

논문 2005-42SP-5-2

대역확산방법을 이용한 웨이블릿 기반의 비디오 워터마킹

(A Video Watermarking Based on Wavelet Transform Using Spread Spectrum Technique)

김 승 진*, 김 태 수*, 이 건 일*

(Seung-Jin Kim, Tae-Su Kim, and Kuhn-Il Lee)

요 약

본 논문에서는 영상의 에너지 분포에 따른 통계적 특성과 대역확산방법 (direct sequence spread spectrum)을 이용한 웨이블릿 기반의 비디오 워터마킹(watermarking) 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 원 비디오를 공간 영역에서 움직임의 다소에 따라 분류된 움직임이 큰 영역과 움직임이 적은 영역을 공간계차측정 (spatial difference metric)방법에 의해 나누어진 장면 (scene) 단위로 각각 3차원 DWT와 2차원 DWT를 수행하여 3 레벨 및 2 레벨로 각각 분해한다. 비가시성과 견고성을 만족시키기 위해 기저대역을 제외한 레벨 3 및 레벨 2에서 부대역 계수값의 표준편차를 이용하여 문턱값을 정하고 워터마크가 삽입될 계수를 각각 선택한다. 그리고 워터마크(watermark)는 시각적인 정보를 가진 이진 영상으로 임의 교환 (random permutation) 후 대역확산방법을 이용하여 비디오 워터마크로 대체되어 선택된 계수에 삽입된다. 제안한 방법의 성능 평가를 위한 모의실험 결과에서 기존의 방법보다 비가시성 및 견고성이 우수함을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we proposed a video watermarking algorithm based on wavelet transform using statistical characteristic of video according to the energy distribution and the spread spectrum technique. In the proposed method, the original video is splitted by spatial difference metric and classified into the motion region and the motionless region according to the motion degree. The motion region is decomposed into 3-levels using 3D DWT and the motionless region is decomposed into 2-levels using 2D DWT. The baseband of the wavelet-decomposed image is not utilized because of the image quality. So that, the standard deviation of the highest subband coefficients except for the baseband is used to determine the threshold. Binary video watermarks preprocessed by the random permutation and the spread spectrum technique are embedded into selected coefficients. In computer experiments, the proposed algorithm was found to be more invisible and robust than the conventional algorithms.

Keywords : 3차원 DWT, 대역확산방법, 공간계차측정 (spatial difference metric), 워터마킹

I. 서 론

디지털 방송 및 DVD (digital versatile disk) 등의 멀티미디어 산업의 발전과 인터넷 등의 네트워크의 발달에 의하여 원 데이터가 빠르고 널리 배포되므로 디지털 데이터의 저작권 보호 (copyright protection)에 어려움이 따른다. 이 문제를 해결하기 위하여 대상 데이터의 소유자 또는 분배자의 개인 정보 즉 워터마크를 데이터

내에 삽입시켜 저작권을 보호하는 디지털 워터마킹에 관한 연구가 최근 급속히 이루어지고 있다.^{[1]-[5]}

디지털 워터마킹 방법에 의해 삽입된 워터마크는 필요에 따라 인간 시각에 의하여 감지되지 않아야 하고, 또한 이를 제거하려는 공격들에 대하여 견고하여야 한다. 이를 각각 워터마크의 비가시성 (invisibility) 및 견고성 (robustness)이라 한다, 이런 비가시성과 견고성은 상호 보완적인 특성을 나타내어 저주파 성분에서 워터마크를 삽입하면 다양한 공격에 대하여 견고하지만 화질의 열화가 발생하여 비가시성이 나빠지며, 고주파 성분에 워터마크를 삽입하면 화질은 우수하나 여러 가지 공격에 대하여 견고하지 못하게 된다.

* 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)
접수일자: 2005년3월25일, 수정완료일: 2005년6월3일

원 비디오에 워터마크를 삽입하는 방법으로는 화질의 열화가 발생하지 않도록 워터마크를 삽입시켜 견고성을 증가시키는 방법이 일반적이다. 이러한 방법 중 웨이블릿 변환 (discrete wavelet transform, DWT)은 인간의 시각 구조와 유사한 다해상도 (multi-resolution) 특성을 나타내고 있을 뿐만 아니라, 공간 및 주파수 영역에서 동시에 국부성 (locality)을 가지기 때문에 비정상 (non-stationary) 신호를 처리하는데 매우 효과적이다. 또한 비디오에서 3차원 DWT는 공간 및 주파수와 더불어 각 프레임 사이의 시간에 대해서도 국부성을 가지는 특성으로 인해 비디오 워터마킹에 효과적이다.

공간상의 원 비디오에 3차원 DWT를 이용하여 워터마크를 삽입한 방법 중 2000년 Niu 등^[3]이 제안한 방법에서는 움직임의 다소에 따라 원 비디오를 영역분류한 후, 영역에 따라 3차원 DWT 및 2차원 DWT를 각각 수행한다. 피라미드 계층구조 (pyramid hierarchical structure)를 이용하여 전처리 된 워터마크를 DWT 계수에 삽입한다. 그러나 이 방법에서는 워터마크의 견고한 삽입을 위해 오류 정정 부호를 사용함으로써 많은 부가정보가 삽입되어 비가시성이 나빠지며, 그레이 레벨 영상을 비트 플레인 (bit plane) 후 이진화 하여 삽입함으로써 상위 비트에서 에러가 발생할 때 견고성이 떨어진다.

2003년 Li 등^[4]이 제안한 방법에서는 공간에서 2차원 DWT를 수행한 후 시간축을 따라 1차원 DWT를 수행한 후, 대역확산방법 (spread spectrum)을 사용하여 이진 영상 워터마크를 삽입한다. 이 방법에서는 워터마크를 각 프레임의 기저대역 (baseband)에 삽입함으로써 프레임 평균 (frame averaging) 및 프레임 누락 (frame dropping) 등의 시간적인 공격들 (temporal attacks)에 대하여 견고하지만 영상에서 대부분의 에너지를 갖는 기저대역에 워터마크를 삽입함으로써 화질의 열화가 발생하여 비가시성이 나빠진다.

본 논문에서는 기존 방법들의 단점을 보완하여 영상의 에너지 분포에 따른 통계적 특성과 대역확산방법을 이용한 웨이블릿 기반의 비디오 워터마킹 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 원 비디오를 공간계차측정 (spatial difference metric)방법^[6]에 의해 장면 단위로 나눈 후, 공간 영역에서 움직임의 다소에 따라 분류된 움직임이 큰 영역 (motion region)과 움직임이 적은 영역 (motionless region)을 각각 3차원 DWT와 2차원 DWT를 이용하여 분해한다. 비가시성과 견고성을 고려하여 기저대역과 최고 주파수 대역을 제외한 부대역들

의 표준편차를 이용하여 문턱값을 구한 후, 워터마크가 삽입될 계수를 선택한다. 삽입될 워터마크는 시각적인 정보를 가진 이진 영상이며, 공간적 및 시간적 견고성을 위해 임의 교환 (random permutation)과 대역확산방법을 이용하여 생성된 비디오 워터마크 (video watermark)가 선택된 계수에 삽입되고 삽입된 워터마크는 원 비디오 워터마크와 획득된 비디오 워터마크의 유사도 (similarity)에 의해 검출된다. 워터마크의 전처리 과정에서 사용된 임의 교환의 역을 이용하여 최종적인 이진 영상 워터마크를 추출한다.

제안한 방법에서는 영상의 에너지 분포를 고려하여 워터마크가 삽입될 중요계수를 선택하고, 시간적 및 공간적 견고성을 위하여 임의 교환 및 대역확산방법을 사용하여 워터마크를 삽입하여 비가시성과 견고성을 동시에 만족시킨다. 제안한 비디오 워터마킹 방법의 성능 평가를 위한 모의실험에서 제안한 방법이 기존의 방법에 비하여 비가시성 및 다양한 공격에 대한 견고성이 우수함을 확인하였다.

II. 제안한 비디오 워터마킹 방법

제안한 비디오 워터마킹 방법은 크게 이진 워터마크 영상의 전처리, 워터마크 삽입, 및 워터마크 추출의 세 과정으로 구성 된다.

1. 이진 영상 워터마크의 전처리

제안한 방법에서는 시각적인 정보를 가지고 있는 이진 영상을 워터마크로 사용한다. 일반적으로 랜덤 시퀀스 (random sequence) 워터마크는 워터마크가 삽입되었다고 생각되는 영상에서 삽입된 워터마크를 검출한 후 원 워터마크와 검출된 워터마크의 유사도를 계산함으로써 워터마크의 존재 유무만을 확인할 수 있지만, 이진 영상 워터마크를 사용하면 워터마크의 존재 유무뿐만 아니라 검출된 워터마크로부터 원 워터마크의 정보를 시각적으로 확인할 수 있어 랜덤 시퀀스 워터마크보다 저작권 보호에 효과적이다.^[5]

먼저 이진 영상 워터마크는 절단 (cropping)과 같은 공간적인 공격에 견고하기 위하여 임의 교환^[5]의 과정을 행한다. 임의 교환된 워터마크 $w_p(i, j)$ 는

$$w_p(i, j) = w(i', j') \quad (1)$$

$$\text{where } 0 \leq i, i' \leq M \text{ and } 0 \leq j, j' \leq N$$

와 같다. 여기서 $w(i', j')$ 는 원 워터마크를 나타내고, M

및 N 은 워터마크의 수평 및 수직 화소 수를 나타낸다.

1 또는 0의 정보를 가지는 임의의 교환된 워터마크는 대역확산방법을 이용하여 집합 P 와 집합 Q 의 원소로 구성된 비디오 워터마크로 변환된 후 워터마크 삽입 과정에서 시각적으로 중요한 계수로 선택된 DWT 계수에 삽입된다. 대역확산방법에 의하여 생성된 비디오 워터마크 $w_f(i \cdot N + j)$ 는

$$w_f(i \cdot N + j) = \begin{cases} p_f, & \text{if } w_p(i, j) = 1 \\ q_f, & \text{if } w_p(i, j) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$P = p_f$$

$$Q = q_f$$

와 같다. 여기서 f 는 1, 2, ..., F 이고, F 는 원 비디오에서 한 장면에 해당하는 프레임 수를 나타낸다. 그리고 집합 P 및 집합 Q 는 평균이 0이고 분산이 1인 정규 분포를 갖는 가우스 랜덤 시퀀스 (Gaussian random sequence)이며 워터마크의 추출 과정에서 비밀 키 (secret key)로 사용된다.^[8] 이진 영상 워터마크를 대역확산방법을 이용하여 비디오 워터마크로 재구성하는 방법을 그림 1에 나타내었다.

2. 워터마크 삽입

비디오의 각 프레임을 정지영상으로 간주하여 입력 영상을 고려하지 않고 프레임마다 크기가 고정된 워터마크를 삽입하는 방법 및 삽입 위치가 고정된 동일한 워터마크를 삽입하는 방법 등 정지영상 워터마킹 방법을 비디오 워터마킹 방법에 그대로 확장하는 경우, 연속적인 프레임들을 통계적인 방법으로 비교 및 분석함으로써 비디오의 움직임이 적은 영역에서 워터마크 추출이 용이하며, 또한 프레임 평균과 프레임 누락 등의

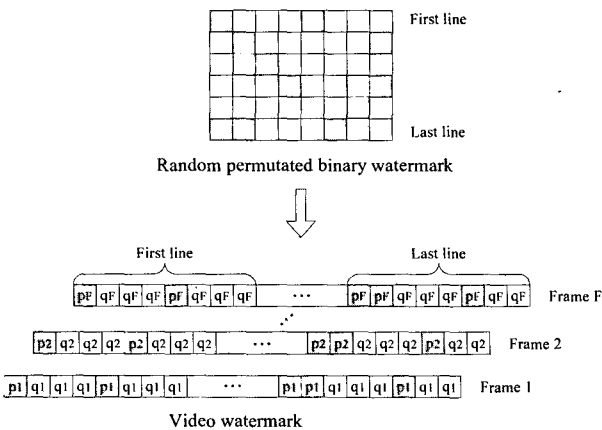


그림 1. 대역확산방법에 의한 비디오 워터마크
Fig. 1. Video watermark by spread spectrum.

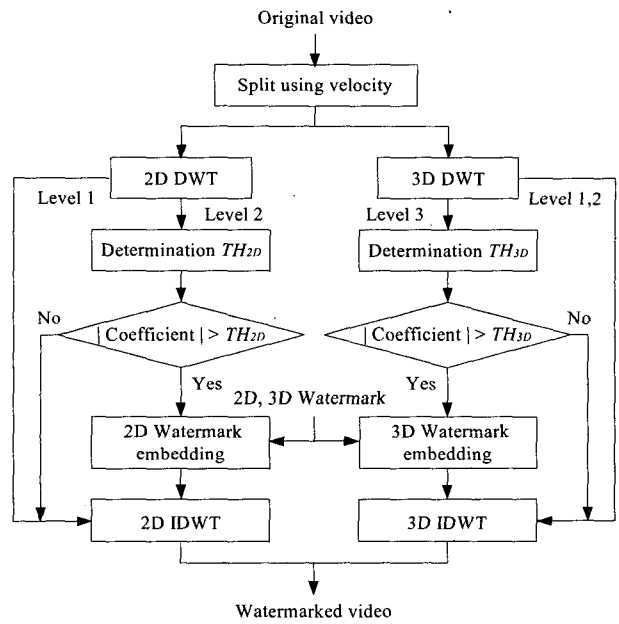


그림 2. 제안한 방법의 워터마크 삽입 블록 선도
Fig. 2. The block diagram for the proposed watermark embedding.

시간적인 공격들에 대한 견고성이 떨어진다. 따라서 제안한 방법에서는 움직임의 다소에 따라 원 비디오를 영역 분류한 후 움직임이 큰 영역에는 3차원 DWT를 수행하고, 움직임이 적은 영역에는 2차원 DWT를 수행하여 전처리 된 비디오 워터마크를 원 비디오의 영역 특성에 적응적으로 삽입한다. 이 과정의 블록 선도는 그림 2에서와 같다.

(1) 원 비디오의 영역 분류

시간적 상관성을 고려하기 위해 원 비디오를 공간계차 측정 방법을 이용하여 장면 단위로 나눈 후, 각 블록에서 화소의 시간적인 변화율의 최대값의 합^[3]을 이용하여 움직임이 큰 블록과 움직임이 적은 블록으로 분류한다. 화소의 시간적인 변화율 $v^x(a_f, b_f)$ 은

$$v^x(a_f, b_f) = V_x(a_{f+1}, b_{f+1}) - V_x(a_f, b_f) \quad (3)$$

where $1 \leq a \leq A$ and $1 \leq b \leq B$

와 같다. 여기서 x 는 블록의 번호를 나타내고, A 및 B 는 블록의 수평 및 수직 화소 수를 나타낸다. 화소의 시간적인 변화율의 최대값은

$$v^x_{max}(a, b) = \max \{ |v^x(a_f, b_f)| \} \quad (4)$$

와 같고, 그 합은

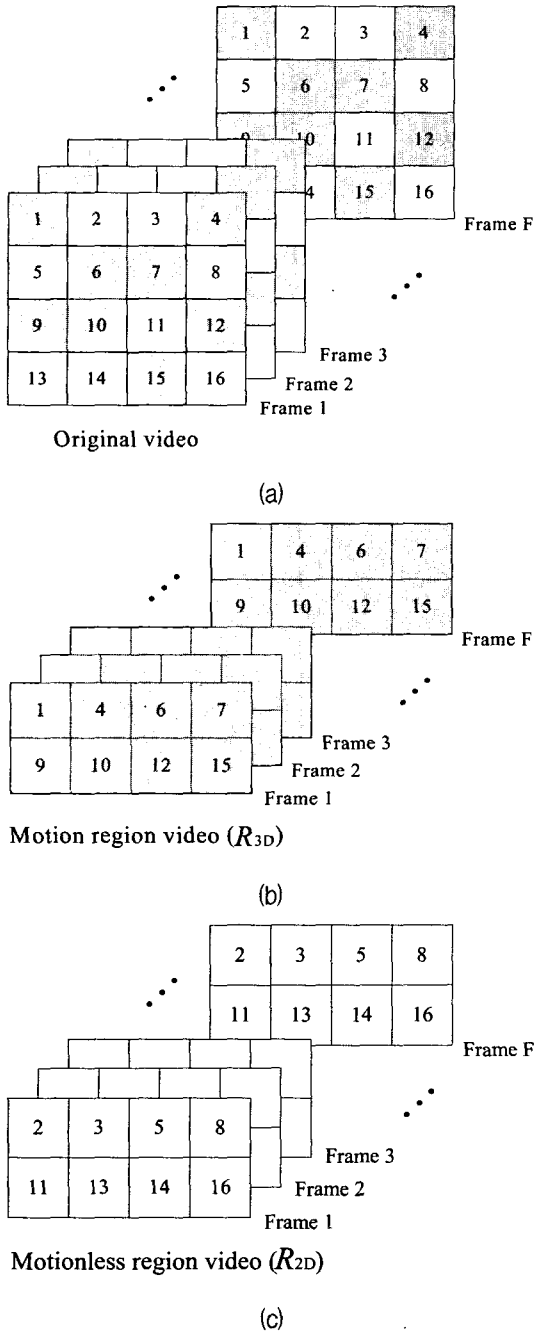


그림 3. (a) 원 비디오의 블록 분류와, 분류된 블록을 이용하여 재구성된 (b) R_{3D} 와 (c) R_{2D} 의 예
 Fig. 3. (a) Block classification of the original video, and the example of the reconstructed video (b) R_{3D} and (c) R_{2D} using classified blocks.

$$v_{sum}^x = \sum_{a=1}^A \sum_{b=1}^B (v_{max}^x(a, b)) \quad (5)$$

와 같다. v_{sum}^x 값이 큰 블록은 움직임이 큰 블록으로, v_{sum}^x 값이 작은 블록은 움직임이 적은 블록으로 분류된다. 3차원 DWT와 2차원 DWT를 수행하기 위해 원 비

디오를 16개의 블록으로 나눈 후 움직임의 다소에 따라 큰 움직임이 큰 블록 8개와 움직임이 적은 블록 8개를 이용하여 원 비디오의 절반 크기의 R_{3D} 와 R_{2D} 로 재구성하였다. 이 과정을 그림 3에 나타내었다.

(2) 움직임이 큰 영역의 워터마크 삽입

움직임이 큰 영역 R_{3D} 를 3차원 DWT를 이용하여 3레벨로 분해한 3차원 DWT의 구조는 그림 4에서와 같다.^{[2],[7]} 비가시성과 견고성을 위하여 기저대역 (LL_3)과 최고 주파수 대역 (HHH_3)을 제외한 레벨 3의 부대역들, 즉 $LLH_3, LHL_3, HLL_3, LHH_3, HLH_3$, 및 HHL_3 에 대하여 각 프레임마다 표준편차를 구하고, 그 값을 이용하여 문턱값을 정한다. 그리고 부대역들을 표준편차가 큰 순서대로 정렬한 후 DWT 계수의 절대값이 문턱값보다 큰 DWT 계수에 워터마크를 삽입한다. 워터마크가 삽입된 3차원 DWT 계수 $\tilde{c}_f(k)$ 는

$$\tilde{c}_f(k) = c_f(k) (1 + \alpha \cdot w_f(k)) \quad (6)$$

와 같다.^[1] 여기서 $c_f(k)$ 는 3차원 DWT 계수, α 는 삽입 강도, 그리고 $w_f(k)$ 는 비디오 워터마크를 나타낸다.

(3) 움직임이 적은 영역의 워터마크 삽입

움직임이 적은 영역 R_{2D} 를 각 프레임마다 2차원 DWT를 이용하여 2레벨로 분해한다. 움직임이 큰 영역에서와 동일한 방법으로 비가시성과 견고성을 위하여 기저대역 (LL_2)과 최고 주파수 대역 (HH_2)을 제외한 레벨 2의 부대역들, 즉 LH_2, HL_2 에 대하여 각 프레임마다 표준편차를 구하고, 그 값을 이용하여 문턱값을 정한다. 그리고 문턱값보다 큰 DWT 계수에 식 (6)을 이용하여

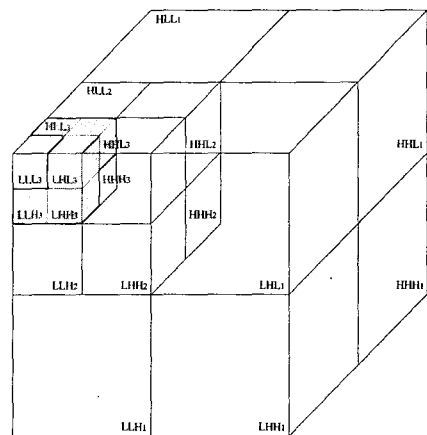


그림 4. 3차원 DWT의 구조
 Fig. 4. Structure of three dimensional DWT.

비디오 워터마크를 삽입한다.

3. 워터마크 추출

제안한 방법에서는 삽입된 워터마크를 추출하기 위하여 원 비디오와 삽입할 때 사용된 비밀키인 집합 P 와 집합 Q 이 필요하다. 먼저, 원 비디오 및 워터마크가 삽입된 비디오의 DWT 계수의 차를 이용하여 비디오 워터마크를 검출하고, 원 비디오 워터마크와 검출된 비디오 워터마크의 유사도를 계산하여 워터마크를 추출한다.^[4] 추출된 워터마크 $w'(i, j)$ 는

$$w'(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } SIM(\tilde{w}_f(k), P) \geq SIM(\tilde{w}_f(k), Q) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

와 같고, 이 때 사용된 유사도는

$$SIM(\tilde{w}_f(k), P) = \frac{\sum_{f=1}^F \tilde{w}_f(k) \cdot p_f}{\sum_{f=1}^F p_f^2} \quad (8)$$

와 같다. 여기서 $\tilde{w}_f(k)$ 는 검출된 비디오 워터마크를 나타낸다. 식 (7)에 의하여 추출된 워터마크는 이진 영상 워터마크의 전처리 과정에서 사용된 임의 교환 과정의 역을 이용하여 이진 영상 워터마크가 된다.

III. 실험

본 논문에서 제안한 워터마킹 방법의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 모의실험을 행하였다. 실험에 사용된 영상은 352×240 화소 크기의 FOOTBALL 및 TABLE TENNIS 등의 동영상 64 프레임을 각각 사용하였다.

FOOTBALL 영상은 크고 불규칙한 움직임가진 영상이고, TABLE TENNIS 영상은 국부적인 움직임이 있는 영상이다. 웨이블릿 변환에는 Antonini 등^[9]이 제안한 쌍직교 필터 (biorthogonal filter)를 사용하였고, 삽입된 워터마크는 그림 5에 나타낸 44×30 화소 크기의 이진 영상을 사용하였다. 원 비디오를 16개의 블록으로



그림 5. (a) 실험 사용된 이진 영상 워터마크
Fig. 5. (a) Binary image watermark used in experiments.

나눈 후, 움직임의 다소에 따라 176×240 화소 크기의 움직임이 큰 영역 R_{3D} 와 움직임이 적은 영역 R_{2D} 로 재구성한다. 그리고 3차원 DWT 계수에는 44×30×8 크기의 비디오 워터마크를 삽입하였고, 2차원 DWT 계수에는 44×30×64 크기의 비디오 워터마크를 삽입하였다.

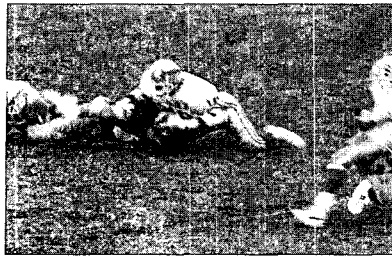
제안한 비디오 워터마킹 방법의 성능 평가 기준으로는 비가시성 및 견고성을 사용하였다. 비가시성에 대한 성능 평가 척도는 PSNR (peak to peak signal to noise ratio)을 사용하였고, 견고성에 대한 성능 평가 척도는 비트 오류율 (bit error rate, BER)을 사용하였다. 여기서 BER은 삽입되는 워터마크 총 비트 수에서 에러가 발생한 비트의 수를 퍼센트로 나타낸 것이다.

1. 비가시성 평가

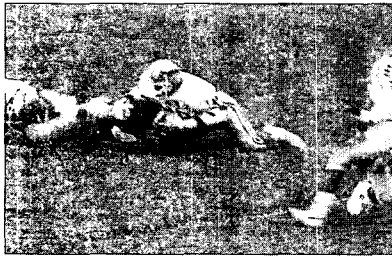
원 비디오와 Niu 등^[3], Li 등^[4], 및 제안한 방법으로 워터마크를 삽입한 FOOTBALL 영상과 TABLE TENNIS 영상의 한 프레임을 그림 6과 그림 7에 각각 나타내었다. 그림에서 Li 등이 제안한 방법에서는 영상에서 대부분의 에너지를 가지고 있는 기저대역에 워터마크를 삽입함으로써 화질의 열화가 발생하여 비가시성이 나빠졌다. 그리고 Niu 등이 제안한 방법에서는 영상을 공간 영역에서 15개의 블록으로 나눈 후, 일부 블록만을 선택하여 워터마크를 삽입함으로써 워터마크가 삽입된 블록과 삽입되지 않은 블록 사이에 경계가 생겨 비가시성이 나빠졌다. 하지만 제안한 방법에서는 비가시성이 우수하여 시각적으로 워터마크의 삽입여부를 판단할 수 없을 정도의 주관적 화질을 나타내었다. Li 등, Niu 등, 및 제안한 방법으로 워터마크가 삽입된 FOOTBALL 영상의 평균 PSNR은 각각 37.80 dB, 32.47 dB, 및 38.44 dB이었고, TABLE TENNIS 영상의 평균 PSNR은 각각 38.67 dB, 34.41 dB, 및 39.19 dB이었다. 이와 같이 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 주관적 화질이 우수하며, 또한 객관적 화질이 우수함을 확인하였다.

2. 견고성 평가

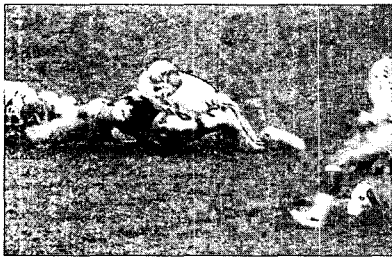
견고성 평가를 위하여 손실 부호화에 대한 실험으로 1.5 Mbps 비트율의 MPEG 부호화, 비디오 워터마킹에서의 시간적인 공격에 대한 실험으로 프레임 누락 및 내삽 (frame drop and interpolation), 그리고 공간적인 공격으로 입력 영상의 각 프레임에서 저역통과필터 등 다양한 공격에 대한 실험을 행하였으며 다양한 공격을 행한 후 추출된 워터마크를 그림 8, 그림 9, 그림 10, 및



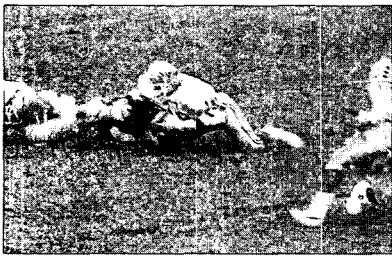
(a)



(b)



(c)



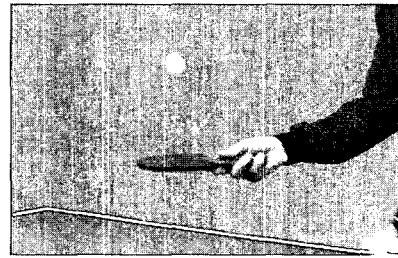
(d)

그림 6. FOOTBALL의 (a) 원 비디오와 (b) Li 등, (c) Niu 등, 및 (d) 제안한 방법으로 워터마크가 삽입된 비디오의 한 프레임

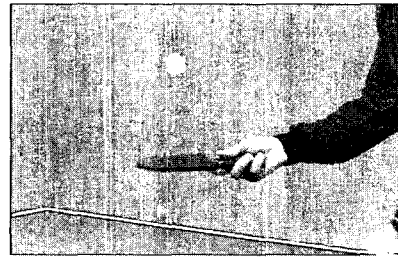
Fig. 6. A frame of FOOTBALL (a) original video and watermarked video by (b) Li's, (c) Niu's, and (d) the proposed method.

그림 11에 나타내었고, 그 때의 BER을 표 1과 표 2에 나타내었다. 다양한 공격 후 추출된 이진 영상 워터마크는 비디오의 저작권을 보호하기에 충분한 원 워터마크의 시각적 정보를 가지고 있다.

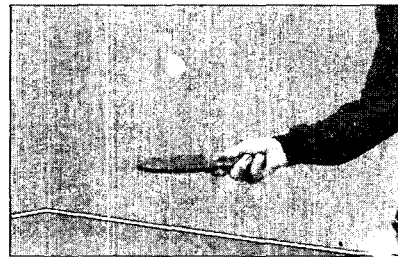
1.5 Mbps의 MPEG 부호화 실험에서 두 영상의 BER은 움직임이 큰 영역에서는 0.98 %와 6.14 %를 나타내었고, 움직임이 적은 영역에서는 5.30 %와 1.29 %를 나



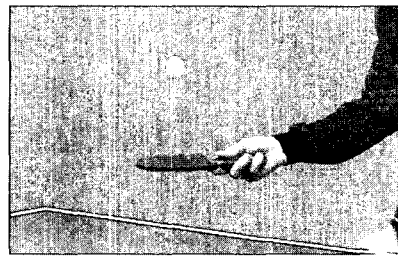
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 7. TABLE TENNIS의 (a) 원 비디오와 (b) Li 등, (c) Niu 등, 및 (d) 제안한 방법으로 워터마크가 삽입된 비디오의 한 프레임

Fig. 7. A frame of TABLE TENNIS (a) original video and watermarked video by (b) Li's, (c) Niu's, and (d) the proposed method.

타내었다. 이는 비디오의 저주파 성분 중 시각적으로 중요한 계수를 선택하여 워터마크를 삽입하였으므로 손실 부호화에 대해서도 견고함을 알 수 있다.

프레임 누락 및 내삽에 대한 실험에서는 전체 64프레임 중 짝수 프레임을 누락시킨 후 누락된 프레임이 이웃하는 두 프레임의 평균값으로 대체하여 실험하였다.^[3] 프레임 누락 및 내삽 실험에서 두 영상의 BER은 움직

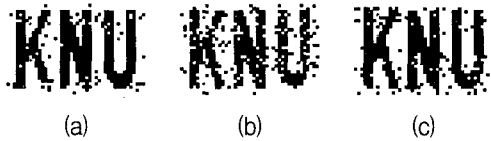


그림 8. FOOTBALL 영상에 대하여 제안한 방법으로 워터마킹 후 (a) MPEG 부호화, (b) 프레임 누락 및 내삽, 그리고 (c) 저역통과필터 등의 공격에 따른 움직임이 큰 영역에서 추출된 워터마크

Fig. 8. Watermarks extracted in the motion region of FOOTBALL video after making various attacks such as (a) MPEG coding, (b) frame drop and interpolation, and (c) LPF.

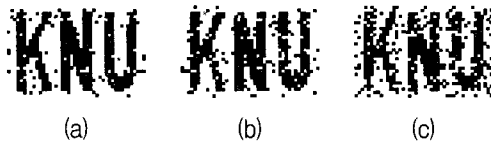


그림 9. FOOTBALL 영상에 대하여 제안한 방법으로 워터마킹 후 (a) MPEG 부호화, (b) 프레임 누락 및 내삽, 그리고 (c) 저역통과필터 등의 공격에 따른 움직임이 적은 영역에서 추출된 워터마크

Fig. 9. Watermarks extracted in the motionless region of FOOTBALL video after making various attacks such as (a) MPEG coding, (b) frame drop and interpolation, and (c) LPF.

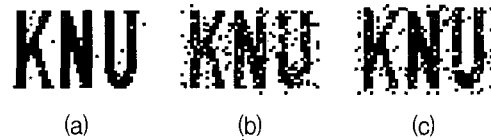


그림 10. TABLE TENNIS 영상에 대하여 제안한 방법으로 워터마킹 후 (a) MPEG 부호화, (b) 프레임 누락 및 내삽, 그리고 (c) 저역통과필터 등의 공격에 따른 움직임이 큰 영역에서 추출된 워터마크

Fig. 10. Watermarks extracted in the motion region of TABLE TENNIS video after making various attacks such as (a) MPEG coding, (b) frame drop and interpolation, and (c) LPF.

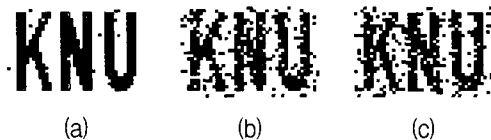


그림 11. TABLE TENNIS 영상에 대하여 제안한 방법으로 워터마킹 후 (a) MPEG 부호화, (b) 프레임 누락 및 내삽, 그리고 (c) 저역통과필터 등의 공격에 따른 움직임이 큰 영역에서 추출된 워터마크

Fig. 11. Watermarks extracted in the motionless region of TABLE TENNIS video after making various attacks such as (a) MPEG coding, (b) frame drop and interpolation, and (c) LPF.

표 1. FOOTBALL 영상에서의 다양한 공격 후 검출된 워터마크의 BER

Table 1. BER of watermarks extracted in FOOTBALL video after making various attacks.

| Methods | BER [%] | | | |
|----------------------------------|--------------|-------------|-----------------|-------------------|
| | Niu's method | Li's method | Proposed method | |
| | | | Motion region | Motionless region |
| MPEG Coding | 8.86 | 37.98 | 0.98 | 5.30 |
| Frame Dropping and Interpolation | 22.58 | 32.01 | 13.71 | 12.05 |
| Spatial LPF | 3.26 | 42.06 | 6.28 | 15.76 |

표 2. TABLE TENNIS 영상에서의 다양한 공격 후 검출된 워터마크의 BER

Table 2. BER of watermarks extracted in TABLE TENNIS video after making various attacks.

| Methods | BER [%] | | | |
|----------------------------------|--------------|-------------|-----------------|-------------------|
| | Niu's method | Li's method | Proposed method | |
| | | | Motion region | Motionless region |
| MPEG Coding | 8.48 | 38.35 | 6.14 | 1.29 |
| Frame Dropping and Interpolation | 16.06 | 25.53 | 8.94 | 12.65 |
| Spatial LPF | 5.83 | 45.42 | 9.24 | 14.09 |

임이 큰 영역에서 13.71 %와 8.94 %를 나타내었고, 움직임이 적은 영역에서 12.05 %와 12.65 %를 나타내었다. 영역 분류 후 영역별 3차원 DWT 및 2차원 DWT를 수행한 후, 이진 영상 워터마크를 대역확산방법을 이용하여 재구성된 비디오 워터마크를 선택된 계수에 삽입함으로써 기존에 방법에 비하여 시간적인 공격에 견고함을 보였다.

저역통과필터 실험에서 두 영상의 BER은 움직임이 큰 영역에서 6.82 %와 9.24 %를 나타내었고, 움직임이 적은 영역에서 15.76 %와 14.09 %를 나타내었다. 워터마크가 전처리 된 후 여러 블록으로 나누어져 삽입됨으로써 공간적 공격에 견고할 수 있었다. 이와 같이 제안한 방법으로 추출된 워터마크는 다양한 공격에도 비디오의 저작권을 주장하기에 충분한 성능을 보였으며, 기존의 방법에 비하여 견고성이 우수함을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 영상의 에너지 분포에 따른 통계적 특

성과 대역확산방법을 이용한 웨이블릿 기반의 비디오 워터마킹 방법을 제안하였다.

제안한 방법에서는 원 비디오를 장면 단위로 나눈 후, 공간 영역에서 움직임의 다소에 따라 움직임이 큰 영역과 움직임이 적은 영역으로 나눈다. 그리고 움직임이 큰 영역은 3차원 DWT를 이용하여 3 레벨로 분해하고, 움직임이 적은 영역은 2차원 DWT를 이용하여 2 레벨로 분해한다. 그리고 비가시성과 견고성을 위해 각각 기저대역과 최고 주파수 대역을 제외한 레벨 3 및 레벨 2에서 부대역들의 표준편차를 이용하여 문턱값을 설정하고 삽입될 DWT 계수를 선택한다. 워터마크는 시각적인 정보를 가진 이진 영상이며, 공간적 견고성을 위한 임의 교환과 시간적 견고성을 위한 대역확산방법을 이용하여 비디오 워터마크로 변환되고 이 때 생성된 비디오 워터마크가 선택된 DWT 계수에 삽입된다. 그리고 삽입된 워터마크는 원 비디오 워터마크와 검출된 비디오 워터마크의 유사도를 이용하여 추출되고, 임의 교환의 역을 이용하여 최종적인 워터마크를 얻는다.

제안한 비디오 워터마킹 방법의 성능 평가를 위하여 컴퓨터 모의실험을 행하였다. 실험 결과에서 제안한 방법은 영상의 에너지 분포에 따른 통계적 특성을 이용하여 시각적으로 중요한 계수를 선택하고, 시간적인 견고성을 위해 선택된 계수들에 대역확산방법을 이용하여 워터마크를 삽입함으로써 기존의 방법들에 비하여 비가시성 및 견고성이 우수함을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *IEEE Trans. on Image Proc.*, vol. 6, no. 12, pp. 1673-1687, Dec. 1997.
- [2] M. D. Swanson, B. Zhu, and A. H. Tewfik, "Multiresolution scene-based video watermarking using perceptual models," *IEEE Journal Selected Areas in Commu.*, vol. 16, no. 4, pp. 540-550, May 1998.
- [3] X. Niu, S. Sun, and W. Xiang, "Multiresolution watermarking for video based on gray-level digital watermark," *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol. 46, no. 2, pp. 375-384, May 2000.
- [4] Y. Li and X. Gao, "A 3D wavelet based spatial-temporal approach for video water marking," *ICCIMA 2003 Proc.*, pp. 260-265, Sep. 2003.
- [5] C. T. Hsu and J. L. Wu, "Hidden digital watermarks in images," *IEEE Trans. on Image Proc.*, vol. 8, no. 1, pp. 58-68, Jan. 1999.
- [6] X. Gao and X. Tang, "Unsupervised video-shot segmentation and model-free anchorperson detection for news video story parsing," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Tech.*, vol. 12, no. 9, pp. 765-776, Sep. 2002.
- [7] C. I. Podilchuk, N. S. Jayant, and N. Farvardin, "Three-dimensional subband coding of video," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 4, no. 2, pp. 125-139, Feb. 1995.
- [8] J. J. K. O. Ruanaidh and G. Csurka, "A bayesian approach to spread spectrum watermark detection and secure copyright protection of digital image libraries," *IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 23-25, June. 1999.
- [9] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image coding using the wavelet transform," *IEEE Trans. on Image Proc.*, vol. 1, no. 2, pp. 205-220, Apr. 1992.

저 자 소 개

김 승 진(정회원)
제41권 SP편 제6호 참조

이 건 일(정회원)
제41권 SP편 제6호 참조

김 태 수(정회원)
제41권 SP편 제6호 참조