

디지털 영상의 저작권 보호를 위한 워터마킹에 관한 연구

배익성, 김강석, 차의영
부산대학교 전자계산학과 신경회로망 및 실세계응용 연구실

A Study on Watermarking Digital Images for Copyright Protection

Ik-Seong BAE, Gang-Seok KIM and Eui-Yong CHA
Dept. Computer Science Pusan National University
Phone: +82-51-510-2878, Fax: +82-51-515-2208
E-mail: {isbae, au, eycha}@harmony.cs.pusan.ac.kr

요약

본 논문에서는 디지털 영상 데이터에 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제시한다. 디지털 데이터를 주파수 공간으로 변환시켜 인간이 잘 감지 못하는 주파수 영역과 중요한 주파수를 신택하여 대역확산통신(Spread Spectrum Communication)에서 사용되는 유사한 방법으로 워터마크를 삽입하였다. Fourier 스펙트럼 공간에서 JPEG 압축의 다양한 양자화 단계를 거처도 변화가 덜 민감한 Phase에서 워터마크를 삽입할 주파수 영역을 찾았다. 원본과 워터마크가 삽입된 데이터를 가지고 워터마크는 자기상관관계 특성으로 추출을 하였다 그리고 다양한 신호처리(손실 압축, 필터링, 양자화)에도 워터마크를 추출하였다.

1. 서론

최근 데이터의 디지털화와 멀티미디어 기술의 발달, 그리고 인터넷의 보급으로 인하여 디지털 데이터의 복제가 확산됨에 따라 여러 가지 멀티미디어 데이터에 대한 소유권 문제와 이를 효율적으로 보호할 수 있는 기술이 요구되고 있다. 멀티미디어 데이터에 대한 소유권을 효과적으로 보호하고, 데이터의 불법 복제 및 배포를 제한할 수 있도록 워터마크 기술이 제안되었다[12]. 워터마킹이란 디지털 데이터에 인간이 감지할 수 없도록 정보를 삽입하는 기술이다.

저작권보호(copyright protection), 자료인증(data authentication), 소유권 증명(ownership identification)을 효율적으로 하기 위하여 권한이 없는 불법 사용자에게 시각적/통계적으로 검출되지 않아야 한다. 그리고 다양한 신호처리(손실 압축, 필터링, A/D-D/A 변환, 양자화)와 기하학적 변형(회전, 확대/축소, 잘라내기, 변환)에도 워터마크의 검출이 가능해야 한다.

지금까지 디지털 영상에 워터마크를 삽입하는 연구는 spatial domain과 frequency domain에 워터마크를 넣는 방법과 hybrid한 기법을 사용한 크게 세 가지로 분류할 수 있다.

spatial domain에 워터마크를 삽입하는 방법은 물리적인 픽셀값에 반복적이고 특징이 있는 코드를 삽입한다.[8]

frequency domain에 워터마크를 삽입하는 방법은 물리적인 픽셀들을 FFT, DCT, Wavelet 등의 변환에 의하여 frequency domain으로 변환을 하여 생성된 coefficient들에 반복적이고 특징 있는 코드를 삽입한다[3,9,10,11] Hybrid 방법은 대부분이 블록 DCT를 기반하여 제안되었다[1,2,4,5].

본 논문에서는 디지털 영상의 저작권 보호를 위한 알고리즘을 제시한다. 2장에서는 디지털 영상에 워터마크를 삽입하는 과정을, 3장에서는 워터마크가 삽입된 영상과 원본을 이용하여 추출하는 방법을 제시하며, 4장과 5장에서는 실험 결과와 결론을 각각 제시한다.

2. 디지털 영상의 워터마크 삽입

2.1 워터마크 삽입 과정

아날로그 신호 'S'를 디지털 신호 'D'로 나타낼 수 있다. 디지털 신호로부터 워터마크를 삽입할 수 있는 형태로 변환된 데이터를 'V', 삽입하고자 하는 정보를 'I'라고 하면 I가 V에 삽입될 수 있도록 변환된 정보를 'X'라고 하면, 워터마크 삽입 과정은 그림 1과 같다.

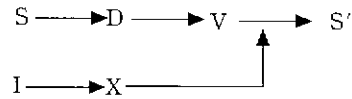


그림 1. 일반적인 워터마크의 삽입과정

2.2 워터마크의 구성

영상 데이터를 주파수 형태로 변환했을 때 가질 수 있는 통신 채널이라고 가정하면 워터마크는 그 통신 채널로 통과하는 신호라고 볼 수 있다. 그 신호가 잡음, 필터링, 압축인송 등에 영향을 받지 않고 효과적으로 전송이 될 수 있도록 대역확산통신(Spread Spectrum Communication)방식을 도입한다[14]. 즉, 워터마크(신호)를 영상(전송채널)이 갖고 있는 여러 주파수 영역으로 확산시킴으로써 특정 주파수 대역의 에너지는 감지하기 어렵게 한다. 영상의 변화를 감지 못하면서 시각적으로 중요한 영역에 정보를 삽입을 하기 위하여 워터마크는 M-Sequence를 사용한다.

워터마크를 I 라고 하면 I는 {0,1} 또는 {-1,1}로 구성이 되는 Sequence이다. 워터마크를 삽입할 값은 크기 여부에 따라 정해진다.

$$V' = V + \alpha * I \quad (\text{식 1})$$

$$V' = V (1 + \alpha * I) \quad (\text{식 2})$$

(식 1)의 경우 V 에 단순히 값을 더하는 것이고, (식 2)는 V 값에 비례하여 값을 더하는 경우이다. V 값에 따라 α 는 다양한 값을 가질 수 있다.

2.3 워터마크를 삽입할 위치의 추출방법

워터마크를 삽입할 **V**를 추출할 때에는 블록 단위, 전체 영역, 라인 단위로 변환을 할 것인지, Frequency 영역이나, 물리적인 픽셀에 삽입할 것인지 고려해야 한다. 본 논문에서는 전체 영역에 대하여 **FFT**를 수행하여 phase와 magnitude의 변화 여부를 파악하여 phase영역에서 워터마크를 삽입할 위치를 찾아낸다

워터마크 삽입 알고리즘은 다음과 같다.

- D** 원본
- D'** : 워터마크가 삽입된 영상
- I** : 사용자의 워터마크

단계 1. 워터마크(M-Sequence)를 생성시킨다

M : 워터마크의 크기

$$I = \{I_k \mid I_k \in \{-1, 1\}, k = 1 \dots M\}$$

단계 2. 영상(**D**)을 **FFT**를 한다 **FFT**후의 자료를 **V**라 한다

N 영상의 총 pixel수 (row x col)

$$D = \{D_k \mid D_k \in (0, 255), k = 1 \dots N\}$$

$$V = \{V_k \mid V_k \in \text{Complex Number}, k = 1 \dots N\}$$

$$V(u, v) = \frac{1}{col * row} \sum_{x=0}^{col-1} \sum_{y=0}^{row-1} D(x, y) \exp[-j2\pi(ux/col + vy/row)]$$

$u = 0, 1, \dots, col-1, v = 0, 1, \dots, row-1$ 로 정의한다

단계 3. **V**에서 추출된 phase와 magnitude를 조합하여 워터마크(**W**)를 삽입할 위치를 찾아낸다

N 영상의 총 pixel수 (row x col)

$$J \in (100, 1000), J < N$$

$$P = \{P_k \mid P_k = \text{Phase}(V_k), k = 1 \dots N\}$$

$$M = \{M_k \mid M_k = \text{Magntude}(V_k), k = 1 \dots N\}$$

$S = \{S_k \mid S_k : P \text{와 } M \text{의 조합에 의해서 구해진 } V \text{의 위치 인덱스}, k = 1 \dots J$

단계 4. 선택된 **P**에 워터마크(**W**)를 더한다

$$P'(S_k) = \sum_{k=1}^J (P(S_k) + \alpha * X_k)$$

$\alpha \in$ 실수

$$X_k = I(L_k), k = 1 \dots J$$

$$L = \{L_k \mid L_k = M \text{ mod } k, k = 1 \dots J\}, M \text{은 } I \text{의 크기}$$

단계 5. 워터마크가 삽입된 phase(**P'**)와 magnitude를 조합하여 **V'**를 생성시킨다 **V'**를 **IFFT**를 하면 워터마크가 삽입된 **D'**가 생성된다

N 영상의 총 pixel수 (row x col)

$$D' = \{D'_k \mid D'_k \in (0, 255), k = 1 \dots N\}$$

$$V' = \{V'_k \mid V'_k \in \text{Complex Number}, k = 1 \dots N\}$$

$$D'(x, y) = \sum_{u=0}^{col-1} \sum_{v=0}^{row-1} V'(u, v) \exp[j2\pi(ux/col + vy/row)]$$

$x = 0, 1, \dots, col-1, y = 0, 1, \dots, row-1$ 로 정의한다

3. 디지털 영상의 워터마크 추출방법

영상은 JPEG 압축과 잡음 등에 변형된 영상에서 워터마크를 효율적으로 추출하기 위하여 M-Sequence의 자기상관관계 특성과 원본과 워터마크가 삽입된 자료의 차이값을 이용하여 워터마크를 추출한다

- D** : 원본
- D'** : 워터마크가 삽입된 영상
- I** : 사용자의 워터마크

단계 1. **D**와 **D'**를 **FFT**하여 **V**와 **V'**를 생성한다.

단계 2. **V**와 **V'**에서 phase를 추출한다.

$$P = \{P_k \mid P_k = \text{Phase}(V_k), k = 1 \dots N\}$$

$$P' = \{P'_k \mid P'_k = \text{Phase}(V'_k), k = 1 \dots N\}$$

단계 3. **V**에서 추출된 phase와 magnitude를 조합하여 워터마크가 삽입된 위치를 찾아낸다.

$$J \in (100, 1000), J < N$$

$S = \{S_k \mid S_k : P \text{와 } P' \text{의 조합에 의해서 구해진 } V' \text{의 위치 인덱스}, k = 1 \dots J$

단계 4. **P**와 **P'**의 차이를 구한 **dP**와 **S**를 이용하여 값(**I'**)를 추출한다.

$$dP = P' - P$$

$$I'(S_k) = \sum_{k=1}^J dP(S_k)$$

단계 5. **I'**와 **I** 사이의 자기 상관 관계(Autocorrelation)를 구하여 워터마크가 있는지 없는지 판단한다

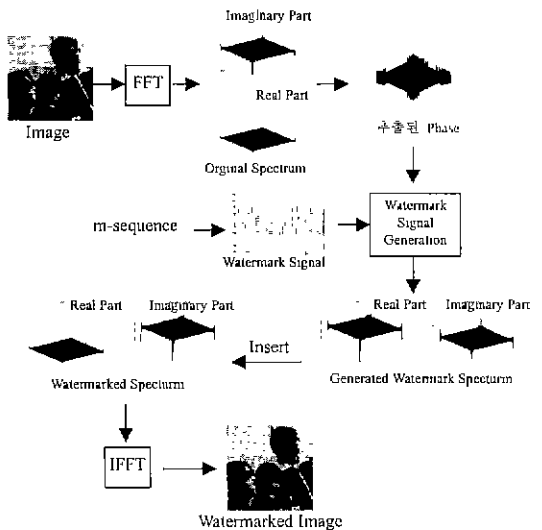


그림 2 워터마크 삽입 과정

4. 실험 결과

본 논문은 586 PC상에서 Visual C++5.0 / Matlab 5.0 에서 실험하였다 True color영상에서 RGB를 YUV로 변환하여 Y-

영역에 길이가 8인 m-sequence를 사용하여 워터마크를 삽입하였다 알고리즘의 강인성을 실험하기 위하여 JPEG 압축과 Gaussian Noise, Sharpening, Smoothing 등을 사용하였다.

JPEG 압축의 경우 512*512와 256*256과 128*128의 영상을 실험한 결과 Quality 10~20%(그림3.다)에서, Gaussian Noise를 영상에 첨가(그림3.라)했을 때, 예리화(Sharpening), 평활화(Smoothing)(그림3.마,바)를 하였을 때에도 워터마크가 추출이 되었다. 원본영상이(그림3.가)에 워터마크 검출을 시도했을 때 추출이 되지 않았다(그림3.사). 워터마크가 없으면서 원본과 거의 유사한 영상(그림3.와)에서 워터마크를 추출한 결과(그림3.하)는 검출이 되지 않았다. 그리고 영상의 크기가 클수록 정확하게 워터마크는 추출이 되었다

5. 결론 및 향후 연구과제

Fourier 스펙트럼의 phase와 magnitude 분석하여 phase 영역에 워터마크를 삽입하는 알고리즘을 제시하였다. 본 알고리즘으로 JPEG압축, 필터링, 다양한 잡음에서도 워터마크가 추출이 되었다. 향후 연구 과제는 워터마크를 추출하기 위해서 동기화하는 과정과 회전, 이동, 변환, 자르기와 같은 기하학적인 변형에도 추출이 가능하고 원본이 없이 워터마크를 추출할 수 있어야 한다.

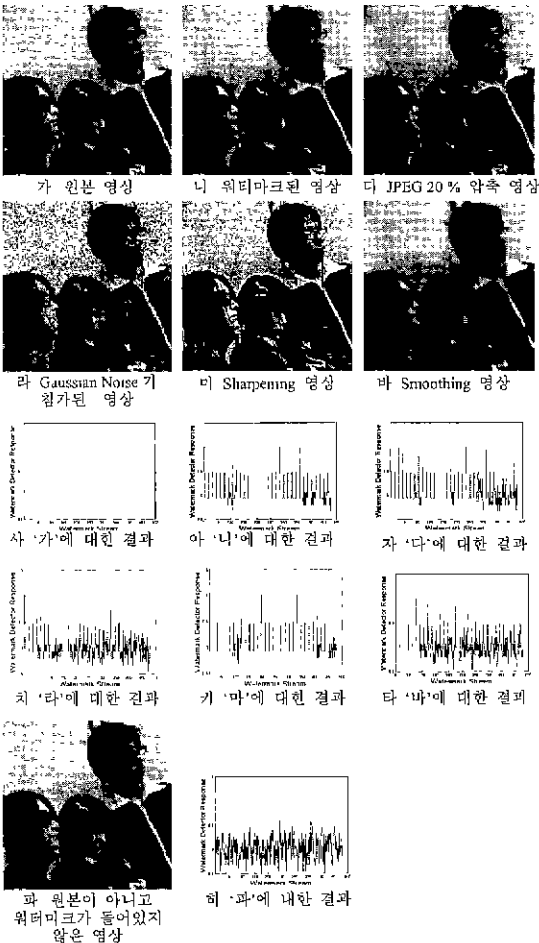


그림 3 실험 결과

참고 문헌

- [1] 김태선, 이정수, 김희율, "영상 데이터의 소유권 보호를 위한 강인한 워터마킹 알고리즘," 1997년 제10회 신호처리합동학술대회 논문집 제10권 1호 pp.1129-1132
- [2] 김덕령, 박성환, "디지털 영상의 소유권 보호를 위한 적응 워터마킹 기법," 1997년 제 10회 신호처리합동학술대회 논문집 제10권 1호 pp.1133-1136
- [3] 박정민, 황재문, 정성환, "웨이브릿 변환을 이용한 디지털 칼라 영상의 정보 보호," 1998년 한국멀티미디어학회 춘계학술발표 논문집 pp.187-192.
- [4] Mitchell D. Swanson, Bin Zhu, and Ahmed H Tewfik, "Transparent Robust Image Watermarking," *In Proc. IEEE Int Conf On Image Proc '96* Vol III pp 211-214.
- [5] Mitchell D Swanson, Bin Zhu, and Ahmed H. Tewfik. "Robust Data Hiding For Images," *In IEEE DSP Workshop '96*, L oen, Norway, pp.37-40.
- [6] Bin Zhu, Mitchell D. Swanson. and Ahmed H Tewfik, " Transparent Robust Authentication and Distortion Measurement Technique for Images." *In IEEE DSP Workshop, '96*, pp 45-48.
- [7] JJK O Ruanidh , W.J. Dowling, and F.M. Boland. " Watermarking Digital Images for Copyright Protection," *IEEE Proc Vis Image Signal Processing* Vol. 143, No. 4, pp 250-256, 1996.
- [8] I.J. Cox and M.L. Miller. "A review of watermarking and the importance of perceptual modeling." *Proc SPIE Conf on Human Vision and Electronic Imaging II*, Vol 3016, pp.92-99, February 1997
- [9] I.J. Cox, J. Kilian, T Leighton and T Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia," *IEEE Trans on Image Processing*, 6, 12, 1673-1687, 1997
- [10] I.J. Cox, J. Kilian, T Leighton and T Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Images, Audio and Video," *Proc. of 1996 Int'l. Conf on Image Processing (ICIP'96)*, vol III, pp.243-246, 1996.
- [11] I.J. Cox, J. Kilian, T. Leighton and T Shamoon, "A Secure, Robust Watermark for Multimedia," *Workshop on Information Hiding*, Newton Institute, Univ of Cambridge, May 1996.
- [12] S. Craver, N Memon, N Yeo, and M Yeung, "Can Invisible Watermarks Resolve Rightful Ownership?," IBM Research Report. RC 20509, July 25, 1996.
- [13] R.B. Wolfgang and E.J Delp, "A Watermarking Technique For Digital Imagery Future Studies,"
- [14] B. Sklar "Digital Communications," Prentis Hall, 1988

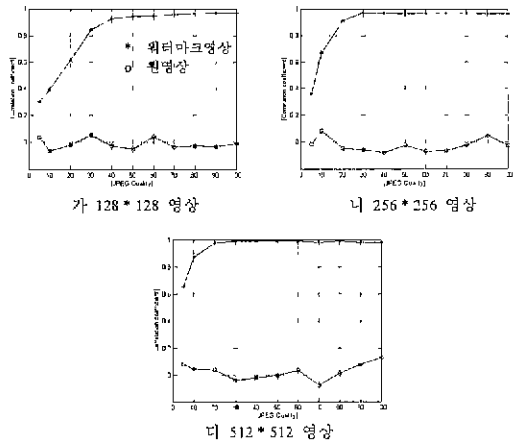


그림 4. JPEG 압축에 대한 결과