디지털 이미지 데이터의 저작권 보호를 위한 디지털 워터마킹 개발에 관한 연구[1)]

조정석* · 유세근* · 김종원** · 최종욱***

A Study on the Development of Digital Watermarking for Copyright Protector of Original Image Data

Jungsug Cho*, Sekeun Yoo*, Jongweon Kim**, Jonguk Choi***

요 약

본 연구는 디지털 이미지 데이터에 대한 창작자의 저작권 보호 기술인 watermarking 기술을 연구하였다. 저작권 보호를 위한 정보를 invisible watermark로 삽입하였고, watermarking된 칼라 이미지를 데이터 압축, Filtering, cropping 등과 같은 여러가지 외부 공격에 대한 내구성을 실험하였다. Invisible watermark를 삽입하기 위하여 변형된 주파수 변환기법을 이용하였으며, 기존의 PRN (pseudo random number) 방법보다 가시성이 뛰어난 이미지 형태의 로고를 삽입하여 저작권에 대한 확증성을 제고하였다.

Key words : wavelet, watermarking, copyright

1. 서 론

컴퓨터 통신의 발전 및 데이터 압축전송기술의 발전은 현재의 인터넷과 같이 다양한 정보를 불특정 다수에게 대용량의 데이터를 전송할 수 있게 되었다.

또한 이러한 데이터들은 아날로그가 아닌 디지털의 형태로 전달되며, 디지털 데이터는 아날로그에 비해 데이터처리가 쉽고, 전송 및 복제, 수정을 통한 품질의 저하가 생기지 않는 고품질의 정보형태이다. 특히, 종이와 같은 매체에 의존하여 판매되었던 그래픽이나 출판물 같은 미디어들이 디지털 멀티미디어로 변환하여 인터넷을 통해 판매가 가능한 수준까지 발전하였다.

또한, 복합된 형태의 디지털 멀티미디어데이터는 디지털 라이브러리나 사이버매거진과 같은 분야에서 응용 및 개발에 대한 연구가 진행되고 있으며, 전자상거래 분야에서도 디지털 저작물에 대한 거래 및 지적 재산권 보호를 목적으로 연구되고 있다. 그러나 디지털 자체의 장점인 정보의 저장이나 변환의 용이성이 가상공간에서의 창작물과 같은 것의 지적재산권 보호를 어렵게 하는 가장 큰 요인이다.

Digital Watermarking은 디지털 데이터의 지적재산권 보호를 위해 원 데이터에 보이지 않는 구조화를 시켜 이를 인증 및 지적재산 보호에 이용하는 기법으로 데이터의 변조와 위조를 탐지하고, 소유권을 주장할 수 있는 근거를 제시하는 기술이다[1][2].

---

1) 본 연구는 과학기술부 핵심소프트웨어 기술개발사업(98-NS-01-08-A-13)의 지원에 의해서 수행되었음.

* 상명대 AIT연구소
** 주성대학 멀티미디어 정보통신
*** 상명대학교 정보통신학부

2. Watermark 삽입 기술

watermark를 삽입하는 방법은 공간적인 분석을 이용한 spatial method, 주파수 분석을 이용한 Frequency domain method 그리고 주파수분석을 응용한 spread spectrum communication에 의한 방법 등 다양하다[4].

Spatial method는 멀티미디어데이터 변환을 공간적 측면에서 분석하는 방법으로, 일반적으로 데이터의 왜곡을 줄이기 위해 RGB 모델의 이미지데이터를 화면 화소 값인 YIQ 모델로 변환하여 여기에 미세한 변화를 watermark로 사용하는 방법이다. 이 방법은 watermark 삽입이 쉽지만, 손실압축, filtering 같은 이미지 처리에 약하다는 단점이 있다[2][3][5][6].

Frequency domain method는 디지털 데이터를 주파수 성분의 아날로그 신호로 변환하고 같은 변환방법으로 watermark를 변환하여 삽입하는 방법이다.

일반적으로 데이터의 변환방법은 DCT[5], FFT 및 wavelet transform[11]등을 이용하여 이미지를 변환하여 watermark를 삽입한다. 이 방법은 삽입되는 Watermark 계수들이 데이터의 전 영역에 분포하여 삽입된 watermark 삭제가 어렵다. 그러나 계수 값에 따라 얼룩이나 찌그러짐과 같은 이미지 손실이 생기기도 한다[7][8][6][10].

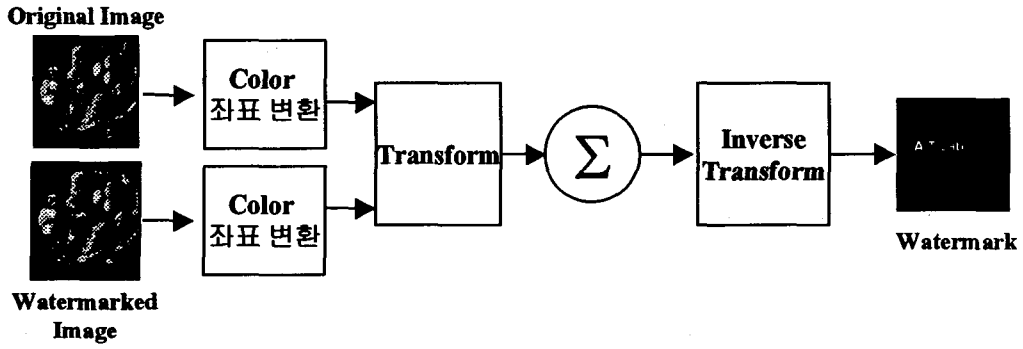
주파수 변환을 이용하는 기존의 연구방법들은 원 이미지에 대한 왜곡을 줄이기 위해 PRN(Pseudo Random Number)[12]을 watermark로 사용하였다. 또한 그레이스케일의 이미지를 사용하여 워터마크를 적용할 수 있는 데이터의 형태를 제한하였다.[13]

본 연구에서는 칼라이미지를 원 데이터로 사용하였으며, 삽입하는 watermark를 일반적인 이미지로 사용하여 mark의 생성이 용이하도록 하였으며, 또한 원 이미지에 대한 왜곡을 줄이고 비정상적인 공격에 강인하도록 이미지 변환을 frequency domain method를 응용한 변환 기법을 사용하였다.

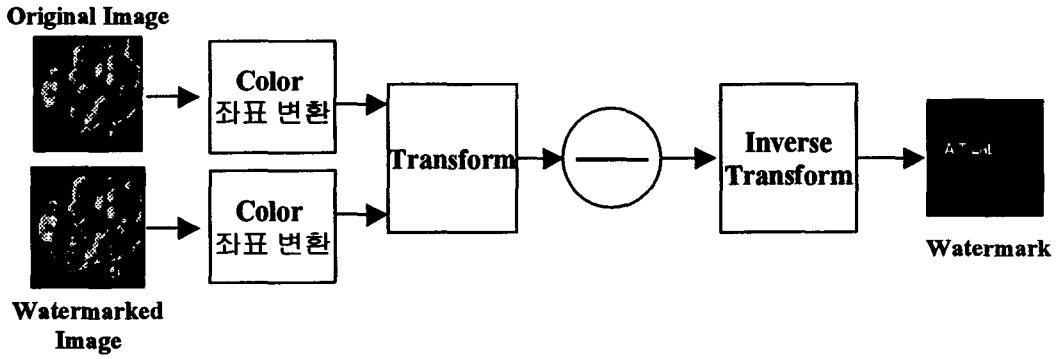
3. 제안된 watermarking 알고리즘

본 연구에서 사용한 알고리즘을 간단한 식으로 표현하면 <식 1>과 같다 [6].

$$S'_i = S_i + \alpha W_i \text{ ---------- } 1$$



<그림 1> Watermark 삽입 알고리즘 과정도



<그림 2> Watermark 추출 알고리즘 과정도

Original image(S)에서 watermark(W)를 삽입한 watermarked image(S')를 얻고자 할 때, scaling parameter인 α를 이용하여 watermarked image(S') 품질을 결정할 수 있다. 그러므로 α를 이용하여 S와 W 간의 일치성을 조절할 수 있다.

본 연구에서 사용한 방법의 장점은 항상 역변환이 가능하다. 그러므로 watermark가 삽입된 이미지(S')가 손실압축이나 필터링과 같은 이미지 처리가

되더라도 그 역변환으로서 watermark추출이 가능하다. 이 식을 이용한 watermark 삽입알고리즘은 <그림 1>과 같다. 또한 watermark가 삽입된 이미지에서 watermark를 추출하는 알고리즘은 <그림 2>와 같다.

본 연구에서 사용한 상관도 측정 방법은 다음과 같다[6].

$$C(correlation) = \frac{W(i,j)}{\sqrt{W(i,i) * W(j,j)}} \quad -- 2$$

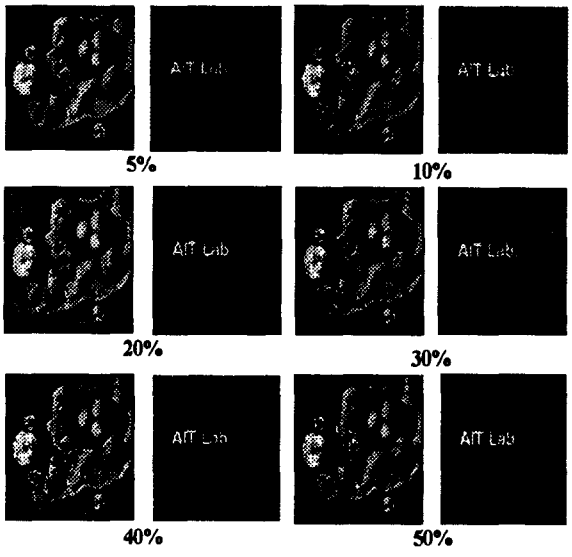
이러한 과정을 통해 원래의 watermark(W)와 이미지(S')에서 추출한 watermark(W')간의 상관도는 95%이상으로 추출결과가 매우 좋다.

4. 연구결과 및 결론

본 연구에서는 칼라이미지를 손실 압축 및 필터링과 같은 이미지 처리하여 실험하였으며 각각의 처리에 대해 Watermark의 내구성이 높았다. 손실 압축 방법의 경우, JPEG의 Q펙터를 50, 40, 30, 20, 10, 5%로 하여 Watermark의 추출이 가능했으며 각각에서 추출한 watermark 이미지와[그림 3] 상관도 분석은 <표 1>과 같다.

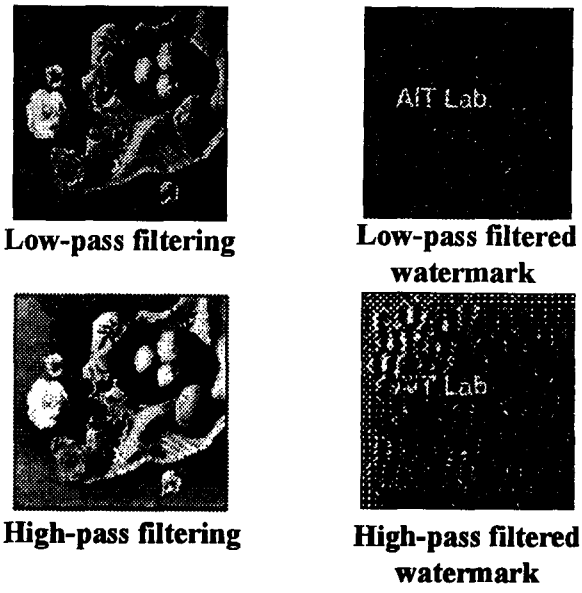
<표 1> JPEG 압축률에 따른 상관도

압축률(%)	5	10	20	30	40	50
상관도(%)	63.41	45.48	51.82	62.42	61.41	62.36



<그림 3> JPEG 압축에 따른 watermark 추출결과

손실압축과 같이 이미지 처리에 많이 사용되는 Lowpass/Highpass-filtering 처리를 한 이미지에 대한 추출결과는 다음과 같다.

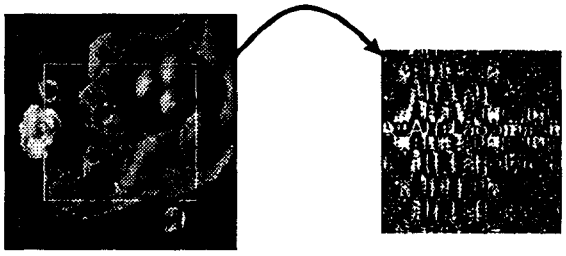


<그림 4> Low-pass 및 high-pass filtering을 한 이미지에서의 watermarking 추출

<표 2> Low-pass/High-pass Filtering 한 이미지에서 추출한 Watermark 상관도

Filter	Low-pass	High-pass
Correlation	19.71%	1.42%

또한 cropping 처리에서도 다음과 같은 Watermark를 추출할 수 있었다.

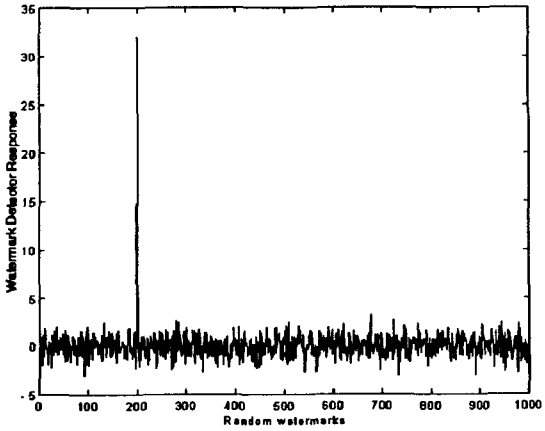


<그림 5> Cropping 과 추출된 watermark

<표 3> Cropping 후 추출된 Watermark 의 상관도

Cropping Size	192X192
Correlation	52.82%

본 연구실의 연구결과를 Cox의 97년도 연구 논문(Ingemar Cox, Joe Kilian, Tom Leighton and Talal Shamoon. *Secure Spread Spectrum Watermarking For Multimedia.* In *IEEE Trans. on Image Processing*, 6, 12, 1673-1687, 1997.)과 성능비교는 다음과 같다.



<그림 6> Cox가 사용한 watermark

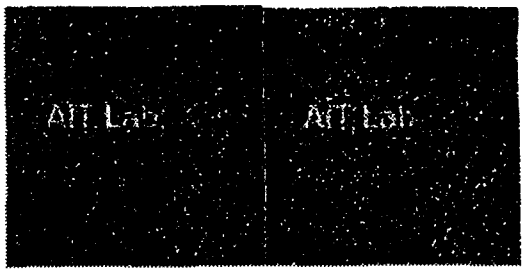
Cox의 논문에서는 이미지의 Scaling, JPEG압축, Cropping 등의 테스트를 하였다. 이에 대한 결과값의 비교는 다음과 같다.

<표 4> 기존 연구와의 비교

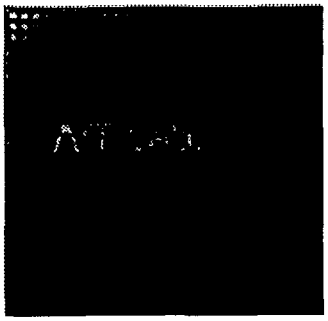
	scaling	JPEG(90%, 95%압축)	Cropping
Cox's Algorithm	13.4(42%)	22.8(71%) 13.9(43.4%)	14.6(46%)
본 연구결과	57%	58% 40%	15%

위의 테스트에서 Scaling 의 경우 256x256의 이미지를 1/4의 크기로 줄여서 워터마크 추출을 시도했으며, JPEG압축은 90%, 95% 손실압축을 하였다. 마지막으로 Cropping은 25%의 이미지를 삭제하여 남은 이미지에서 워터마크를 추출하였다. 위의 일치성 비교에서 상관관계가 우월하게 나오지는 않고 있으나 추출된 워터마크의 이미지를 통해 상관도분석을 통한 워터마크의 추출이 아닌 워터마크 정보의 추출로서 그 성능이 매우 우수함을 알 수 있다.

<그림 7> Scaling한 이미지에서 추출된 워터마크



<그림 8> JPEG 압축한 이미지에서 추출한 워터마크



<그림 9> cropping 한 이미지에서 추출한 워터마크

본 연구에서는 기존의 watermark 기술들이 칼라이미지 처리[13]에 대해 약한 내구성을 나타내어 그 적용이 어렵거나 부분적으로 적용이 가능하였다. 본 논문에서 사용된 방법은 이러한 단점을 극복하고, 기존의 DCT나 Wavelet을 이용한 방법보다 향상된 성능을 얻었다. 다만 인간의 눈에 의존한 watermark 이미지 인식에서 원 이미지와 추출 혹은 삽입된 이미지와의 일치성을 수치적으로 알 수 있는 상관도 측정방법이 필요하다. 기존의 상관도 측정방법으로는 데이터 전영역에 고르게 퍼져 있는 노이즈에 의한 것으로 좀더 정밀한 측정을 위해서는 다른 방법이 필요하다.

디지털 워터마킹에 대해 향후 연구되어져야 할 부분은 이러한 칼라이미지에 대한 응용으로서 동영상의 압축에 사용되는 MPEG에 대한 적용 및 DVD의 저작권 보호기술과의 연동성에 대한 연구이다. 특히, DVD 및 디지털 카메라와 같은 하드웨어와의 연동은 디지털 저작물에 대한 저작권 보호를 위해 핵심적인 부분이다.

5. 참고문헌

[1] Ruanaidh, J.J.K , F.M. Boland and O.Sinnen, "Watermarking Digital Images for Copyright Protection", EVA'96, See http://cuiwww.unige.ch/~oruanaid/eva_pap .html.

[2] Berghel, H. and L. O'Gorman, "Protecting Ownership Rights through Digital Watermarking," IEEE Computer , 29:7, pp. 101-103 (1996).

[3] Berghel, H. and L. O'GorMan, "Digital Watermarking", See http:// www.acm.org/~hlb/publications/dig_wtr/dig_watr.ht

ml. 98-03-16.

[4] Aura, T., "Practical invisibility in digital communication", See http:// deadlock.hut.fi/ste/aura_ihw96.html. 98-03-21.

[5] A. Piva, M. Barni, F. Bartolini, V. Cappellini, " DCT-based watermark recovering without resorting to the uncorrupted original image", Proceedings of 4th IEEE International Conference on Image Processing ICIP'97, Santa Barbara, CA, USA, October 26-29, 1997, Vol I, pp. 520-523.

[6] Cox, I. J., J. Kilian, T.Leighton and T. Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Images, Audio and Video", Proc. 1996 International Conference on Image Processing. ICIP'96. Vol III. pp.243-246.

[7] Bruyndonckx, O., J.-J. Quisquater and B. Macq, "Spatial Method for Copyright Labeling of Digital Images", See http://poseidon.csd.auth.gr/Workshop/papers/p_19_2. html. 98-03-28.

[8] D. Kundur and D. Hatzinakos, "Digital Watermarking using Multiresolution Wavelet Decomposition," Proc. IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, Seattle, Washington, vol. 5, pp. 2969-2972, May 1998.

[9] D. Kundur and D. Hatzinakos, "A Robust Digital Image Watermarking Scheme using Wavelet-Based Fusion," Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing, Santa Barbara, California, vol. 1, pp. 544-547, October 1997.

[10] Wolfgang, R. B. and E. J. Delp, "A Watermark for Digital Images", proceedings of the 1996 International Conference on Image procesing, Lausanne, Switzerland, Sept. 16-19, 1996, vol.3, pp219-222.