

워터마크 정보 은닉의 최적화 알고리즘

(Optimization Algorithm for Watermarking Information Hiding)

허덕규, 이인정
호서대학교, 컴퓨터학부

멀티미디어 데이터의 저작권 보호를 위한 방법으로 많이 사용하는 워터마킹 방법의 문제점인 워터마킹 정보의 삽입과 추출에 있어서 발생하는 원 데이터의 변형, 왜곡을 방지하며 워터마크 정보 추출의 최대화를 위해 삽입되는 정보의 양을 결정하는 scaling 파라메타 최적화하는 알고리즘을 제시하였다.

1. 서론

전자 암호(Digital watermarking) 기술은 영상 및 음악 등 디지털 콘텐츠에 일정 형태의 정보를 제 3자가 알 수 없도록 숨겨놓는 기술이다. 이 기술은 저작권용으로 개발하고 있으며 현재 일부 상용화가 활발히 진행되고 있다. 콘텐츠에 저작권자에 관한 ID정보 등을 삽입해 두면 불법적인 복제와 유통시 저작권을 주장할 수 있는 강력한 수단이 되기 때문이다.

그러나 워터마크를 삽입하는 데 있어서 다음과 같은 것들이 있다. 첫째, 많은 양의 데이터를 워터마크로 삽입하게 되면 원 이미지가 깨어지는 현상이 생기고, 이와 반대로 적은 양의 데이터를 워터마크로 삽입하면 워터마크 추출에 문제점이 있다. 둘째, 각종 이미지 및 오디오의 디지털 조작(JPEG압축, MP3 압축 등)에 의하여 삽입된 워터마크의 손상되면 워터마크를 추출하여 저작권을 주장하는데 문제점이 있기 때문에 이를 원본에 가깝게 복원하는 기술이 절대적으로 필요하다.[1,2,4]

따라서 본 논문에서는 워터마크 삽입 시 워터마크의 데이터 양을 조절할 수 있도록 하는 scaling 파라미터를 최적화 하는 알고리즘을 제안하였다. 즉, 워터마크의 삽입과 추출의 경우 원 영상이나 오디오의 손상을 최소화하면서 워터마크 데이터의 은닉을 최대화 할 수 있도록 scaling 파라미터의 최적화 알고리즘을 말한다. 또한 원 데이터의 변형 및 왜곡에 의하여 삽입된 워터마크의 손실이 있을 경우 원래의 워터

마크의 정보를 복원하는 알고리즘이다.[5,6,7]

이러한 최적화 된 scaling 파라미터와 워터마크의 복원을 최대화하기 위하여서 원 데이터와 워터마크 데이터의 특징을 분석하고 손상한계에 대한 통계량을 산출하여 이 산출된 손상한계를 이용하여 최적의 scaling 파라미터를 유도하는 알고리즘을 말한다. 또한 워터마크 데이터 추출 시 워터마크 정보화 추출을 최대화하기 위해서는 왜곡한계의 범위 안에서 최적의 양자화 방법을 제안하려고 한다.

2. Watermarking

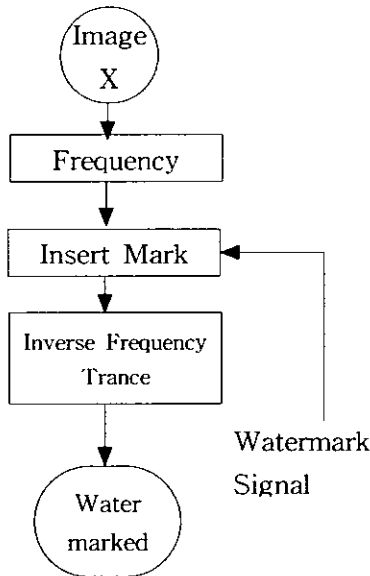
전자암호(Digital watermarking) 기술은 영상 및 음악 등 디지털 콘텐츠에 일정 형태의 정보를 제 3자가 알 수 없도록 숨겨놓는 기술이다. 이 기술은 저작권 보호 차원에서 개발이 진행된 것으로 콘텐츠에 저작권자에 관한 ID정보 등을 삽입해 두면 부정으로 사용할 경우 저작권 침해를 주장할 수 있는 강력한 수단이 되기 때문이다.

2.1 주파수 영역의 워터마킹

워터마크 기술은 크게 공간 영역(spatial domain)에서의 워터마크 삽입 기술과 주파수 영역(frequency domain)에서의 워터마크 삽입 기술로 나눌 수가 있는데 두 방법 중 주파수 영역에서의 marking 기술이 제 3자로 하여금 영상의 왜곡이나 변형에 보다 강력하기 때문에 이 방법을 주로 사용한다. [그림-1]은 주파수

영역에서의 워터마킹 절차를 나타내고 있다.

[그림-1]에서 워터마크를 삽입하는 데 있어서 많은 양의 데이터로 워터마크를 삽입하면 원 이미지의 왜곡이 일어나는 문제점이 있고, 적은 양의 데이터로 워터마크를 삽입을 하면 워터마크 추출에 문제점이 있다.



[그림-1] 주파수 영역에서의 watermarking 알고리즘

또한 각종 이미지 및 오디오의 변형(JPEG압축, MP3 등), 왜곡 등에 의하여 삽입된 워터마크의 손실이 발생하여 워터마크를 추출하는 데 문제점이 있는 관계로 이를 복원하는 기술이 절대적으로 필요하다.

2.2 Scaling 파라미터

본 논문에서는 다음과 같은 워터마크 삽입 시 워터마크의 데이터 양을 조절할 수 있는 파라미터로써 scaling 파라미터가 있는 데 원 영상의 이미지의 왜곡 현상을 최소화하면서 워터마크 데이터의 은닉을 최대화 할 수 있도록 scaling 파라미터의 최적화 알고리즘을 개발하는 데 있다.

또한 원 데이터의 변형 및 왜곡에 의하여 삽입된 워터마크의 손실이 있을 경우 원래의 워터마크의 정보를 복원하는 알고리즘을 개발하는 데 있다.

2.3. Cox 방법

watermarking을 삽입하는 데 있어서 여러 방법이 제안되고 있으나 그 중에서 가장 널리 사용되고 있는 Cox의 방법은 다음과 같은 방법으로 watermark를 삽입하였다.[2]

$$v'_i = v_i + \alpha x_i$$

$$v'_i = v_i(1 + \alpha x_i)$$

$$v'_i = v_i(e^{\alpha x_i})$$

(식 1)

여기서, $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$:

원 이미지를 DCT 또는 FFT로 변형한 값[3].

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

watermarking sequence $\sim N(0, 1)$

$$V' = \{v'_1, v'_2, \dots, v'_n\}$$

: adjusted sequence

α : scaling parameter

위의 (식 1)에서 scaling parameter α 의 값을 결정하는 데 있어서 다음과 같은 최적화 알고리즘이 필요하다.

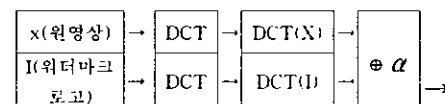
첫째, 원본 데이터(이미지, 오디오)의 품질을 유지하면서 워터마크 데이터의 은닉 최적화.

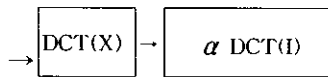
둘째, 압축(JPEG, MPEG, MP3), 필터링(low pass, high pass, median filtering)된 워터마크 데이터 추출 시 워터마크 정보 추출의 최대화.

3 연구 결과

본 연구에서의 결과는 다음과 같은 세 가지이다.

첫째 워터마크 은닉 최대화를 위한 scaling 파라미터 최적화





복원 → $\boxed{\text{DCT}^{-1}}$ → DCT

$$\text{DCT}^{-1}(\text{DCT}(X) + \alpha \text{DCT}(I))$$

$$\rightarrow X + \text{DCT}^{-1}(\alpha \text{DCT}(I)) =$$

Y(삽입된 영상)

DETECT:

$$Y - X = \alpha \text{DCT}^{-1}(\text{DCT}(I))$$

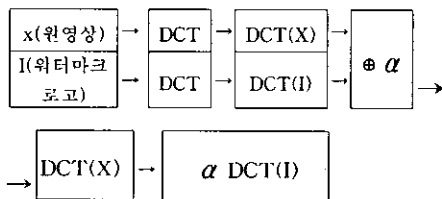
$0 < \alpha |\text{DCT}^{-1}(\text{DCT}(I))| \leq$ 왜곡한계(통계량에 의하여 결정)

$$\alpha \leq \text{왜곡한계} / |\text{DCT}^{-1}(\text{DCT}(I))|$$

optimize한

$$\alpha = \text{왜곡한계} / |\text{DCT}^{-1}(\text{DCT}(I))|$$

둘째, 워터마크 데이터 추출 시 워터마크 정보화 추출의 최대화



→ 양자화(Q) →

$$Q(\text{DCT}(X) + \alpha \text{DCT}(I))$$

→ $\boxed{\text{허프만코드화(H)}}$ →

$H(Q(\text{DCT}(X) + \alpha \text{DCT}(I)))$ → 코드화 된 영상

복원 → $\boxed{\text{역허프만}}$ H^{-1}

$$\rightarrow H^{-1}(H(Q(\text{DCT}(X) + \alpha \text{DCT}(I))))$$

→ Q^{-1} (역양자화) →

$$Q^{-1}(Q(\text{DCT}(X) + \alpha \text{DCT}(I)))$$

$$= Q^{-1}(Q(\text{DCT}(X)) + Q(\alpha \text{DCT}(I)))$$

$$= Q^{-1}(Q(\text{DCT}(X))) + Q^{-1}(Q(\alpha \text{DCT}(I)))$$

$$= \text{DCT}(X) + Q^{-1}(Q(\alpha \text{DCT}(I)))$$

$$= \text{DCT}^{-1}(\text{DCT}(X)) +$$

$$\text{DCT}^{-1}(Q^{-1}(Q(\alpha \text{DCT}(I))))$$

$$= X + \text{DCT}^{-1}$$

$$(Q^{-1}(Q(\alpha \text{DCT}(I)))) = Y$$

$$Y - X = \text{DCT}^{-1}$$

$$(Q^{-1}(Q(\alpha \text{DCT}(I))))$$

$$|\text{DCT}^{-1}(Q^{-1}(Q(\alpha \text{DCT}(I))))|$$

≤ 왜곡한계 --- ①

양자화 방법에 따라

$Q^{-1}(Q(\alpha \text{DCT}(I)))$ 항의 α 값 변화요인이 선형

적이지 못하므로

$$Q^{-1}(Q(\alpha \text{DCT}(I))) \geq$$

$$\alpha \cdot Q^{-1}Q(\text{DCT}(I))$$

α 를 찾고 이 식을 ①식에 대입하여

$\alpha |\text{DCT}^{-1}(Q^{-1}(Q(\text{DCT}(I))))| \leq$ 왜곡한계

$\alpha \approx \alpha$ 라 보면

최적 $\alpha =$ 왜곡한계 /

$$|\text{DCT}^{-1}(Q^{-1}(Q(\text{DCT}(I))))|$$

셋째, 원 워터마크 정보의 복원

1) 양자화를 할 경우

위 식 중 $Q^{-1}(Q(aDCT(I)))$ 값이 $aDCT(I)$ 값으로 살아 있도록,

즉 $Q^{-1}Q(aDCT(I)) \approx aDCT(I)$ 가 되도록 양자화 한 후 ①을 적용

2) 양자화를 하지 않을 경우

$aDCT^{-1}(DCT(I))$ 에서

$|DCT^{-1}(DCT(I))|$ 을 극대화하도록 함.

[참고문헌]

Hiding,

- [1] I. Cox et al. "Secure spread spectrum watermarking for multi-media," IEEE Trans. On Image Processing, vol.6, no. 12, pp 1673-1687, Dec.1997.
- [2] I.J. Cox, J. Kallian, T. Leighton, T. Shamoon, "A Secure, Robust Watermark for Multimedia," Workshop on Information Hiding, Newton Institute, Univ. of Cambridge, May, 1996.
- [3] Brain et al., "DCT-domain system for robust image watermarking," Signal Processing.
- [4] J. Fridrich, "On Digital Watermarks," <http://ssie.binghamton.edu/~jirif/resume.html>
- [5] J. Zhao, E. Koch, "Embedding Robust Labels into Images for Copyright Protection," Proc. of the International Congress on Intellectual Property Rights for Specialize Information, Knowledge and New Technologies, Vienna, Austria, Aug. 1995.
- [6] G. Caronni, "Assuring Ownership Rights for Digital Images," Proc. of Reliable IT Systems, VIS '95, Viewing Publishing Co., Germany, 1995.
- [7] I.J. Cox, J. Kallian, T. Leighton, T. Shamoon, "A Secure, Robust Watermark for Multimedia," Workshop on Information Newton Institute, Univ. of Cambridge, May, 1996.