

영상 특성을 이용한 3D-DCT 기반의 적응적인 비디오 워터마킹

이성현, 박현, 문영식
한양대학교 컴퓨터공학과
e-mail : sunghyon@cse.hanyang.ac.kr, hpark@cse.hanyang.ac.kr,
ysmoon@cse.hanyang.ac.kr

Adaptive Video Watermarking based on 3D-DCT Using Image Characteristics

Sung Hyun Lee, Hyun Park, Young Shik Moon
Dept. of Computer Science and Engineering, Hanyang University

Abstract

Depending on the characteristics of each 3D-DCT block, images can be classified into three types: images with motion and textures, images with high textures and little motion, images with little textures and little motion. In this paper, we propose an adaptive watermarking method using these characteristics of each 3D-DCT block. and the human visual system. The proposed method classifies patterns of 3D-DCT blocks based on the motion and texture information, and classifies the image type according to the ratio of these patterns. The watermark is inserted proportional to the 3D-DCT coefficients by using pattern adaptive JND, which makes the proposed watermarking robust by inserting watermarks in as many blocks as possible. Experimental results show that the proposed method achieves better performance in terms of invisibility and robustness than the previous method.

I. 서론

DVD-R 같은 고밀도 저장장치의 대중화와 인터넷과 같은 통신망의 발전에 따라 디지털 멀티미디어 콘텐츠(Contents)에 대한 저작권 문제가 대두되고 있다[1].

이러한 문제를 해결하기 위해 디지털 데이터 내부에 정보를 은닉하여 멀티미디어 데이터 저작권을 보호할 수 있는 워터마킹 연구가 활발히 진행되고 있다.

워터마킹 방법은 크게 압축 영역과 비압축 영역으로 나눌 수 있다. 압축 영역에서의 워터마킹 방법은 동영상의 압축 포맷이 알고리즘이 제시된 압축 포맷과 일치하지 않을 경우 적용하기 힘들다는 단점을 가지고 있다. 일반적으로 비디오 워터마킹 분야에서는 영상의 텍스처가 복잡하고 움직임이 많을수록 영상의 왜곡에 대하여 인간이 시각적으로 인지하기 힘들다는 인간 시각 시스템 HVS(Human Visual System)의 특징을 자주 이용한다 [2][3].

영상은 3D-DCT(Three Dimensional Discrete Cosine Transform) 블록별 패턴의 특성에 따라 움직임과 텍스처가 모두 있는 영상, 움직임은 거의 없고 텍스처가 많은 영상, 움직임과 텍스처가 거의 없는 영상등으로 분류가 가능하기 때문에 본 논문에서는 이러한 특성과 HVS를 이용한 비압축영역에서 3D-DCT 기반의 적응적인 워터마킹 방법을 제안한다.

제안된 방법은 움직임과 텍스처를 고려하여 3D-DCT 블록별 패턴을 분류하고 그 패턴 비율에 따라 영상의 타입을 분류한다. 워터마크는 블록의 중간대역 계수를 두 집합으로 나누고 계수 차를 이용하여 패턴에 적응적인 JND(Just Noticeable Difference)와 3D-DCT 계수에 비례적으로 삽입된다.

II. 영상특성을 이용한 패턴 분류

2.1. 3D-DCT 블록별 패턴 분류

3D-DCT는 8*8*8 블록단위로 수행이 되며 블록의 계수는 512개의 기저 함수의 특성을 나타낸다[4]. 따라서, 3D-DCT변환을 거친 AC계수들의 분포를 u,v,w의 순서대로 정렬하여 살펴보면 그림 1과 같이 영상의 특성에 따라 계수값이 다르게 분포됨을 알 수 있다.

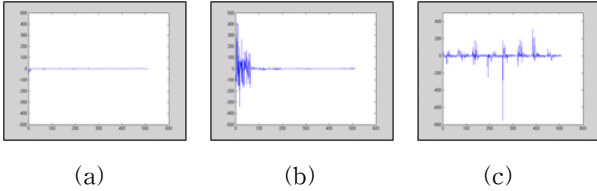


그림 1. 영상특성에 따른 3D-DCT 계수값의 분포 (a) 움직임과 텍스처가 거의 없는 블록 (b) 움직임은 없고 텍스처만 있는 블록 (c) 움직임과 텍스처가 모두 있는 블록

그림 1의 (a)는 움직임과 텍스처가 적은 블록으로써 계수값이 거의 없다. (b)는 움직임은 적고 텍스처가 많은 블록으로써 1번째부터 64번째 계수값들의 평균과 분산이 높게 나온다. (c)는 움직임과 텍스처가 모두 있는 블록으로써 65번째부터 512번째 계수값들의 평균과 분산이 높게 나온다. 따라서, 이런 계수값들의 분포 특성을 이용하여 블록 패턴을 3가지로 정의한다. 그림 2는 이러한 블록별 패턴 분류를 통해 얻어진 결과를 보여준다. ① 블록은 그림 1의 (c), ② 블록은 그림 1의 (b), ③ 블록은 그림 1의 (a)의 블록 패턴을 나타낸다.

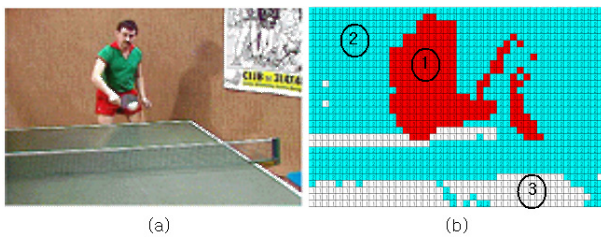


그림 2. 블록별 패턴 분류를 통한 결과 (a) 원영상, (b) 블록 패턴의 분류 결과

2.2. 블록 패턴 비율을 이용한 영상 타입 분류

입력된 영상은 그 특성에 따라 블록들이 차지하는 비율이 다르기 때문에, 본 논문에서는 전체 영상의 절반 이상을 차지하는 블록 패턴의 종류에 따라 영상의 타입을 3가지 타입으로 정의한다. 3가지 영상 타입은 움직임과 텍스처가 모두 있는 영상, 움직임은 거의 없고 텍스처가 많은 영상, 움직임과 텍스처가 거의 없는 영상등으로 정의된다. 어느 타입에도 해당되지 않는 영상은 움직임과

텍스처가 모두 있는 경우로 분류한다. 영상 타입을 분류하는 이유는 기존 방법에서 텍스처나 움직임이 거의 없는 경우 적은양의 워터마크가 삽입되는 것을 보완하기 위함이다.

III. 워터마크 삽입과 검출

3.1 워터마크 삽입 알고리즘

제안된 워터마크 삽입은 그림 3과 같이 영상들을 8 프레임 당 8*8*8 블록단위로 3D-DCT를 하는 단계, 블록별 패턴 분류 단계, 블록별 패턴 비율에 따른 영상 타입 분류 단계, 중간 대역 계수를 이용한 워터마크 삽입 단계등 총 4단계로 나누어진다.

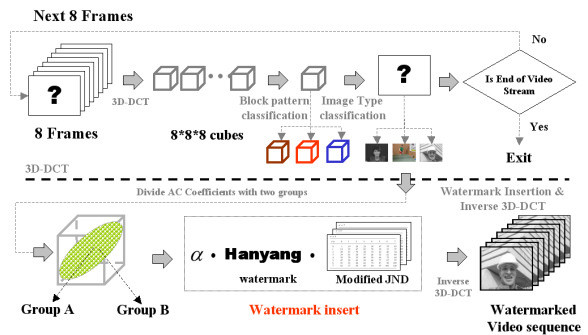


그림 3. 워터마크 삽입 흐름도

워터마크 삽입 시에는 3D-DCT의 양자화 계수로부터 얻어진 민감도를 사용하는데, 본 논문에서는 움직임 정보와 텍스처 정보를 고려한 민감도를 JND로 사용한다[3]. 식 (1)은 움직임이 고려된 JND, 식 (2)는 텍스처가 고려된 JND를 나타내며, $X_{n,k}$ 는 3D-DCT 계수, σ 는 삽입되는 계수들의 분산, n은 블록의 인덱스, k는 3D-DCT 계수의 인덱스를 나타낸다.

$$JND_M = JND \times \left(\frac{1}{448} \sum_{k=65}^{512} X_{n,k} + \sigma \right) \quad (1)$$

$$JND_T = JND \times \left(\frac{1}{63} \sum_{k=2}^{64} X_{n,k} + \sigma \right) \quad (2)$$

블록별 패턴에 따라 그림 1의 (a) 패턴은 식 (3), 그림 1의 (b) 패턴은 식 (4), 그림 1의 (c) 패턴은 식 (5)를 이용하여 워터마크를 삽입한다. $X_{n,k}^*$ 는 워터마크가 삽입된 3D-DCT 계수, α_t^p 는 비례상수, p는 블록 패턴, t는 영상 타입, W는 워터마크를 나타낸다.

$$X_{n,k}^* = X_{n,k} + \alpha_t^p \cdot W \quad (3)$$

$$X_{n,k}^* = X_{n,k} + \alpha_t^p \cdot W \cdot JND_T \quad (4)$$

$$X_{n,k}^* = X_{n,k} + \alpha_t^l \cdot X_{n,k} \cdot W \cdot JND_M \quad (5)$$

워터마크의 삽입은 3D-DCT 계수 중 중간 계수 대역을 뽑아 두 그룹으로 나누어 계수차를 만드는 방법을 이용한다[2]. 중간 대역 계수는 식 (6)을 이용하여 전체 3D-DCT 계수중에서 선택된다. R_k 는 중간 대역 계수들을 나타내고 $F_k(u,v,w)$ 는 3D-DCT의 계수를 나타낸다.

$$R_k = \{F_k(u, v, w), \text{ for all } F_k(u, v, w) \text{ such that } u + v + w = p, p \in \{9,10,11,12\}\} \quad (6)$$

선택된 중간 대역 계수들은 계수 순서에 따라 정렬하고 홀수 위치이면 그룹 A로 짝수 위치이면 그룹 B로 나눈다. 그룹 A의 계수와 그룹 B의 계수에 식 (7)과 같이 워터마크 비트에 따라 상수를 더해주고 빼줌으로써 워터마크를 삽입한다.

$$\begin{cases} A_{n,k} + \beta \\ B_{n,k} - \beta \end{cases}, \quad \text{if } watermarkbit = 1$$

$$\begin{cases} A_{n,k} - \beta \\ B_{n,k} + \beta \end{cases}, \quad \text{if } watermarkbit = 0 \quad (7)$$

$A_{n,k}$ 와 $B_{n,k}$ 는 각각 n번째 블록에서 중간 대역에서 뽑은 두 그룹의 k번째 계수들이고 β 는 상수를 나타낸다. 이 과정을 전 프레임에 걸쳐 수행하면서 워터마크를 삽입한다.

3.2 영상의 특성을 이용한 비례상수의 학습

비례상수 α_t^p 값이 영상의 타입과 블록별 패턴에 따라 영상의 특성을 잘 반영한 최적의 값을 갖도록 학습을 수행한다. α_t^p 는 여러개의 샘플 영상으로부터 초기치를 1로 하여 삽입한 후 PSNR 측정과 검출률 검토를 반복적으로 수행함으로써 학습을 시킨다[5]. 워터마크의 삽입량을 최대로 하기 위해서, 많은 영역을 차지하는 블록 패턴에 대해선 α_t^p 값을 상향조정하고 나머지 블록 패턴에 대해선 하향 조정함으로써 9개의 α_t^p 값을 결정한다.

3.3 워터마크 검출 알고리즘

워터마크 검출은 그림 4와 같이 영상들을 8 프레임 당 8*8*8 블록 단위로 3D-DCT 변환 후 중간계수 대

역에서 두 그룹을 뽑아 그 차를 구하여 워터마크 비트를 검출한다[2].

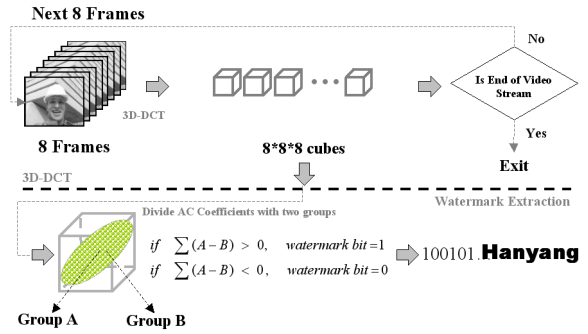


그림 4. 워터마크 검출 흐름도

IV. 실험 결과

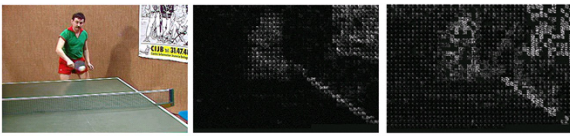
본 논문에서는 비압축 영역에서 3D-DCT를 이용하는 기존의 방법[2][3]과 비교하여 실험을 하였다. 다양한 영상에서의 평가가 이루어지기 위해 실험 영상 4개를 그림 5에 나열하였으며 정적인 영상부터 복잡한 영상순으로 정렬하였다. 실험은 watermark capacity, invisibility, robustness 측면에서 이루어졌으며, 동일 프레임, 동일 워터마크를 사용하였다.



그림 5. 실험 영상들 (a)미스 아메리카 (b)탁구 (c)포어맨 (d)풋볼

4.1 Watermark Capacity Test

그림 6은 watermark capacity 실험결과를 보여주고 있다. 텍스트 정보가 효율적으로 고려되지 못한 기존 방법보다 더 많은 양의 워터마크가 삽입되었음을 확인할 수 있다.



(a) (b) (c)

그림 6. Capacity 실험결과 (a)워터마크가 삽입 된 프레임 (b)기존방법의 삽입된 워터마크 (c)제안된 방법의 삽입된 워터마크

4.2 Invisibility Test

표 1은 watermark invisibility 실험 결과를 보여주고 있다. PSNR은 50dB가 원영상을 나타내며, 40dB 이상이면 화질이 우수한 것으로 평가되고 있다. 모든 영상의 전 프레임에서 최소 PSNR이 40dB 이상이 나왔으며, 평균 PSNR도 각 영상에 대해서 42~45dB의 결과를 보인다.

표 1. 각 실험영상에 대한 평균 PSNR(dB)

	미스 아메리카	탁구	포어맨	풋볼
평균 PSNR	44.84	42.42	44.48	42.32

표 2. MPEG압축 공격에 대한 평균 검출률

	포어맨		풋볼	
	기존방법	제안된방법	기존방법	제안된방법
5Mbps	97.49%	99.96%	94.44%	99.17%
2Mbps	84.39%	96.90%	78.37%	88.45%
	미스 아메리카		탁구	
	기존방법	제안된방법	기존방법	제안된방법
5Mbps	99.99%	100%	95.83%	99.40%
2Mbps	97.55%	99.88%	92.95%	93.81%

4.3 Robustness Test

표 2는 watermark robustness 실험 결과를 보여주고 있다. 압축 인코딩 및 디코딩은 MPEG-2를 사용하였고, bit rate 5Mbps, 2Mbps로 나누어 실험하였다. 제안된 방법이 움직임과 텍스처에 많이 삽입되면서 영상에 적응적으로 α_i^k 가 결정되기 때문에 영상이 복잡할수록 검출률이 떨어지는 기존의 방법과 비교하여 우수한 성능을 보인다.

V. 결론

본 논문은 HVS에 따라 움직임과 텍스처가 존재하는 영역을 최대한 이용하기 위하여 영상 타입을 분류하고 3D-DCT 블록별 패턴을 분류하여 적응적으로 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다. 블록별 최적의 워터마크를 삽입함으로써 기존 방법보다 capacity, invisibility, robustness 측면에서 우수한 결과를 보이며, 복잡한 영상에 대해서도 우수함을 보인다.

참고문헌

- [1] I. J. Cox, M. L. Miller and J. A. Bloom, "Digital Watermarking", Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
- [2] J. H. Lim, D. J. Kim, H. T. Kim, C. S. Won "Digital Video Watermarking Using 3D-DCT and Intra-Cubic Correlation", Proc. of SPIE, vol.4314, pp.64-72, 2001
- [3] 박현, 한지석, 문영식, "3D-DCT 계수를 적응적으로 이용한 비디오 워터마킹", 한국정보보호학회, 2005
- [4] M. C. Lee, Raymond K. W. Chan, and Donald A. Adjeroh, "Quantization of 3D-DCT Coefficients and Scan Order for Video Compression", Journal of Visual Communication and Image Representation, 1997
- [5] Ji-Young Moon, Yo-Sung Ho, "A Video Watermarking Algorithm Based on the Human Visual System Properties", ISCIS 2003