

인간 시각 시스템 및 웨이블릿 변환을 이용한 비디오 워터마킹

권성근[†] · 김병주^{**} · 김태수^{***} · 이석환^{****} · 권기룡^{*****} · 이건일^{*****}

요 약

본 논문에서는 HVS 및 DWT 기반의 비디오 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 이 알고리즘에서는 인간의 시각 구조와 유사한 특성을 나타내는 DWT을 이용하여 각 비디오 프레임을 4-레벨로 분해한 후, 웨이블릿 계수들에 대한 HVS를 이용하여 워터마크를 삽입한다. 이때 가장 낮은 레벨에 속한 부대역들은 최고주파 성분을 나타내므로 견고성을 위하여 워터마크 삽입에서 제외시키고, 나머지 부대역들에서 PSCs (perceptually significant coefficients)를 선택한 후 이들에 대하여 워터마크를 삽입한다. 기저대역에서는 계수값들의 크기에 따라 PSCs를 선택하고, 고주파 부대역에서는 SSQ (successive subband quantization) 방법을 이용하여 PSCs를 선택함으로써 견고성을 향상시킨다. 이렇게 선택된 기저대역 및 고주파 부대역들의 PSCs에 대하여 비가시성을 위하여 웨버 법칙 및 공간적인 마스크 효과를 각각 이용하여 워터마크를 삽입한다. 따라서 제안한 워터마킹 알고리즘은 우수한 비가시성 및 견고성을 확보할 수 있다. 본 논문에서 제안한 워터마킹 알고리즘의 성능 평가를 위한 모의 실험에서 이 알고리즘이 기존의 알고리즘보다 비가시성 및 견고성 면에서 모두 우수함을 확인하였다.

Video Watermarking Using Human Visual System and Wavelet Transform

Seong-Geun Kwon[†], Byung-Ju Kim^{**}, Tae-Su Kim^{***}, Suk-Hwan Lee^{****}
Ki-Ryong Kwon^{*****} and Kuhn-Il Lee^{*****}

ABSTRACT

A digital video watermarking algorithm is proposed that uses HVS and DWT. In this algorithm, each video frame is decomposed into four-level by DWT which reveals the characteristics of the human eyes and watermark is embedded into DWT coefficients using HVS. For robustness, the lowest level subbands which represent the highest frequency component are excluded in watermark embedding step and watermark is embedded into the perceptually significant coefficients (PSCs) of the rest subbands. PSCs of the baseband are selected according to the amplitude of the coefficients and PSCs of the high frequency subbands are selected by successive subband quantization (SSQ). Watermark is embedded into the PSCs of the baseband and high frequency subbands by Weber's law and spatial masking effect, respectively, for the invisibility and robustness. We tested the performance of the proposed algorithm compared with the conventional watermarking algorithm by computer simulation. Experimental results show that the proposed watermarking algorithm produces a better invisibility and robustness than the conventional algorithm.

Key words: digital watermark, human visual system, PSC, SSQ

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2002-000-00589-0)지원
으로 수행되었음.

접수일 : 2002년 10월 26일, 완료일 : 2002년 12월 11일

[†] 정회원, 삼성전자 무선사업부

^{**} 정회원, 경북대학교 전자공학과 박사과정

^{***} 경북대학교 전자공학과 박사과정

^{****} 정회원, 경북대학교 전자공학과 박사과정

^{*****} 중신회원, 부산외국어대학교 컴퓨터전자공학부 부교수

^{*****} 정회원, 산업표준심의회 전자부회 전자관 (IEC/TC39) 전문
위원회 위원

1. 서 론

최근 디지털 방송 및 DVD (digital versatile disk) 등의 멀티미디어 산업의 발전으로 인하여, 오디오 및 비디오 등의 디지털 데이터에 대한 저작권 보호(copyright protection)에 어려움이 따른다. 이는 디지털 데이터가 아날로그 데이터에 비하여 편집 및 복사가 용이하며, 복사 시 원 데이터에 대한 충실도가 떨어지지 않기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 워터마크를 대상 데이터에 삽입시켜 저작권을 보호하는 디지털 워터마킹이 있다[1-6]. 이때 삽입되는 워터마크는 인간 시각에 의하여 감지되지 않아야 하고, 또한 이를 제거하려는 공격들(attacks)에 대하여 견고하여야 한다. 이러한 조건들을 각각 워터마크의 비가시성 및 견고성이라고 한다.

비디오에 대한 워터마킹은 MPEG (Motion Picture Experts Group) 비트열(bit stream)[4], MPEG 부호화 과정의 DCT (discrete cosine transform) 계수[5], 및 공간상의 원 비디오에 워터마크를 삽입하는 방법 등으로 분류될 수 있다. 먼저 MPEG 비트열에 워터마크를 삽입하는 방법에서는 워터마크가 삽입된 비디오의 화질에는 영향을 끼치지 않지만, 비트열 길이의 규격 때문에 삽입되는 워터마크의 양이 한정되고, 또한 복호되어 복원된 비디오에는 삽입된 워터마크가 존재하지 않는다는 단점이 있다.

DCT 계수를 조작하여 워터마크를 삽입하는 방법에서는 MPEG 부호기의 DCT 혹은 양자화(quantization) 과정 후에 워터마크를 삽입하므로 MPEG 부호기가 변형되어야 한다. 따라서 원 비디오에 워터마크를 삽입하는 방법이 일반적으로 널리 사용되고 있다.

원 비디오에 워터마크를 삽입하는 방법으로는 화질의 열화가 발생하지 않도록 HVS에 따라 워터마크를 삽입시켜 견고성을 증가시키는 방법이 일반적이다. 이러한 방법 중 대부분은 DWT를 이용한다.

DWT를 이용하는 알고리즘으로는 Podilchuk 등 [6]이 제안한 인간 시각의 JND (just noticeable difference)를 이용한 방법이 대표적이다. 이 방법에서는 비가시성을 위하여 기저 대역을 제외한 모든 고주파 부대역에 대하여 각 부대역의 JND보다 큰 값을 가지는 DWT 계수들을 워터마크가 삽입될 계수들로 선택한다. 이러한 방법으로 선택된 계수들에 대하여

각 고주파 부대역의 JND를 삽입 강도로 이용하여 워터마크를 삽입한다. 그러나 이 방법에서는 비가시성을 위하여 기저 대역에 대하여서는 워터마크를 삽입하지 않고, 각 DWT 계수들의 시각적인 영향을 고려하지 않고 워터마크를 삽입하므로 견고성이 떨어지게 된다.

본 논문에서는 HVS 및 SSQ[7]를 이용한 웨이블릿 영역에서의 디지털 비디오 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 제안 알고리즘에서는 워터마크의 견고성을 확보하기 위하여 기저 대역에도 워터마크를 삽입하며, 이로 인하여 비가시성이 열화되는 것을 방지하기 위하여 인간 시각의 웨버 법칙을 이용하여 삽입 강도를 설정한다. 또한 고주파 부대역에 대한 워터마크 삽입에서는 SSQ 기법과 인간 시각의 공간적 마스크 효과를 이용하여 워터마크의 비가시성 및 견고성을 향상시킨다.

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위한 실험 결과에서, 제안한 알고리즘은 견고성을 위하여 화질에 큰 영향을 미치는 기저 대역에 대하여 워터마크를 삽입했음에도 불구하고, 고주파 부대역에 대하여 인간 시각의 공간적 마스크 효과를 이용하여 워터마크를 삽입하므로 우수한 비가시성을 확인할 수 있었다. 또한 SSQ를 이용하여 고주파 부대역에서 워터마크가 삽입될 계수들을 선택함으로써 더욱 더 우수한 견고성을 확인할 수 있었다.

2. 제안한 비디오 워터마킹

일반적인 비디오 워터마킹 알고리즘에서는 삽입된 워터마크의 견고성을 위하여 움직임 추정이 행하여지지 않는 I (intra) 프레임에 대하여서만 워터마크를 삽입한다. 하지만 이 방법은 워터마크가 삽입되지 않은 P (predictive) 및 B (bidirectional) 프레임으로 I 프레임을 보간(interpolation)하는 공격에 대하여서는 매우 견고하지 못하게 된다. 따라서 제안한 비디오 워터마킹 알고리즘에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여 그림 1에서와 같이 모든 I, P, 및 B 프레임에 대하여 워터마크를 삽입한다.

본 논문에서는 비가시성과 견고성을 동시에 만족하기 위하여 HVS 및 DWT 기반의 비디오 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 기존의 알고리즘들과는 달리 우수한 견고성을 위하여

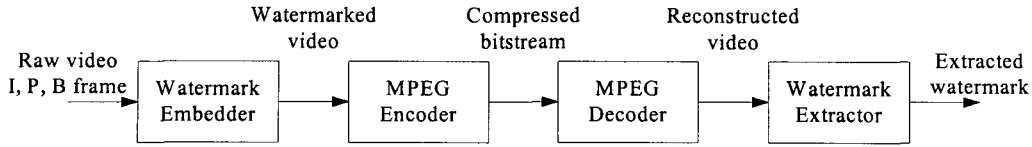


그림 1. MPEG 시스템에 대한 제안한 비디오 워터마킹

기저대역에 대하여서도 워터마크를 삽입한다. 기저대역에 워터마크를 삽입함으로써 발생할 수 있는 비가시성의 열화를 최소화하기 위하여 HVS를 이용하여 워터마크를 삽입한다. 또한 견고성 열화를 최소화하기 위하여 고주파 부대역에서의 워터마크 삽입에서는 SSQ를 이용하여 워터마크가 삽입될 DWT 계수를 선정한다.

제안한 알고리즘에서는 먼저 입력 영상을 DWT를 통하여 4-레벨의 다해상도 영상으로 분해한다. 레벨 1에 속한 고주파 부대역들은 원 영상의 가장 높은 주파수 성분을 나타내므로 다양한 공격에 의하여 쉽게 제거 및 변형될 가능성이 크다. 따라서 제안한 방법에서는 견고성의 향상을 위하여 레벨 1의 부대역에 대하여서는 워터마크를 삽입하지 않는다. 그러므로 제안한 방법에서는 레벨 1을 제외한 모든 부대역들에 대하여 워터마크가 삽입될 PSCs를 선택한 후, 이들에 대하여 HVS를 이용하여 워터마크를 삽입한다. 이는 PSCs는 화질에 큰 영향을 미치므로, 이들에 삽입된 워터마크의 정보는 손실 부호화 등의 신호 처리에 의해 거의 손상을 입지 않기 때문이다.

2.1 PSCs 선택

기저대역에 대한 PSCs로 크기값이 큰 DWT 계수들을 선정한다. 이는 워터마크 삽입에 따른 계수값의 변화율을 작게 하여 비가시성의 열화를 줄이기 위한 것이다. 이를 위하여 기저대역의 모든 계수들을 소팅하여 크기가 큰 계수들을 PSCs로 선정한다.

고주파 부대역들에서의 PSCs를 선택하기 위하여, 각각의 고주파 부대역들에 대하여 SSQ를 행한다. 이 방법에서는 먼저 각 부대역내에서 최대 계수값의 절반으로 각 부대역의 문턱값을 정한 후, 가장 큰 문턱값을 갖는 부대역에 대하여 그 부대역에서의 문턱값보다 크기가 큰 계수들을 PSCs로 선택한다. 그리고 이때 사용한 문턱값의 절반을 그 부대역의 새로운 문턱값으로 갱신한다. 새롭게 갱신된 문턱값을 갖는 부대역과 나머지 다른 부대역에 대하여 원하는 개수

의 PSCs가 선정될 때까지 위의 과정을 반복 수행한다. SSQ의 자세한 과정을 그림으로 나타내면 그림 2에서와 같다. 이 그림에서 C_{s_i} 및 T_{s_i} 는 S_i 부대역에서의 계수 및 문턱값을 나타낸다. 따라서 제안한 알고리즘에서 사용된 SSQ에 의한 PSCs의 선정 방법은 일반적인 소팅에 의한 PSCs 선정 방법과는 달리, 시각적 영향을 많이 갖는 부대역의 PSCs를 우선적으로 선택한다. 또한 다양한 길이의 워터마크를 삽입할 수 있어 기존의 워터마킹 알고리즘들에서 폭넓게 사용될 수 있다.

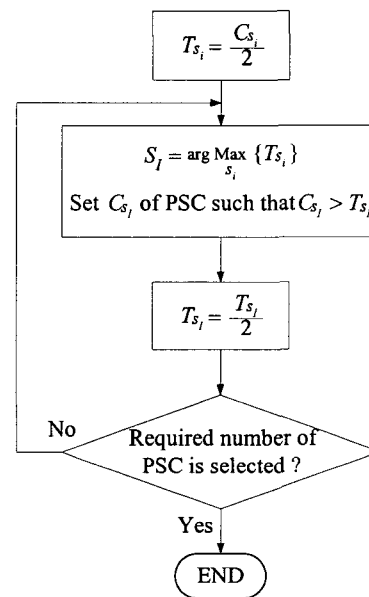


그림 2. 순차적 부대역 양자화에 대한 흐름도

2.2 HVS를 이용한 워터마크 삽입

위 절에서 선택된 PSCs에 대한 워터마크의 삽입은 이 계수들이 기저대역과 고주파 부대역들 중 어디에 있는냐에 따라 다른 과정을 따른다. 제안한 방법에서 사용되는 워터마크의 삽입은

$$v_{i,j}' = v_{i,j} \times (1 + w_{i,j} \times x_{i,j}) \tag{1}$$

와 같다. 여기서 $v_{i,j}'$, $v_{i,j}$, $w_{i,j}$, 및 $x_{i,j}$ 는 각각 워터마크가 삽입된 계수의 크기, PSCs의 크기, 삽입될 워터마크에 대한 삽입 강도, 및 삽입될 워터마크의 크기를 나타낸다.

기존의 알고리즘에서는 각 웨이블릿 계수들이 인간 시각에 미치는 영향을 고려하지 않고 워터마크를 삽입하므로 비가시성 및 견고성의 결여가 발생한다. 따라서 이러한 단점을 제거하기 위하여 제안한 알고리즘에서는, 기저대역에서는 화질 저하가 발생하지 않도록 웨버 법칙을 이용하여 삽입 강도를 결정하고, 나머지 고주파 부대역들에서는 각 계수가 인간 시각에 미치는 영향을 고려하여 삽입 강도를 결정한다.

일반적으로 밝은 영역에서는 명암의 변별 능력이 우수하나 아주 어두운 곳에서는 명암의 변별 능력이 다소 떨어진다. 그러나 일상 생활에서의 밝기 범위인 $10 \sim 10^3 \text{ cd/m}^2$ 에서는 배경 휘도 I 에 대한 명암 차이가 변별 가능한 최소 휘도 변화량 ΔI 의 비는 거의 일정하다. 이를 웨버 법칙이라고 하고 수식으로 나타내면

$$\frac{\Delta I}{I} \approx 0.016 \tag{2}$$

와 같다.

이러한 웨버 법칙을 워터마크 삽입에 적용하면

$$w_{i,j} \times x_{i,j} = \frac{\Delta I}{I} = 0.016 \tag{3}$$

와 같다. 따라서 기저대역에서의 워터마크 삽입 강도를 삽입될 워터마크의 크기에 따라 적응적으로 결정한다. 이를 수식으로 나타내면

$$w_{i,j} = \frac{0.016}{x_{i,j}} \tag{4}$$

와 같다. 그러므로 기저대역에 대한 삽입 강도를 워터마크 크기에 따라 적응적으로 설정하여 시각적으로 영향을 미치지 않고 워터마크를 삽입할 수 있다.

고주파 부대역들에 대해서는 웨이블릿 계수들의 공간적인 마스크 효과를 이용한다. 이를 살펴보면 다음과 같다.

1. 사람의 눈은 고해상도 대역과 대각선 성분의 대역에서의 노이즈에 대하여 둔감하다.
2. 사람의 눈은 휘도가 큰 영역에서의 노이즈에 대하여 둔감하다.

이러한 인간 시각의 두 가지 특성을 이용하여 고주파 부대역에서의 삽입 강도 $w_{i,j}$ 을

$$w_{i,j} = A_{i,j} \times B_{i,j} \tag{5}$$

와 같이 사용한다. 여기서 $A_{i,j}$ 및 $B_{i,j}$ 는 각각 공간적인 마스크 효과의 두 가지 정성적인 표현을 정량적인 수치로 나타낸 값이다. 즉 $A_{i,j}$ 는 각 부대역의 레벨이 낮을수록 큰 값을 갖고, 또한 수직 및 수평 성분의 부대역보다 대각선 성분의 부대역에서 큰 값을 갖는다. $B_{i,j}$ 는 각 고주파 부대역에서의 계수와 동일한 공간에 위치하는 기저대역의 계수값이 크면 큰 값을 갖는다. 이는 밝은 영역에 대한 노이즈는 어두운 영역의 노이즈보다 사람의 눈에 둔감하다는 것을 나타낸다. 따라서 기저대역의 계수들은 원 영상에서 대응되는 화소의 밝기 정보를 나타내므로, 기저대역의 정보를 이용하여 $B_{i,j}$ 의 값을 정할 수 있다. 이러한 정성적인 웨이블릿 계수들의 인간 시각에 대한 특징을 정량화된 값으로 나타내면 그림 3 및 식 (6)에서와 같다[7].

$$B_{i,j} = \frac{1}{K} I^{LL'} \left(\frac{i}{2^{4-i}}, \frac{j}{2^{4-j}} \right) \tag{6}$$

여기서 i 및 j 는 각각 웨이블릿 계수들이 속한 고주파 부대역에서의 세로 및 가로 방향으로의 위치를 나타내며, K 는 정규화 상수이다. 고주파 부대역에서의 계수 위치를 기저대역의 대응되는 위치로 변환하기 위하여 고주파 부대역에서의 가로 및 세로 방향의 좌표 값을 각각 2^{4-i} 만큼씩 나눈다. 이렇게 함으로써 각 고주파 부대역의 계수들에 대응되는 원 영상에서의 휘도값을 알 수 있다.

	0.10	0.16	0.32	1.0
0.10	0.14			
	0.16	0.23	0.45	
	0.32			
				1.41

그림 3. 각 고주파 부대역에서의 $A_{i,j}$ 값

지금까지 살펴본 것처럼 기저대역 및 고주파 부대역에서 선택된 PSCs에 대하여 각각 웨버 법칙 및 인간 시각의 두 가지 공간적인 마스크 효과를 이용하여 삽입 강도를 결정한 후 워터마크를 삽입함으로써 견고성과 비가시성을 동시에 만족할 수 있다. 즉 기존의 방법들이 비가시성을 위하여 워터마크를 삽입하지 않았던 기저대역에 대하여서도 워터마크를 삽입함으로써 견고성을 얻을 수 있고, 기저대역과 고주파 부대역에 대하여 HVS를 이용하여 워터마크를 삽입함으로써 기저대역의 워터마크 삽입으로 인한 비가시성의 열화를 보상할 수 있다. 또한 고주파 부대역에서 SSQ를 사용하여 PSCs를 선정하여 견고성을 향상시킬 수 있다.

워터마크가 삽입된 PSCs와 워터마크 삽입에 참여하지 않은 DWT 계수들을 IDWT를 통하여 워터마크가 삽입된 영상을 얻는다. 이 과정을 블록 선도로 나타내면 그림 4에서와 같다.

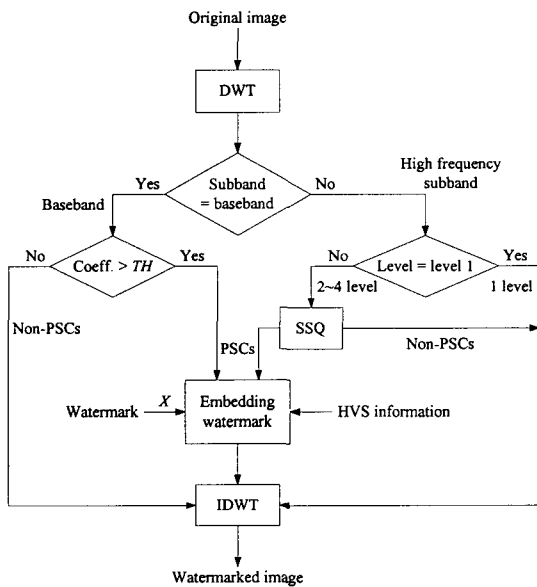


그림 4. 제안한 알고리즘의 워터마크 삽입 블록 선도

3. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 워터마킹 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 모의 실험을 행하였다. 본 실험에서는 실험 영상으로 352×240 화소 크기의 SIF (source input format) 급 FLOWER GARDEN 및 MOBILE 영상을 사용하였다. 웨이블릿 변환에는

1992년 Antonini 등이 제안한 9/7 탭 쌍직교 DWT을 사용하였고, 워터마크로는 정규 분포를 따르는 랜덤 시퀀스를 사용하였다.

제안한 방법에서는 레벨 1을 제외한 모든 고주파 부대역 및 기저 대역에 500개 및 150개의 워터마크를 각각 삽입하였다. 성능 평가 기준으로는 워터마킹 알고리즘의 필요 조건인 비가시성 및 견고성을 사용하였는데, 비가시성 및 견고성의 척도로 PSNR (peak to peak signal to noise ratio) 및 정규화된 유사도 (normalized similarity)를 사용하였다. 정규화된 유사도를 수식으로 나타내면

$$Z(X, X^*) = \left(\frac{X \cdot X^*}{\sqrt{X^* \cdot X^*}} / \sqrt{X \cdot X} \right) \times 100 \% \quad (7)$$

와 같고, 여기서 X 는 원래 삽입된 워터마크이고, X^* 은 검출된 워터마크이며, $\langle \cdot \rangle$ 는 벡터의 내적(inner product)을 나타낸다.

3.1 비가시성 평가

본 논문에서 제안한 알고리즘과 Podilchuk 등이 제안한 알고리즘에 의하여 워터마크가 삽입된 영상의 PSNR은 그림 5에서와 같다. 제안한 방법은 화질에 큰 영향을 미치는 기저 대역에도 워터마크를 삽입했음에도 불구하고 비가시성에 대한 우수한 결과를 얻을 수 있었다.

즉 기저 대역을 제외한 고주파 부대역의 시각적으로 중요한 계수가 아니라 이 계수들이 속한 부대역에 따른 가중치를 이용하여 워터마크를 삽입한 Podilchuk 등의 방법보다 제안한 방법은 우수한 비가시성을 나타내었다. 이는 제안한 방법에서는 화질에 큰 영향을 미치는 기저 대역에 대하여 워터마크를 삽입했음에도 불구하고, 기저 대역에서의 PSCs에 대하여서는 웨버 법칙을 이용하여 시각적인 왜곡을 일으키지 않는 범위내의 가장 큰 값을 삽입 강도로 사용하였고, 고주파 부대역의 PSCs 들에 대하여서는 각 계수들이 인간 시각에 미치는 영향을 고려하여 워터마크를 삽입하기 때문이다.

3.2 견고성 평가

제안한 워터마킹 알고리즘의 견고성을 평가하기 위하여 워터마크가 삽입된 비디오에 대하여 다양한 비트율의 MPEG 부호화를 적용하여 유사도를 구하

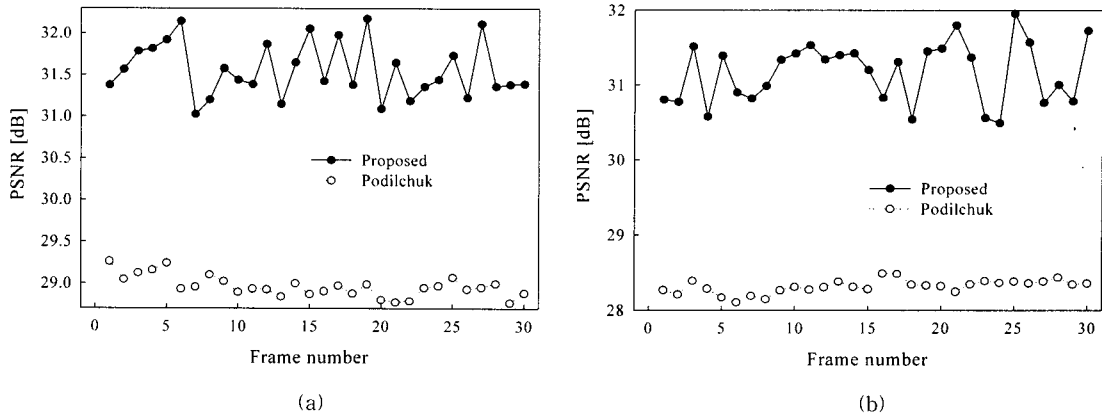


그림 5. 워터마크가 삽입된 (a) FLOWER GARDEN 및 (b) MOBILE 영상에 대한 PSNR

였다. 이때 사용된 유사도로는 서로 다른 길이의 워터마크를 사용하는 기존의 알고리즘과의 객관적인 비교를 위하여 정규화된 유사도를 사용하였다. MPEG 부호화 결과 영상에서 추출한 워터마크와 원래 삽입한 워터마크와의 유사도는 그림 6 및 그림 7에서와 같다. 이 결과들로부터 본 논문에서 제안한 워터마킹 알고리즘은 모든 프레임에 대하여 저작권을 주장하기에 충분한 우수한 검출 성능을 나타내었고, 특히 양방향 움직임 추정이 행하여지는 B 프레임에 대하여서도 50% 이상의 우수한 검출 성능을 나타냄을 알 수 있다. 하지만 기존의 방법은 B 프레임에 대하여 30% 정도의 검출률을 나타내고 있어, 이 프레임들에 대하여서는 저작권을 주장하기 충분하지 않다. 제안한 워터마킹 방법은 손실 부호화 등의 공격에 쉽게 손상을 입지 않는 기저 대역에 워터마크를 삽입하고, SSQ 등을 이용하여 시각적으로 중요한 계수를

선정하여 워터마크를 삽입하므로써 기존의 방법에 비하여 우수한 견고성을 유지할 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 HVS 및 DWT 기반의 비디오 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 PSCs의 선택과 각 웨이블릿 계수가 시각에 미치는 영향에 착안하였다. 그리고 기존의 방법들이 비가시성을 만족하기 위하여 이용하지 않았던 기저 대역에도 워터마크 삽입에 사용하였다. 즉 제안 알고리즘에서는 워터마크의 견고성을 확보하기 위하여 기저대역에도 워터마크를 삽입하며, 이로 인해 비가시성이 열화되는 것을 방지하기 위하여 인간 시각의 웨버 법칙을 이용하여 워터마킹 삽입 강도를 설정한다. 또한, 고주파 부대역에 대한 워터마크 삽입에서는 SSQ

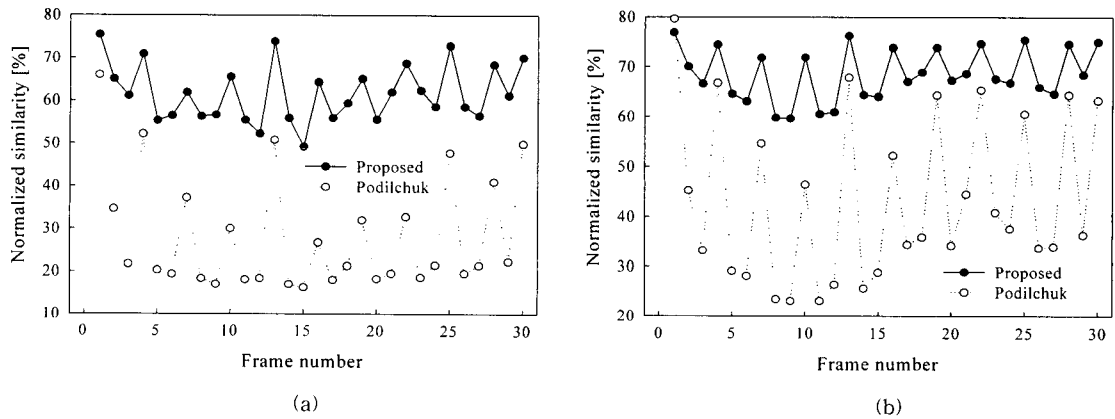


그림 6. (a) 1.0 Mbps 및 (b) 1.5 Mbps로 MPEG 부호화된 FLOWER GARDEN 영상의 정규화된 유사도

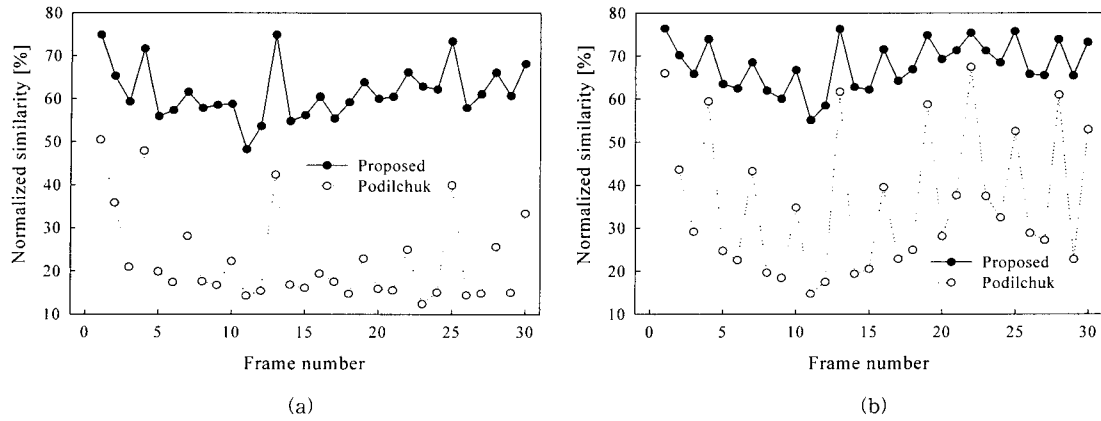


그림 7. (a) 1.0 Mbps 및 (b) 1.5 Mbps로 MPEG 부호화된 MOBILE 영상의 정규화된 유사도

기법을 이용하여 PSCs를 선택함으로써 견고성을 향상하였고, 인간 시각의 공간적 마스크 효과를 이용하여 워터마크를 삽입함으로써 비가시성을 향상시킨다.

본 논문에서 제안한 비디오 워터마킹 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 SIF 급 FLOWER GARDEN 및 MOBILE 영상에 대하여 컴퓨터 모의 실험을 행하였다. 이 실험에서 제안한 워터마킹 알고리즘이 비가시성 및 견고성 면에서 우수함을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] Ioannis Pitas, "A method for watermark casting on digital images," *IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology*, vol. 8, no. 6, pp. 775~780, Oct. 1998.

[2] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shanon, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 6, no. 12, pp. 1673~1687, Dec. 1997.

[3] R. Dugad, K. Ratakonda, and N. Ahuja, "A new wavelet-based scheme for watermarking images," *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, vol. 2, pp. 419~423, 1998.

[4] F. Hartung and B. Girod, "Digital watermarking of MPEG2 coded video in the bit-stream domain," *Proc. IEEE ICASSP '97*, vol. 4, pp. 2621-2624, Munich, Apr. 1997.

[5] A. Kusanagi and H. Imai, "A method of water-

marking for compressed video," *Symposium on Cryptography and Information Security, SCIS'99-W4-2.3*, Kobe, 1999.

[6] C. I. Podilchuk and W. Zeng, "Image adaptive watermarking using visual models," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 16, no. 4, pp. 525-539, May 1997.

[7] A. S. Lewis and G. Knowles, "Image compression using the 2-D wavelet transform," *IEEE Trans. on Image Processing*, pp. 244~250, Apr. 1992.



권 성 근

1996년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
 1998년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2002년 8월 경북대학교 전자공학과 박사
 2002년 11월~현재 삼성전자 무선사업부

관심분야 : 영상처리, 영상통신, 정보보호



김 병 주

1997년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
 1999년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2000년 3월~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

관심분야 : 영상처리, 영상통신, 정보보호



김 태 수

1998년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
1998년 4월~2001년 10월 LG전자 DID 설계실 연구원
2003년 2월 경북대학교 전자공학과 석사 졸업
2003년 3월~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

관심분야 : 영상처리, 정보보호, 3D 그래픽스



이 건 일

1965년 2월 경북대학교 물리학과 졸업
1970년 2월 경북대학교 물리학과 이학석사
1984년 2월 부산대학교 물리학과 이학박사
1969년~1984년 경북대학교 공과대학 전자공학과 조교-부교수

1982년~1983년 미국 RPI 공과대학 교환교수
1984년~현재 경북대학교 공과대학 전자공학과 교수
1995년~현재 산업표준심의회 전자부회 전자관(IEC/TC39) 전문위원회 위원
관심분야 : 비디오 및 오디오 공학, 전자계측, 의용전자 공학

교신저자

권 성 근 삼성전자 무선사업부



이 석 환

1999년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업
2001년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
2001년 3월~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정

관심분야 : 영상처리, 영상통신, 정보보호



권 기 룡

1986년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1994년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
2000년 7월~2001년 8월 Univ. of Minnesota, Post-Doc. 과정

1996년 3월~현재 부산외국어대학교 컴퓨터전자공학부 부교수

2002년~현재 한국멀티미디어학회 총무이사
관심분야 : 멀티미디어 정보보호, 멀티미디어 통신, 웨이블릿 변환