 회전에 따른 복원율
Fig 4. Reconstructive rate as a function of the rotational rates

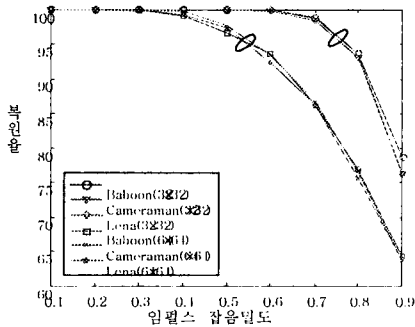


그림 5. 인펄스 잡음 전력밀도에 따른 복원율
Fig 5. Reconstructive rate as a function of the impulse noise power density

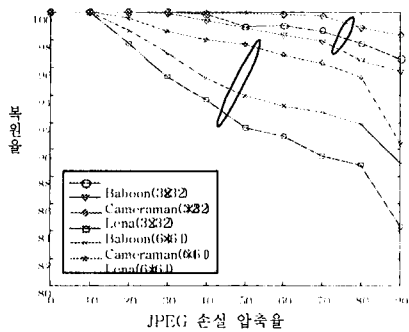


그림 6. JPEG 손실 압축율에 따른 복원율
Fig 6. Reconstructive rate as a function of the JPEG lossy compression rates

IV. 결론

본 연구에서는 멀티미디어 저작권자의 개인 ID를 키로서 사용하고 워터마크가 로고 영상인 이미지 워터마크 기법의 강인성을 평가하였다. 워터마크의 강인성 평가를 위하여 영상변형 및 JPEG 손실 압축이 가해진 워터마크가 삽입된 영상으로부터 부호화 이득에 따른 워터마크 복원율을 구하였다.

실험 결과, 표준 영상들에 대하여 64x64 크기의 워터마크를 삽입한 경우에 비하여 32x32 크기의 워터마크 영상을 삽입한 경우 영상축소에서는 평균 5.9%, 회전에서는 평균 13.9%, 잡음에서는 평균 6.5%, JPEG 손실 압축에서는 평균 4.2%로 더 우수한 복원율을 보였다. 원 영상에 삽입할 워터마크 영상의 크기가 작을수록 부호화가 많이 됨에 따라 에러 발생율이 적으므로 높은 복원율을 얻을 수 있음을 알았다.

참고문헌

- [1] Z. Tirkel, R. G. Schyndel and C. F. Osborne, "A Digital Watermark", *In Proc. of IEEE ICIP94*, vol. 2, pp. 86-90, Nov. 1994.
- [2] Z. Tirkel and C. F. Osborne, "Image Watermarking A Spread Spectrum Application", *In Proc. of IEEE ISSSTA96*, Sep. 1996.
- [3] W. Bender, D. Gruhl, and N. Morimoto, "Techniques for data hiding", *In Proc. of SPIE*, vol. 2420, p. 40, Feb.1995.
- [4] Pitas and T. H. Kaskalis, "Signature casting on digital images", *In Proc. of IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing*, 1995.
- [5] E. Koch and J. Zhao, "Towards robust and hidden image copyright labeling", *Nonlinear Singnal Porcessing Workshop*, pp. 460-463,1995.
- [6] Mitchell D. Swanson, Bin Zhu, and Ahumed. H. Tewfik, "Transparent robust image watermarking", *In Proc. of IEEE ICIP96*, pp. 211-214,1996.