

## 암호화 워터마킹을 사용한 비디오 영상의 저작권 보호

### Copyright Protection for the Video image with Coded Watermarking

박영\*, 김항래\*\*, 류호준\*, 김재원\*  
충북과학대학\*, 충북대학교\*\*

Park Young\*, Kim Hang-Rae\*\*,  
Rhu Ho-Joon\*, Kim Jae-Won\*  
Chungbuk Provincial University of Science & Technology\*  
Chungbuk National University\*\*

#### 요약

본 논문에서는 비디오 영상의 저작권 보호를 위해 영상변형 및 임펄스 잡음에 효과적인 디지털 워터마킹 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 저작권자의 개인 ID(Identification)를 사용하여 암호화된 워터마크를 사용하는 것이다. 이 암호화된 워터마크는 워터마크의 복원 능력을 향상시킬 뿐만 아니라, 무단 배포자의 추적을 가능하게 한다. 워터마크로는 2진 영상을 사용하고, 워터마크 시스템에서 요구되는 비가시성과 강인성을 확인하기 위하여 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)과 워터마크의 복원율(recovered rate)을 구한다. 실험 결과 워터마크가 삽입된 영상의 PSNR은 98.21 dB로 화질저하가 거의 없었고, 또한 영상변형과 임펄스 잡음하에서도 우수한 워터마크 복원 결과를 보였다.

#### Abstract

In this paper, a digital watermarking scheme which is effective in protecting a copyright of video image under an image transformation and impulse noise is proposed. The proposing scheme is to use a coded watermark that insert the personal ID of copyrighter. The recovery ability is improved by the coded watermark. Also the coded watermark is able to trace the illegal distributors. Binary image is used as watermark image, the value of PSNR and recovered rates of watermark are obtained in order to confirm the required invisibility and robustness in watermark system. The experimental results show that image quality is less degraded as the PSNR of 98.21 dB. It is also observed that excellent watermark recovery is achieved under the image transformation and impulse noise.

## I. 서론

유·무선 네트워크 및 고성능 프로세서, 대용량 저장 장치 등의 하드웨어의 발전에 힘입어 동영상 콘텐츠에 대한 수요가 급격히 증가하고 있는 추세이다. 이러한 배경에서 전체 디지털 콘텐츠에서 동영상 콘텐츠가 차지하는 비중의 중요성을 볼 때 상업적인 가치가 높은 동영상의 불법 복제 및 유통에 대한 근절 대책마련이 중요하다 하겠다[1-5].

동영상 워터마킹 기술은 말 그대로 동영상에 워터마크를 삽입하는 기술이다. 동영상은 시간축으로의 정지영상의 연속이다. 따라서 정지영상과 비교해 볼 때 처리해야 할 데이터량이 많다는 제약이 있지만 그만큼 더

많은 정보를 가지고 있다는 특성도 가진다. 즉, 워터마킹 입장에서 보면 동영상의 큰 특징으로 워터마크를 삽입하기 위해 처리해야 할 데이터가 많다는 것과 데이터량이 많은 만큼 더 많은 워터마크를 삽입할 수 있다는 것이다.

이렇듯 데이터량이 많은 이유로 동영상 워터마킹에서는 정지영상 워터마킹 기법에 요구되어지는 조건을 만족해야 하는 것은 물론이고 다른 어떤 요구조건보다 절대적으로 필요한 것은 동영상 워터마킹 알고리즘이 낮은 계산 복잡도를 가져야 한다는 것이다. 대부분의 동영상 워터마킹 응용에서는 워터마크 삽입 및 검출이 실시간 처리되도록 요구하고 있다. 이들의 응용에 부응하기

위해서는 무엇보다 낮은 계산 복잡도를 가지고 있는 동영상 워터마킹 알고리즘을 개발하는 것이 중요하다 하겠다.

동영상 워터마킹 기법의 응용에 있어서는 상업적인 가치가 높은 동영상에 대한 저작권 보호를 위한 응용, 방송 모니터링을 위한 응용, 공공장소나 은행과 같은 감시시스템의 위변조 방지를 위한 응용 등의 많은 분야에서 이용될 수 있다.

본 연구에서는 워터마크를 삽입하는 과정 전에 삽입할 워터마크를 생성하는 과정이 추가된다. 이러한 과정을 통한 워터마크는 시각적으로 인식 가능한 패턴을 개인 ID로 암호화하는 것으로 볼 수 있으며, 이 개인 ID는 사용자 개인별로 지급될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 워터마킹 시스템에 암호화를 적용하여 개인 ID로 해독해야만 워터마크를 복원할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

## II. 비디오 영상에 적합한 워터마킹

### 2.1 워터마크의 암호화

V를  $V_1 \times V_2$  크기의 그레이 레벨인 원 동영상 프레임이라 하고, W를  $W_1 \times W_2$  크기의 2진 레벨인 워터마크이라고 하면, 원 동영상 프레임 V와 워터마크 W는 각각 식 (1)과 식 (2)와 같이 쓸 수 있다.

$$V = \{v(x, y) \mid 0 \leq x < V_1, 0 \leq y < V_2\} \quad (1)$$

$$W = \{w(x, y) \mid 0 \leq x < W_1, 0 \leq y < W_2\} \quad (2)$$

여기서  $v(x, y) \in \{0, \dots, 2^L - 1\}$ 는 화소  $v(x, y)$ 의 세기(intensity)이고, L은 각 화소에서 사용되는 비트의 수이며,  $w(x, y) \in \{0, 1\}$ 이다.

저작권자의 개인 ID는 2진수로 구성된 벡터나 행렬이 될 수 있으며, 2진 영상으로도 볼 수 있다. 저작권자의 개인 ID는 식 (3)과 같이 정의한다.

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

워터마크 W로부터 원 동영상 프레임 V에 삽입할 암호화된 워터마크  $W_p$ 를 생성한다. 암호화된 워터마크  $W_p$ 의 생성은 워터마크 W를 개인 ID로 부호화(encode) 시키는 것이다. 암호화된 워터마크  $W_p$ 는 다음 식 (4)와 같이 쓸 수 있다.

$$W_{p(k)} = w(x, y) \times ID, \quad 0 \leq k < \lfloor V_1 V_2 / I_1 I_2 \rfloor, \\ 0 \leq x < W_1, \quad 0 \leq y < W_2 \quad (4)$$

### 2.2 워터마크 삽입 방법

암호화된 워터마크  $W_p$ 는 FFT를 사용하여 주파수 영역에서 원 동영상 프레임 V에 삽입된다[1-2]. 암호화된 워터마크  $W_p$ 를 원 동영상 프레임 V의 각 주파수 성분에 삽입하는 과정은 다음과 같다.

$$F_{V+W_p} = F_V + \alpha \cdot F_{W_p} \quad (5)$$

여기서  $F_V$ 는 원 동영상 프레임 V의 주파수 성분들,  $F_{W_p}$ 는 암호화된 워터마크  $W_p$ 의 주파수 성분들,  $F_V + W_p$ 는 암호화된 워터마크  $W_p$ 의 주파수 성분들을 원 동영상 프레임 V의 주파수 성분들에 삽입한 주파수 성분들을 나타내며,  $\alpha$ 는 상수값으로 일반적으로 1보다 작은 값이 된다. FFT 변환한 워터마크  $F_{W_p}$ 를 FFT 변환한 원 동영상 프레임 V에 삽입한 다음, IFFT를 수행하면 워터마크가 삽입된 영상이 생성된다[1-2].

### 2.3 워터마크 해독 및 복원 방법

디지털 영상들은 손쉽게 위·변조, 불법 복제 및 유포 등이 될 수 있다. 또한 각 프레임을 저장하여 영상 변형과 같은 영상처리에 노출되어 있으며 방송일 경우에는 임펄스 잡음에 의한 영향을 받게 된다. 이러한 불법행위와 더불어 영상처리 및 잡음으로 인해 변형된 동영상을  $V_a$ 라 가정할 경우, 워터마크를 복원하기 위해서는 간단히  $V_a$ 의 주파수 성분들과 원 동영상 프레임 V의 주파수 성분들간의 차이를 구하면 된다. 다음으로 검출된 워터마크는 개인 ID를 사용해 해독해야만 한다. 해독 과정은 암호화 과정의 역과정으로 식 (6)과 같이

쓸 수 있으며, 워터마크 영상의 복원은 상관기와 판단 회로를 사용함으로써 수행된다[1-2].

$$\hat{w}(x, y) = \sum IFFT\{F_{w_{d(k)}} \times ID^T\},$$

$$k=0, \dots, \lfloor V_1 V_2 / W_1 W_2 \rfloor - 1 \quad (6)$$

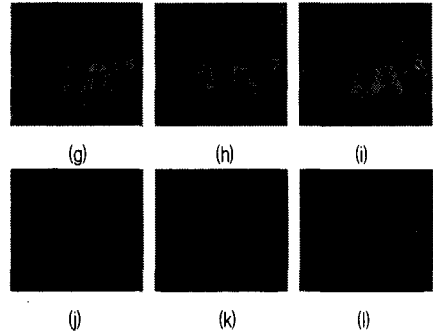
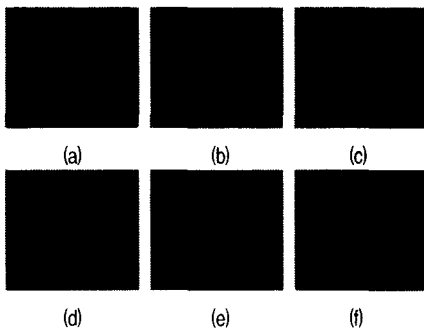
여기서  $\hat{w}(x, y)$ 는 복원된 워터마크의 한 화소값을 나타내고 T는 전치(transpose)를 나타낸다.

저작권자의 개인 ID로 복원된 워터마크  $\hat{w}$ 가 삽입 전의 워터마크  $w$ 와 일치하는 정도를 식 (7)과 같이 복원율로 나타내었다.

$$\text{복원율} = \frac{\text{동일 화소의 수}}{\text{전체 화소의 수}} \times 100 \quad (7)$$

### III. 제안한 워터마킹 기법의 성능분석

제안한 워터마킹 기법을 바탕으로 표준 동영상은 352×288 크기의 Alex를 실험 영상으로 선택하였다. 그림 4는 실험 영상으로 108개의 동영상 프레임으로 구성된 Alex의 동영상 프레임 중 1, 20, 40, 60, 80, 100번째 프레임들과 워터마크 및 워터마크가 삽입된 동영상 프레임들을 나타낸다. 그림 1에는 동영상 프레임에 삽입한 32×32 크기의 워터마크를 원 크기로 나타내었다. 워터마크가 삽입으로 인한 화질저하를 살펴보기 위하여 동영상 각 프레임의 PSNR을 구한 결과, 98.21 dB로 모두 동일하였다. 이것은 각 동영상 프레임에 삽입된 워터마크의 양이 같기 때문이다.



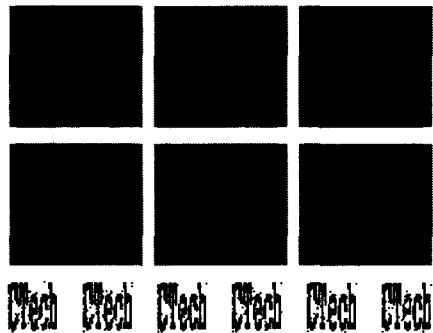
(a)~(f) 원 동영상 프레임  
(g)~(l) 워터마크가 삽입된 동영상 프레임

▶▶ 그림 1. 실험 동영상 프레임



▶▶ 그림 2. 워터마크

제안된 동영상 워터마킹 기법의 강인성을 평가하기 위하여, 영상 처리나 고의적인 왜곡을 통해 손상된 영상들에 대해 실험하였다. 그림 3은 동영상의 크기를 줄여서 손쉽게 불법유통 시킬 수 있기 때문에, 선택한 동영상 프레임들을 원 크기의 25%로 축소한 경우와 이로부터 복원된 워터마크를 나타낸다.



▶▶ 그림 3. 축소된 동영상 프레임과 복원된 워터마크

동영상의 각 프레임을 추출하여 45도 회전시킨 경우와 이로부터 복원된 워터마크들은 그림 4에 나타내었다.



(a) 동영상의 1번째 프레임 (b) 동영상의 20번째 프레임



(c) 동영상의 40번째 프레임 (d) 동영상의 60번째 프레임



(e) 동영상의 80번째 프레임 (f) 동영상의 100번째 프레임

▶▶ 그림 4. 45도 회전시킨 동영상 프레임들과 복원된 워터마크

방송은 전송채널의 특성으로 인하여 임펄스 잡음의 영향을 받게 된다. 따라서, 임펄스 잡음이 첨가된 동영상 각 프레임으로부터 워터마크를 복원할 필요가 있다. 그림 8은 임펄스 잡음 전력밀도가 0.01일 경우와 이로부터 복원된 워터마크를 나타낸다. 임펄스 잡음 전력밀도가 0.01의 경우는 일반적인 임펄스 잡음이 첨가된 경우를 나타낸다. 그림으로부터 알 수 있듯이 각 동영상 프레임으로부터 워터마크는 100% 모두 복원되었다.



(a) 동영상의 1번째 프레임 (b) 동영상의 20번째 프레임



(c) 동영상의 40번째 프레임 (d) 동영상의 60번째 프레임



(e) 동영상의 80번째 프레임 (f) 동영상의 100번째 프레임

▶▶ 그림 5. 임펄스 잡음이 첨가된 동영상 프레임들과 복원된 워터마크(0.01)

#### IV. 결론

본 논문에서 제안한 비디오 워터마킹 기법은 워터마크 삽입된 경우 각 프레임의 PSNR이 98.21 dB로 비가시성이 우수하며, FFT 방식을 사용하기 때문에 각 프레임의 워터마크를 실시간으로 복원할 수 있다는 것을 알 수 있다. 또한 영상처리로 인한 변형에도 워터마크의 복원 능력이 우수하고 특히 방송상에서 발생할 수 있는 임펄스 잡음에 강인하다는 장점을 가지고 있다. 더불어 광고뿐 아니라 TV 프로그램에도 이러한 워터마킹 기법을 이용하여 계약대로 방송되고 있는지 및 프로그램의 지적 재산권도 보호받을 수 있다. 따라서, 제안한 시스템은 저작권 정보를 나타내는 워터마크로 자신의 소유권을 증명하여 저작권의 보호를 받을 수 있다. 또한 인터넷상에서의 불법 복제, 유통 등의 행위에 대처할 수 있을 뿐만 아니라 불법 복제 및 유통이 발생 시 개인 ID를 추적하여 불법 복제 및 유통의 원천지를 찾아 불법 복제 및 유통자를 찾을 수 있으며 예방도 가능하다.

#### ■ 참고문헌 ■

- [1] 박영, 이주신 "저작권보호를 위한 새로운 DM/SS 워터마킹 기법", 한국통신학회논문지, 제 26권, 제 10B호, pp.1428-1435, 2001.
- [2] 박영, 이주신 "직접행렬 대역확산 방식을 이용하는 효과적인 이미지 워터마킹", 한국정보처리학회논문지, 제 8-권 제 3호, pp.305-310, 2001.
- [3] 박영, 이주신 "대역확산 기술을 이용한 디지털 워터마킹", 한국정보처리학회 춘계학술발표논문집, 제 8권 제 1호, pp.901-910, 2001.
- [4] 박영, 김윤호, 이주신 "임펄스 잡음에 강인한 디지털 워터마킹 기법", 제 13회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표논문집, pp.85-55, 2001.
- [5] Y. Park, H. R. Kim and J. S. Lee, "Effective hybrid digital watermarking scheme using direct sequence-spread spectrum method," in Proc. of IEEE Int. Conf. Telecommunications (ICT), vol. 3, pp. 500-503, June 2001.