

# 비트플레인과 Key를 이용한 비디오 워터마킹

최용수, 김정엽, 현기호  
영산대학교 정보통신대학원  
e-mail: fire2213@hotmail.com

## Video Watermarking Using Bit plane and Key

Yong-soo Choi , Jeong-Yeop Kim , Ki-Ho Hyun  
Graduate School of Information Communications  
YoungSan University

### 요 약

본 논문은 비디오 워터마킹에 관한 연구로서 기존의 DCT변환을 한 후 동영상에 워터마크를 삽입하는 방법과는 달리, 압축과정이나 다른 다양한 공격에 대한 강인성에 초점을 두었다. 이 기법은 DWT 기반의 블라인드 비디오 워터마킹으로서 인간 시각적 특성에서 비저각성을 유지하기 위한 방법이다. 칼라영상을 LUV 좌표계로 변환하여 인간 시각에 둔감한 U영역에 서로 다른 장면의 I-프레임에 대해서 웨이블릿 영역 안에 8bit-plane을 한 후, 1단계 웨이블릿 변환을 거친 부호화된 워터마크에 랜덤한 키를 이용하여 삽입한다. 이 기법은 독립적인 워터마크를 HHI를 제외한 나머지 고주파 부대역 영역에 워터마크를 삽입하고 추출 시에는 삽입된 키를 이용하여 추출하였다. 그리고, 제안한 비디오 워터마킹 알고리즘은 효과적으로 폴리지 않았던 프레임 드로핑과 같은 공격들에 대한 강인함을 기존의 방법과 비교 실험하였다. 이는 최초의 영상 없이 삽입된 워터마크 정보를 실시간으로 검색하여 추출할 수 있다.

### 1. 서론

최근 MPEG비디오 워터마킹 기술에 관련된 연구에 있어서 강인한 워터마크 개발에 그 초점이 맞추어져 있는 연구가 많다. 비디오 워터마크 삽입 방법은 삽입 시점에 따라서 공간영역과 주파수 영역에서의 삽입하는 방법으로 나누어져 있다. 비디오 데이터 압축 시 워터마크가 존재하게 하기 위해서 주로 DCT 변환과 같은 주파수 영역에 워터마크를 삽입한다. 그 중 DCT는 JPEG 압축을 비롯한 많은 압축에 사용되는 방법으로써 압축에 강한 워터마크를 삽입할 수 있는 방법 이었다. 예전부터, 암호화와 기술적 접근 방법은 미디어의 소유권을 보호하기 위해서 통제되어 사용되었다[1]. 일반적으로 디지털 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호하기 위해서 사용되는 디지털 워터마크는 시각적무감지성(Perceptual Invisibility),보안성(Security),무손실성(Lossless),강인

성(Robustness), 명확성(Unambiguity), 다중 워터마킹(Multiple Watermarking) 같은 조건을 만족해야 한다[2]. 비디오 워터마킹 기술에 저작권을 보호하고, 새로운 알고리즘을 제안하기 위해서 인간시각 시스템(HVS:Human Visual Systems)의 특성을 포함한 LUV 좌표계로 변환하여 워터마킹 하는 실험을 하였다. 변환된 좌표계에서 인간시각 특성을 반영하는 U와 V 영역 중 U영역을 웨이블릿 변환하여 워터마크를 삽입하는데 MPEG-1에서의 DWT기반의 비디오 워터마킹에 중점을 두었다[3][4]. 워터마크 삽입 기법에서, 영상의 장면 변화 시 공격에 대한 문제점을 비디오 워터마크들로 혼합하였다.

이 기법은 같은 부분에 대해서 독립된 장면에 워터마크는 삽입되므로 프레임 드로핑과 같은 공격에 강하다. 워터마크는 한 장면의 프레임으로부터 같은 부분에 삽입되고 프레임평균화에 강인한 기법요소로

워터마크는 서로 다른 부분에 사용된다. 비록 개념은 단순하지만, 실험을 통하여 확인되며 새로운 비디오 워터마크 기법에 대한 설명을 제공한다.

본 논문은 비밀 키와 원본 영상을 같이 관리해야 하지만 원본 영상이 없어도 추출 시 비밀 키만 알면 쉽게 추출할 수 있다는 장점이 있다.

## 2. 비디오 워터마킹 기법

워터마킹 기법에서 먼저, 입력되는 비디오 스트림으로 나눈 후 각각 워터마킹을 거친다. 반면에 워터마크는 최초의 비디오에서 서로 다른 장면의 유사한 프레임에 삽입된 부분에서 분해 시킨다. 비디오에서 정지영상에서는 워터마크를 각 프레임에 적용하지만 비지각성을 유지하기 위해서 이 기법은 연속적인 다른 영상을 위해서 독립적인 워터마크를 사용한다. 제안하는 방법은 프레임드롭핑과 비가시성에 대해서 강인성을 증대시킨다. 제안한 기법은 4부분으로 구성된다. 워터마크 전처리, 비디오 전처리, 워터마크 삽입, 워터마크 추출로서 나뉜다

### 2.1 워터마크 전처리

워터마크는 적은 양으로 혼합하여 전 처리 한다. 그리고 비디오의 지정되는 많은 공격에 강인성을 유지하기 위해서 서로 다른 장면으로 워터마크를 삽입하는 기법이다. 워터마크는 식 (1) 및 식 (2)에서 다음 방정식과 같은 특수한 크기로 축적되고, m 와 양의 정수에 n, p, q로 그리고, 워터마크 크기는 64 × 64 와 같은 작은 이미지로 2<sup>n</sup> 이미지로 나누어진다[4].

$$2^n \leq m, n > 0$$

$$p + q = n, p \text{ and } q > 0 \quad (1)$$

$$64 \cdot 2^p \times 64 \cdot 2^q \quad (2)$$

그림 1에서 제시한 것처럼 256 그레이 이미지는 워터마크로서 사용된다.

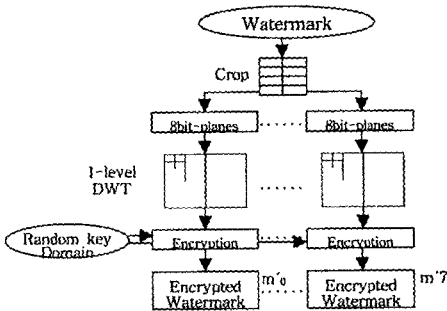


Fig 1. 워터마크 전처리

8조각의 절단(crop)작업을 거친 후 8bit-plane로 구성된 이미지를 분해한 다음 mn 는 0 과 1로 이뤄진 작은 bit계층을 나란히 놓는 것에 의해 얻어질 수 있다. 획득된 독립적인 2<sup>n</sup> 워터마크가 얻어지는 것에 따라 변환된 이미지 m이 웨이블릿 영역에 변형 시키게 되고 암호화 과정을 거쳐 전처리 되는 워터마크가 된다. 그림 2 에서는 절단된 이미지와 부호화된 워터마크 이미지를 보여준다.

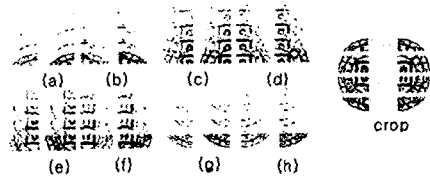


Fig 2. 워터마크 8bit\_plane

### 2.2 비디오 전처리

비디오의 모든 프레임은 웨이블릿 영역에서 3단계 웨이블릿 변환을 시키게 된다. 그림 3에서는 독립적인 워터마크는 다른 장면의 비디오 프레임에 삽입된다. 움직임이 없는 장면에서 일치하는 워터마크는 각 프레임을 위해서 사용된다. 이것은 단지 최초의 워터마크를 검출할 수 있게 하기 위해서 서로 다른 장면을 위해서 워터마크는 의사난수 순열과 함께 선택될 수 있다. m1, m2, m3, m4는 워터마크 삽입될 장면변화 부분을 나타낸다.

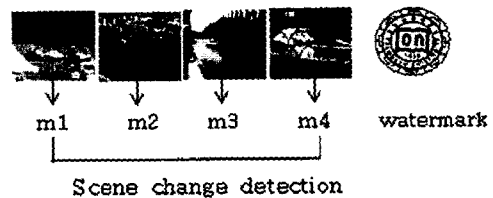


Fig 3. 장면 변화 검출(I-프레임)

## 3. 제안한 워터마킹 기법

### 3.1 워터마크 삽입 알고리즘

워터마크 삽입 과정은 그림 4에서 보여주듯이 변환된 장면의 I-프레임에서 RGB 칼라 영상을 LUV 칼라 좌표계로 변환한다. 변환된 좌표는 각각 L, U, V 영역으로 분리하고 이중 시각적 특성에서 구별하기 어려운 U 혹은 V 영역을 3단계 웨이블릿 변환한다. 웨이블릿 변환된 영역 중 가장 고주파수 영역인 HH1 영역을 제외한 나머지 고주파 부대역 영역

에 대해서 부호화 된 워터마크를 선정한다. 워터마크도 8비트플레인을 하고 각 부분에 대해서 1단계 웨이블릿 변환을 한다. 그 과정을 거친 후 워터마크의 강인성을 위해서 랜덤한 의사난수를 생성하여 전 부분에 대해서 키를 삽입한다.

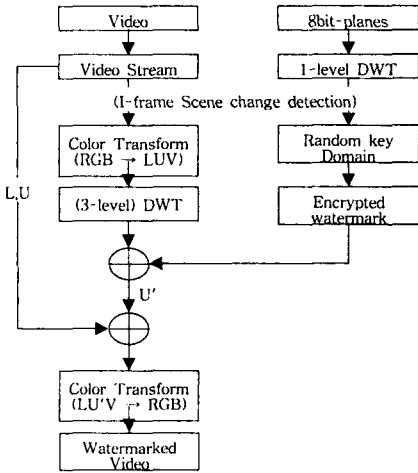


Fig 4. 제안한 워터마킹 삽입 구성도

선정된 워터마크 계수는 식 (3)과 그림 5와 같이 워터마크를 삽입한다.

$$I' = I + \alpha W, \quad (0 < \alpha < 1)$$

if  $W[j] = 1$ ,

$$\text{Exchange } K[i] \text{ with } \max(K[i], K[i+1], K[i+2], K[i+3], K[i+4])$$

else

$$\text{Exchange } K[i] \text{ with } \min(K[i], K[i+1], K[i+2], K[i+3], K[i+4]) \quad (3)$$

$K[i]$ 는  $i^{\text{th}}$  DWT계수의 프레임,  $W[j]$ 는  $j^{\text{th}}$  픽셀의 일정한 워터마크[5]. 사용되는 연속되는 워터마크계수는 그림 5에서 정해진다.

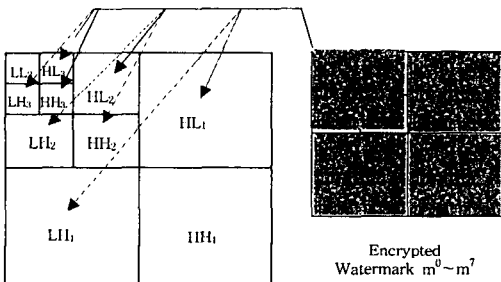


Fig 5. 워터마크 삽입 방식

I-프레임에 워터마크를 고주파수 영역인 HH1을 제외한 나머지 고주파 부 대역 주파수 부분에 삽입 한다. 다시 3단계 역 웨이블릿 변환을 한다. 워터마크가 삽입된 U'영역과 L, V 영역을 이용하여 다시 RGB 좌표계 영역으로 변환하여 워터마크가 삽입된 영상을 얻을 수 있다.

### 3.2 워터마크 추출 알고리즘

워터마크 추출 방법은 삽입 방법의 역순으로 하는 방법이다. 비디오 스트림은 비디오 워터마크를 얻기 위해 처리하고, 각 비디오 프레임은 3단계 웨이블릿 변환을 실행한다. 워터마크가 삽입된 RGB 좌표계의 영상을 LUV 좌표계로 변환한다. 각각의 L, U', V 영역 중 U' 영역을 3단계 DWT 한다. 웨이블릿 한 영역에서 키 값을 이용하여 워터마크가 삽입된 위치를 선정하여 추출하고 삽입 시 곱해준 이득계수  $\alpha$  값을 나누어 식 (4)과 같이 Q를 구한다. 그 다음 워터마크는 그림 6과 같은 상태로 추출된다.

$$I' / \alpha = Q$$

if

$$WK[i] > \text{medin}(WK[i], WK[i+1], WK[i+2], WK[i+3], WK[i+4])$$

$$W[j] = 1$$

else

$$W[j] = 0 \quad (4)$$

구해진 Q 영역에 대해서 IDWT하여 추출한다.  
 $WK[i]$ 는  $i^{\text{th}}$  DWT계수의 워터마크 된 비디오 I-프레임,  $W[j]$ 는  $j^{\text{th}}$  픽셀의 추출된 워터마크이다.

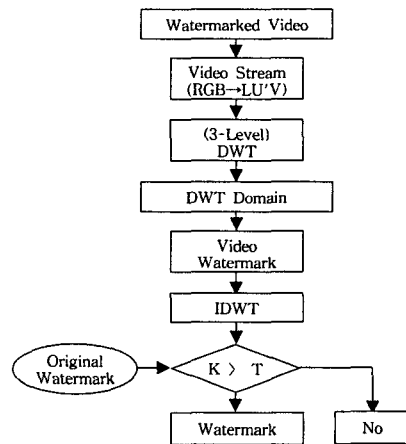


Fig 6. 제안한 워터마킹 추출 구성도

4. 실험결과 및 고찰

본 논문에서 비디오 워터마킹을 평가하기 위해 장면 변화 부분만을 가지고 I-프레임에 워터마크를 삽입하고 검출하는 실험을 하였다. 영상은 256×256 크기로 워터마크는 64×64 크기를 8비트플레인을 한 후 1단계 DWT과정을 거친 후 부호화하는 과정에서 랜덤 한 키 값을 삽입하여 추출하였다.

4.1 비가시성에 대한 실험

본 논문에서 유사도를 알아보기 위한 방법으로 PSNR과 MSE을 식 (5)과 식 (6)을 이용하여 표 1에 나타내었다. 아래 식에서 영상의 크기를 M, N로 나타내고 I와 I'은 각각 원영상과 워터마크 된 영상을 나타낸다. PSNR은 4개의 변환된 장면의 I-프레임에 대해서 이득계수를 산출하였다.

$$PSNR = 10 \times \log_{10} [255^2 / MSE] \quad (5)$$

여기서

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{y=1}^M \sum_{x=1}^N [I(x, y) - I'(x, y)]^2 \quad (6)$$

표 1. I-프레임에 대한 PSNR 측정결과

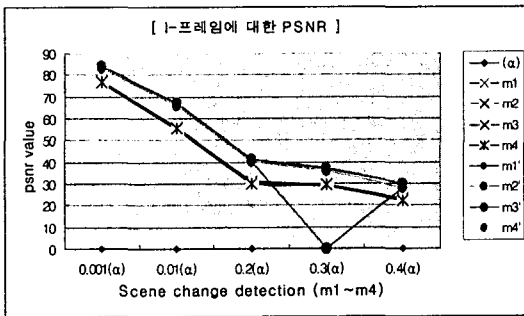


표 1에서 보여주듯이 이득계수에 따라 LUV에 워터마크를 삽입 하는 것이 평균 7(dB) 정도 값이 좋아짐을 보여준다.

4.2 프레임 공격의 대한 실험

공간적주파수와 비지각성에 대한 공격들에 대해 획득한다. 표 2는 서로 다른 비율의 크로핑에서 워터마크 된 비디오의 결과에 대해서 보여준다. 일반적인 DWT기반의 워터마킹 기법과 제안한 워터마킹 기법에서의 프레임 드로핑 공격에 대한 평가에서 0.7이상의 NC(상관계수)의 차이를 알 수 있다.

표 2. 프레임드로핑 공격에 대한 측정결과

크로핑 비율	10	20	30	40	50
NC(상관계수)					
DWT watermarking(NC)	0.87	0.8	0.76	0.7	0.65
Proposed scheme(NC)	0.93	0.89	0.85	0.8	0.79

5. 결론

본 논문은 변환되는 각 장면의 I-프레임을 LUV 칼라 좌표계의 특성을 이용하여 U영역의 HH1을 제외한 고주파 부대역 영역을 지정하여 8비트플레인과 정과 1단계 웨이블릿 변환을 거친 후 부호화된 워터마크를 랜덤하게 키를 이용하여 삽입함으로써 프레임 변형에 강인함과 비가시성 및 견고성을 보였다. 향후 연구과제로는 비디오의 시간정보에 따른 워터마크의 강인성을 개선해야 할 것이다.

참고문헌

[1] Chun-Shien Lu, Hong-Yuan, and Mark Liao: Multipurpose Watermarking for Image Authentication and Protection. IEEE Transactions on Image Processing, Volume : 10 Issue:10, Oct 2001 Page(s) : 1579 .1592

[2]. I. Cox, J. Kilian T. Leighton and T.Shamoon, "Secure Spread Spectrum Watermarking for Multi-media," Technical Report 95-10, NEC Research Institute, Princeton, NJ, USA,1995

[3]. M. Barni, F. Bartolini, R. Caldelli, A. De Rosa, and A. Piva: A Robust Watermarking Approach for Raw Video. Proceedings 10th International Packet Video Workshop PV2000, Cagliari, Italy, 1-2 May 2000.

[4]. 전형섭, 김정엽, 현기호, "인간시각의 칼라특성과 다중 웨이블릿 변환을 이용한 워터마킹," 대한전자공학회 논문집, Vol.25, No.1, pp.239-242, 2002.

[5]. P. P. Dang and P. M. Chau: Image encryption for secure Internet multimedia applications. IEEE Transactions on Consumer Electronics, Volume: 46 Issue: 3, pp: 395-403, Aug. 2000.

[6]. 13.F.Y. Duan, I. King, L. Xu, and L.W. Chan: Intra-block algorithm for digital watermarking. Proceedings IEEE 14th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'98),volume II, pp: 1589--1591, 17-20 August 1998.