

# VLC영역을 이용한 디지털 비디오 워터마킹

김준수, 김정엽, 현기호  
영산대학교 정보통신대학원  
e-mail: ds5gre@ysu.ac.kr

## Digital Video Watermarking Using VLC Domain

Jun-Soo Kim, Jeong-Yeop Kim, Ki-Ho Hyun  
Graduate School of Information Communications  
YoungSan University

### 요 약

멀티미디어 콘텐츠의 저작권 보호를 위한 워터마크 기법은 현재 많은 연구가 진행 중에 있다. 본 논문은 MPEG 비디오의 압축 과정에서 마지막 단계인 VLC 영역에 DCT된 워터마크의 기 값을 적용하여 얻어낸 신호를 run-level 쌍의 level 값의 부호에 따라 선택적으로 삽입하는 방법을 제안하였다. 양자화된 DCT계수들의 고주파수 영역은 level 값을 거의 가지지 않기 때문에 고주파수영역의 계수 값이 제거 되어도 워터마크의 정보는 대부분 살아남아 공격에 강인함을 보이며 압축의 마지막단계에 정보를 삽입하여 실시간 적용이 가능하다는 장점을 보여 주었다.

### 1. 서론

최근 컴퓨터 및 네트워크 기술의 비약적인 발전으로 인하여 대 용량의 멀티미디어 콘텐츠사용이 급증하고 있고 디지털 비디오 역시 인터넷이나 Video CD, DVD 등과 같은 매체를 통하여 많은 상업적 거래가 이루어지고 있다. 그러나 이와 같은 발전과 더불어 불법복제 또한 심각한 사회문제를 초래하고 있는 것이 사실이다. 이에 따라 현재 암호화 기법 등 많은 연구들이 정보보호를 위해 진행되고 있고 그중에서 가장 주목받고 있는 것은 영상이나 음성 등의 신호에 특정한 코드나 패턴을 삽입하여 위조 및 변조에 대한 공격을 방지 할 수 있는 워터마킹(Watermarking)방법이다.

워터마킹은 크게 공간영역(Spatial domain)과 주파수영역(Frequency domain)으로 나눌 수 있다. 공간영역의 워터마킹은 특정영역의 화소(Pixel)값에 직접 적용하여 공격이나, 압축, 필터링 등에 의한 데이터의 변형에 취약하다는 단점이 있다. 주파수영역에서의 방법은 FFT(Fast Fourier Transform), DCT(Discret Cosine Transform), WT(Wavelet Trans-

form)을 이용하여 영상을 주파수 변환 한 다음, 특정 대역의 주파수 계수 값에 워터마크를 삽입하는 방법이다[7].

디지털 비디오에서의 워터마킹은 연속적인 영상들의 집합으로 이루어져 있기 때문에 기본적인 개념 및 방법은 정지 영상의 워터마킹 방법과 유사하며 비트 스트림에 대한 주파수 확산기법을 적용한 방법 [2][3][6]이나 VLC 영역에서의 Codeword 의 길이 등의 정보를 비교하여 삽입하는 방법[1]들이 있으며 이와 다르게 MPEG의 움직임 벡터에 오브젝트를 추출하여 워터마크를 삽입하는 방법이 있다[4]. 특히 VLC 영역의 워터마킹은 대 용량의 데이터를 실시간으로 적용할 수 있어 그 의미를 높이 평가 받고 있다. Greit은 조건에 만족하는 Codeword를 추출하여 워터마크의 비트스트림과 LSB(least significant bit)를 비교하여 삽입하는 방법을 제안하였다. 위의 방법은 비교적 처리속도가 빠르고 데이터의 정보를 이용하여 복잡한 계산을 피하였으나 비트율과 강인성의 적절한 조율이 어렵고[5] 조건에 맞는 Codeword 값이 워터마크의 크기보다 작을 때 다시

반복 계산을 해야 하는 단점이 있다.

따라서 본 논문은 VLC의 Codeword정보와 무관하게 run-level쌍에서 레벨 값에 삽입될 워터마크에 키 값을 이용한 의사 잡음코드를 적용하여 강인성을 개선하였고 조건에 의해 검출된 오브젝트의 부족으로 반복 계산에 의한 시간적 손실을 피할 수 있게 level 부호에 따라 선택적으로 삽입하였다.

### 2. VLC영역에서의 워터마킹 기법

VLC 코드 중에는 아래의 세 가지 조건을 만족하는 코드가 있고 이것을 lc-VLC(label bit carrying-VLC)라고 한다.

- run length 는 같다(same run length).
- level은 1이 차이가 난다(a level difference of 1).
- 코드의 길이가 같다(same codeword length).

각각의 매크로 블록(macro block)에서 lc-VLC가 있는지를 검사하고 만약 lc-VLC 코드를 만나면, 워터마크의 비트 스트림과 level의 LSB를 비교한다. 삽입하고자 하는 워터마크와 level의 LSB가 같으면, 원래 VLC코드를 그대로 사용하고 만약에 같지 않다면 VLC코드 대신에 lc-VLC를 사용한다. 워터마크를 다 삽입할 때까지 루틴을 반복한다.[1]

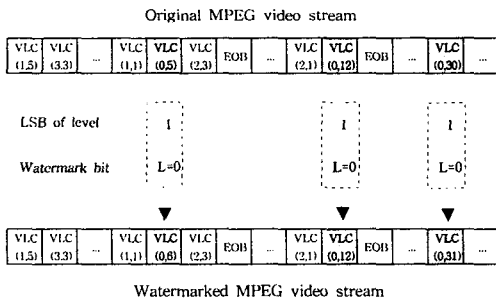


그림 1. VLC코드에서의 워터마크 삽입과정

위의 방법과 같이 조건에 맞는 VLC코드를 선정된 뒤 삽입하는 기법은 복잡한 계산을 피하여 비교적 빠른 처리속도를 보이나 비트율과 이미지 강도의 적절한 조율이 어렵고 조건에 맞는 코드검색을 반복해야 하는 단점이 있다.

### 3. 제안한 워터마킹 기법

본 논문에서 제안한 워터마킹 기법은 DCT된 워터마크를 의사 잡음코드를 이용하여 재배열한 뒤 run-level쌍의 level 값에 선택적으로 삽입하는 방법을 제안하였다.

### 3.1 워터마크의 전처리

원 영상에 삽입될 DCT된 워터마크에 키를 이용한 의사 잡음 코드를 정보의 크기만큼 만들고 생성되어진 배열 순으로 저작권 정보를 재 배열 함으로써 만들어 진다.

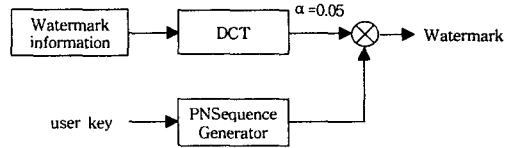


그림 2. 워터마크 전처리 과정

식 (1)과 같이 DCT된 워터마크 정보의 스트림 되어진 값들의 신호를  $W$ 로 표현할 수 있다.

$$W = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_n\} \quad (1)$$

PN 코드에 의해 생성된 스트림  $P_i$ , 배열  $P$ 는 아래 식 (2)로 표현할 수 있다.

$$P_i = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_n\} \quad (2)$$

워터마크  $W$ 는 계수 값  $\alpha$ 를 사용하여 변형한 뒤  $P$ 에의 해 식 (3)과 같이 재배열 된다.

$$W' = \alpha \cdot W \cdot P_i \quad (3)$$

### 3.2 워터마크의 삽입

워터마크 삽입 과정은 먼저 압축된 비디오 신호의 I-프레임에 해당하는 비트 스트림을 가져와 허프만 코드에 의해 디코딩하여 VLC형태로 변환한 뒤 다

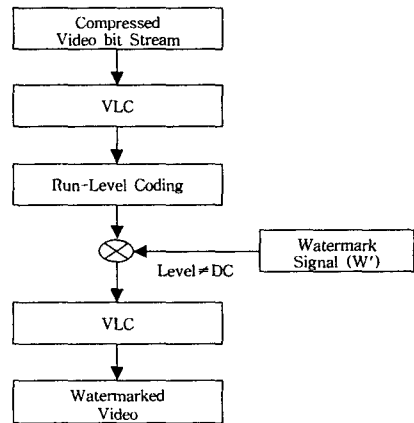


그림 3. VLC영역에서의 워터마크 삽입과정

시 이것을 run-level쌍으로 바꾸어 준다.

run-level쌍의 레벨 값에 전처리 과정을 거친 워터마크를 더해 주는데 레벨 값의 부호에 따라 양수(+)는 워터마크 계수의 양수(+)를 음수(-)는 음수(-)를 적용 하여 레벨이 0이되는 것을 방지한다. 이 과정에서 DC계수가 되는 레벨 값에는 워터마크를 삽입하지 않는다. DC계수의 값은 영상의 대부분의 정보를 담고 있어 작은 변화에도 민감하게 반응하기 때문에 삽입 대상에서 배제하였다. 정보가 삽입된 run-level쌍은 다시 VLC화 하고 허프만 코드에 의해 엔코딩되어 진다.

### 3.3 워터마크의 추출

디지털 비디오의 워터마크 추출방법은 그림 4와 같이 워터마크된 비디오 신호와 워터마킹 되지 않은 원래의 비디오신호를 각각 VLC화 하여 run-level쌍의 레벨 값을 구한 뒤 부호별로 차를 구한다.

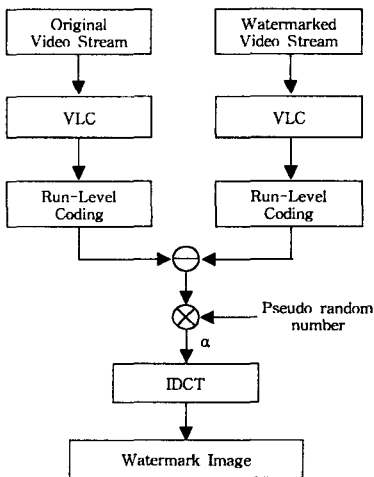


그림 4. 워터마크 추출과정

이렇게 두 데이터의 차를 통하여 얻어진 값은 의사 잡음 코드에 의해 만들어진 키 값에 의해 재배열

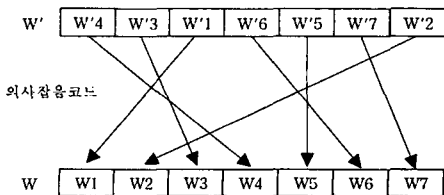


그림 5. 추출된 워터마크의 재배열

되고 마지막으로 삽입 시에 곱하여준 이득계수  $\alpha$  값을 나누어 식(4)와 같이  $W$ 를 구한다.

$$W = \frac{W'}{\alpha} \quad (5)$$

구해진  $W$ 는 IDCT를 하여 저작권 정보인 워터마크를 추출해 낼 수 있다.

### 4. 실험결과 및 고찰

본 논문에서 사용된 영상은 15Mbps, 325×240크기의 비디오 영상이며 워터마크를 위해 사용된 이미지는 32×32크기의 그레이 이미지를 사용하였다.

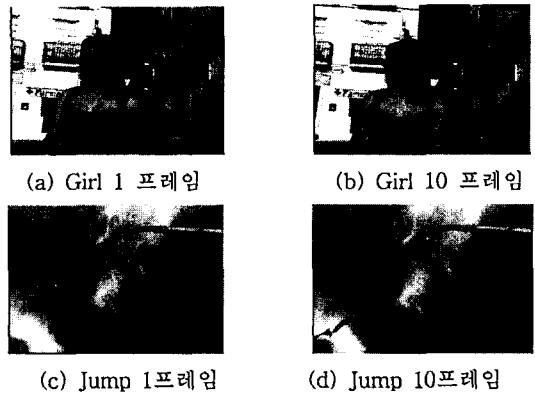


그림 6. 비디오 영상에서 추출한 프레임별 원영상

두개의 비디오 영상을 그림 6과 같이 각각 10프레임 단위로 추출하여 실험 하였고 워터마크 영상은 그림 7을 사용하였다.



(a)워터마크이미지 (b)8×8브릭 DCT

그림 7. 영상에 삽입되어질 워터마크 이미지

본 실험은 비가시성에 대한 측정값으로 PSNR값을 나타내었으며 견고성에 대한 실험은 대체로 많이 사용하는 유사도를 계산하여 평가하는 방법을 사용하였다.

#### 4.1 비 가시성 실험

원본 영상과 워터마킹 된 영상과의 유사도를 알아

보기 위해 대체로 PSNR과 MSE를 많이 사용한다. 본 논문에서도 이 방법을 사용하고 있다. 식 (6)과 식 (7)을 이용하여 PSNR값을 표1, 표2에 나타내었다 아래 식에서 M, N은 이미지 크기를 나타내고 I와 I'은 각각 원영상과 워터마크가 삽입되어진 영상을 나타낸다. PSNR은 두개의 영상 Girl과 Jump에 10프레임 단위로 워터마크를 삽입한 다음 이득계수 값에 따라 산출하였다.

$$PSNR = 10 \times \log_{10}(255^2/MSE) \quad (6)$$

여기서,

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{y=1}^M \sum_{x=1}^N [I(x,y) - I'(x,y)]^2 \quad (7)$$

표 1. 워터마크 삽입시 PSNR값(Girl)

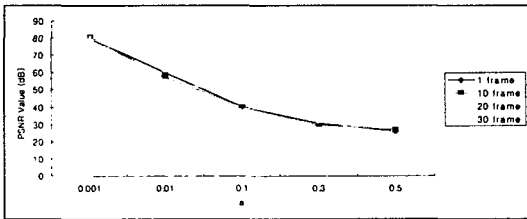
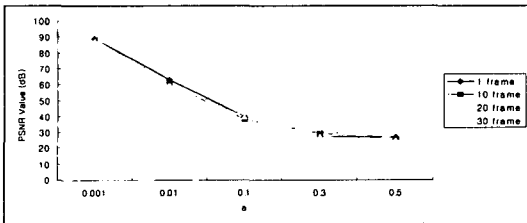


표 2. 워터마크 삽입시 PSNR값(Jump)



4.2 견고성 및 추출을 실험

워터마크의 견고성은 1프레임에 대한 이미지 압축 및 확대, 축소 등의 공격에 93%의 추출율을 보였고 명확성 역시 상관계수 평균값이 0.5296으로 저작권 정보의 소유를 명확히 판단할 수 있었다.



(a) a= 0.3



(b) a=0.001

그림.8 영상에서 추출된 워터마크

5. 결론

본 논문은 대 용량 디지털 콘텐츠의 하나인 디지털 비디오의 저작권 보호를 위해 압축된 비디오 의 하위 단계인 VLC 영역의 run-level상의 레벨 값에 워터마크 이미지를 삽입하는 방법에 대해 제안하였다. 기존의 VLC 영역의 정보를 비교하여 삽입하는 방법과 달리 의사 잡음 코드에 의한 키 값을 이용해 랜덤하게 삽입하여 비디오의 변형에 강인함과 비가시성 및 견고성을 보였다.

향후 연구 과제로는 이득계수 값에 변화에 대한 영향을 최소화 하여 명확성과 견고성을 같이 높일 수 있는 방법을 연구해야 할 것이다.

참고문헌

[1] Gerrit C. Langelaar , Reginald L. Lagendik, and J an Biemond "Real- Time Labeling of MPEG-2 Compressed Video" Journal of Visual Communication and Image Represent ation Vol. 9, No. 4 December , pp256- 270, 1998.

[2] Frank Hartung, Bernd Girod "Digital Watermarking of MPEG-2 Coded Video in the Bitstream Domain" 1997 IEEE international Conference (ICASSP '97).

[3] Yuchen Zhou "Copyright Protection of compressed Video Using DCT-based Watermarking Technology" Tik-110.501 Seminar on Network Security.

[4] Fred Jordan, Martin Kutter, Touradj Ebrahimi "Proposal of a Watermarking Technique for Hiding/Retrieving Data in Compressed and Decompressed Video" ISO/IEC Document JTC1/SC29/WG11 MPEG97/M2281, July 1997.

[5] 이미애 "MPEG 비디오의 워터마킹 성능분석에 관한 연구" 2002. 8.

[6] 이형훈, 배창석, 최재훈, 최윤식 "MPEG 비디오를 위한 하이브리드 워터마킹 알고리즘" 한국정보처리학회 논문지 제6권 제11호(99.11).

[7] 박성훈, 김정엽, 현기호 "DCT 변환과 인간시각 칼라좌표계를 이용한 디지털 워터마킹" 대한전자공학회 02하계종합학술대회 논문집(4), pp.243-246..