
키와 로고 방식을 혼합한 이미지 워터마킹의 비가시성과 강인성 평가

박 영^{*} · 송학현^{**} · 최세하^{***} · 이명길^{****} · 김윤호^{**}

Nonvisibility and robustness evaluation of image watermarking mixed Key and Logo method

Young Park^{*}, Song Hag-Hyun^{**}, Choi Se-Ha^{***}, Lee Myong-Kil^{****}, Kim Yoon-Ho^{**}

요 약

본 연구에서는 키와 로고 방식을 혼합한 이미지 워터마킹의 비가시성과 강인성을 평가하였다. 키(Key)의 역할은 저작권자의 개인 ID(IDentification)가 하며 워터마크로는 로고영상(Logo image)을 사용하였다. 실험영상으로는 Lena 표준영상을 선택하였고, 워터마크로는 32×32 와 64×64 크기의 'Park'이라는 2진 영상을 사용하였다. 제안한 워터마킹 기법의 비가시성을 평가하기 위해서 워터마크가 삽입된 영상의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 구하였으며, 강인성을 평가하기 위해서는 워터마크가 삽입된 영상에 영상변형 및 JPEG 손실 압축이 가한 다음, 복원된 워터마크의 복원율(reconstructive rate)을 구하였다. 실험 결과, 표준 영상에 대하여 워터마크가 삽입된 영상의 PSNR은 93.75dB로 비가시성이 우수하였고, 64×64 크기의 워터마크를 삽입한 경우에 비하여 32×32 크기의 워터마크 영상을 삽입한 경우의 복원율이 영상축소에서는 평균 5.9%, 회전에서는 평균 13.9%, 잡음에서는 평균 6.5%, JPEG 손실 압축에서는 평균 4.2%로 더 우수하다는 것을 알 수 있었다.

ABSTRACT

In this research, nonvisibility and robustness of image watermarking mixed Key and Logo method were evaluated. The role of the Key was performed by a personal ID of a copyrighter and the logo images were used as the watermark. The standard image of Lena was used for experimental image and binary images of 'Park' with size 32×32 and 64×64 were used for the watermark, respectively. In order to evaluate nonvisibility of the proposed watermarking scheme, PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) of the watermarked image was obtained and for robustness reconstructive rates of the reconstructed watermark were obtained from the watermarked image with image transformation or JPEG lossy compression. The experimental results show that nonvisibility is excellent as PSNR of the watermarked image is 93.75dB and 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, 부호화, 복호화, 키, 로고, 복원율, PSNR

*충북과학대학

**목원대학

***강원대학교

****대덕대학

접수일자 : 2002. 5. 24

I. 서 론

오늘날 우리는 고도의 정보화 사회라는 말을 자주 접하게 된다. 여기에서 정보화 사회란 물질 중심에서 정보와 지식 중심으로 전환된 사회를 의미한다. 즉, 정보의 역할이 한 사회를 구성하는 정치, 경제, 문화 등 모든 분야에서 큰 비중을 차지하게 되고 또한 증대되고 있다는 것이다. 특히, 정보통신은 컴퓨터 기술과 통신 기술의 급속한 발전으로 인하여 학술, 사업 활동 뿐만 아니라 일반 생활에 있어서도 필수 불가결한 존재로 부각되고 있다. 예를 들면, 세계 각국이 경쟁적으로 추진하고 있는 초고속통신망이 구축됨에 따라 향후에는 많은 정보가 이러한 통신망을 통해 공급, 전달, 소비될 것으로 전망된다. 더불어, 이러한 정보의 상당한 부분이 저작권법의 보호 대상이 될 것으로도 보인다.

과거 녹음기, 녹화기, 복사기가 출현하였을 때 저작권법의 환경이 근본적으로 변화할 것으로 기대되었다. 그러나 이들 경우에는 아날로그 방식을 사용하고 있기 때문에 원본과 복사본의 질적인 차이가 있었고, 비용, 시간이나 복사의 편이성에서 많은 차이가 있었기 때문에 실제로 저작권법에 그다지 영향을 주지 못했다.

그러나 최근에 등장한 인터넷과 같은 정보통신매체들은 과거의 기술과는 비교할 수 없는 특징을 가지고 있다. 즉, 인터넷으로 텍스트뿐만 아니라 음성, 화상까지 전세계 어느 곳으로나 전송할 수 있다는 것이다. 이에 더불어 디지털 방식의 도입으로 인하여 저작물의 복사본이 원본과 100% 동일하게 되었고, 저작물의 편집 및 저장도 가능하게 되었으며, 이러한 저작물의 교환 및 배포도 손쉽게 되었다. 이에 인터넷상의 멀티미디어 데이터들에 대한 저작권 보호와 인증에 대한 문제점들이 부각되었으며, 이에 따라 디지털 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호하기 위한 방법으로 디지털 워터마킹에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있는 실정이다[1-4].

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

의미한다.

디지털 워터마킹은 공간영역과 주파수 영역에서의 방법으로 크게 나눌 수 있다. 일반적으로 공간 영역의 방법들은 인위적인 공격에 취약하여 영상에 대한 손실 압축, 변형 등에 워터마크가 손상되어 워터마크를 검출하기 어렵다는 공통적인 단점이 있다[5-7]. 주파수 영역에서의 방법은 공간영역에서의 단점을 보완하기 위한 방법으로 제시되었는데, 기본적인 방법은 FFT, DCT나 Wavelet 변환을 이용하여 영상을 주파수 변환한 다음 중간 대역의 주파수 계수 값을 변화하여 워터마크를 첨가하는 방법이다. 이러한 방법은 원 영상과 워터마크가 첨가된 영상 사이의 시각적인 차이를 최소화하는 것에 주안점을 두었다[8-13].

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. 워터마킹 알고리즘

II-1. 부호화된 워터마크의 생성

원 영상 O 가 $O_1 \times O_2$ 크기의 그레이 레벨로 구성되고, 워터마크 영상 M 이 $M_1 \times M_2$ 크기의 2진 레벨로 구성된다면, 원 영상 O 와 워터마크 영상 M 은 각각 식 (1)과 식 (2)와 같이 쓸 수 있다.

$$O = \{o(x, y) \mid 0 \leq x < O_1, 0 \leq y < O_2\} \quad (1)$$

여기서 $o(x, y) \in \{0, \dots, 2^{N-1}\}$ 는 화소 $o(x, y)$ 의 세기, N 은 각 화소에서 사용되는 비트 수를 나타낸다.

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

여기서 $m(x, y) \in \{0, 1\}$ 이 된다. 특히, 워터마크 영상은 부호화를 위해 원 영상과 최소 $O_1 \geq 2M_1$ 과

$O_2 \geq 2M_2$ 인 관계를 만족해야만 한다.

저작권자의 개인 ID는 식 (3)과 같이 정의한다.

$$I = \{i(x, y) \mid 0 \leq x < I_1, 0 \leq y < I_2\} \quad (3)$$

식 (3)에서 I_1 과 I_2 의 값은 워터마크 영상 M의 크기에 따라 달라지며, 각각 $I_1 \leq \lfloor O_1/M_1 \rfloor$, $I_2 \leq \lfloor O_2/M_2 \rfloor$ 의 관계를 만족해야 해야 한다. 이때, $\lfloor O_1O_2/M_1M_2 \rfloor$ 를 부호화 이득(encoding gain)으로 정의한다.

따라서 부호화된 워터마크 영상 M_{insert} 는 $\lfloor O_1O_2/I_1I_2 \rfloor$ 개의 $M_{insert}^{(k)}$ ($0 \leq k < \lfloor N_2/K_1K_2 \rfloor$) 들로 구성된다. 그러므로 부호화된 M_{insert} 는 다음 식 (4)와 같이 쓸 수 있다.

$$M_{insert} = m(x, y) \times I, \quad 0 \leq x < M_1, \quad 0 \leq y < M_2 \quad (4)$$

여기서 원 영상에 삽입될 부호화된 워터마크 영상 M_{insert} 는 원 영상 O보다 작거나 같게된다.

II-2. 부호화된 워터마크의 삽입과정

부호화된 워터마크 영상 M_{insert} 는 주파수 영역에서 원 영상 O에 삽입된다. 원 영상 O와 부호화된 워터마크 영상 M_{insert} 를 주파수 변환하면 각각 식 (5)와 식 (6)으로 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} F_O(p, q) &= \sum_{x=0}^{O_1-1} \sum_{y=0}^{O_2-1} i(x, y) \cdot \\ &\exp[-j(2\pi/O_1)px] \exp[-j(2\pi/O_2)qy] \\ p &= 0, 1, \dots, N_1-1; \quad q = 0, 1, \dots, N_2-1 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} F_{M_{insert}}(s, t) &= \sum_{x=0}^{M_1I_1-1} \sum_{y=0}^{M_2I_2-1} M_{insert}(x, y) \cdot \\ &\exp[-j(2\pi/M_1I_1)px] \exp[-j(2\pi/M_2I_2)qy] \\ s &= 0, 1, \dots, M_1I_1-1; \quad t = 0, 1, \dots, M_2I_2-1 \end{aligned} \quad (6)$$

부호화된 워터마크 영상 M_{insert} 를 원 영상 O의 각

주파수 성분에 삽입하는 과정은 식 (7)과 같다.

$$F_{O+M_{insert}} = F_O + \alpha \cdot F_{M_{insert}} \quad (7)$$

식 (7)에서 F_O 는 원 영상 O의 주파수 성분들, $F_{M_{insert}}$ 는 부호화된 워터마크 영상 M_{insert} 의 주파수 성분들, $F_{O+M_{insert}}$ 는 부호화된 워터마크 영상 M_{insert} 의 주파수 성분들을 원 영상 O의 주파수 성분들을 나타내며, α 는 상수값으로 일반적으로 1보다 작은 값이 된다.

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

$$\begin{aligned} f_{O+M_{insert}}(x, y) &= \frac{1}{O_1O_2} \sum_{p=0}^{O_1-1} \sum_{q=0}^{O_2-1} [F_{O+M_{insert}}(p, q)] \\ &\exp[j(2\pi/O_1)px] \cdot \exp[j(2\pi/O_2)qy] \\ x &= 0, 1, \dots, O_1-1; \quad y = 0, 1, \dots, O_2-1 \end{aligned} \quad (8)$$

II-3. 워터마크의 복원

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

$$F_{M_{detect}} = F_{O_{attack}} - F_O \quad (9)$$

여기서, $F_{M_{detect}}$ 는 부호화된 워터마크 영상이 영상 처리와 잡음에 의해 영향을 받은 영상 M_{detect} 의 주파수 성분을 나타내고 $F_{O_{attack}}$ 은 $F_{O+M_{insert}}$ 가 영상처리와 잡음에 의해 영향을 받은 주파수 성분을 나타낸다. 복호화 과정은 M_{detect} 를 부호화에서와 동일한 개인 ID로 다시 부호화하면 된다. 즉, 복호화 과정은 부호화 과정의 역과정으로 식 (10)과 같다.

$$\begin{aligned} \hat{m}(x, y) &= \sum IFFT \{ F_{M_{detect}}^{(k)} \times I^T \} \\ k &= 0, \dots, \lfloor O_1O_2/M_1M_2 \rfloor - 1 \end{aligned} \quad (10)$$

여기서, $\hat{m}(x, y)$ 는 복원된 워터마크 영상의 한 화소를 나타내고 T 는 전치를 나타낸다. 저작권자의 개인ID로 복원된 워터마크 영상 \hat{M} 가 삽입전의 워터마크 영상 M 과 일치하는 정도를 식 (11)과 같이 복원율로 나타내었다.

$$\text{복원율} = \frac{\text{동일 화소의 수}}{\text{전체 화소의 수}} \times 100 \quad (11)$$

III. 실험 및 실험결과

워터마킹의 개인성을 평가하기 위하여 표준영상은 256×256 그레이 레벨의 Lena 표준영상을 실험 영상으로 선택하였다.

그림 1은 실험 영상으로 Lena의 원 영상과 워터마크 영상 및 워터마크가 삽입된 영상을 나타낸다. 워터마크 영상은 각각 64×64 와 32×32 크기의 2진 영상을 사용하였다. 제안한 워터마킹 기법의 개인성을 평가하기 위하여, 영상변형 및 JPEG 손실 압축이 가해진 워터마크가 삽입된 영상들에 대해 실험하였다.

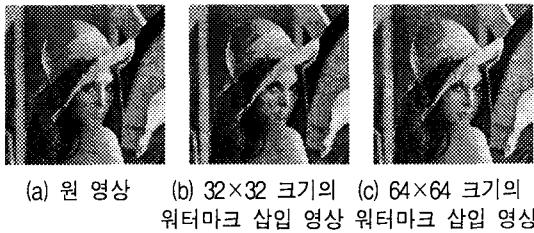


그림 1. 실험 영상
Fig. 1. Experimental image

워터마크가 삽입된 표준영상을 10~90%까지 축소 시킬 경우, 복원된 64×64 와 32×32 크기의 워터마크 영상을 그림 2와 그림 3에 각각 나타내었다.



그림 2. 영상 축소율에 따라 복원된 64×64 크기의 워터마크
Fig. 2. Reconstructed watermark with size 64×64 according to a scale-down rates

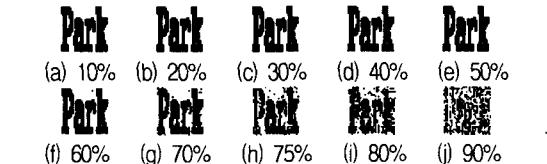


그림 3. 영상 축소율에 따라 복원된 32×32 크기의 워터마크
Fig. 3. Reconstructed watermark with size 32×32 according to a scale-down rates

영상은 0° 부터 90° 까지 회전시킬 경우, 복원된 64×64 와 32×32 크기의 워터마크 영상을 그림 4와 그림 5에 각각 나타내었다.

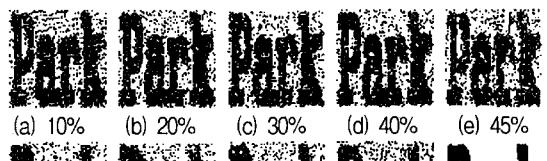


그림 4. 영상 회전율에 따라 복원된 64×64 크기의 워터마크
Fig. 4. Reconstructed watermark with size 64×64 according to the rotational rates

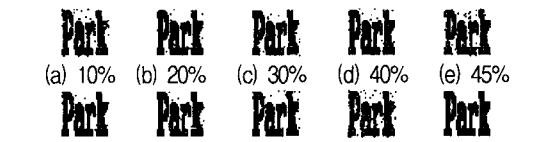


그림 5. 영상 회전율에 따라 복원된 32×32 크기의 워터마크
Fig. 5. Reconstructed watermark with size 32×32 according to the rotational rates

Fig. 5. Reconstructed watermark with size 32×32 according to the rotational rates

그림 6과 그림 7은 임펄스 잡음 전력밀도를 0.1~0.9까지 변화시킬 경우에 복원된 워터마크 영상을 나타낸다.



그림 6. 임펄스 잡음 전력밀도에 따라 복원된 64×64 크기의 워터마크

Fig. 6. Reconstructed watermark with size 64×64 according to the impulse noise power density

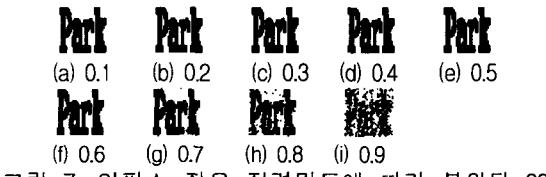


그림 7. 임펄스 잡음 전력밀도에 따라 복원된 32×32 크기의 워터마크

Fig. 7. Reconstructed watermark with size 32×32 according to the impulse noise power density

JPEG 손실 압축에 대하여도 제안한 기법이 강인하는 것을 알아보기 위하여, 압축율을 0%부터 90%까지 변화시키면서 복원된 64×64 와 32×32 크기의 워터마크 영상을 그림 8과 그림 9에 각각 나타내었다.

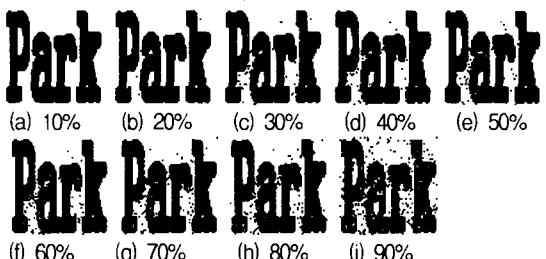


그림 8. JPEG 손실 압축율에 따라 복원된 64×64 크기의 워터마크

Fig. 8. Reconstructed watermark with size 64×64 according to the JPEG lossy compression rates



(a) 10% (b) 20% (c) 30% (d) 40% (e) 50%



(f) 60% (g) 70% (h) 80% (i) 90%

그림 9. JPEG 손실 압축율에 따라 복원된 32×32 크기의 워터마크

Fig. 9. Reconstructed watermark with size 32×32 according to the JPEG lossy compression rates

IV. 결 론

본 연구에서는 멀티미디어 저작권자의 개인 ID를 키로서 사용하고, 워터마크를 로고 영상으로 사용하는 키와 로고 방식이 혼합된 이미지 워터마킹 기법을 제안하였다. 제안한 워터마킹 기법의 강인성 평가는 워터마크가 삽입된 영상에 영상변형 및 JPEG 손실 압축을 가한 후, 워터마크의 복원율을 구하여 평가하였다. 또한 비가시성 평가는 워터마크를 삽입한 영상과 원 영상 사이의 PSNR을 구하여 평가하였다. 또한, 부호화 이득에 따른 성능을 비교, 분석하였다.

실험 결과, 워터마크가 삽입된 경우의 PSNR이 표준 영상들에서 모두 93.75dB로 비가시성을 만족함을 알 수 있었다. 또한, 64×64 크기의 워터마크를 삽입한 경우에 비하여 32×32 크기의 워터마크 영상을 삽입한 경우가 표준 영상들에 대하여 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 되기 때문에, 여러 발생율이 낮아져서 높은 복원율을 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] G. C. Langelaar, I. Setyawan, and R. L. Lagendijk, "Watermarking digital image and video data," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 17, no. 5, pp. 20-46, Sep. 2000.
- [2] M. Maes, T. Kalker, J. M. G. Linnartz, J. Talstra, G. F. G. Depovere, and J. Haitsma, "Digital watermarking for DVD video copy

- protection," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 17, no. 5, pp. 47-57, Sep. 2000.
- [3] F. A. P. Perircolas, "Watermarking schemes evalution," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 17, no. 5, pp. 58-64, Sep. 2000.
- [4] C. I. Podilchuk and E. J. Delp, "Digital watermarking: algorithms and applications," IEEE Signal Processing Magazine, vol. 18, no. 4, pp. 33-46, July 2001.
- [5] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto and A. Lu, "Techniques for data hiding," IBM Systems Journal, vol. 35(3/4), pp. 313-336, 1996.
- [6] I. Pitas, "A method for signature casting on digital images," In Proc. of IEEE ICIP'96, vol. 3, pp. 215-218, 1996.
- [7] E. Koch and J. Zhao, "Towards robust and hidden image copyright labeling," Nonliner Singnal Porcessing Workshop, pp. 460-463, 1995.
- [8] C. T. Hsu and J. L. Wu, "Multiresolution watermarking for digital images," IEEE Trans. Circuits Syst., vol. 45, no. 8, pp. 1097-1101, Aug. 1998.
- [9] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamoon, "secure spread spectrum watermarking for multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, Dec. 1997.
- [10] C. T. Hsu and J. L. Wu, "Hidden digital watermarks in images," IEEE Trans. on Image processing, vol. 8, no. 1, pp. 58-68, Jan. 1999.
- [11] X. G. Xia, C. G. Boncelet and G. R. Arce, "Multiresolution watermark for digital images," In Proc. of IEEE ICIP'97, pp. 548-551, 1997.
- [12] C. T. Hsu and J. L. Wu, "Digital watermarks in images," IEEE Trans. Image Processing, vol. 8, no. 1, pp. 58-68, Jan. 1999.
- [13] Y. Park, H. R. Kim and J. S. Lee, "Hybrid digital watermarking scheme using direct sequence-spread spectrum method," In Proc. of IEEE ICT'2001, vol. 3, pp. 500-503, June 2001.

저자 소개

박 영(Young Park)



1990년 청주대학교 전자공학과(공학사)

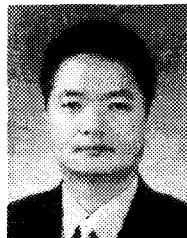
1994년 청주대학교 전자공학과(공학석사)

2002년 청주대학교 전자공학과(공학박사)

1999년~현재 충북과학대학 정보통신과 조교수

※ 관심분야 : 영상통신, 디지털 워터마킹, 디지털 영상 신호처리, 멀티미디어 시스템

송학현(Song Hag-Hyun)



1981~1990 철도청 무선관리소
1991~1998 정보통신부 국제협력담당

1998 서울산업교 대학원 전자공학과(공학석사)

1999~현재 정보통신연구진흥원
선임연구원

2002~현재 목원대학교 전자 및 컴퓨터공학과 박사과정

최세하(Choi Se-Ha)



1975. 2 명지대학교 전자공학과
(공학사)

1985. 2 한국방송통신대학교 행정
학과 졸업(행정학사)

1989. 8 연세대학교 산업대학원 전
자공학과(공학석사)

1999. 2 청주대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1971~1994 체신부 서울전파감시국, 정보통신국 기술과

1994~2002 정보통신부 정보통신정책국

1999. 3~2000. 2 동양공업전문대학 정보통신학과 겸
임교수

2000. 9~현재 강원대학교 전기전자통신학부 겸임교수

이명길(Lee Myong-Kil)

한국 해양정보통신학회 제 5권 2호 참조.

김윤호(Kim Yoon-Ho)

한국 해양정보통신학회 제 5권 6호 참조.