

논문 2006-43SP-3-9

영상 특성을 이용한 3D-DCT 기반의 적응적인 비디오 워터마킹

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

박 현*, 이 성 현*, 문 영 식**

(Hyun Park, Sung Hyun Lee, and Young Shik Moon)

요 약

본 논문에서는 인간의 시각 특성(Human Visual System)과 3D-DCT(Three Dimensional Discrete Cosine Transform) 블록 특성을 이용한 적응적인 비디오 워터마킹 방법을 제안한다. 3D-DCT 계수들의 분포에 따라 3D-DCT 블록을 움직임과 텍스처 모두 있는 블록, 움직임은 거의 없고 텍스처만 있는 블록, 움직임과 텍스처 모두 거의 없는 블록 등 3가지 패턴으로 분류한다. 또한 분류된 3D-DCT 블록의 패턴 비율에 따라 영상을 움직임과 텍스처 모두 있는 영상, 움직임은 거의 없고 텍스처만 있는 영상, 움직임과 텍스처 모두 거의 없는 영상 등 3가지 타입으로 분류한다. 제안된 워터마크 삽입 방법은 분류된 3D-DCT 블록 패턴과 영상 타입에 따라 적응적으로 학습된 민감도 테이블과 비례 상수를 이용하여 입력 비디오 영상의 3D-DCT 중간 대역 계수에 적응적으로 워터마크를 삽입한다. 실험 결과들은 제안된 방법이 투명성과 강건성에서 이전 방법보다 우수함을 보인다.

Abstract

In this paper, we propose an adaptive video watermarking method using human visual system(HVS) and characteristics of three-dimensional cosine transform (3D-DCT) cubes. We classify 3D-DCT cubes into three patterns according to the distribution of coefficients in the 3D-DCT cube: cube with motion and textures, cube with high textures and little motion, and cube with little textures and little motion. Images are also classified into three types according to the ratio of these patterns: images with motion and textures, images with high textures and little motion, and images with little textures and little motion. The proposed watermarking method adaptively inserts the watermark on the coefficients of the mid-range in the 3D-DCT cube using the appropriately learned sensitivity table and the proportional constants depending on the patterns of 3D-DCT cubes and types of images. Experimental results show that the proposed method achieves better performance in terms of invisibility and robustness than the previous method.

Keywords : Video Watermarking, 3D-DCT, Human Visual System

I. 서 론

DVD-R 같은 고밀도 저장장치의 대중화와 인터넷과 같은 통신망의 발전에 따라 디지털 멀티미디어 콘텐츠

(Contents)에 대한 저작권 문제가 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 디지털 데이터 내부에 정보를 은닉하여 멀티미디어 데이터 저작권을 보호할 수 있는 워터마킹 연구가 활발히 진행되고 있다^{[1][2]}.

워터마킹 방법은 크게 압축 영역과 비압축 영역으로 나눌 수 있다. 압축 영역에서의 워터마킹 방법은 동영상의 압축 형식이 알고리즘이 제시된 압축 형식과 일치하지 않을 경우 적용하기 힘들다는 단점을 가지고 있다. 일반적으로 대부분의 비디오 워터마킹이 비압축 영역에서 연구되고 있고 워터마크는 압축전의 프레임에

* 정회원, ** 평생회원, 한양대학교 컴퓨터공학과
(Dept. of Computer Science and Engineering,
Hanyang University)

※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 지원으로 수행되었음.

접수일자: 2006년1월19일, 수정완료일: 2006년4월6일

삽입된 후 압축된다^[3]. 비압축 영역에서는 대표적으로 2D-DCT(Two Dimensional Discrete Cosine Transform)와 2D-DWT(Two Dimensional Discrete Wavelet Transform)등의 변환을 이용하여 프레임 간의 유사도 측정에 의한 워터마크를 삽입하는 방법과 3D-DCT(Three Dimensional Discrete Cosine Transform)와 3D-DWT(Three Dimensional Discrete Wavelet Transform) 등의 변환을 이용하여 8 프레임 단위로 워터마크를 삽입하는 방법으로 분류할 수 있다. 2D 변환을 통한 프레임 간 유사도를 측정하는 방법은 움직임이 있는 영역은 유사도가 낮다는 점을 이용한 것인데 이는 프레임간의 유사도를 이용하기 때문에 프레임 제거 등의 시간축 공격에 상대적으로 취약한 단점이 있다. 또한 공격자가 연속된 프레임을 비교하거나 평균 냄으로써 통계적으로 쉽게 워터마크를 추출할 수 있게 된다^[4]. Seung-Jin Kim 등은 3D-DWT 변환을 이용하여 three-level 서브밴드 대역에 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다^[5]. 이 방법은 프레임 제거와 MPEG 압축 공격 등에 대하여 강건함을 보이나 워터마크 검출단계에서 원영상을 필요로 하는 단점을 가지고 있다. 한편, J. H. Lim 등은 3D-DCT 변환을 이용하여 3D-DCT 블록의 중간대역계수에 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다^[6]. 이 방법은 영상의 특성을 고려하지 않아 움직임이 많은 영상에 대해서 공격에 취약한 면을 보인다.

따라서 본 논문에서는 언급된 기존 워터마킹 방법의 문제점을 해결하기 위해 시간축 공격에 상대적으로 강하면서 원영상을 필요로 하지 않고 비압축 영역에서 워터마크를 삽입하는 3D-DCT 기반의 워터마킹 방법을 제안한다. 제안된 방법은 워터마킹의 비가시성과 강건성을 향상시킬 수 있도록 인간의 시각 특성(Human Visual System:HVS)을 이용하여 3D-DCT 블록 패턴과 영상 타입을 분류한다. 제안된 워터마크 삽입 방법은 분류된 3D-DCT 블록 패턴과 영상 타입에 따라 적응적으로 학습된 민감도 테이블과 비례 상수를 결정하고 중간 대역 AC 계수들을 두 그룹(계수 인덱스가 홀수인 그룹과 짝수인 그룹)으로 분리한 후 두 그룹의 합이 통계학적으로 0에 가깝다는 특징을 이용하여 영상 특성에 최적화된 워터마크를 삽입한다. 검출 방법은 3D-DCT 변환 후 중간 대역 계수들을 워터마크 삽입과 동일한 방법으로 두 그룹으로 분류하고 두 그룹의 차를 구하여 워터마크 비트를 검출한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 영상

특성을 이용한 패턴 분류 방법을 설명한다. III장에서는 3D-DCT 블록에서의 지각 모델을 설명한다. IV장에서는 영상 특성에 최적화된 민감도와 비례상수를 결정하는 방법을 설명한다. V장에서는 워터마크 삽입 및 검출 방법에 대해서 설명한다. VI장에서는 실험 결과를 보여주고, 마지막으로 VII장에서 결론을 맺는다.

II. 영상 특성을 이용한 패턴 분류

워터마킹의 비가시성과 강건성을 동시에 향상시킬 수 있는 최적의 워터마크 가중치 계수들(Weight Factors)을 계산하기 위해 영상 특성을 이용한 3D-DCT 블록별 패턴 분류 방법과 블록 패턴의 비율에 따른 비디오 영상의 타입 분류 방법을 기술한다. 본 논문에서는 3D-DCT 블록의 AC 계수의 절대 값 평균과 AC 계수의 표준편차를 이용하여 영상의 특성을 정의한다.

2.1 3D-DCT 블록별 패턴 분류

3D-DCT는 연속적인 8 프레임 내에서 8*8*8 블록 단위로 수행이 되며 한 블록의 계수들은 512개의 기저함수의 특성을 나타낸다^[8]. 본 논문에서는 3D-DCT 블록의 움직임과 텍스처 정보를 영상의 특성으로 이용하기 위해서 모든 3D-DCT 블록들을 ① 움직임과 텍스처가 거의 없는 블록, ② 움직임은 없고 텍스처만 있는 블록, ③ 움직임과 텍스처가 모두 있는 블록 등 총 3가지 패턴으로 분류 할 수 있다고 가정한다.

패턴별로 수작업에 의해 획득된 많은 학습 블록들을 식 (1)을 이용하여 u, v, w 축 순서대로 AC 계수 인덱스를 증가시키며 정렬하면 그림 1과 같이 패턴별로 AC 계수 값들이 서로 다르게 분포 한다.

$$\begin{aligned} &\text{for } w = 0; w < 8; w = w + 1 \\ &\quad \text{for } v = 0; v < 8; v = v + 1 \\ &\quad \quad \text{for } u = 0; u < 8; u = u + 1 \\ &\quad \quad \quad k = k + 1 \end{aligned} \quad (1)$$

그림 1은 블록 패턴별 AC 계수들의 분포를 통하여 식 (1)에 의해 정렬된 1번부터 63번 AC 계수는 영상에 텍스처 정보가 많을 경우 큰 계수값과 큰 분산값을 가지며, 64번부터 511번 AC 계수는 움직임 정보가 많은 경우 큰 계수값과 큰 분산값을 갖는 다는 것을 보인다.

본 논문에서는 3D-DCT 계수들의 분포 특성을 잘 표현하는 AC 계수들의 절대값의 평균을 이용하여 식 (2)와 같이 3D-DCT 블록들을 자동으로 패턴 분류한다.

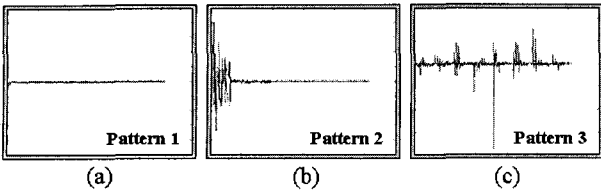


그림 1. 영상특성에 따른 3D-DCT 계수 값의 분포 (a) 움직임과 텍스처가 거의 없는 블록 (b) 움직임은 없고 텍스처만 있는 블록 (c) 움직임과 텍스처가 모두 있는 블록

Fig. 1. The distribution of 3D-DCT coefficients according to Image characteristics. (a) blocks with little textures and little motion (b) blocks with high textures and little motion (c) blocks with motion and textures.

$$E_T = E \{ |F_{n,k}(u,v,w)| \}, \quad 1 \leq k \leq 63 \quad (2)$$

$$E_M = E \{ |F_{n,k}(u,v,w)| \}, \quad 64 \leq k \leq 511$$

$$\begin{aligned} \text{if } E_T < T_T \text{ and } E_M < T_M, & \text{ Pattern 1} \\ \text{if } E_T \geq T_T \text{ and } E_M < T_M, & \text{ Pattern 2} \\ \text{others,} & \text{ Pattern 3} \end{aligned} \quad (3)$$

식 (3)에서 $F_{n,k}(u,v,w)$ 는 n 번째 블록의 k 번째 3D-DCT 계수, T_T 는 텍스처의 유무를 결정짓는 문턱치 값이고, T_M 은 움직임의 유무를 결정짓는 문턱치 값이 된다. 그림 1에서 세로축은 계수들의 크기 $F_{n,k}(u,v,w)$ 를 나타내며 가로축은 계수의 인덱스 k 를 나타낸다.

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 움직임과 텍스처가 모두 있는 영상, 움직임은 거의 없고 텍스처가 많은 영상, 움직임과 텍스처가 거의 없는 영상등 3가지 타입으로 정의한다. 어느 타입에도 해당되지 않는 영상은 움직임과 텍스처가 모두 있는 경우로 분류한다.

$$\begin{aligned} \text{if } P_1 \text{ is more than } 50\%, & \text{ Video Type 1} \\ \text{if } P_2 \text{ is more than } 50\%, & \text{ Video Type 2} \\ \text{others,} & \text{ Video Type 3} \end{aligned} \quad (4)$$

식 (4)는 비디오 영상의 타입 분류를 위해 사용하며 P_1 은 그림 1의 (a) 패턴을 가지는 블록의 전체 비율, P_2 은 그림 1의 (b) 패턴을 가지는 블록들의 전체 비율이다. 영상 타입을 분류하는 것은 영상의 특성에 따라 최적의 워터마크를 삽입함으로써 양질의 비가시성을 유지

하면서 워터마킹을 강건하게 하기 위함이다.

III. 3D-DCT 블록에서의 지각 모델

3D-DCT 양자화 테이블은 인간의 시각 특성으로 인해 3D-DCT 블록 계수들에 따라 왜곡이 발생하더라도 인간이 시각적으로 인지하기 힘든 변화 정도를 나타내며 이를 초기 민감도 테이블로써 정의한다.

3.1 3D-DCT 상에서의 민감도

본 논문에서는 비디오 압축을 위한 3D-DCT 양자화 방법^{[7][8]}에서 사용하는 민감도 테이블을 초기 값으로 사용한다. 이 모델에서는 식 (5)에 의하여 그림 2와 같이 $8*8*8$ 블록 단위로 3D-DCT 큐브는 시각적으로 중요한 계수와 중요하지 않은 계수로 나뉜다.

식 (5)에서 $g(u,v,w)$ 는 블록의 전체 계수, $g_i(u,v,w)$ 는 그림 2의 (a) 영역의 계수, $g_o(u,v,w)$ 는 그림 2의 (b) 영역의 계수, u,v,w 는 계수의 인덱스, C 는 그림 2와 같이 영역을 나누는 임계값을 나타낸다.

$$g(u,v,w) = g_i(u,v,w) + g_o(u,v,w) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{if } (u+1)(v+1)(w+1) \leq C, & g_i(u,v,w) \\ \text{if } (u+1)(v+1)(w+1) > C, & g_o(u,v,w) \end{aligned}$$

이 모델에서는 그림 2의 (a)와 (b)에 속한 계수들의 크기가 지수적으로 감소함을 보이고 식 (6)과 같이 지수함수를 이용해서 그림 2의 (a), (b) 각 부분에 속한 계수들의 양자화 상수를 얻을 수 있다. β_{in} 과 β_{out} 은 상수이다.

$$\text{if } g_i(u,v,w), \quad (6)$$

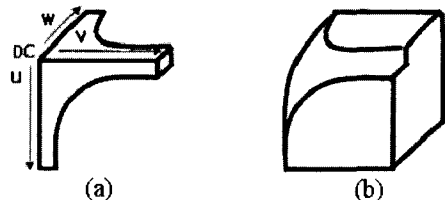


그림 2. 임계값에 따른 3D-DCT 계수의 분류 (a) 시각적으로 중요한 계수 (b) 시각적으로 중요하지 않은 계수

Fig. 2. The classification of 3D-DCT coefficients according to the parameter C. (a) Shifted Complement Hyperboloid (b) Shifted Hyperboloid

$$q(u, v, w) = 255 \left(1 - \frac{e^{-\beta_{\epsilon}(u+1)(v+1)(w+1)}}}{e^{-\beta_{\epsilon}}} \right) + 1$$

if $g_o(u, v, w)$,

$$q(u, v, w) = 255 \left(1 - e^{-\beta_{out}(u+1)(v+1)(w+1)} \right)$$

이 모델에 의해 구하여진 양자화 상수는 3D-DCT 블록의 원점으로부터 멀어질수록 증가한다. 이는 시각적으로 중요하지 않은 계수를 포함하는 영역에서 양자화 상수가 상대적으로 높은 값을 가짐을 나타내고 이는 또한 양자화 값이 클수록 3D-DCT 계수 변화는 시각적으로 인지하기 어렵다는 것을 의미한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 모델에 따라 양자화 테이블을 민감도 (Sensitivity) $t(u, v, w)$ 로 정의하며 워터마크 삽입을 위한 계수에 따른 가중치 값으로 이용한다.

IV. 영상 특성에 최적화된 민감도와 비례상수

워터마킹의 비가시성과 강건성을 향상시키기 위해 영상의 특성을 고려한 적응적인 가중치를 제안한다. 영상 특성에 따른 가중치를 위해 블록 패턴과 영상 타입에 최적화된 민감도를 정의하고 비례상수를 학습하는 방법을 제안한다.

4.1 영상 특성을 반영한 민감도의 정의

일반적으로 워터마크 삽입 시에는 3D-DCT의 양자화 계수로부터 얻어진 민감도를 사용하는데, 본 논문에서는 분류된 패턴 정보에 따라 움직임 정보와 텍스처 정보가 민감도에 잘 반영되도록 패턴별 계수들의 절대값 평균과 계수들의 표준편차를 이용하여 식 (7), (8)과 같이 민감도를 정의한다. 식 (7)은 텍스처가 고려된 민감도, 식 (8)은 움직임이 고려된 민감도, $F_{n,k}(u, v, w)$ 는 n 번째 블록의 3D-DCT 계수, σ_M 은 64번부터 511번 AC 계수들의 표준편차, σ_T 은 1번부터 63번 AC 계수들의 표준편차, n 은 블록의 인덱스, k 는 3D-DCT 계수의 인덱스로서 인덱스 0은 DC 성분을 나타낸다.

$$t_T(u, v, w) = t(u, v, w) \times (E_T + \sigma_T) \tag{7}$$

$$t_M(u, v, w) = t(u, v, w) \times (E_M + \sigma_M) \tag{8}$$

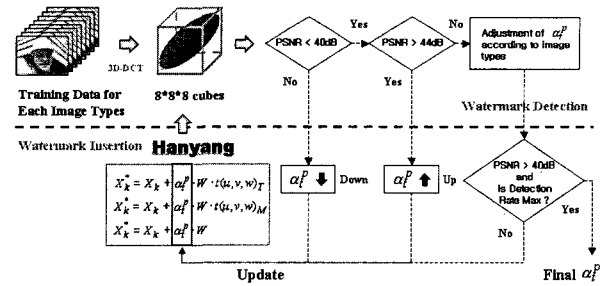


그림 3. 비례상수 α_t^p 의 학습 과정

Fig. 3. Training process of proportional constant α_t^p .

4.2 영상 특성을 이용한 비례상수의 학습

비례상수 α_t^p 값이 영상의 타입과 블록별 패턴에 따라 영상의 특성을 잘 반영한 최적의 값을 갖도록 학습을 수행한다. 그림 3은 비례상수 α_t^p 값을 결정하기 위한 학습과정의 흐름도로 나타낸다^[10].

α_t^p 에서 p 는 블록별 패턴을 나타내므로 $p \in \{1, 2, 3\}$ 으로써 총 3개의 값을 가질수 있고 t 는 영상별 타입을 나타내는 것으로 t 또한 $t \in \{1, 2, 3\}$ 으로써 총 3가지의 값을 가질 수 있다. α_t^p 는 여러개의 샘플 영상으로부터 초기치를 1로 하여 삽입한 후 PSNR 측정과 검출률 검토를 반복적으로 수행함으로써 학습을 시킨다^[10]. 워터마크의 삽입양을 최대로 하기 위해서, 많은 영역을 차지하는 블록 패턴에 대해선 α_t^p 값을 상향조정하고 나머지 블록 패턴에 대해선 하향 조정함으로써 총 9개의 α_t^p 값을 결정한다.

V. 워터마크 삽입 및 검출

제안된 워터마킹 방법은 3D-DCT 블록에서 인간의 시각 특성을 잘 반영할 뿐 아니라 시간축 공격에 대해 상대적으로 강건한 중간 대역 계수를 이용한다. 중간 대역 계수들을 두 그룹으로 분류하고 두 그룹의 합이 통계학적으로 0에 가깝다는 특징을 이용하여 영상 특징에 최적화된 워터마크를 삽입하고 검출한다.

5.1 워터마크 삽입 알고리즘

제안된 워터마크 삽입은 그림 4와 같이 영상들을 8 프레임 당 8*8*8 블록 단위로 3D-DCT 하는 단계, 블록별 패턴 분류 단계, 블록들의 패턴 비율에 따른 영상 타입 분류 단계, 중간 대역 AC 계수들을 두 그룹으로 분리하는 단계, 각각의 그룹에 워터마크를 삽입하는 단

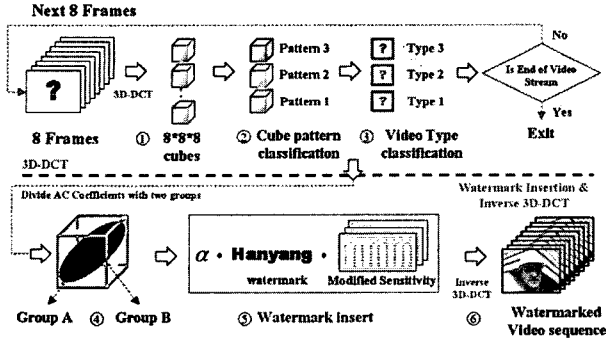


그림 4. 워터마크 삽입 과정

Fig. 4. Insertion process of watermark.

계, Inverse 3D-DCT를 하는 단계 등으로 나누어진다.

블록별 패턴에 따라 그림 1(a) 패턴은 식 (9), 그림 1(b) 패턴은 식 (10), 그림 1(c) 패턴은 식 (11)을 이용하여 워터마크 삽입을 위한 가중치 β 를 결정한다. 그림 1(a) 패턴은 3D-DCT 계수들의 값이 거의 없기 때문에 비례상수 α_t^p 에만 비례하여 β 를 결정한다. 그림 1(b) 패턴은 텍스처 정보만 가지고 있는 블록이므로 텍스처 정보가 고려된 비례상수 α_t^p 와 민감도 $t_T(u,v,w)$ 를 이용하여 β 를 결정한다. 그림 1(c) 패턴은 움직임과 텍스처 정보가 많은 블록이므로 움직임 정보가 고려된 비례상수 α_t^p 와 민감도 $t_M(u,v,w)$ 를 이용하고 또한 큰 AC 계수 값에 비례하여 워터마크가 삽입 될 수 있도록 $X_{n,k}$ 를 추가하여 β 를 결정한다. β 는 식 (9), (10), (11) 과 같이 α_t^p 에 비례하기 때문에 영상의 타입과 3D-DCT 블록의 패턴에 따라 값이 다르다.

$$\beta = \alpha_t^p \quad (9)$$

$$\beta = \alpha_t^p \cdot t_T(u,v,w) \quad (10)$$

$$\beta = \alpha_t^p \cdot X_{n,k} \cdot t_M(u,v,w) \quad (11)$$

중간 대역 계수는 식 (12)를 이용하여 선택된다. $X_{n,k}$ 는 $8*8*8$ 크기의 n 번째 블록에서 중간 대역 계수들, $F_{n,k}(u,v,w)$ 는 n 번째 블록에서 3D-DCT의 계수를 나타낸다.

$$X_{n,k} = \{F_{n,k}(u,v,w), \text{ for all } F_{n,k}(u,v,w) \text{ such that } u+v+w=p, p \in \{9, 10, 11, 12\}\} \quad (12)$$

선택된 중간 대역 계수들은 계수 순서에 따라 정렬하고 식 (13)과 같이 홀수 위치이면 그룹 A로 짝수 위치

이면 그룹 B로 분류한다. 두 그룹의 합이 통계학적으로 0에 가깝다는 특징을 이용하여 그룹 A의 계수와 그룹 B의 계수에 β 를 더해주고 빼줌으로써 최적의 워터마크를 삽입한다.

$$\begin{cases} X_{n,k} \in \text{Group A} & \text{if } k = \text{odd} \\ X_{n,k} \in \text{Group B} & \text{if } k = \text{even} \end{cases} \quad (13)$$

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

$$\begin{cases} A_{n,k} - \beta \\ B_{n,k} + \beta \end{cases}, \quad \text{if } \text{watermarkbit} = 0 \quad (14)$$

$A_{n,k}$ 와 $B_{n,k}$ 는 각각 n 번째 블록에서 중간 대역에서 뽑은 두 그룹의 k 번째 계수이며, 위의 과정을 전 프레임에 걸쳐 수행하면서 워터마크를 삽입한다.

5.2 워터마크 검출 알고리즘

워터마크 검출은 그림 5와 같이 영상들을 8 프레임 당 $8*8*8$ 블록 단위로 3D-DCT 변환 후 중간계수 대역에서 두 그룹을 뽑아 그 차를 구하여 식 (15)를 이용하여 워터마크 비트를 검출한다^[7].

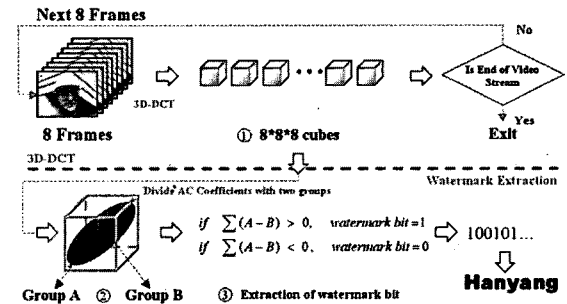


그림 5. 워터마크 검출 과정

Fig. 5. Detection process of watermark.

$$\begin{cases} \text{if } \sum(A-B) > 0, \text{ watermark bit} = 1 \\ \text{if } \sum(A-B) < 0, \text{ watermark bit} = 0 \end{cases} \quad (15)$$

VI. 실험 결과

본 논문에서는 비압축 영역에서 3D-DCT를 이용하는 J. H. Lim 의 방법^[6]과 결과를 비교 한다. 비가시성에 대한 성능 평가 척도는 PSNR(peak signal to noise ratio)을 사용하고, 강건성에 대한 성능 평가 척도는 워터마크 비트의 검출률(detection ratio)을 사용한다.

6.1 비가시성(Invisibility) 실험

표 1은 비가시성 실험 결과를 보여주고 있다. PSNR이 50dB 이면 원영상을 나타내며, 일반적으로 PSNR이 40dB 이상이면 화질이 우수한 것으로 평가한다. 모든 영상의 전 프레임에서 최소 PSNR이 40dB 이상이 나오며, 평균 PSNR도 각 영상에 대해서 42~45dB의 결과를 보인다.

표 1. 각 실험영상에 대한 평균 PSNR(dB)
Table 1. Average PSNR of experimental results.

	미스 아메리카	탁구	포어맨	풋볼
평균 PSNR	44.84	42.42	44.48	42.32

6.2 강건성(Robustness) 실험

6.2.1 워터마크 검출을 위한 임계값 결정

그림 6은 워터마크가 삽입되었을 경우와 삽입되지 않았을 경우의 검출률에 대한 확률 밀도 그래프이다. 실험은 4 가지 실험 영상에 대해서 고루 이루어졌으며 워터마크가 삽입된 경우는 공격이 없을 때와 압축공격을 했을 경우를 전부 포함하여 검출률을 계산하였다^[11].

본 논문에서는 그림 6의 결과로부터 워터마크 검출 문턱치 T_r 를 0.75로 정한다^[11].

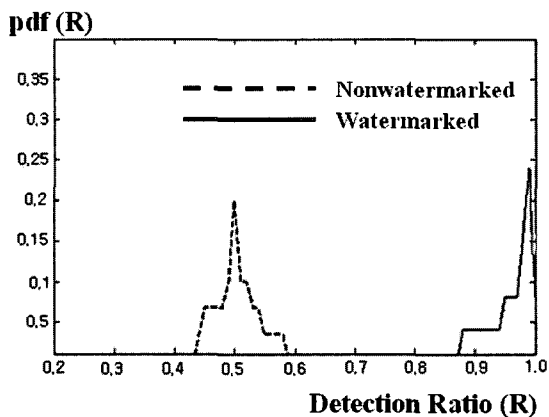


그림 6. 워터마크 삽입 여부에 따른 검출률의 확률 밀도

Fig. 6. probability density of detection ratio on nonwater-marked and watermarked signal.

6.2.2 압축 공격(Compression attack)에 대한 실험

압축 공격은 MPEG-2 인코딩을 이용하여 bit rate 5Mbps, 2Mbps에서 실험하였다. 제안된 방법은 영상이 복잡할수록 검출률이 떨어지는 기존의 방법보다 우수한 성능을 보인다. 표 2는 MPEG-2 압축 공격에서의 평균

표 2. MPEG-2 압축 공격에 대한 평균 검출률

Table 2. Average detection ratio under MPEG-2 attacks.

	미스 아메리카		탁구	
	기존방법	제안된방법	기존방법	제안된방법
5Mbps	99.99%	100%	95.83%	99.40%
2Mbps	97.55%	99.88%	92.95%	95.81%
	포어맨		풋볼	
	기존방법	제안된방법	기존방법	제안된방법
5Mbps	97.44%	99.96%	94.44%	99.17%
2Mbps	84.39%	96.90%	78.37%	88.45%

표 3. MPEG-2 압축 공격에 대한 성능 향상

Table 3. Performance Improvement under MPEG-2 attacks.

	미스 아메리카	탁구	포어맨	풋볼
5Mbps	0.01%	3.57%	2.47%	4.73%
2Mbps	2.23%	2.86%	12.51%	10.08%

검출률 실험 결과를 보여주며, 표 3은 MPEG-2 압축 공격에 대한 성능 향상률을 보여준다.

6.2.3 시간 축에 대한 공격(Temporal attack) 실험

표 4, 표 5, 표 6은 각각 frame dropping, insertion, swapping등 시간축 공격에 대한 워터마크 검출 여부를 보여준다. 워터마크의 검출률이 검출 문턱치 T_r 를 넘으면 검출이 되었다고 판정하고 T_r 를 넘지 못하면 워터마크 검출에 실패했다고 판정한다^[5].

표 4. Frame dropping 공격에 대한 결과

Table 4. Results under frame dropping attacks.

	미스 아메리카		탁구	
	기존방법	제안된방법	기존방법	제안된방법
5Mbps + 1frame dropping	검출	검출	검출	검출
5Mbps + 2frame dropping	검출	검출	미검출	검출
	포어맨		풋볼	
	기존방법	제안된방법	기존방법	제안된방법
5Mbps + 1frame dropping	미검출	검출	미검출	검출
5Mbps + 2frame dropping	미검출	검출	미검출	검출

표 5. Frame insertion 공격에 대한 결과
Table 5. Results under frame insertion attacks.

	미스 아메리카		탁구	
	기존방법	제안된방법	기존방법	제안된방법
5Mbps + 1frame insertion	검출	검출	검출	검출
5Mbps + 2frame insertion	검출	검출	미검출	미검출
	포어맨		풋볼	
	기존방법	제안된방법	기존방법	제안된방법
5Mbps + 1frame insertion	미검출	검출	미검출	검출
5Mbps + 2frame insertion	미검출	검출	미검출	검출

표 6. Frame swapping 공격에 대한 결과
Table 6. Results under frame swapping attacks.

	미스 아메리카		탁구	
	기존방법	제안된방법	기존방법	제안된방법
5Mbps + 2frame swapping	검출	검출	검출	검출
	포어맨		풋볼	
	기존방법	제안된방법	기존방법	제안된방법
5Mbps + 2frame swapping	검출	검출	검출	검출

표 4는 워터마킹 된 동영상을 5Mbps로 압축하고 1frame dropping 시 2번 프레임을 제거하고 2frame dropping 시 2번, 4번 프레임을 제거한 후 워터마크를 검출한 결과를 보인다. 기존방법보다 좋은 검출률을 보인다.

표 5는 워터마킹 된 동영상을 5Mbps로 압축한 후 워터마크가 삽입되지 않은 임의의 프레임을 1frame insertion 시 4 번 프레임에, 2frame insertion 시 2 번, 4 번 프레임에 삽입한 후 워터마크를 검출한 결과를 보인다. 프레임 삽입 공격 역시 움직임이 많은 영상에서 더 우수한 결과를 보여준다.

표 6은 워터마킹 된 동영상을 5Mbps로 압축한 후 2 번 프레임과 4 번 프레임을 교환한 후 워터마크를 검출한 결과를 보인다. Frame swapping의 경우는 기존방법과 동일한 결과를 보인다.

VI. 결 론

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 제안된 방법은 5Mbps MPEG-2 압축 공격에 대해 평균 99.64%, 2Mbps MPEG-2 압축 공격에 대해서 평균 95.26%의 우수한 검출률을 보였고, PSNR의 평균은 42~45dB 로써 비가시성도 좋은 성능을 보인다. 시간축 공격에 대해서도 기존 방법보다 좋은 워터마크 검출을 보인다.

참 고 문 헌

- [1] I. J. Cox, M. L. Miller and J. A. Bloom, "Digital Watermarking", Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
- [2] M.D. Swanson, B. Zhu, and A. Tewfik, "Data Hiding for Video in Video and Other Applications", IEEE Int. Conf. on Image Processing, Oct. 1997.
- [3] F. Hartung, B. Girod, "Watermarking of Uncompressed and compressed Video," Signal Processing, vol.66, no.3, pp.283-301, 1998.
- [4] Qing-Ming Ge, Zhe-Ming Lu, Xia-Mu Niu "Oblivious Video Watermarking Scheme with Adaptive Embedding Mechanism", IEEE 2003.
- [5] Seung-Jin Kim, Tae-Su Kim, Ki-Ryong Kwon, Sang-Ho Ahn, and Kuhn-Il Lee "Digital Watermarking Based on Three-Dimensional Wavelet Transform for Video Data", LNCS 3768, 2005.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Andrew B. Watson, "DCT quantization matrices visually optimized for individual images," Human Vision, Visual Processing, and Digital Display IV, Proc. SPIE 1913, pp. 202-216, 1993.
- [9] Ji-Young Moon, Yo-Sung Ho, "A Video Watermarking Algorithm Based on the Human Visual System Properties", ISICIS 2003.
- [10] Guomin Wu, Yueting Zhuang, Fei Wu, and Yunhe Pan, "A Novel Watermarking Scheme Based on Video Content", LNCS 3334, 2004.
- [11] Guo-Min Wu, Yue-Ting Zhuang, Fei Wu,

Yun-He Pan "Self-Adaptive MPEG Video Watermarking based on Block Perceptual Features", IEEE 2004.

저 자 소 개



박 현(정회원)
1998년 원광대학교
전기공학과 졸업 (학사)
2000년 한양대학교 전자계산학과
졸업 (석사)
2001년 한양대학교 컴퓨터공학과
(박사과정)

2000년~2001년 (주)두루넷 기술연구소
소프트웨어팀
<주관심분야: 영상변형, 영상복원, 영상보안 등>



이 성 현(정회원)
2004년 단국대학교 컴퓨터공학과
졸업 (학사)
2006년 한양대학교 컴퓨터공학과
졸업 (석사)
2006년~ (주)LG전자 MC사업본
부 연구원

<주관심분야: 영상보안, 영상검색, 패턴인식 등>



문 영 식(평생회원)-교신저자
1980년 서울대학교 공과대학
전자공학과 졸업 (학사)
1982년 한국과학기술원 전기 및
전자공학과 졸업 (석사)
1990년 University of California
at Irvine Dept. of
Electrical and Computer
Engineering. (박사)

1982년~1985년 한국전자통신연구소 연구원
1989년~1990년 Inno Vision Medical 선임연구원
1990년~1992년 생산기술연구원 선임연구원
1992년~현재 한양대학교 컴퓨터공학과 정교수
<주관심분야: 영상보안, 영상검색, 패턴인식>