

# 저작권 보호를 위한 동영상 워터마킹에 관한 연구

고진수\*, 오휘빈, 박성현, 이용환, 이상범  
단국대학교 전자컴퓨터 공학부  
e-mail: lifetoday@hanmail.net

## Study on Video Watermarking for Copyright Protection

Chin-Su Ko\*, Whi-Vin Oh, Sung-Hyun Park, Young-Hwan Lee,  
Sang Burm Rhee  
Dept of Electrons & Computer Engineering,  
Dankook University

### 요 약

본 논문에서는 디지털 정보에 대한 저작권 보호를 위해 동영상 워터마크 알고리즘을 구현하였다. 제안하는 방법은 동영상 파일인 raw video에 I-picture가 될 부분에 8×8로 DCT한 후 저작권자를 증명할 수 있는 로고와 워터마크 삽입 여부를 결정하는 헤더를 DC 삽입 알고리즘을 적용하여 삽입한다. 동영상 워터마크로 DC계수에 양자화 기법을 이용한 알고리즘은 기존의 알고리즘보다 PSNR과 검출률이 좋은 결과를 보였다.

### I 서론

최근 네트워크 기술의 발전과 멀티미디어 데이터의 활용이 급증하면서 저작물의 무단 복제 및 배포가 큰 문제가 되고 있다. 이러한 저작권 침해의 대처 방법으로 많은 기술들이 제안되고 있지만, 최근 수년간 디지털 워터마크 기법이 활발히 연구되고 있다. 디지털 워터마크는 디지털 데이터 특히, 영상, 소리, 동영상 등과 같은 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호하기 위해 눈에 띄지 않는 정보를 삽입한 비트 패턴의 기술을 말한다. 이 용어는 중세 유럽에서 제지 업자들이 종이를 만드는 과정에서 자신들의 상품임을 표시하기 위해 희미하게 프린트된 투명무늬로부터 유래되었다. 디지털 형식으로 되어 있는 지적재산에 대한 저작권보호를 제공하기 위한 목적으로 삽입한다. 의도적으로 어느 정도까지는 볼 수 있도록 만든 프린트 워터마크와는 달리, 디지털 워

터마크는 완전히 안보이게 설계된다. 게다가 워터마크를 나타내는 실제 비트들은 그것들이 식별되거나 조작되지 않도록 데이터 전체에 걸쳐 퍼져 있어야만 한다. 그리고 그 데이터에 대한 일반적인 변경, 예를 들어 로씨압축 알고리즘에 의한 축소 등에 견딜 수 있도록 충분히 견고해야만 한다. 동영상에 워터마크를 삽입하기 위해서는 동영상을 연속된 여러 정지 영상들로 이루어진 프레임(frame)들의 집합으로 간주하고 각 프레임의 주파수 성분을 변조시키는 것이 기본 원리이다. 기존의 논문에서는 워터마크를 추출하기 위해서 원영상을 이용하였다. 그러나 동영상미디어는 많은 수의 프레임이 존재하므로, 이러한 프레임을 모두 이용해서 워터마크를 추출한다면 많은 시간이 소요된다. 따라서 본 논문에서는 원영상을 사용하지 않고 워터마크를 추출하는 알고리즘을 제시한다.

## II 기존의 동영상 워터마킹 방법

동영상은 많은 양의 데이터를 가지고 있기 때문에 시간적 공간적 중복성을 제거한 MPEG과 같은 압축 형태로 전송 되어진다. 동영상은 큰 신호 범위를 가지고 있으며, 워터마킹 시스템에 실시간에 가까운 요소를 부여하여야 하고, 압축된 영역과 비압축 영역에서의 알고리즘을 고려해야 한다.

Jordan[1]은 움직임 보상을 예상하는 모션벡터(motion vector)정보를 이용하여 워터마크를 삽입하는 방법을 제안하였다. 평평한 블록의 모션벡터가 예측하는 부분의 주위도 평평한 영역일 확률이 높기 때문에 평평한 영역의 움직임 벡터에 워터마크를 삽입하는 방식을 취하였다. 즉 수정된 움직임 벡터가 예상하는 부분은 원래의 움직임 벡터가 예상하는 부분과 거의 유사할 것이다. 이렇게 삽입된 워터마크 정보는 비디오 압축형식이 변하지 않는 이상, 비디오 스트림에서 직접 검출할 수 있다. 실시간성 측면에서는 우수한 방법일지 모르나 비디오 압축형식에 너무 의존적인 단점을 가지고 있다.

Hartung[2]은 MPEG 동영상에 대해 상관관계 기반의 워터마킹 알고리즘으로 압축된 비디오 스트림을 복호화, 역양자화를 수행하여 모든 프레임에 워터마크를 삽입하였다. 이 알고리즘은 모든 프레임에 워터마크를 삽입하였다. 이 알고리즘은 모든 프레임에 워터마크를 삽입하기 때문에 워터마크 삽입으로 인한 비디오 시퀀스의 손상은 참조 프레임으로의 시간적, 공간적으로 확산되어 서로 다른 프레임의 워터마크의 영향이 축적된다. 이러한 에러전파를 막기 위해 에러 보상(drift compensation)을 해주며, 에러 보상 신호는 워터마크 되어지지 않는 시퀀스와 워터마크 된 시퀀스로부터의 움직임 보상을 예상 값의 차이가 된다. 이는 에러 보상을 위해 많은 계산량을 요구해 워터마킹 시스템의 복잡도를 증가시키고, 워터마크 정보삽입은 MPEG 동영상의 비트율을 증가시키지 않는 조건에서만 워터마크 계수가 삽입되므로 영상정보에 대한 적용이 제한적이며, 워터마크 삽입량과 화질열화가 비례하여 증가한다.

## III 동영상 워터마킹 알고리즘의 요구 조건

동영상 워터마킹은 정보 삽입에 의한 비트율의 변화, 압축과 비압축 영역에서의 워터마크 정보 추출 가능성과 공격등을 고려 해야한다. 정보의 삽입으로

워터마킹 된 동영상의 비트율 증감은 비트율의 재조정 없이는 원만한 복호화를 이룰 수가 없다는 점에서 가장 큰 문제점이다. 즉 복호화기의 버퍼에서 오버플로우가 발생하면 프레임 생략이 일어나고, 언더플로우가 발생하면 동영상의 복호화가 늦어져 동영상과 오디오 사이의 지터링이 일어난다. 이런 정보 삽입에 따른 비트율 증가의 방지를 위해 기존의 알고리즘은 워터마크 삽입으로 증가한 정보의 양만큼 영상정보를 줄이거나, 원본 프레임과 워터마크 된 프레임을 선별적으로 전송하므로, 삽입 가능한 정보량 제한적이라는 단점이 있다. 그리고 시간축상의 편집공격이나 공모공격 등이 가능하다. 정지영상과 다르게 유사한 영상을 이웃 프레임으로부터 바로 얻을 수 있으므로 손쉽게 공모공격이 가능한 것이다. 또한 워터마크를 검출할 때 중요한 동기화 문제를 시간축 상에서 편집함으로써 쉽게 공격할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 성능 문제를 개선하여 동영상 압축률의 변화에 따른 비트율의 변화에 강인하며, 재압축과 같은 공격에 워터마크의 추출이 가능한 적응적인 MPEG-2 기반 워터마킹 알고리즘을 제안한다.

## IV 본 논문에서 제안한 워터마킹 알고리즘

본 논문에서 DC계수에 워터마크를 삽입하는 것이 공격에 강인하기 때문에 동영상 워터마킹 알고리즘으로 DC에 삽입하는 방식을 이용한다. DC계수 삽입방법은 추출시 빠르고 간단하게 추출이 가능하다는 것이 장점이다. 여기서는 본 논문에서 제안할 알고리즘을 그대로 이용하여 동영상 파일인 raw video에 I-picture가 될 부분에 8×8로 DCT한 후 DC성분에 삽입하는 방식을 실험할 것이다.

본 논문에서 제안한 알고리즘은 워터마크를 삽입할 성분의 주위값을 이용하여 워터마크를 삽입하고 추출하는 것이다.

### 1. 워터마크 삽입방법

Step 1 : 원본 영상을 8×8화소를 가진 블록으로 나눈다.

Step 2 : 각각의 블록들을 DCT변환한다.

Step 3 : 그림1과 같이 8×8블록들의 DC대역중 A0을 선택한다.

Step 4 : 식(1)과 같은 방법으로 워터마크를 삽입한다. 즉 워터마크정보가 1인 경우에는 A1,

A2, A3 화소 중 가장 큰 값을 선택한다. 그리고 선택된 값과 워터마크강도(s)를 더하여 A0과 교체한다. 반대로 워터마크정보가 0인 경우에는 A0, A1, A2, A3 화소중 가장 작은 값을 선택한다. 그리고 선택된 값과 워터마크강도(s)를 빼서 A0와 교체한다.

$$\text{If } W=1 \text{ Then } A0=\text{Max}(A1,A2,A3) + s \quad (1)$$

$$\text{If } W=0 \text{ Then } A0=\text{Min}(A1,A2,A3) - s$$

A0	A1						
A3	A2						

그림 1. 워터마크 삽입위치  
s : 4, 8, 12, 16

Step 5 : 삽입된 블록들을 IDCT(Inverse Discrete Cosine Transform)변환하여 워터마크가 삽입된 영상을 만든다.

### 2. 워터마크 추출방법

Step 1 : 워터마크가 삽입된 영상을 8×8블록들로 나눈다.

Step 2 : 각각의 블록들을 DCT한다

Step 3 : 그림 1과 같이 8×8블록들의 AC대역중 X0을 선택한다.

Step 4 : 식(2)와 같은 방법으로 워터마크를 추출한다.

$$\text{If } A0 > \text{Average}[A1, A2, A3] \quad (2)$$

$$\text{Then } W'=1$$

$$\text{Else } W'=0$$

### 3. 동영상 워터마크 알고리즘

(1) 모든 블록에 DC 알고리즘 적용

비디오 워터마크는 MPEG bitstream과정에서 워터마크가 손실되면 안되므로 양자화 과정에 강인한 DC성분에 제안한 방법을 이용하여 워터마크를 삽입

했다. Blocking 현상이 비디오 display할 때 눈에 보이지 않도록 I-picture에만 삽입하였고, 알고리즘 상에서 DC의 변화를 최소로 하였다. 초당 30프레임을 플레이 한다면 워터마크를 검색해야 하는 픽처 또한 초당 30프레임이 된다. 워터마크 추출시간이 약 0.01초가 소비된다고 가정해도 30프레임 구동시간이 1.3초로 0.3초가 더 걸린다. 동영상에 워터마크를 적용하기 위해서는 real-time이 가능해야 하는데 1초당 0.3초씩 delay가 발생하면 real-time이 어렵다. 따라서 이런 문제를 해결하는 한 가지 방법이 삽입할 때 헤더를 삽입하여 추출할 때 먼저 헤더를 검출하여 워터마크 삽입 여부를 판단한 후 삽입된 픽처이면 로고를 추출하고, 아니면 건너뛰는 방법이다. 본 실험에서는 헤더를 검색하여 워터마크가 삽입된 픽처를 찾아 로고를 추출하면 그 다음 픽처부터는 추출 과정을 패스하도록 하여 real-time을 구현하였다.

### (2) 삽입 및 추출 알고리즘

실험에서 사용한 알고리즘은 본논문에서 제안한 알고리즘을 이용한다. raw video 데이터에 I-picture가 되는 부분에 영상을 8×8 블록으로 나눈 후 저작권자를 증명할 수 있는 로고와 워터마크 삽입 여부를 결정하는 헤더를 DC 삽입 알고리즘을 적용하여 삽입한다. 여기서 언급한 헤더는 이진수로 구성된 특정 코드로 영상에 삽입한다. 헤더 비트는 44비트를 삽입한다.

추출 방법은 영상에서 44비트의 워터마크를 추출한 헤더를 검색하여 워터마크의 삽입 여부를 검색하고, 삽입된 픽처면 삽입한 로고를 추출한다. 추출 알고리즘 또한 본 논문에서 제안한 알고리즘에 따른다.

## V 실험 과정

실험은 그림 크기가 352×240인 “flowergarden (32frames)”비디오 데이터를 사용했고, 삽입 로고는 45×30인 “LIFETODAY”를 사용했다. 로고는 어느 정도의 에러가 있어도 눈으로 식별이 가능한 특징이 있다. 그림의 식별이 가능한 90%이상의 추출 로고처럼 식별이 가능하여 기준을 90%로 잡았다. MPEG 조건은 MPEG 인코딩과정에서 GOP 내의 픽처 수를 정의하는 N과 P픽처가 나타나는 주기를 정의하는 M 피라미터 값을 [N,M]=[10,2]로 선택했

고, 헤더를 44비트 삽입하여, bitrate 변화에 따른 결

표 1. 기존 연구와의 연구

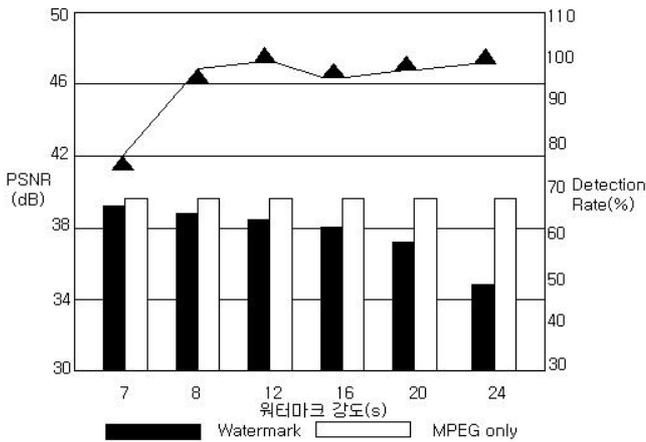


그림 2. 워터마크강도(s), PSNR과 검출률의 관계 (Bitrate=5Mbps)

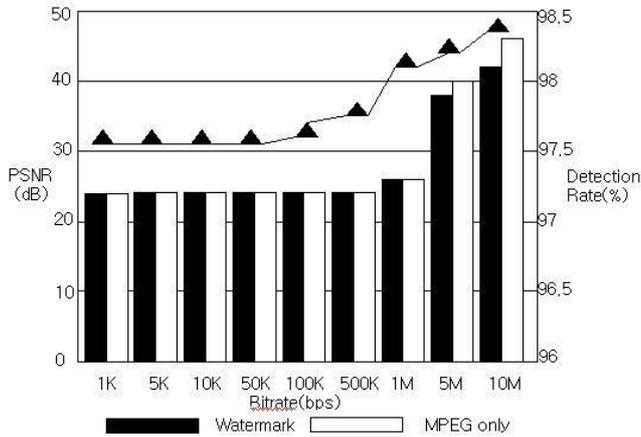


그림 3. Bitrate PSNR과 검출률의 관계 ( s=16 )

과를 실험했다.

그림 2는 bitrate가 7Mbps로 일정할 때, s(삽입강도)와 PSNR, 검출률의 관계 그래프로 s는 8보다 커야하고 20보다 작으면 블록현상을 피할 수 있으며, 검출률과 PSNR도 좋게 나온다. 그림 3은 s가 16으로 일정할 때, bitrate와 PSNR 검출률의 관계 그래프로 low bitrate에서도 97%이상 검출되어 강인하며, 화질 또한 워터마크를 삽입하지 않은 경우와 거의 차이가 없다. 기존에 동영상 워터마크와 비교를 하면 표1과 같이 Chung[3]과 Ejima[4]등의 알고리즘과 비교를 하면 PSNR은 Chung보다 좋고, 검출률은 bitrate에 상관없이 전 영역에서 97%이상 추출이 되어 좋은 성능을 보인다.

		Chung et al's method	Ejima et al's method	Proposed method
PSNR	실험조건 (bitrate)	4~7M	1~3M	2~6M(s=16)
	(dB)	30~34	28~36	25~37
DR	실험조건 (bitrate)	4~7M	1~3M	1K~10M
	(%)	97.5이상	1M=78.75 2M이상=100	97.5이상

## VI 결론

본 논문에서는 디지털 영상의 저작권의 정보보호를 위해 논문에서 제안한 DC계수에 양자화 기법을 이용한 알고리즘을 이용하였다. 워터마크 삽입 여부를 결정하는 헤더를 DC 삽입함으로써 real-time을 구현할 수 있게 되었다. 제안한 알고리즘은 기존의 방법보다 우수한 성능(PSNR)을 향상시켰으며 검출률도 좋은 결과를 보였다.

## 참고문헌

- [1] F. Jordan, M. Kutter and T. Ebrahimi, "Proposal for a watermarking techniques for hiding/retrieving data in compressed and decompressed video," ISO/IEC Doc. JTC1/SC29/WG11 MPEG97/M2281, July 1997.
- [2] Frank Hartung and Bernd Girod, "Watermarking of Uncompressed and Compressed Video", Signal Processing vol. '66,no.3,pp. 283-301, May 1998.
- [3] T.Y Chung, D. H Shin and S. H. Park, "Digital Watermarking for Copyright Protection of MPEG2 Compressed Video," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol44, No.3,pp.895-901, August 1998
- [4] M. Ejima, A. Miyazaki, "A Wavelet-Based Watermarking for Digital Images and Video," IEICE Trans. Fundamentals, Vol.E83-A, No3 pp.532-540, March 2000