

기하학적인 변형에 강건한 워터마킹 기법

이나영⁰ 김계영 최형일
승실대학교 컴퓨터학과

white⁰@vision.soongsil.ac.kr, {gykim, hic}@computing.soongsil.ac.kr

Robust Watermarking Technique in Geometric Distortion

Na-Young Lee⁰, Gae-Young Kim, Hyung-II Choi
Dept. of Computing, SoongSil University

요 약

일반적으로 디지털 영상에 대한 기존 워터마킹 기법은 기하학적인 왜곡에 취약하다. 본 논문에서는 기하학적인 왜곡에 강건한 워터마킹 기법을 제안한다. 워터마킹 기법은 워터마크의 생성단계, 워터마크 삽입단계, 워터마크 추출 단계로 구성된다. 워터마크 생성단계에서는 시각적으로 구별이 가능한 그레이 영상을 워터마크로 사용하며, 워터마크 삽입 단계에서는 원 영상을 콤플렉스 웨이블릿 변환하여 위상 정보에 워터마크를 삽입한다. 그리고 워터마크 추출 단계에서는 워터마크된 영상으로부터 계층적으로 워터마크를 추출하여 자기 상관관계 비교에 의해 워터마크를 추출한다. 실험 결과를 통하여 이동, 크기 변환, 회전과 같은 기하학적인 변형에도 워터마크가 추출되는 것을 볼 수 있다.

1. 서 론

최근 멀티미디어의 눈부신 발전으로 컴퓨터 네트워크를 이용한 디지털 데이터의 전송이 쉽게 가능하여 폭발적인 수요를 보이고 있다. 그러나 멀티미디어 콘텐츠의 복사와 변형이 용이하고 원본과 복사본의 차이가 사라짐에 따라 저작권 문제가 크게 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 현재 가장 많이 주목받는 것이 디지털 워터마크 기술이다. 디지털 워터마킹이란 멀티미디어 콘텐츠에 저작자의 서명이나 저작자임을 입증할 수 있는 정보(watermark)를 삽입하여 추후 저작권에 관한 논란이 일어났을 경우 저작권 정보를 추출하여 저작권 문제를 해결하는 방법[5,6,7]이다.

워터마킹 기법은 크게 공간 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법과 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법으로 나눌 수 있다. 공간 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법은 잡음이나 영상처리 기법에 의하여 워터마크가 손실될 위험부담이 크기 때문에 최근에는 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법이 활발히 연구되고 있다 [1,2,3,4,7]. 주파수 영역에서 워터마크를 삽입하는 방법은 디지털 데이터에 DCT(Discrete Cosine Transform), FFT(Fast Fourier Transform), WT(Wavelet Transform)등을 적용하여 변환된 주파수 영역에 워터마크를 삽입하는 방법이다. 영상 데이터를 주파수 형태로 변형했을 때 가질 수 있는 통신 채널이라고 가정한다면, 워터마크는 그 통신 채널로 통과하는 신호라고 볼 수 있다. 그 신호가 잡음, 필터링, 압축전송 등에 영향을 받지 않고 효과적으로 전송이 될 수 있도록 대역확산통신(spread spectrum communication)방식을 도입한다. 특정 주파수 대역의 에너지를 감지할 수 없을 정도로 작지만

주파수의 위치와 변화량을 알고 있는 소유권자에 의해 산재해 있는 주파수 성분을 모으면 높은 신호 대 잡음비(signal to noise ratio)로 신호를 검출할 수 있다. 워터마크를 영상이 갖고 있는 여러 주파수 영역으로 확산시킴으로써 특정 주파수 대역의 에너지는 감지하기 어렵게 한다[2].

웨이블릿 변환은 다해상도 특성과 시간 및 주파수 동시 해석이 가능하기 때문에 워터마킹 기법에서 가장 많이 사용된다. 일반적으로 이산 웨이블릿 변환을 웨이블릿 변환이라 부르며 이는 이동에 매우 취약하다. 따라서 웨이블릿 변환을 사용하여 워터마크된 영상을 이동할 경우 삽입된 워터마크 위치가 이동하여 정확한 워터마크 추출이 어렵다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 보완하여 이동, 크기 변환, 회전과 같은 기하학적인 변형에 강건한 워터마킹 기법을 제안한다. 본 논문의 구성은 2절에서 제안된 워터마킹 기법에 대해 기술하며, 3절에서는 실험결과를 통하여 제안한 기법이 기하학적인 변형에 강건함을 증명하고 끝으로 4절에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대하여 기술한다.

2. 제안한 워터마킹 알고리즘

본 논문에서는 시각적으로 구별이 가능한 그레이 영상을 워터마크로 사용한다. 일반적으로 영상을 주파수 영역으로 변환하면 대부분 중요한 정보가 저주파 영역에 집중된다. 따라서 워터마크로 사용하고자 하는 그레이 영상을 웨이블릿 변환하여 얻어진 저주파 정보만을 사용하므로 영상의 크기를 줄일 수 있으며 인위적인 공격에 강인하다. 만약 0과 1로 구성된 이진 영상을 워터마크로 사용할 경우 영상에 대한 패턴을 유추하기 쉬우므로 인

위적인 공격에 취약하다. 본 논문에서는 그레이 영상을 웨이블릿 변환하여 얻어진 계수 값을 워터마크로 사용함으로써 영상에 대한 패턴 유추가 어렵다.

그림 1은 그레이 영상을 웨이블릿 변환하였을 때 분해된 신호의 특성에 따른 웨이블릿 영상을 보여준다. 분해된 웨이블릿 영상 중에서 좌측상단에 있는 저주파 영역의 정보만을 사용하여 워터마크를 생성한다.

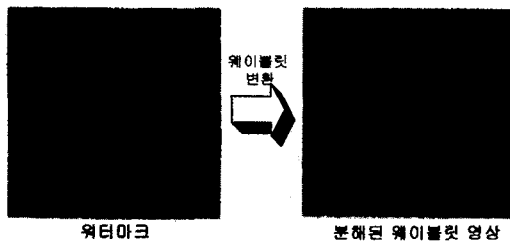


그림 1. 그레이 영상의 웨이블릿 변환

2.1 워터마크 삽입과정

웨이블릿 변환은 다해상도 특성과 시간 주파수 동시 해석이 가능하기 때문에 저작권 보호를 위한 워터마크 기법에 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 웨이블릿 변환은 이동에 취약하기 때문에 웨이블릿 변환으로 워터마크된 영상을 이동할 경우 이동되기 전에 삽입한 워터마크 위치와 이동후의 워터마크 위치가 틀려져서 정확한 워터마크 추출이 불가능하다. 이러한 기존 방법의 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 콤플렉스 웨이블릿 변환을 사용하여 위상 성분에 워터마크를 삽입함으로써 이동, 크기 변환, 회전과 같은 기하학적인 변형에도 워터마크 추출이 가능하다. 기하학적인 변형에 강건하도록 워터마크 삽입 시 이동, 크기 변환, 회전에 대한 각각의 파라미터 $(i_0, j_0), \sigma, \theta$ 를 설정한다. 식 (1)에서 $w(x, y)$ 는 워터마크이며 α_k 는 각 레벨마다 워터마크의 크기를 조절하기 위한 파라메타이다.

$$f'_k(i, j) = \tilde{f}_k(i, j) + \alpha_k \cdot w(x, y) \tag{1}$$

$$\tilde{f}_k(i, j) = f_k(\sigma(i \cdot \cos\theta + j \cdot \sin\theta) - i_0, \sigma(-i \cdot \sin\theta + j \cdot \cos\theta) - j_0)$$

where $\tilde{f}_k(i, j) > T_k, T_k = \frac{1}{MN} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M f_k(i, j)$

그리고 $\tilde{f}_k(i, j)$ 는 원 영상의 콤플렉스 웨이블릿 변환 계수 중 위상 정보로 이동, 크기변환, 회전에 대한 각각의 파라메터를 가지고 있으며 T_k 는 k레벨에서의 임계값이다.

2.2 워터마크 추출과정

기존 방법에서는 워터마크된 영상으로부터 삽입된 모든 워터마크를 추출하여 원 워터마크와 상관관계를 비교하는 방식으로 워터마크 추출시 많은 계산 양을 필요로 한다. 본 논문에서는 워터마크된 영상으로부터 계층적으로 워터마크를 추출하여 원 워터마크와 상관관계를 비교하므로 시간 복잡도를 개선하였다.

식 (2)에서 $w(x, y)$ 는 원 영상으로부터 추출된 워터마크이며 $w'(x, y)$ 는 원 워터마크이다. 그리고 $Corr$ 은 임계값으로 각 레벨마다 임계값을 다르게 설정하여 다중 임계값을 사용한다.

$$C_{corr} = \frac{\sum_y \sum_x w(x, y) \cdot w'(x, y)}{\sum_y \sum_x [w(x, y)]^2} \tag{2}$$

$$w'(x, y) = \frac{f'_k(i, j) - \tilde{f}_k(i, j)}{\alpha_k}$$

where $LT_k < Corr < HT_k$

그림 2에서는 본 논문에서 제안한 워터마크 추출 구조도를 보여준다.

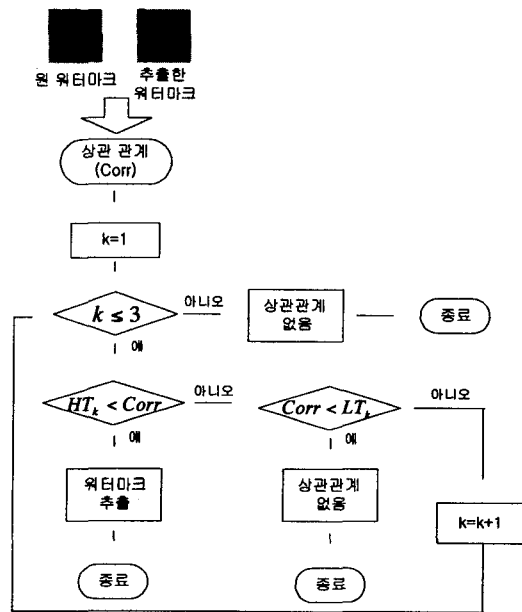


그림 2. 워터마크 추출 구조도

3. 실험 및 결과

실험을 위해서 사용한 컴퓨터는 인텔사의 PentiumIII 1GHz이고, 운영 체제는 마이크로소프트사의 윈도우 XP를 사용하였으며 컴파일러는 VC++6.0을 사용하였다. 실험 영상으로 사용된 원 영상의 크기는 512×512이며 워터마크로 사용된 그레이 영상의 크기는 32×32인 영상을 사용하였다.

그림 3에서는 워터마크된 영상에 다양한 공격을 하기 위하여 블러링 효과와 잡음 첨가, 우측 아래로 이동 그리고 축소하여 45도 회전하였다.

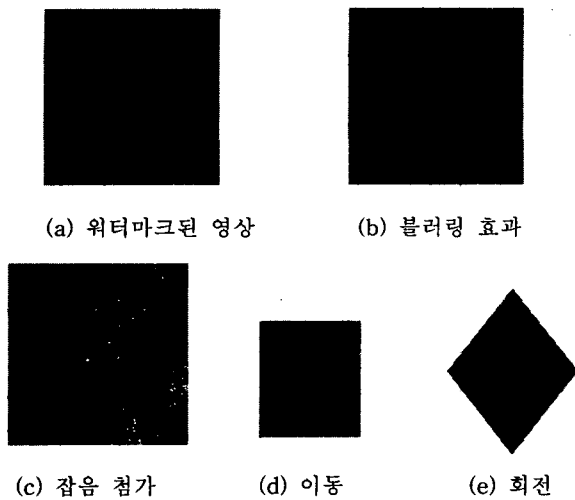


그림 3. 워터마크된 영상에 다양한 공격

그림 4에서는 워터마크된 영상에 그림 3과 같이 다양한 공격 후에도 워터마크가 추출되는지 보여준다. 그레이 영상을 워터마크로 사용하였기 때문에 시각적으로 식별이 가능한 것을 알 수 있다.

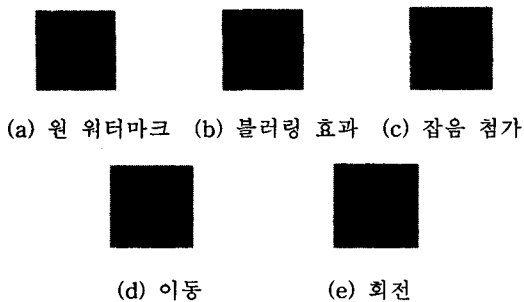


그림 4. 워터마크 추출 결과

실험결과를 통하여 제안한 기법이 기하학적인 변형 후에도 워터마크 추출이 가능함을 볼 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 기하학적인 변형에 강건한 워터마킹 기법을 제안하였다. 원 영상을 콤플렉스 웨이블릿 변환하여 위상 정보에 워터마크를 삽입함으로써 이동, 크기 변환, 회전과 같은 기하학적인 변형에 강건하며 워터마크된 영상으로부터 워터마크 추출시 계층적으로 상관관계를 비교하기 때문에 시간 복잡도를 개선하였다.

향후 연구 과제로는 동영상과 오디오에도 적용 할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

Acknowledgement

본 논문은 첨단기술정보연구센터(AiTrc)를 통하여 과학재단의 일부를 지원 받았음.

참 고 문 헌

[1] A.Piva, M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, "DCT-based watermark recovering without resorting to the uncorrupted original image," Proceedings of ICIP'97, Santa Barbara, CA, USA, Oct., 26-29, Vol. I, pp.520-523, 1997.

[2] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia", IEEE Trans. on Image Processing, 6, 12, pp.1673-1687, 1997.

[3] J. J. K. O' Ruanaidh, W. J. Dowling, F. M. Boland, "Watermarking digital images for copyright protection", IEEE Proceedings on Vision, Image and Signal Processing, 143(4), pp.250-269, Aug., 1996.

[4] J. J. K. O' Ruanaidh, T. Pun, "Rotation, Scale and Translation Invariant Digital Image Watermarking", Proceedings of ICIP'97, Santa Barbara, CA, USA, Oct., 26-29, Vol. I, pp. 536-539, 1997.

[5] 오황석, 백윤주, 이홍규, "영상에 적응적인 디지털 워터마킹 시스템", 한국정보과학회, 봄 학술발표논문집, 1999, 4.

[6] 이나영, 전영민, 김계영, 최형일, "멀티미디어 콘텐츠 저작권 보호를 위한 워터마킹", 한국정보처리학회 춘계 학술발표논문집, 2001, 4.

[7] 이나영, "기하학적인 변형에 강건한 워터마킹 기법과 디지털 영상의 인증", 숭실대학교 석사학위 청구논문, 2002, 8.