

윤곽선을 이용한 강인한 디지털 워터마크 생성 방법에 관한 연구

강영창*, 김선형**

*가천길대학 전산정보처리과

**순천향대학교 정보통신공학과

e-mail :yckang@gcgc.ac.kr

A Study on a Robust Digital Watermark Generation Method Using the Edge of Images

Young-Chang Kang*, Sun-Hyung Kim**

*Dept of Electronic Computer Information, Gachongil College

**Dept of Information & Communication, Soonchunhyang Univ.

요약

본 논문은 영상처리의 전처리 과정에서 많이 쓰이는 윤곽선 추출 알고리즘을 이용하여 각종 공격에 강인한 디지털 워터마크 기법을 제안한다. 윤곽선은 영상의 특징을 결정하는 중요한 요소이기 때문에 이를 워터마크 시퀀스로 이용함으로써 기존 가우시안 랜덤 시퀀스나 의사 랜덤 시퀀스 보다 더 효과적인 시퀀스를 생성할 수 있다. 이를 증명하기 위해 다양한 공격 형태를 가지고 실험해 봄으로써 제안한 방법의 타당성을 검증한다.

1.서론

컴퓨터와 통신의 급속한 발전은 일상 생활에 커다란 변화를 가져오고 있다. 최근의 시대를 멀티미디어(multimedia) 시대, 정보화 사회 및 정보 고속도로 등으로 부르고 있는데 우리는 이를 통칭하여 디지털(digital) 시대라고 말한다. 컴퓨터의 발달과 더불어 통신의 발전은 지식정보화 사회를 현실로 다가서게 하였다. 특히 디지털 형식의 데이터는 쉽게 수정,복사 등을 할 수 있기 때문에 원본, 복사본, 수정본의 구분이 어렵다는 것이다. 이러한 문제는 지적 소유권, 전자상거래 등에서 정보보호의 필요성이 강력히 요구되어지고 있는 실정이다.

디지털 정보의 보호를 위해 적용 할 수 있는 방법은 암호화, 방화벽, 워터마크(watermark) 등 세 가지 방법이 제시되고 있으나 인터넷의 발달로 인하여 불특정 다수의 사람들에게 정보의 공개가 일반화되고 있는 추세이므로 정지영상(JPEG), 동영상(MPEG), 사운드(Sound) 등에 대하여는 특히 저작권을 삽입하는 워터마크 기술이 필요하게 되었다[1][4][5].

최근 다양한 방법의 워터마크 기술이 대두되고 있으나 아직 완벽한 해결책은 나오고 있지 않다[2].

본 논문에서는 주파수 영역에서의 워터마크 삽입을 위하여 Cox의 대역확산 기술[1]을 응용한 방법을 제안한다. 기존의 방법들은 워터마크로 가우시안 랜덤 시퀀스(Gaussian Random Sequence)나 의사 랜덤 시퀀스(Pseudo Random Sequence)를 사용하였으나, 본

논문에서는 영상의 특징을 결정짓는 가장 중요한 요소인 윤곽선을 이용하여 이를 워터마크 시퀀스로 사용함으로써 보다 특징있는 워터마크를 사용한다.

2.1 윤곽선 추출

영상의 특징을 결정짓는 가장 중요한 요소는 윤곽선이다[3].

윤곽선을 검출하기 위한 방법은 여러 가지가 있지만 미분연산자에 의한 밝기 값의 변화를 이용하여 찾아낸다. 미분연산자의 역할을 해주는 연산자가 마스크(mask) 연산자이다. 이것은 빠른 계산을 위한 효율적인 방법으로 알려져 있기 때문에 윤곽선 검출 시 대부분 마스크 연산자를 이용한다.

영상에서의 3×3 화소들이 다음과 같다면,

P_1	P_2	P_3
P_4	P_5	P_6
P_7	P_8	P_9

식(1)에 의하여 윤곽선의 화소값(PV)들을 구할 수 있다.

$$PV = P_1 Z_1 + P_2 Z_2 + \dots + P_9 Z_9$$

$$= \sum_{i=1}^9 P_i Z_i \quad \text{식(1)}$$

여기서, Z_1, Z_2, \dots, Z_9 는 마스크 연산자이다.

마스크 연산자중 가장 대표적인 연산자가 소벨(Sobel) 마스크 연산자이다. 이 연산자(3×3)는 그림 1과 같다.

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(a) x축

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

(b) y축

그림 1 소벨 마스크 연산자

그림 1에서 보는 것처럼 원 영상의 x축과 y축 각각에 마스크 연산을 수행하여 윤곽선을 검출하기 때문에 속도가 약간 느리며 시각적으로 매우 예민한 연산자이나 정확하게 윤곽선을 검출하는 것이 장점이다.

2.2 워터마크 생성 알고리즘

윤곽선의 에지(edge) 화소들을 워터마크 시퀀스로 사용한다.

워터마크 생성 과정은 그림 2의 단계로 이루어진다. 그림 2에서 G는 명도값, SG는 정렬된 명도값 그리고 W는 워터마크를 나타낸다.

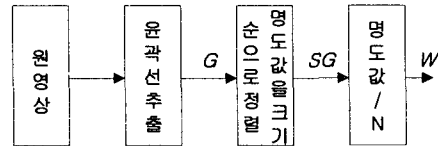


그림 2 워터마크 생성 알고리즘

윤곽선 추출 후 윤곽선을 이루고 있는 화소값을 가지고 워터마크로 이용한다. 윤곽선을 이루고 있는 화소들 중에는 명도값이 0~255 사이의 값들 중 255에 가까운 값들로 이루어져 있다. 이것을 크기순으로 정렬하고 이를 정수 N으로 나눈다. 크기순으로 정렬하는 이유는 큰 값들이 영상의 특징을 이루고 있고 이 값들을 우선적으로 워터마크로 이용하기 위해서이다. 그리고, 정수 N으로 나누는 이유는 명도값을 그대로 워터마크로 이용했을 경우 너무 큰 값이 되어 원영상을 훼손하기 때문이다.

따라서 N값을 적정하게 유지하는 것이 중요하다.

2.3 워터마크 삽입 및 검출

대역확산 기술에 의한 워터마크 삽입을 위해 원영상의 전체 크기에 대한 DCT를 수행한 후 DC 성분을 제외한 주파수 계수 중에서 가장 큰 약 1000개의 계수에 실수로 구성된 워터마크 시퀀스를 삽입한다. 전체적인 워터마크 삽입 및 검출 과정은 그림 3과 같다.

그림 3(a)에서 삽입하고자 하는 워터마크를 실수 $W = w_1, w_2, \dots, w_n$ 이라 하고, I는 워터마크를 삽입하고자 하는 원영상 그리고 $V = v_1, v_2, \dots, v_n$ 는 원영상의 선택된 주파수 성분들이다.

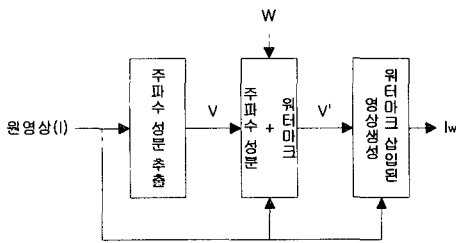
워터마크 W를 V에 삽입함으로써 V'을 얻을 수 있고, 워터마크가 포함된 영상 I_w 를 얻을 수 있다[4].

원영상에 워터마크를 삽입하는 방법은 다음 식(2)에 의하여 이루어진다.

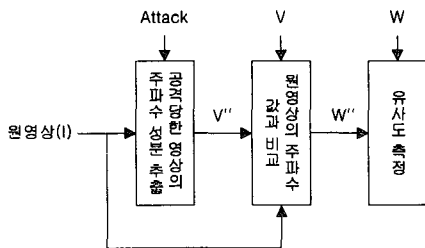
$$v_i' = v_i(1 + \alpha; w_i) \quad \text{식(2)}$$

여기서 α 는 스케일(scale) 변수이며 워터마크 w 를 v 에 삽입함으로써 v' 을 얻을 수 있다. 스케일 변수는 원영상의 주파수 크기에 따라 적절한 값을 사용함으로써 원영상의 화질 저하를 막고 워터마크 검출시 정확하게 검출될 수 있도록 한다.

그림 3(b)는 워터마크 검출과정을 나타내는데 Attack은 고의적 공격이나 신호처리 과정을 거친 변화된 영상을 의미한다.



(a) 워터마크 삽입과정



(b) 워터마크 검출과정

그림 3 워터마크 삽입 및 검출과정

워터마크를 검출하기 위해서는 공격당한 영상의 주파수값 V'' 을 추출한 후 원영상의 주파수 성분인 V 와 비교하여 그 차(W'')를 구한다. W 와 W'' 의 유사도(similarity)를 구함으로써 워터마크의 유효성을 측정한다. 유사도는 식(3)에 의하여 구한다.

$$Sim(w, w'') = \frac{w'' \times w}{\sqrt{w'' \times w''}} \quad \text{식(3)}$$

유사도 값이 임계값(=6)보다 크게되면 두 워터마크가 동일한 것으로 인정되어 영상의 유효성이 입증된다. 그러나, 만일 임계값보다 적게되면 유효하지 않은 영상으로 판별한다.

3. 실험 결과

본 논문에서 제안한 워터마크를 이용했을 경우 각종 공격에 강인한지를 실험하고 기존의 방법에 비하여 효과적인지를 실험하였다.

실험에 사용된 영상은 256×256 크기의 레나(lena) 영상이고 스케일 변수 $\alpha=0.1$, $N=128$ 이다.

워터마크에 대한 강인성을 보이기 위하여 각종 공격에 대한 실험을 진행하였다. 공격 형태중 잡음은 워터마크가 삽입된 영상에 잡음을 추가한 영상, 압축은 1/10으로 JPEG 압축한 영상, 공모(collision)는 5개의 다른 워터마크를 영상에 각각 삽입하고 평균을 구한 후 만든 단일 영상, 절단(clipping)은 워터마크가 삽입된 영상의 중앙을 절단하여 원영상의 중앙에 삽입한 영상 그리고 축소/확대는 워터마크가 삽입된 영상을 50%로 축소 후 다시 원래 크기로 확대한 영상이다.


먼저 워터마크 생성 단계에서 N 으로 윤곽선 추출 영상의 명도값들을 나누어주는데 이때 N 의 적정값을 찾는 것이 중요하다.

N 의 값이 작으면 표 1과 같이 유사도 값이 크지만 영상을 훼손한다. 그리고, 표 2와 같이 N 의 값이 크면 영상의 손상은 없지만 유사도 값이 적게 나타난다. 실험 결과 $N=128$ 일 때 영상을 보존하면서 유사도 값이 큰 적정점을 이루었다.

표 1 N=64

Attack	유사도	
잡음	66.06	
압축	89.24	
공모	87.68	
절단	63.95	
축소/확대	94.31	

표 2 N=512

Attack	유사도	
잡음	6.5	
압축	5.0	
공모	11.6	
절단	8.5	
축소/확대	11.7	

다음으로 주파수 영역에서 사용자가 임의로 만든 워터마크를 선형적으로 더하는 경우, 비록 공간영역에서 선형적으로 더한 경우보다는 강인하지만 워터마크를 넣은 영상의 질을 향상시키는 것은 어려운 문제이다. 따라서, 워터마크를 사용자가 임의로 만들지 않고 여러 가지 정상 분포를 갖는 가우시안 랜덤 시퀀스나 의사랜덤 시퀀스를 사용한다. 제안한 방법의 타당성을 확인하기 위하여 본 논문에서는 가우시안 랜덤 시퀀스와 유사도 비교를 행하였다.

표 3에서 보는 것과 같이 제안한 방법이 가우시안 랜덤 시퀀스를 이용한 방법보다 모든 공격에서 훨씬 높은 유사도를 나타내었다.

표 3 유사도 비교

Attack Method	잡음	압축	공모	절단	축소/확대
Gaussian	22.03	27.01	28.66	14.51	28.69
Proposed	54.32	59.65	61.08	34.23	47.15

이것은 본 논문에서 보여준 방법이 기존의 방법에 비해 워터마크의 강인성이 더욱 높음을 보여준다.

4. 결론 및 고찰

지금까지 주파수 영역에서의 워터마크 삽입을 위하여 Cox의 대역확산 기술을 응용한 방법을 제안하였다. 기존의 방법들은 워터마크로 가우시안 랜덤 시퀀스나 의사 랜덤 시퀀스를 사용하였으나, 영상의 특징을 결정짓는 가장 중요한 요소인 윤곽선을 이용하여 이를 워터마크 노이즈로 사용함으로써 보다 특징있는 워터마크를 사용하였다. 다양한 공격 형태를 가지고 실험한 결과 가우시안 랜덤 시퀀스를 이용한 워터마크 보다 훨씬 높은 유사도를 나타냄으로써 제안한 방법이 더욱 강인함을 증명하였다. 그리고, 제안한 방법

은 전처리 과정에서 워터마크 시퀀스를 생성하기 때문에 다양한 형태의 워터마크 시퀀스를 생성하기가 용이하다.

앞으로 더욱 정형화된 시스템을 구축해야하고 최근 이산 웨이블릿 변환(Discrete Wavelet Transform)에 대한 연구가 이 분야에서 활발히 진행되고 있기 때문에 이의 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T. Shamon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," NEC Research Institute, Technical Report 95~10, 1995.
- [2] C. T. Hsu and J. L. Wu, "Hidden Digital Watermarks in Images," IEEE Trans. on Image processing, Vol.8, No. 1, pp.58~68, January 1999.
- [3] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, Addison Wesley, 1992.
- [4] G. Voyatzis and I. Pitas, "Protecting Digital Image Copyrights," IEEE Computer Graphics and Applications, 99/(1,2)
- [5] F. Hartung and M. Kutter, "Multimedia Watermarking Techniques," Proc. of the IEEE, Vol. 87, No. 7, July, 1999.