

<http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.6.99>

JIWIT 2012-6-12

디지털 영상 부호화에서 워터마킹과 QR 코드

Watermarking and QR Code in Digital Image Coding

임용순*, 강은영**

Yong-Soon Im, Eun-Young Kang

요약 디지털 사진·영상·방송 등의 정보에 디지털 신호를 삽입하여 저작권을 주장하는 방안으로 워터마킹 알고리즘을 들 수 있다. 본 논문에서는 QR code와 워터마킹 알고리즘을 적용하는 방법을 제안하였다. 디지털 영상의 DCT 계수의 위치에 따라 QR 코드를 삽입하는 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 본 알고리즘은 디지털 영상에 들어 있는 QR 코드를 부호화하여 워터마킹 과정을 통하여 각 명암성분의 DCT 영역에 적용하였다. 본 연구를 통하여 워터마킹 과정을 수행한 압축된 영상과 원 영상의 사이의 평균 PSNR값이 33.99dB가 측정되어 화질을 유지함을 알게되었다. 또한 정규화 상관도 NC가 99.51 이상의 높은 값을 측정하게 되었다

Abstract Watermarking is one of the methods that insist on a copyright as it append digital signals in digital informations like still image, video, ets. This paper proposed a novel digital watermarking scheme which combines a QR code and a watermarking method using DCT coefficient. It proposed an algorithm for selecting a QR code from a image and to be converted into a watermark. It processed a watermarking process using expanded watermarking method in DCT area. This simulation results showed that the PSNR difference between the proposed scheme and the original image was 33.98dB and the normalized correlation between the proposed scheme and the original image was above 99.51. The proposed method is reusable.

Key Words : Digital Image, Watermarking, QR code

1. 서 론

방송 기술은 아날로그 방송에서 디지털 방송으로 변화하고 있으며, 디지털 방송은 디지털 영상 기술과 통신 기술이 융합되어지고 있다.

디지털 영상(digital image)은 넓게 사진, 영상, 방송, 영상통신, 모바일영상, 3D입체 영상 등의 기술이 발달하게 되어 밀접한 정보들이 디지털화 되고 있다. 디지털 영상에 따른 정보량의 증가, 정보의 구분이 불분명해질 수

있다는 점, 정보의 저작권 침해 및 불법 복제라는 문제점이 발생되었다.

디지털 영상 정보의 보안을 위해 암호화 방법, 방화벽을 구축하는 방법과 디지털 영상 정보의 소유권을 보호하기 위한 디지털 워터마크(digital watermark) 방법을 들 수 있다. 그중 디지털 워터마크 기법 분야에서 많은 연구가 필요하게 되었다. 인간의 시각시스템(HVS, Human Visual System)에서 인식할 수 없는 정보를 삽입하게 되는데 이것을 워터마크라고 하며, 잡음과 같은 신호를 받

*중신회원, 국제대학교 영상제작전공

**정회원, 동양미래대학교 정보통신과

접수일자 2012년 11월 10일 수정일자; 2012년 12월 5일
게재확정일자; 2012년 12월 14일

Received: 10 November 2012 / Received: 5 December 2012 /

Accepted: 14 December 2012 /

*Corresponding Author: ysim@kookje.ac.kr

Dept. of Broadcasting, Kookje University, Korea

생하거나 이진수 영상 등을 사용하고 있다.

디지털 워터마킹은 공간영역 (spatial domain)과 주파수 영역(frequency domain)에서 워터마크를 삽입한다. 공간영역에서의 워터마킹보다 주파수영역에서의 워터마킹에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 주파수영역에서의 연구는 FFT(Fast Fourier Transform), DCT (Discrete Cosine Transform), DWT (Discrete Wavelet Transform) 등을 들 수 있다. Koch는 영상 분할과 DCT한 후 저주파 성분에 삽입한 방법을 제시하였다. Swanson은 Legge와 Foleg의 콘트라스트 마스킹 모델을 이용하여 DCT값을 구한후 워터마킹하는 방법을 제시하였다. Kundur, Xia와 Hus등은 DCT 대신 Multire solution을 이용한 DWT로 워터마킹하는 방법을 제시하였다. 그리고 Cox와 Barni 등은 주파수 영역에서 오디오, 비디오와 멀티미디어 등의 데이터에 중요한 계수를 추출해 워터마크를 삽입하는 방법을 제시하였다. Ruanaidh등은 DFT (Discrete Fourier Transform)를 이용하여 위상에 QR 코드를 변환하여 워터마크를 삽입하는 방법 등을 제안하였다.

본 논문의 구성은 5개의 장으로 구성되었다. II장에서는 워터마킹 기법과 영상에서 QR 코드에 대하여 기술하였다. III장에서는 제안된 QR 코드와 워터마킹을 이용한 디지털 영상 부호화에 대하여 설명하였다. IV장에서는 모의실험 결과의 특성을 보여준다. 끝으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 워터마킹과 QR code 기법

1. 영상에서 본 워터마킹

워터마크 기법은 콘텐츠(사진, 영상, 동영상 등)에 사용자의 ID (identification)나 자신만의 정보를 넣음으로써 불법적인 복제를 막고 데이터 소유자의 저작권과 소유권을 효율적으로 보호하기 위한 방법이다.^{[1][2][3][4]}

워터마크가 가져야 할 특성은 콘텐츠에 삽입한 워터마크가 보이지 않아야 하고, 일반적인 콘텐츠 변형으로써 압축, 저역통과필터, 확대, 축소, 회전등을 가해도 워터마크의 특징은 살아있어야 한다. 저작권 보호에 워터마크가 효율적으로 이용되기 위해서는 비가시성 (invisibility), 강인성(robustness), 명확성(unambiguity) 등의 특성을 갖추어야 한다. 비가시성이란 삽입 후에도 원본의 변화가 거의 없어, 워터마크의 삽입여부를 감지

하지 못하는 것을 말한다. 강인성은 워터마크를 신호의 중요한 부분에 삽입하여 여러 가지 형태의 변형이나 공격에도 추출이 가능한 것을 말하며, 명확성은 추출된 워터마크가 확실한 소유권을 주장할 수 있도록 정확성을 유지하는 것이다.

디지털 영상의 워터마킹은 크게 두 가지인 공간영역 (spatial domain)과 주파수 영역(frequency domain)에서 워터마크를 삽입한다. 공간영역에서의 워터마킹은 간단한 알고리즘으로 인하여 빠른 수행 시간을 갖는 장점이 있지만, 일반적으로 주파수영역에서의 워터마킹에 비하여 잡음 및 필터링이나 손실 부호화 등에 약하다는 단점이 있다.

공간영역의 방법은 변환 식을 사용하지 않고 영상의 화소 값을 직접적으로 변화시켜 워터마크를 삽입하는 방법이다. 그 중 Kutter는 특정 위치의 화소 정보를 변화시켜 인접 화소와의 비교로 신호를 검출해 내는 방법 등을 제시하였다. 그러나, 이런 공간영역의 방법은 영상의 변형이나 잡음 등의 공격에 약하다는 단점이 있다. 따라서 현재는 공간영역에서의 워터마킹보다 주파수영역에서의 워터마킹에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

주파수영역에서는 공간영역의 취약점을 보완하기 위해 제안되며 FFT(Fast Fourier Transform), DCT (Discrete Cosine Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform) 등을 들 수 있다. 영상의 변환을 통하여 중간 대역의 주파수 성분 값에 워터마크를 삽입하는 방법이다. Koch는 영상 분할과 DCT한 후 저주파 성분에 삽입한 방법을 제시하였다. Swanson은 Legge와 Foleg의 콘트라스트 마스킹 모델을 이용하여 DCT값을 구한후 워터마킹하는 방법을 제시하였다. Kundur, Xia와 Hus등은 DCT대신 Multiresolution을 이용한 DWT로 워터마킹하는 방법을 제시하였다. 그리고 Cox와 Barni 등은 주파수 영역에서 오디오, 비디오와 멀티미디어 등의 데이터에 중요한 계수를 추출해 워터마크를 삽입하는 방법을 제시하였다. Ruanaidh등은 DFT (Discrete Fourier Transform)를 이용하여 위상에 워터마크를 삽입하는 방법 등을 제안하였다.

주파수영역에서의 워터마킹은 FFT, DCT, DWT등으로 변환을 한 다음 주파수 영역의 계수에 워터마크를 삽입하는 과정과 역 변환을 하게 되어 워터마크를 추출하는 과정을 의미한다. 주파수 영역의 방법은 공간영역의 방법보다 공격에 강하다는 특징을 가지고 있다. 또한 주

과수영역의 저주파 영역에서는 계수의 변화에 민감한 영향을 받으며 고주파 영역에서는 계수의 변화에 둔감한 영향을 받는 의미를 가지므로 일반적으로 저주파 영역에 워터마크를 삽입을 하는 방법을 많이 사용한다.

워터마크의 삽입을 위해 DCT를 수행하여 원 영상과 워터마크를 주파수영역으로 변환하였으며 DCT식은 식 (1)과 같다. 또한 IDCT 수행으로 주파수 대역별 워터마킹 영상을 얻는다. IDCT 식은 (2)와 같다.

$$F(u, v) = \frac{2}{N} C(u)C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \quad (1)$$

$$f(x, y) = \frac{2}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u)C(v)F(u, v) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N} \quad (2)$$

2. 영상에서 QR 코드

1차원 바코드는 다수의 수직선으로 구성되어 있으며 수직선의 굵기와 간격을 이용하여 데이터를 표현하기 때문에 1차원 바코드라고 부르며, 표준화된 1차원 바코드(ISO/IEC 15417)와 바코드 검증기(ISO/IEC 15426-1)가 있다. 다음 그림 1은 “barcode”의 문구를 바코드화한 결과이다.^{[5][6]}

바코드는 인식 속도와 정확성, 쉬운 조작성 등의 특징으로 널리 보급되었다. 정보량을 높이기 위하여 바코드의 자릿수를 늘리거나 여러 바코드를 나열한 대안책도 있었다. 그러나 이러한 대안은 표시 면적을 크게 하거나, 복잡한 독해 작업의 수반, 인쇄비용을 상승시키는 문제도 야기했다.



그림 1. 1차원 바코드
Fig 1. 1-D Bar Code

이러한 요구와 문제에 대응하기 위해 2차원코드가 출현했다. 2차원코드도 바코드를 적층/중복한 타입(stack barcode방식)에서 보다 정보밀도를 높인 Matrix방식이

로 진화하고 있다.

QR(Quick Response) 코드는 1994년 일본의 덴소사에 의해 개발된 2차원 바코드이다. 기존 1차원 바코드의 정보량 제한을 해결하기 위해 2차원으로 확장함으로써 저장할 수 있는 정보량을 획기적으로 증가시킨 반면 물리적으로 차지하는 공간은 축소시킨 장점이 있다. QR 코드는 1차원 바코드보다 훨씬 많은 데이터를 기록할 수 있는데, QR 코드로 표현할 수 있는 데이터량의 최대값은 표 1과 같다.

표 1. QR 코드 데이터 용량
Table 1. QR code data capacity

데이터 종류	용량(최대)
숫자	7,089 문자
숫자 + 알파벳	4,296 문자
바이너리(8비트)	2,953 바이트
한자	1,817 문자

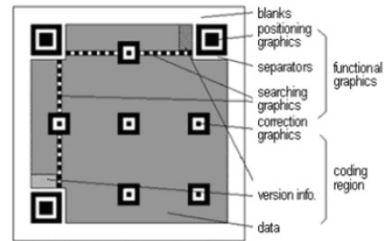


그림 2. QR 코드의 구성
Fig 2. QR code structure

QR 코드의 구성은 위치찾기 심볼, 데이터영역, 셀(Cell)로 구성되어 있다.

III. 제안된 QR 코드와 워터마킹을 이용한 디지털 영상 부호화

본 논문에서는 QR 코드와 워터마크의 연구를 위하여 영상내의 QR 코드를 분리하여 워터마크로 변환하고, 원 영상의 주파수영역에서 변환 방법으로 DCT를 사용하였으며, 변환 후에는 워터마크의 삽입을 위해 변환 영역을 고, 중, 저주파 대역으로 분리하였다. 그리고 워터마크의 삽입 및 추출방법은 널리 알려진 Cox[1]의 방법을 확장하여 각각의 대역에 적용하였다.

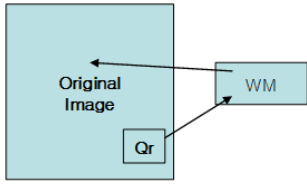


그림 3. 기본 구성도
Fig 3. Based structure

1. 워터마크 삽입

사용된 gray-level의 원영상 X 는 $N_1 \times N_2$ 크기로서 다음 식과 같이 표현한다.

$$X = \{ x(i, j), 0 \leq i < N_1, 0 \leq j = N_2 \} \quad (3)$$

여기서, $x(i, j) \in \{0, \dots, 2^L - 1\}$ 은 픽셀 $(x(i, j))$ 의 크기이며, L 은 각 픽셀의 비트 수이다. 그리고 X 는 8×8 크기의 $(N_1/8) \times (N_2/8)$ 개의 서브영역으로 나누어진다.

QR 코드에서 얻은 $M_1 \times M_2$ 크기의 gray-level의 워터마크 영상 W 는 다음 식과 같이 표현한다.

$$W = w(i, j), 0 \leq i < M_1, 0 \leq j = M_2 \quad (4)$$

여기서, $w(i, j) \in \{0, 1\}$ 이고, $M_1 = N_1/m$ 이다.

$M_2 = N_2/m$ 의 크기로 구성하고, m 은 정수이다.

제안한 워터마크의 삽입과정 알고리즘과 수식은 다음 그림 4와 같이 표현하였다.

원영상을 8×8 의 블록으로 분리하여 DCT 로 계산하고 지그재그 스캔하고 DCT 의 DC 계수($DCT(0)$)와 AC 계수($DCT(1), DCT(2), DCT(3)$)의 기울기를 계산하여 부호를 산출한다.(CC) 그리고 gray-level 영상의 워터마크 W 와 Key 를 가지고 계산하여(PC) 워터마킹하면서 역 DCT 를 수행하여 워터마크된 영상의 강인성을 향상시킬 수 있었다.

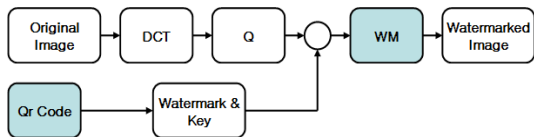


그림 4. 워터마크 삽입과정
Fig 4. Watermark insert process

2. 워터마크 추출

워터마크의 역 과정을 그림5와 같이 나타낸 것이다. 원영상을 8×8 의 블록으로 분리하여 DCT 로 계산하고 지그재그 스캔하고 DCT 의 DC 계수($DCT(0)$)와 AC 계수($DCT(1), DCT(2), DCT(3)$)의 기울기를 계산하여 부호를 산출한다.(CC) 그리고 Key 를 가지고 역으로 계산하여(IPC) 워터마크된 영상의 역 DCT 를 수행하여 얻은 값과 계산하여 워터마크 영상의 추출한다.

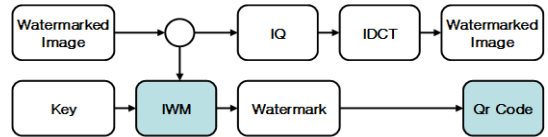


그림 5. 워터마크 추출과정
Fig 5. Watermaek extract process

워터마크의 추출을 위해서는 원영상이 필요하지 않으며, 워터마크된 영상을 DCT 하여 각 8×8 블록의 계수를 사용하여 기울기 부호를 계산하고 얻은 값을 Key 와 계산하여 IPC를 계산하고 역 DCT 를 계산하여 워터마크를 추출한다.

DC 계수는 일반 다른 계수와는 크기가 다르므로 AC 계수와 기울기를 가지고 계수와 부호를 산출한다. AC 계수의 지그재그 스캔값을 일차원적으로 보면 이웃하는 계수 값들의 크기가 작으므로 부호화시에 데이터 압축 효율을 높일 수 있다. 복호기에서 역 DCT 하여 원 영상을 복원할 수 있다.

IV. 모의실험

실험환경은 Visual C++를 이용하여 시뮬레이션 프로그램 작성하였다. 그리고 256×256 그레이 레벨의 Lena 영상을 사용하여 실험하였다. 그리고 가장 기본적인 크기인 $256/8 * 256/8$ 인 32×32 그레이 레벨의 워터마크의 영상을 사용하여 실험하였다.



그림 6. 원 영상과 QR 코드
Fig 6. Original image and QR code

그림 6에서는 Lena에 영상을 사용하여 실험을 하였다. 일반적 영상의 우측 하단부에 추가적으로 QR Code를 삽입했으며, 사용된 QR Code의 정보는 “Yong-Soon Im”의 정보이다. 이 영상의 DCT와 Q를 계산하고, 각 부분에 QR Code를 삽입한다. 저주파수 성분과 고주파수 성분을 이용하여 인간시각으로 지각할 수 없는 위치에 워터마크를 삽입하였다.

그림 7은 원 워터마크와 워터마크가 삽입되어 역과정인 IQ와 IDCT를 통해 얻은 결과이다. 원영상과 워터마크된 영상의 평균 PSNR은 33.99dB, 원 워터마크와 추출된 워터마크의 NC값은 99.51을 얻게되었다. 좀더 NC값의 향상시킬 필요가 있다고 판단된다.

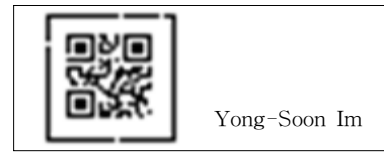
그림 7에서 얻은 워터마킹된 영상 (a)에서 QR Code를 추출하여 얻은 결과 (b)이다. 또한 추출하여 얻은 QR Code에서 정보인 “Yong-Soon Im”를 얻은 결과이다.



그림 7. 영상에 QR 코드의 워터마킹
Fig 7. QR code of Watermarking in image



(a)



(b)

그림 8. 영상에서 추출된 워터마크
Fig 8. Extracted watermark im image

원 영상의 워터마크와 정규화 상관도(normalized correlation, NC)를 계산하였다. NC의 계산식은 다음과 같다.

$$NC = \frac{\sum_{i=1}^{m \times n} w_i \cdot w_i^{ex}}{\sum_{i=1}^{m \times n} w_i^2} \quad (5)$$

여기서 W_i 는 원 워터마크, W_i^{ex} 는 추출된 후 복호화한 워터마크를 각각 나타내며, $m \times n$ 은 워터마크의 크기를 나타낸다.

V. 결론

본 논문에서는 정지 영상의 DCT 기반으로 부호화를 진행했으며, 영상의 화질을 유지하면서 QR 코드와 워터마킹 알고리즘을 이용하는 방안을 제안하였다. 이 방법은 영상에 삽입된 QR코드를 악성코드로 변경되어도 사전에 정보를 구분하여 얻을 수 있다는 장점을 얻게된다. 정지영상의 저주파 영역에서 DCT 계수를 계산하여 계수의 마지막 영역에 QR 코드를 삽입함으로써 워터마크의 삽입

과 추출에 높은 효과를 가질 수 있었다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 모든 면에서 우수한 성능을 보여 주었으며, 향후 그 응용가능성이 매우 밝다고 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia, IEEE Trans. on Image Processing," vol. 6, no. 12, pp. 1673~1687, Dec. 1997.
- [2] X. Xia, C. G. Boncelet and G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," IEEE Int. Conf. on Image Processing, vol. 1, pp. 548~551, 1997.
- [3] I. Cox, M. Miller, and J. Bloom. Digital Watermarking. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2002.
- [4] D. Zheng, Y. Liu, J. Zhao, and A. E. Saddik, "A survey of RST invariant image watermarking algorithms," ACM Computing Surveys, vol. 39, issue 2, no. 5, 2007.
- [5] QR Code, <http://www.denso-wave.com/qrcode/ko/index.html>
- [6] Hyun-Hyu Yang, "A Study of Security Weaknesses of QR Codes and Its Countermeasures," Journal of IWIT(The institute of webcasting, internet and telecommunication), vol. 12, no. 1, pp. 83-89 548~551, 2012.

저자 소개

임 용 순(중신회원)



- 1988년 : 성균관대학교 공학사
- 1993년 : 성균관대학교 공학석사
- 1999년 : 성균관대학교 공학박사
- 1998년 ~ 2007년 : 국제대학교 IT계열(정보통신과) 부교수
- 2008년 ~ 현재 : 국제대학교 영상제작전공 부교수

• 2000년 ~ 현재 : 한국인터넷방송통신학회 부회장
 <주관심분야 : 영상압축부호화, 영상워터마킹 & QR code, 디지털방송전송, 3D입체영상 등>

강 은 영(정회원)



- 1988년 : 숙명여자대학교 공학사
- 1999년 : 숙명여자대학교 공학석사
- 2008년 : 성균관대학교 공학박사
- 2009년 ~ 현재 : 동양미래대학교 정보통신과 교수

<주관심분야 : 모바일에드-혹 네트워크, 임베디드소프트웨어, 서비스디스크버리, 영상 워터마킹 & QR code 등>