

# 휘도 마스크링과 DC Modulus 알고리즘을 이용한 비디오 워터마킹

論 文

51D-7-4

## A Blind Video Watermarking Technique Using Luminance Masking and DC Modulus Algorithm

張湧元\* · 金仁澤\*\* · 韓丞洙\*\*

(Yongwon Jang · Intaek Kim · Seung-Soo Han)

**Abstract** - Digital watermarking is the technique, which embeds an invisible signal including owner identification and copy control information into multimedia data such as audio, video, and images for copyright protection.

A new MPEG watermark embedding algorithm using complex block effect based on the Human Visual System(HVS) is introduced in this paper. In this algorithm, 8×8 dark blocks are selected, and the watermark is embedded in the DC component of the discrete cosine transform(DCT) by using quantization and modulus calculation. This algorithm uses a blind watermark retrieval technique, which detects the embedded watermark without using the original image. The experimental results show that the proposed watermark technique is robust against MPEG coding, bitrate changes, and various GOP(Group of Picture) changes.

**Key Words** - video watermarking, MPEG, PSNR, bitrate, GOP, modulus algorithm

### 1. 서 론

최근 인터넷과 컴퓨터의 보급 확대로 디지털 정보의 보급이 급격히 증가하고 있다. 이로 인해 디지털 매체의 수요가 늘어나면서 불법복제가 증가하여 디지털 정보에 대한 저작권 보호가 큰 문제로 대두되고 있다. 현재까지 디지털 영상매체에 대한 저작권보호 기술로 가장 주목받고 있는 것이 워터마크(watermark)방법이다<sup>[1]</sup>. 디지털 워터마크는 영상 내에 소유권을 증명할 정보를 삽입하는 방법이며, 삽입 정보가 영상에 나타나지 않아야 하고 영상의 화질 또한 감소되지 않아야 하는 특성이 요구된다. 또한 여러 가지 변형을 가해도 자신의 소유권을 분명히 주장할 수 있도록 소유권자에 의한 추출이 쉬워야 한다. 워터마크의 삽입 방법은 크게 공간영역과 주파수 영역에 삽입하는 방법으로 나눌 수 있으나, 변형에 대한 강인성과 화질 면에서 주파수 영역에 삽입하는 방법을 많이 이용하고 있다.

공간영역에서의 워터마킹 방법으로 Osborne 등은 m-sequence를 이용한 워터마킹 알고리즘을 제안했고<sup>[1]</sup>, Bendor 등은 확률을 이용한 워터마킹 방법인 "patchwork"를 제안하였으며 이 방법은 추출할 때 원본이미지를 필요로 하지 않는 것이 특징이다<sup>[2]</sup>. 주파수 방식의 워터마킹 기법으로 Koch 등은 이미지를 8×8의 블록 단위로 구분하고 각 블록에 Discrete Cosine Transform(DCT)을 계산하여 워터마크를 삽입하는 방법을 제안했고<sup>[3]</sup>, Cox 등은 이미지 전체를 DCT변환한 후 대역확산을 이용한 워터마킹 하는 방법을 제안했으며<sup>[4]</sup>, Xia 등은 웨이블릿 변환을 이용

한 정지 영상 워터마킹 방법을 제안했고<sup>[5]</sup>, Huang 등은 DCT한 후 DC성분에 워터마크 비트를 삽입하여 공격에 강인함을 보였다<sup>[6]</sup>. 동영상 워터마크 기법으로 Swanson 등은 프레임에서 객체를 구분하여 객체에만 워터마크를 삽입하는 방법을 제안했으며<sup>[7]</sup>, Hartung 등은 화소 영역에 워터마크를 삽입하는 방법과 MPEG-2 (Moving Picture Coding Experts Group) bitstream에서 모든 프레임에 워터마크를 삽입하는 방법을 제안했고<sup>[8]</sup>, Chung 등은 I-picture를 DCT한 후 마스크를 이용하였으며<sup>[9]</sup>, Ejima 등은 I, P-picture를 wavelet한 후 LL영역을 subband로 나누어 삽입하는 방법을 제안했다<sup>[10]</sup>. Chung과 Ejima 등이 제안한 방법은 raw video 데이터에 직접 삽입하는 방법으로 삽입과 추출이 쉽지만 MPEG 압축과정에서 정보를 손실하는 단점이 있다. 본 논문에서는 이런 단점을 보완하여 low bitrate에서도 강인하기 위해 Huang 등이 실험한 DC영역에 삽입하여 압축에 강인하도록 했다.

MPEG 비디오에 워터마크를 삽입하는 시점은 raw video에 직접 삽입하는 방법과 MPEG DCT나 양자화과정 후에 삽입하는 방법, MPEG 압축 후에 삽입하는 방법 등으로 나눈다. Raw video에 워터마크를 삽입하면 MPEG bitstream 과정에서 압축과 양자화로 인해 워터마크 정보를 손실하는 단점이 있으나 삽입과 추출이 쉬운 장점이 있다. MPEG DCT나 양자화 후 워터마크를 삽입하면 MPEG 과정에서의 워터마크 손실은 줄일 수 있으나 영상의 화질이 나빠지며, 공격에 약하다. MPEG 압축 후에 워터마크를 삽입하면 공격에는 강인하나 Variable Length Coding (VLC)과정을 다시 해야하는 단점이 있다. 본 논문에서는 Chung과 Ejima 등이 사용한 방법인 그림 1과 같이 MPEG 인코더로 들어가는 raw video 프레임 중 모든 luminance 부분에 워터마크를 삽입한 후 MPEG-2 bitstream을 통과하여 MPEG-2 display 부분에서 워터마크를 추출한다.

DCT의 DC성분은 블록의 평균 밝기를 나타내는데 너무 어둡

\* 準 會 員 : 엔피아 시스템즈 選任研究員

\*\* 正 會 員 : 明知大學 情報工學科 副教授 · 工博

接受日字 : 2001年 10月 7日

最終完了 : 2002年 4月 13日

거나 너무 밝으면 영상의 내용을 판별 할 수 없으며, 이러한 블록에서 왜곡이 발생하더라도 사람의 눈에는 인지되기 어렵다. 이것을 휘도 마스크(Luminance Masking)이라 하는데 본 연구에서는 이러한 인간의 시각시스템(Human Visual System: HVS) 특성을 이용하여 어두운 블록을 찾아서 그곳에만 워터마크를 삽입/추출한다. 어두운 블록을 찾는 방법으로 블록의 평균값을 이용하고, 어두운 블록을 평균값이 작은 조건으로 선택하도록 했다.

모든 프레임을 8x8블록으로 나누어 DCT한 후 블록의 평균값이 작은 순으로 정렬하여 이진수{0, 1}로 구성된 로고 이미지를 DC성분 값에 modulus 연산을 이용하여 삽입한다. DC성분은 주파수의 정보가 밀집된 곳으로 워터마크시 화질의 저하가 심해 피하는 부분이지만, 그림 2와 같이 블록내(Intra) 표준 양자화 계수가 8로 일정한 값을 갖기 때문에 균일한 특성을 보일 수 있는 장점이 있다<sup>[6][11]</sup>.

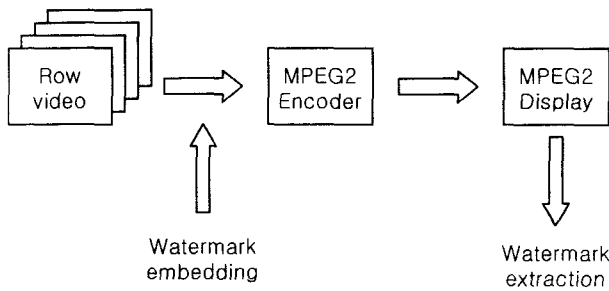


그림 1 MPEG-2에서 워터마크가 삽입되는 위치  
Fig. 1 Watermark embedding point in MPEG-2

동영상은 정지 영상들의 모임으로 구성되었기 때문에 워터마크 추출 시 원본 이미지를 참조하는 방법은 원본 데이터의 저장상에 큰 문제를 발생시켜 적당하지 않으므로 본 논문에서는 원본 이미지가 필요 없는 blind watermarking방법을 사용하며, 워터마크로는 가시적으로 인지할 수 있는 로고 이미지를 삽입하였다.

실험결과를 보면 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio)의 변화가 원본 이미지와 거의 차이가 없으며, bitrate의 변화와 GOP(Group of Picture)변화에도 추출된 로고이미지를 시각적으

8	16	19	22	26	27	29	34
16	16	22	24	27	29	34	37
19	22	26	27	29	34	34	38
22	22	26	27	29	34	37	40
22	26	27	29	32	35	40	48
26	27	29	32	35	40	48	58
26	27	29	34	38	46	56	69
27	29	35	38	46	56	69	83

(a)

16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16

(b)

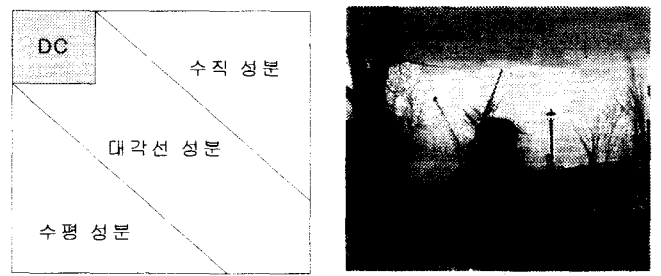
그림 2 MPEG2의 프레임에서 사용된 표준 양자화 계수  
(a) 블록내 (b) 블록간  
Fig. 2 Standard Quantization Coefficient in MPEG2  
(a) Intra (b) Inter

로 인지하는데 문제가 없을 정도로 강인함을 보였다.

## 2. 휘도 마스크와 DC Modulus 알고리즘

본 논문에서는 Inoue등이 제안한 웨이블릿을 이용한 비디오 워터마크를 바탕으로 DCT를 이용하여 원본 영상을 참조하지 않는 blind watermarking방법을 제안한다<sup>[12]</sup>.

DCT를 이용한 워터마크는 DC성분에 삽입하는 방법과 AC성분에 삽입하는 방법으로 구분할 수 있다. DC성분은 8x8 블록의 평균값이며, 이 값의 변화시 블록 전체에 고루 영향을 준다. 반면 AC성분은 저 주파수쪽으로 큰 값을 갖고, 고 주파수쪽은 거의 0에 가까운 값을 갖는 특징이 있다.



(a) DCT coefficient characteristic



(b) Blocking effect in DC coefficient



(c) Vertical blocking effect in AC coefficient



(d) Horizontal blocking effect in AC coefficient



(e) Diagonal blocking effect in AC coefficient

그림 3 DCT 계수에 워터마크를 삽입시 발생하는 현상의 예  
Fig. 3 Blocking Effect with embedding watermark in DCT coefficients

DCT 블록의 각각의 성분은 그림 3(a)에 나타내었다. 큰 수가 DC성분에 삽입되면 그림 3(b)와 같이 block현상이 발생하며, AC성분에 삽입되면 그림 3(c)-(e)와 같이 워터마크를 삽입한 부분에 따라 줄무늬가 생기고 양자화 과정에서 워터마크 정보가 손실되는 단점이 있다. 비디오 워터마크는 MPEG bitstream과정에서 워터마크가 손실되면 안되므로 양자화 과정에 강인하도록 DC성분에 modulus방법을 이용하여 워터마크를 삽입한다. 또한 워터마크의 강인성을 높이기 위해 embedding strength를 이용하기 때문에 삽입 정보가 큰 수를 가질 수 있으므로 block현상이 눈에 보이지 않도록 프레임 내의 어두운 블록을 찾아 삽입한다. HVS에 의하면 밝은 배경에서 근접한 블록중 한 블록의 평균값이 변화면 눈에 잘 인지되지만, 어두운 배경에서는 근접한 블록중 한 블록의 평균값이 변해도 전체적인 배경의 의해 인지할 수 없는 특징이 있다. 이를 휘도 마스크이라 하며 이러한 인간의 시각 시스템을 이용하여 어두운 부분에 워터마크를 삽입하면 워터마크의 삽입에 의한 영상의 변화를 시각적으로 감지하기가 어렵게 된다.

2.1 워터마크 삽입 알고리즘

Raw video에 워터마크를 삽입하는 방법은 MPEG bitstream 과정에서 삽입한 비트의 손실이 발생한다. Bitrate의 크기에 따라 손실량은 더욱 커져 기존의 연구를 보면 Mbps 수준의 bitrate에서 실험을 했으나 MPEG-4는 64Kbps bitrate까지 지원을 하므로 본 논문에서는 low bitrate인 1Kbps에서도 강인하도록 DC성분에 embedding strength를 이용하여 삽입한다. 워터마크는 raw video프레임 중 모든 luminance부분에 삽입하며, 영상 화질의 block 현상이 발생할 수 있으므로 공간영역에서 평균값을 계산하여 값이 작은 순으로 블록이 어두운 곳을 찾는다. 작은 블록을 DCT한 후 DC성분에 modulus연산을 사용하여 삽입하고, 추출은 워터마크가 삽입된 모든 luminance부분 중 I-frame에서만 modulus연산을 이용하여 원본 영상 없이 삽입한 로고를 추출한다. 그림 4는 워터마크를 삽입하는 블록도이며, 워터마크의 삽입 알고리즘은 다음과 같다.

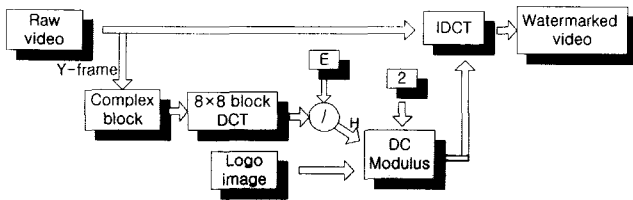


그림 4 워터마크 삽입 블록도  
Fig. 4 Watermark embedding block diagram

Step1: RGB형식으로 되어있는 raw video 프레임에서 다음의 식을 사용하여 YCbCr 형식으로 변환한 후 luminance부분만 추출한다.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$Cb = B - Y$$

$$Cr = R - Y$$

이때, Y는 luminance(휘도신호), Cb와 Cr은 chrominance(색차신호), R은 red, G는 green, B는 blue이다.

Step2: Luminance 부분을 8x8블록으로 나눈 후 각 블록의 평균값이 작은 블록을 찾는다. 이때 평균값이 작을수록 어두운 블록임을 나타내며 이 블록들에 워터마크를 삽입한다.

$$m_i = \text{Min}(\text{mean}(\text{block}_i)) \quad i=1,2,3, \dots, K$$

K는 어두운 블록의 수다.

Step3: 찾아낸 어두운 블록을 DCT한다.

Step4: 삽입할 로고 이미지를 이진수 '0' 과 '1'로 변환시킨다.

$$w_k = \{r_k\}, r_k \in \{0, 1\}, k = 1,2,3, \dots, K$$

Step5: 잡음에 대한 강인성을 주기 위해 DCT된 DC성분의 계수 DC<sub>k</sub>를 E로 나누고 나온 값을 반올림하여 정수로 만든다. 이때 E는 워터마크의 삽입강도를 조절할 수 있는 embedding strength이다<sup>[13]</sup>.

$$H_k = \text{int}[DC_k/E]$$

Step6: 삽입하고자하는 워터마크 w<sub>k</sub>와 mod(H<sub>k</sub>, 2)의 값이 일치하면 H<sub>k</sub>×E과 DC<sub>k</sub> 중 작은 값을 취하고, 일치하지 않으면 (H<sub>k</sub>-1)×E을 취한다.

```

if(wk == mod(Hk, 2))
    if(Hk×E < DCk)
        DCk' = (Hk×E);
    else
        DCk' = DCk;
    else
        DCk' = (Hk-1)×E;
end
    
```

Step7: DC<sub>k</sub>'으로 DC<sub>k</sub>를 대체한다.

Step8: 대체된 DC<sub>k</sub>를 블록에 적용한 후 IDCT해서 워터마크가 삽입된 프레임을 얻는다.

2.2 워터마크 추출 알고리즘

추출과정은 워터마크가 삽입된 모든 luminance부분중 I-frame에서만 DCT변환한 후 embedding strength(E)와 modulus를 이용하여 삽입한 워터마크 정보를 추출하고, 추출된 값으로 로고 이미지를 만든다(그림 5).

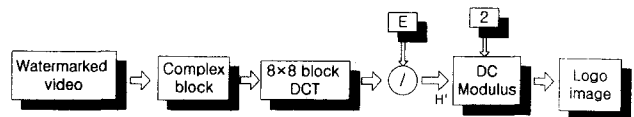


그림 5 워터마크 추출 블록도  
Fig. 5 Watermark extraction block diagram

Step1: 워터마크가 삽입된 프레임을 8x8블록으로 나눈 후 각 블록의 평균값을 계산하여 값이 작은 어두운 블록을 찾는다.

$$m_i = \text{Min}(\text{mean}(\text{block}_i)) \quad i=1,2,3, \dots, K$$

K는 어두운 블록 수다.

Step2: 찾아낸 블록을 DCT변환한다.

Step3: 워터마크가 삽입된 영상의 DC계수  $DC_k'$ 를 E로 나누고 반올림하여 정수로 만든다.

$$H_k' = \text{int}[DC_k'/E]$$

Step4:  $H_k'$ 를 2로 나눈 후 나머지 값을 구한다. 이 값이 추출된 워터마크이다.

$$w_k' = H_k' \text{ mod } 2$$

Step5: 추출한 이진 워터마크  $w_k'$ 로 로고 이미지를 만든다.

### 2.3 Detection Rate

원본 프레임에 삽입한 워터마크 비트와 워터마크가 삽입된 프레임에서 추출한 비트의 관계를 이용하여 검출률을 계산한다. 검출률은 삽입한 워터마크 비트와 추출한 비트와의 일치도를 exclusive OR-not 연산을 이용하여 계산한다. 이 계산된 값으로 삽입한 워터마크의 강인성을 알 수 있다. 이를 detection rate(DR) 이라 하며 다음의 식으로 계산한다.

$$DR = \frac{\sum (w_k \otimes w_k')}{\sum (w_k \otimes w_k)} \times 100$$

이때,  $w_k$ 는 원본 워터마크 비트이고,  $w_k'$ 는 추출된 워터마크 비트이며,  $\otimes$ 는 exclusive OR를 나타낸다.

### 3. 실험 과정 및 결과

제안한 알고리즘을 이용하여 워터마크를 삽입한 영상에 embedding strength(E)의 변화에 따른 MPEG-2 bitstream과 GOP변화, PSNR 실험을 한 후 적용할 수 있는 E의 범위를 조사하였다.



그림 6 원본 영상, 로고 이미지, 워터마크된 영상, 90%검출 로고 이미지

Fig. 6 Original image, logo image, watermarked image, 90% detected logo image

그림 6을 보면 원본 영상은 256×352크기의 “flower garden” 32 frame을 사용하며, 삽입할 로고 이미지는 16×32크기의 이진 로고이미지를 사용한다. 어두운 블록 수 K는 로고이미지의 크기로 512(=16×32)비트를 삽입했다. 그림 6의 90%검출 로고 이미지를 보면 원본 로고 이미지와 약간의 차이는 있지만 소유권의 확인이 가능하므로 시각적인 소유권확인 기준으로 90%이상의 DR로 삽았다. E값은 삽입 강도를 정하는 인자로 이 값에 따라 공격에 대한 강인성을 결정하므로, E값이 작으면 MPEG-2 bitstream의 양자화단계에서 정보 손실이 생기고 다른 공격에도 강인하지 못한 반면, E값이 크면 공격에는 강하나 화질의 손상이 심한 특성이 있다.

본 알고리즘을 이용하여 워터마크를 삽입한 영상에 가장 많이 취할 수 있는 공격으로 bitrate와 GOP 변화가 있다. Bitrate 변화로는 파일의 크기를 줄일 목적으로 처음에 워터마크를 raw 파일에 삽입할 때 사용한 값이 아닌 작은 값으로 코딩을 하는 경우이다. 이런 경우에 알고리즘이 강인하지 못하면 삽입한 워터마크가 손실되므로 bitrate의 범위를 1Kbps에서 10Mbps까지의 구간에서 실험을 하였다.

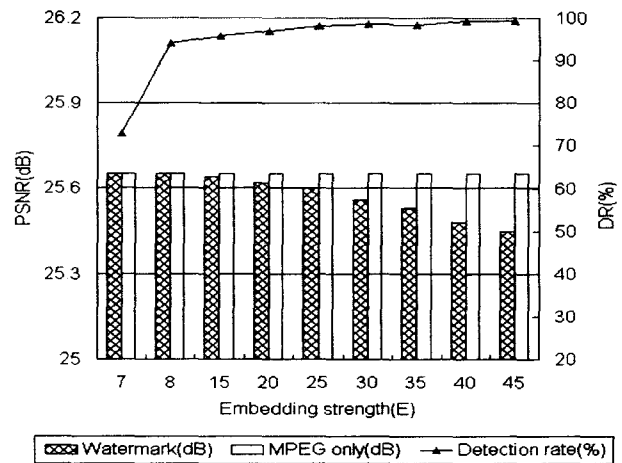


그림 7 Bitrate=1Mbps일 때 E 변화에 따른 PSNR과 DR  
Fig. 7 PSNR vs. DR according to E variation with Bitrate=1Mbps

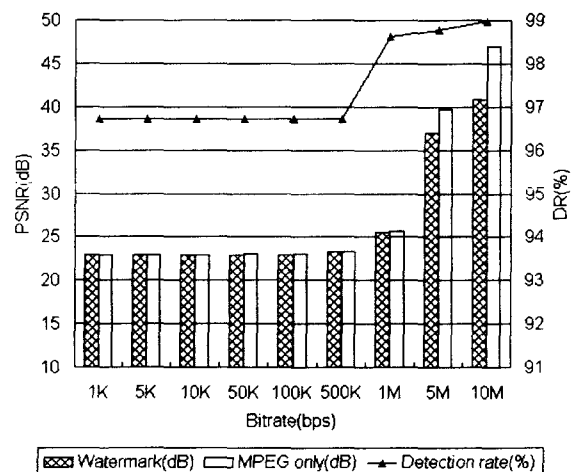


그림 8 E=30 일때 Bitrate 변화에 따른 PSNR과 DR  
Fig. 8 PSNR vs. DR according to Bitrate change with E=30

그림 7은 bitrate가 1Mbps로 고정하였을 때 E 변화에 따른 PSNR과 DR의 결과그래프이다. 그림 7에서 E=7일 때를 보면 PSNR은 좋지만 DR이 80% 이하로 나쁜 것을 볼 수 있는데 이는 MPEG-2 인코더에서 사용하는 DC양자화 값이 그림 2(a)와 같이 8을 갖기 때문이므로 E는 최소 8보다 커야하며, 그 때 DR은 95% 이상으로 좋은 결과를 보인다. 반면 E가 45보다 크면 DR이 거의 100%가 나오지만 PSNR이 떨어지고 화질의 변화가 시각적으로 보일 수가 있으므로 E의 범위를 8이상 45이하에서 정한다. E=30일 때 DR이 좋기 때문에 bitrate변화와 GOP 변화 실험에서 E=30을 사용하였다.

그림 8은 E를 30으로 고정하였을 때의 bitrate 변화에 따른 PSNR과 DR의 결과그래프이다. 그림 8에서 보면 bitrate가 1Kbps에서 1Mbps까지 변화에 따른 워터마크 PSNR과 워터마크가 삽입되지 않은 MPEG의 PSNR과의 차이가 거의 없지만 bitrate가 5Mbps 이상이 되면 차이가 나타남을 알 수 있다. 또한 전 범위에서 DR이 96%이상의 값을 가지므로 본 알고리즘은 bitrate의 변화에는 강인함을 알 수 있다.

표 1은 Chung, et. al<sup>[9]</sup>의 방법과 Ejima, et. al<sup>[10]</sup>의 방법으로 MPEG-2 비디오에 워터마크를 삽입/추출했을 때와 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용했을 때의 결과를 보여준다. 표에서 보듯이 본 알고리즘의 PSNR은 Chung등의 방법과 Ejima등의 방법에 비해 동일한 bitrate에서는 거의 차이가 없다. 하지만 DR의 경우를 보면 Chung나 Ejima등의 방법은 bitrate가 Mbps단위로 정보손실이 거의 없는 조건에서 강인한 반면 제안한 방법은 1Kbps부터 10Mbps까지 전 범위에 걸쳐 96.5%이상으로 좋은 성능을 보인다. 이는 낮은 bitrate에서 본 논문의 알고리즘이 기존의 알고리즘보다 우수함을 의미한다.

표 1 기존 연구와의 비교

Table 1 Comparison to existing research

		Chung et. al.'s method	Ejima et. al.'s method	Proposed method
PSNR	실험조건 (bitrate)	4~7M	1~3M	1~5M
	dB	30~34	28~36	26~38
DR	실험조건 (bitrate)	4~7M	1~3M	1K~10M
	%	97.50이상	1M=78.75 2M이상=100	96.5%이상

GOP 변화란 raw data에 워터마크를 삽입할 때는 P나 B 프레임이던 것이 GOP 변화로 인해 I 프레임으로 변하여 생기는 손실에 대한 실험이다. GOP변화를 시키면 inter프레임이 intra프레임으로 변화는 경우가 생기므로 많은 워터마크 정보를 손실이 발생한다. 그러므로 그림 2(b) inter 표준 양자화 계수인 16보다 큰 E를 채택해야 한다. GOP변화는 MPEG 인코딩과정에서 GOP 내의 픽처 수를 정의하는 N과, P픽처가 나타나는 주기를 정의하는 M 파라미터 값을 조절하여 실험한다. 그림 9는 GOP 설정을 [N, M]=[10, 2]로 워터마크를 삽입하여 MPEG 인코딩을 한 파일에 GOP 변화를 [N, M]=[8, 2]로 1차 변환한 후 다시 [N, M]=[9, 3]로 2차 변환하여 인코딩한 결과이다. 이를 보면 1

차 GOP 변환에서는 4Mbps이상 되어 DR이 90% 이상이 되며, 2차 GOP 변환에서는 6Mbps이상이 되어 DR이 90% 이상이 되어 MPEG bitstream에 강인함을 알 수 있다.

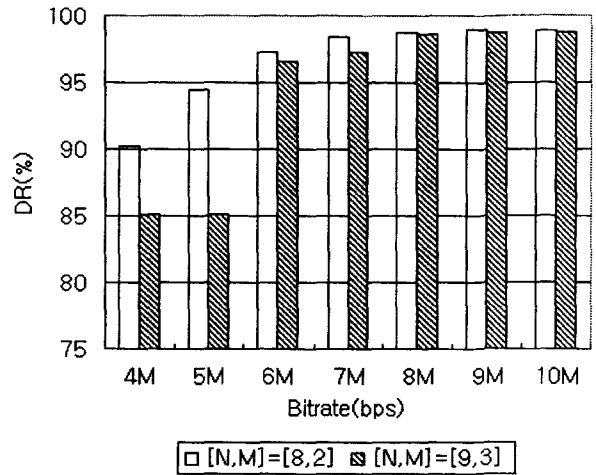


그림 9 E=30이며 [N, M]=[10, 2]일 때 GOP 변화에 따른 Bitrate별 DR

Fig. 9 Bitrate vs. DR according to GOP change with E=30 and [N, M]=[10, 2]

4. 결 론

본 논문에서는 MPEG-2 bitstream에 강인하도록 DCT한 성분 중 DC 성분에 삽입하여 동영상 저작권 보호를 위한 디지털 워터마크 방법을 제안하고 그 성능을 기존의 방법과 비교하여 분석하였다.

제안한 워터마크 방법은 기존의 연구들이 갖는 raw video 데이터에 직접 적용하는 방법의 단점인 MPEG bitstream에 약한 점을 embedding strength이용한 DC성분에 삽입하는 방법을 제안했으며, 워터마크를 HVS의 휘도 마스크를 이용하여 어두운 블록에 삽입해서 DC 성분에 워터마크를 삽입 시 발생할 수 있는 block 현상을 보완하였다. 실험 결과들을 보면 기존의 방법들과 PSNR은 비슷하면서 추출률(DR)은 bitrate의 변화에 상관없이 전 범위에서 강인함을 보여주었다. 또한 GOP 변화에도 bitrate가 4Mbps이상에서는 강인하므로 동영상 워터마크에 적용하기 적합한 알고리즘이라 할 수 있다.

GOP 변화에 따른 공격의 결과를 보면 bitrate가 4Mbps이상일 때만 강인하였는데, 향후 이를 보완하기 위해 블록의 크기를 변화시켜 낮은 bitrate에서도 강인할 수 있는 알고리즘을 개발하여야 한다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

[1] C. F. Osborne, R. G. Schyndel and A. Z. Tirkel, "A Digital Watermarking," Int. Conf. on Image Processing, Vol.2, pp.86-90, Nov. 1994

[2] W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto, and A.Lu, "Techniques for Data Hiding," IBM Systems Journal, Vol.38, No.3&4, pp.313-336, 1996

[3] E. Koch, J. Rindfrey, J. Zhao, "Copyright protection for multimedia data," in Proc. Int. Conf. Digital Media and Electronic Publishing, 1994

[4] I. J. Cox, J. Kilian, T. Leighton, and T. Shamoan, "Secure spread spectrum watermarking for multimedia," IEEE Trans. on Image Processing, Vol.6, No.12, pp.1673-1687, Dec. 1997

[5] X. Xia, C. G. Bonchelet, G. R. Arce, "A Multiresolution Watermark for Digital Images," Proc. IEEE ICIP, Vol.3, pp.548-551, 1997

[6] J. Huang, Y. Q. Shi, and Y. Shi, "Embedding Image Watermarks in DC Components," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.10, No.6, pp.974-979, Sep. 2000

[7] M. D. Swanson, B. Zhu, B. Chau and A. H. Tewfik, "Object based Transparent Video Watermarking," Proc. of IEEE Signal Processing Society 1997 Workshop on Multimedia Signal Processing, Princeton, New Jersey, June 1997

[8] F. Hartung and B. Girod, "Digital Watermarking of MPEG-2 Coded Video in the Bitstream Domain," Proc. of Int. Con. on Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol.4, pp.2621-2624, Munich, Germany, April 1997

[9] T.Y. Chung, D. H. Shin and S. H. Park, "Digital Watermarking for Copyright Protection of MPEG2 Compressed Video," IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol.44, No.3, pp.895-901, August 1998

[10] M. Ejima, A. Miyazaki, "A Wavelet-Based Watermarking for Digital Images and Video," IEICE Trans. Fundamentals, Vol.E83-A, No.3 pp.532-540, March 2000

[11] 후지와라 히로시, 그림으로 보는 최신 MPEG, 교보문고, 2000, pp.77-91

[12] Hisashi Inoue, Akio Miyazaki, Takashi Araki, Takashi Katsura, "A Digital Watermark Method Using the Wavelet Transform for Video Data," IEICE TRANS. FUNDAMENTALS, Vol.E83-A, pp.90-95, 2000

[13] 장용원, 김인택, 한승수, "Modulus Blind Watermarking 알고리즘 및 최적 파라미터 추정," 2001년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.2681-2683, 2001.7

[14] M. Kutter and F. A. P. Petitcolas, "A fair benchmark for image watermarking systems," Proceedings of SPIE: Security and Watermarking of Multimedia Contents, Volume 3657, pp. 226-239, San Jose, California, January, 1999.

[15] Y. Jang, I. Kim, H. Kang, K. Kim, and S. Han, "Blind Watermarking Algorithm Using Complex Block Selection Method," Lecture Notes in Computer Science, vol. 2195, Oct., 2001, pp. 996-1001

저 자 소 개



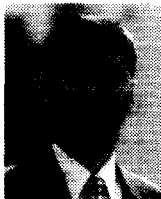
장용원 (張湧元)

1976년 7월 11일생. 2000년 대구효성카톨릭대학교 메카트로닉스학과(공학사). 2002년 명지대 정보제어학과(공학석사). 現 ㈜엔피아 시스템즈 선임연구원. 관심분야는 디지털워터마크, 자동제어, DRM  
Tel: (02) 589-2590  
E-Mail: ywjang@enpia.com



김인택 (金仁澤)

1960년 12월 25일생. 1984년 서울대학교 공과대학 전자공학과 졸업. 1986년 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1992년 Georgia Institute of Technology, 전기공학과 졸업(공학박). 1993년 - 1995년 LG 전자기술원 선임연구원. 1995-현재 명지대학교 정보공학과 부교수. 2001-2002 미국농림부(USDA) Visiting Scientist. 연구분야: 센서융합, 정보보호, 영상분석  
Tel: (031) 330-6475  
E-mail: kit@mju.ac.kr



한승수 (韓丞洙)

1986년 연세대학교 전기공학과 졸업. 1988년 연세대학교 전기공학과 졸업(석사). 1996년 조지아공대 전기 및 컴퓨터 공학과 졸업(박사). 2000년~현재 : 명지대학교 정보공학과 조교수, 부교수. 관심분야: 신경회로망, 유전알고리즘, DNA Computing, 패턴인식, 정보보호, DRM  
Tel: (031) 330-6345  
E-mail: shan@mju.ac.kr