

논문 2011-1-13

# 양자화된 DCT 영역에서의 MPEG-2 비디오 워터마킹

## MPEG-2 Video Watermarking in Quantized DCT Domain

임용순\*, 강은영\*\*

Yong-Soon Im, Eun-Young Kang

**요 약** 디지털 방송영상 정보에 디지털 신호를 삽입하여 저작권을 주장하는 방안으로 워터마킹 알고리즘을 들수 있다. 본 논문에서는 DCT 계수들의 기울기를 적용하여 개선된 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 본 알고리즘은 MPEG-2 TM5 시스템을 대상으로 하였고, 워터마킹 과정은 I 프레임의 명암성분의 양자화 DCT 영역에서 수행되었다. 압축 과정 중에 수행되며 워터마크는 I 프레임의 명암성분에 삽입된다. 워터마킹 과정을 수행한 압축된 영상과 원 영상의 사이의 평균 PSNR의 차가 단지 0.23dB의 낮은 값이 측정되었다. 추출된 워터마크와 원 워터마크의 정규화 상관도가 0.99 이상의 높은 값이 측정되었다

**Abstract** Watermarking is one of the methods that insist on a copyright as it append digital signals in digital informations.(image, video, ets) In this paper, we proposed a digital watermarking algorithm which improved Gradient of DCT Coefficient. This method targets MPEG-2 TM5 system and watermarking process is to be performed during Quantization DCT. Watermark was inserted on Y components of each frames. The PSNR difference between the compressed images with and without watermarking was only 0.23dB. In each case that the resulting image was reusable the normalized correlation between the extracted watermark and the original one was above 0.99.

**Key Words :** Video Watermarking, DCT, MPEG, MPEG system

### 1. 서 론

방송·통신의 기술이 발달하게 되어 밀접한 정보들이 디지털화가 되고 있다. 영상의 디지털화에 따른 정보량의 증가와 정보의 구분이 불분명해질 수 있다는 점과 정보의 저작권 침해 및 불법 복제라는 문제점이 발생하게 되었다. 영상 정보의 보안을 위해 암호화 방법, 방화벽을 구축하는 방법과 디지털 영상 정보의 소유권을 보호하기

위한 디지털 워터마크(digital watermark) 방법을 들수 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 발생하거나, 이진수 영상 등을 사용하게 된다.

디지털 워터마킹은 공간영역 (spatial domain)과 주파수 영역(frequency domain)에서 워터마크를 삽입한다. 공간영역에서의 워터마킹보다 주파수영역에서의 워터마킹에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 주파수영역에서 FFT(Fast Fourier Transform), DCT(Discrete Cosine

\*중신회원, 국제대학 방송계열 방송영상제작전공

\*정회원, 동양미래대학 정보통신과

접수일자: 2011.1.10 수정일자: 2011.2.7

게재확정일자: 2011.2.11

Transform), DWT(Discrete Wavelet Transform) 등을 들 수 있다. Koch는 영상 분할과 DCT한 후 저주파 성분 에 삽입한 방법을 제시하였다. Swanson은 Legge와 Foleg의 콘트라스트 마스크 모델을 이용하여 DCT값을 구한후 워터마킹하는 방법을 제시하였다. Kundur, Xia와 Hus등은 DCT 대신 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.

디지털 TV 방송과 DVD 비디오 타이틀에서 MPEG-2 는 널리 사용되고 있으며 고화질의 비디오 데이터를 지원한다. 따라서 잡음이 많은 채널을 통한 MPEG-2 비디오의 전송 과정에서 화질의 유지가 강력히 요구된다. 또한 고화질을 지원하는 MPEG-2 비디오의 특성 상 저작권을 보호하는 것도 중요한 문제이다.

본 논문에서는 디지털 방송 서비스와 다양한 멀티미디어 환경에 널리 쓰이고 있는 동영상 압축 부호화의 표준인 MPEG-2 방식뿐만아니라 DCT를 기반으로 부호화에 적용할 수 있는 디지털 동영상 워터마킹 방법을 제안 하였다.

본 논문의 구성은 5개의 장으로 구성되었다. II장에서는 MPEG 시스템과 워터마킹의 기본 방법에 대하여 기술하였다. III장에서는 제안한 비디오 워터마킹 알고리즘에 대하여 설명하였다. IV장에서는 모의실험 결과의 증가한 특성을 보여준다. 끝으로 V장에서는 결론을 맺는다.

## II. MPEG 시스템과 워터마킹

### 1. MPEG 시스템과 워터마킹

그림 1은 MPEG 시스템에서 사용하는 엔코더를 표현 하고 있다. MPEG 시스템은 영상프레임을 I, P, B로 구분 하여 처리하는데, I-프레임은 블록을 DCT, 양자화, 엔트로피 코딩의 처리를 거쳐 압축된다. P와 B-프레임은 이전 또는 이후의 I-프레임 또는 P-프레임을 참조하여 움직임 예측하고, 예측된 움직임에 따라 영상을 복원하여 원 영상과의 차영상(residual image)을 구하여, 그 결과를 DCT, 양자화, 엔트로피 코딩을 통하여 압축되고,

움직임 벡터와 함께 압축 결과로 사용된다. 세종류의 프레임 모두 양자화 과정을 거치게 되는데, 이 과정은 8x8 블록에 대응하는 양자화 표의 값으로 DCT계수를 나누어 계수의 중요도에 따라 값의 크기를 조절하는 과정이다. 따라서 이 과정은 데이터의 손실이 동반되는 손실압축이다

제안한 워터마킹 과정을 MPEG 시스템에서 수정된 블록(검은 블록)으로 나타내었다.

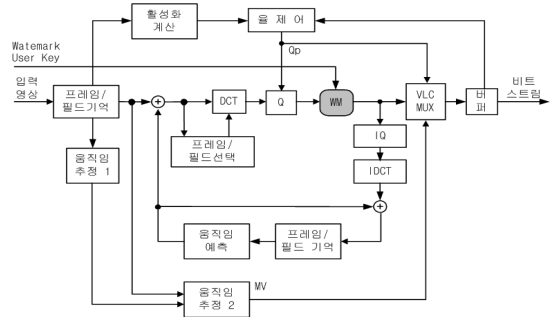


그림 1. 워터마킹을 포함한 MPEG-2 구성도

Fig. 1. Block diagram of MPEG-2 with watermarking

### 2. 기존의 동영상 워터마킹 알고리즘

기존의 워터마킹은 삽입·추출방식에 따라 다양한 방식으로 연구되고 있다. 그 중 DCT 블록 사이의 에너지 차를 이용하여 워터마크를 삽입함으로써 압축에 강인하고 동영상 부호화방식에 적합한 방식으로 Langelaar가 제안한 DEW 알고리즘은 HVS가 고주파수에 덜 민감하다는 특성에 기반하여 압축된 영상에서 고주파영역의 에너지를 부분적으로 제거하여 워터마크를 삽입하는 방식이다.

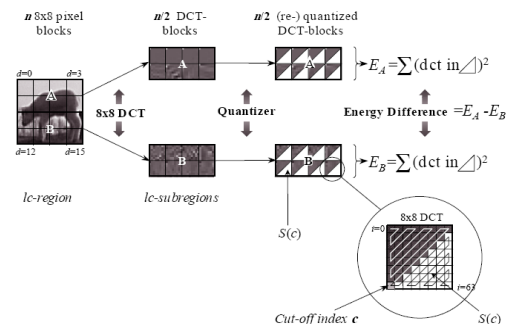


그림 2. DEW 방식에서 대한 에너지정의

Fig. 2. The differential energy watermarking in DEW

그림 2는 워터마크의 삽입은 삽입 비트에 따라 DCT 영역의 고주파 성분을 제거하여 두개의 블록영역의 에너지 차에 따라 이루어지는 DEW 알고리즘이다. 워터마크의 삽입 과정은 영상을 n개 블록(8x8)으로 나눈 후, 이 블록을 DCT하여 n/2개의 DCT 블록으로 나눈다. 워터마크 비트는 선택된 영역인 A와 B의 에너지 차이 값인 “EA-EB”의 부호로써 정의된다. 워터마크 비트가 “0”이면 양의 에너지 차를, 워터마크 비트가 “1”이면 음의 에너지 차를 의미한다. 그러므로 워터마크 삽입은 삽입비트가 “1”이면 EA가 “0”이 되도록 A영역에서 c(cutoff index) 이후의 고주파 계수를 제거하고, 워터마크 비트가 “0”이면 EB가 “0”이 되도록 B영역에서 c 이후의 고주파 계수를 제거하여 워터마크를 삽입한다. 워터마크 된 스트림이 삽입되지 않은 원본 스트림보다 항상 작으므로 동기화 문제나 버퍼 오버플로우 문제는 자연히 피할 수 있으며, c에 의하여 삭제할 고주파 영역의 DCT 계수를 결정하므로 c의 결정은 곧바로 워터마크의 강인성과 영상의 화질에 영향을 준다.

DEW 알고리즘의 장점으로는 원본 비디오 데이터 없이 압축된 데이터에서 실시간으로 워터마크의 삽입과 추출이 가능하고 버퍼 오버플로우가 없으므로 음성과 영상 사이의 동기가 깨지지 않는다. 단점으로는 워터마크 삽입용량 증가에 따른 화질열화가 크며, 낮은 비트율의 동영상인 경우 고주파 성분의 에너지가 거의 없으므로 워터마크 삽입을 위해 시각적으로 중요한 저주파 성분의 삭제가 필요하여 삽입 비트용량이 작고 화질의 열화가 크다는 것이다.

### III. 제안한 비디오 워터마킹 알고리즘

본 논문에서는 워터마크의 강인성 연구를 위하여 주파수영역에서의 변환 방법으로 DCT를 사용하였으며, 변환 후에는 워터마크의 삽입을 위해 변환 영역을 고, 중, 저주파 대역으로 분리하였다. 그리고 워터마크의 삽입 및 추출방법은 널리 알려진 Cox의 방법을 확장하여 각각의 대역에 적용하였다.

#### 1. 워터마크 삽입 및 추출

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

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

여기서,  $x(i, j) \in \{0, \dots, 2^L - 1\}$ 은 픽셀( $x(i, j)$ )의 크기이며, L은 각 픽셀의 비트 수이다. 그리고 X는 8x8 크기의  $(N_1/8) \times (N_2/8)$ 개의 서브영역으로 나누어진 다.

$M_1 \times M_2$  크기의 gray-level의 워터마크 영상 W는 다음 식과 같이 표현한다.

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

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

$M_2 = N_2/m$ 의 크기로 구성하고, m은 정수이다.

제안한 워터마크의 삽입과정 알고리즘은 다음 그림 3과 같이 표현한다.

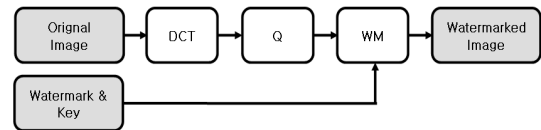


그림 3. 워터마크 삽입과정  
Fig. 3. The watermaek insert process

원영상을 블록(8x8)으로 분리하여 DCT로 계산하고 지그재그 스캔하고 DCT의 DC계수(DCT(0))와 AC계수(DCT(1), DCT(2), DCT(3))의 기울기를 계산하여 부호를 산출하여, 임의의 AC계수 위치(DCT( $n_1$ ), DCT( $n_2$ ), DCT( $n_3$ ))를 정하여 부호를 삽입한다.(WM) 그리고 gray-level 영상의 워터마크 W와 Key를 가지고 계산하여 워터마킹하면서 역 DCT를 수행하여 워터마크된 영상의 강인성을 향상시킬 수 있었다. 워터마크의 역 과정을 그림 4와 같이 나타낸 것이다.

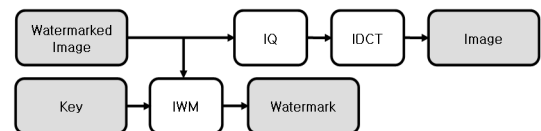


그림 4. 워터마크 추출과정  
Fig. 4. The watermaek extract process

원영상을 블록(8x8)으로 분리하여 DCT로 계산하고 지그재그 스캔하고 DCT의 DC계수(DCT(0))와 AC계수(DCT(1), DCT(2), DCT(3))의 기울기를 계산하여 정해

진 위치의 부호를 산출한다.(IWM) 그리고 Key를 가지고 역으로 계산하여 워터마킹된 영상의 역 Quantised DCT를 수행하여 얻은 값과 계산하여 워터마크 영상을 추출한다.

워터마크의 추출을 위해서는 원영상이 필요하지 않으며, 워터마크된 영상을 DCT하여 각 블록(8x8)의 계수를 사용하여 기울기 부호를 계산하고 얻은 값을 Key와 계산하여 역 DCT를 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 DCT하여 원 영상을 복원할 수 있다.

MPEG 시스템을 위한 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서는 워터마크의 강인성 연구를 위하여 주파수 영역에서의 변환 방법으로 DCT와 Q(Quantization)를 사용하였으며, 변환 후에는 워터마크의 삽입을 위해 변환 영역을 고, 중, 저주파 대역으로 분리하였다. 그리고 워터마크의 삽입 및 추출방법은 널리 알려진 Cox의 방법을 확장하여 각각의 대역에 적용하였다.

Q 영역의 DC계수(Q(0))와 N개의 AC계수(여기서는 3개 계수 사용: Q(1), Q(2), Q(3))의 기울기를 계산을 하게 되면 얻은 부호와 크기 값은 변동이 없다는 장점을 얻게 되어 본 논문에서 적용하게 되었다.

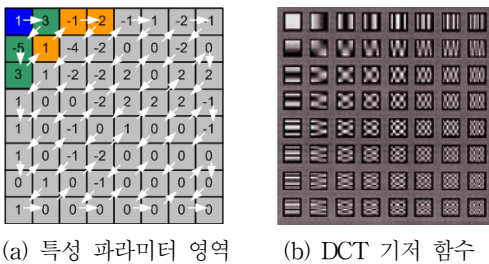


그림 5. 파라미터의 추출영역과 DCT 블록  
Fig. 5. The extract area of parameter and DCT block

그림 5의 (a)는 블록 영상의 특징을 나타내는 특성 파라미터의 영역과 추출을 위한 스캔 순서를 (b)는 2차원 영상에서의 8x8 DCT의 기저 함수들을 나타낸다.

## IV. 모의실험

제안한 방법은 C++ 언어로 구현하였고 본 연구실에서 자체 구현한 MPEG 시스템(MPEG-2)에 이 방법을 적용시켰다. 실험에는 352 x 288 크기의 CALENDAR 영상을 사용하였다. 각 비디오의 GOP 구조는 IBBP였으며, 각 비디오에 대해 30개의 GOP를 추출하여 실험하였다. 이 프레임들의 평균 압축률은 약 27:1이었으며, 이때의 색차 형식은 Y:Cb:Cr=4:2:0이었고, 압축은 MPEG2의 TM5를 기준으로 하였다. 앞에서와 같이 본 논문은 각 프레임에 워터마크를 삽입하였다. 워터마크는 그림 8에 나타난 것과 같이 특정 로고가 그려진 22x18 크기의 이진영상을 사용하였다.

### 1. 비가시성에 대한 실험

그림 6은 비디오 영상들에 대해 제안한 방법으로 워터마킹을 수행하면서 각 프레임의 압축방식으로 압축한 30개의 프레임들의 PSNR 값들과 워터마킹을 수행하고 압축을 수행한 PSNR 값들을 한 그래프로 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 워터마킹을 수행한 결과는 워터마킹을 하지 않은 결과에 비해 평균 2.3 dB 정도의 화질의 열화를 보였으며 이것은 육안으로 쉽게 구별할 수 없을 정도의 값이다.

그림 7에는 각 프레임에 대해 워터마킹을 수행한 결과와 평균치를 비교하였는데, 이 그림에서도 I, B, P 각 프레임의 워터마킹된 결과를 정규화 상관도로 보여주고 있다. 원래의 워터마크와 정규화 상관도(normalized correlation, NC)를 계산하였다. NC의 계산식은 다음과 같다.

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

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

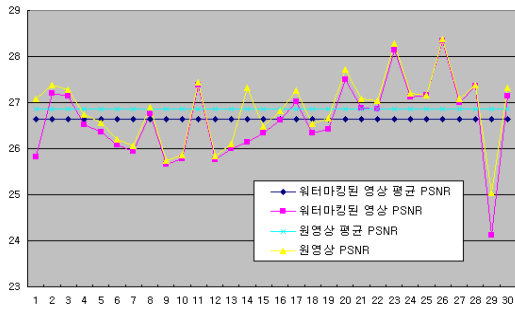


그림 6. 비디오의 30개 프레임에 워터마킹한 후의 PSNR  
Fig. 6. PSNR after watermarking to the 30 frames of video

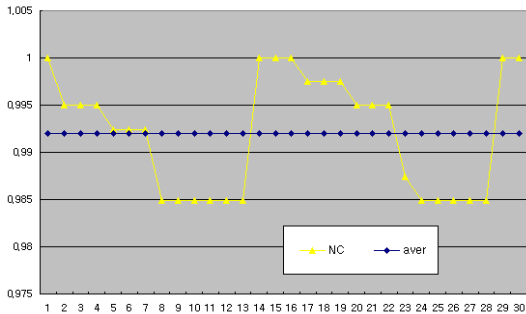


그림 7. 추출된 워터마크의 정규화 상관도  
Fig. 7. The NC value of extracted watermark

그림 6은 원 워터마크와 워터마크가 삽입되어 압축된 영상에서 추출한 워터마크의 평균 PSNR 값을 각각 나타내고 있다. 원영상의 평균 PSNR 값이 26.86dB, 워터마크된 영상의 평균 PSNR은 26.63dB로 차이를 최소화 하였다. 그림 7에서는 원 워터마크와 추출된 워터마크의 NC 값을 보여주고 있다. 그림에서 보듯이 NC값이 작은 경우에 워터마크를 충분히 인식할 수 있었다. 그림 8에서는 워터마킹된 영상과 추출된 워터마크의 결과를 보여준다.



그림 8. 워터마킹된 영상과 추출된 워터마크  
Fig. 8. Watermarked image and Extracted watermark

## V. 결론

본 논문에서는 DCT 기반 실시간 MPEG 비디오 압축 시스템을 타겟으로 영상의 화질을 유지하면서 비가시성과 강인성을 모두 갖춘 워터마킹 알고리즘을 제안하였다.

본 논문에서는 디지털 영상의 저작권 정보보호를 위해 DCT 계수의 기울기를 이용한 영상 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 저주파영역의 DCT 계수를 계산하여 기울기 값의 부호를 산출하여 삽입할 워터마크의 위치(여러 주파수 대역)와 크기를 결정하여 줌으로써 워터마크의 삽입과 추출에 높은 효과를 가질 수 있었다.

본 논문에서 제안한 알고리즘은 비가시성과 강인성의 모든 면에서 매우 우수한 성능을 보여 향후 그 응용가능성이 매우 밝다고 판단된다. 동영상 부호화 방법(MPEG-2, 4와 H.261, H.263 등)에 적용 가능하다고 사료된다.

## 참고 문헌

- [1] A. Jain, Fundamentals of digital image processing, Prentice-Hall, 1986,
- [2] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia, IEEE Trans. on Image Processing," vol. 6, no. 12, pp. 1673 ~1687, Dec. 1997.
- [3] W. Zhu, Z. Xiong, and Y-Q. Zhang, "Multiresolution watermarking for images and video: a unified approach," IEEE ICIP, pp. 465-468, Chicago, IL, USA, Oct. 1998.
- [4] 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.
- [5] I. Cox, M. Miller, and J. Bloom. Digital Watermarking. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2002.
- [6] C. Podilchuk and W. Zeng, "Image adaptive watermarking using visual models," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 16, no. 4, pp. 525 -539, May 1998.

- [7] D. Zheng, J. Zhao and A. E. Saddik, "RSTinvariant digital image watermarking based on log-polar mapping and phase correlation," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 13, no. 8, pp. 753 - 765, Aug. 2003.
- [8] J. Huang, Y. Q. Shi, and Y. Shi, "Embedding image watermarks in DC components," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 10, no. 6, pp. 974-979, Sep. 2000.
- [9] Y. Zhao, P. Campisi, and D. Kundur, "Dual domain watermarking for authentication and compression of cultural heritage images," IEEE Trans. Image Process., vol. 13, no. 3, pp. 430-448, Mar. 2004.
- [10] 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.

저자 소개

임 용 순(중신회원)



- 1988년 성균관대학교 전자공학과 공학사
- 1993년 성균관대학교 공학석사
- 1999년 성균관대학교 공학박사
- 1998년 ~ 현재 국제대학 방송계열 방송영상제작전공 부교수
- 2000년~현재 한국인터넷방송통신학회 부회장

<주관심분야 : 영상압축부호화, 워터마킹, 디지털방송전송, 영상 3D 등>

강 은 영(정회원)



- 1988년 : 숙명여자대학교 공학사
  - 1999년 : 숙명여자대학교 공학석사
  - 2008년 : 성균관대학교 공학박사
  - 2009년 ~ 현재 : 동양미래대학 정보통신과 교수
- <주관심분야 : 모바일에드-혹 네트워크, 임베디드소프트웨어, 서비스디스커버리, 워터마킹 등 >