

# MPEG 비디오를 위한 하이브리드 워터마킹 알고리즘

이 형 훈<sup>†</sup> · 배 창 석<sup>††</sup> · 최 재 훈<sup>†</sup> · 최 윤 식<sup>†††</sup>

## 요 약

본 논문에서는 MPEG 비트 스트림에 대한 하이브리드 워터마킹 알고리즘을 제안한다. 하이브리드 워터마킹 기법은 I-프레임에 대한 주파수 확산(spread spectrum) 기법과 P, B-프레임에 대한 움직임 벡터(motion vector) 기법으로 구성된다. 따라서 제안된 알고리즘은 MPEG 방식으로 압축된 모든 프레임에 대한 워터마킹을 가능하게 한다. 이와 같은 기법을 적용함으로써 디지털 동영상에 대한 지적 재산권 보호가 가능하며, 워터마크를 제거하기 위한 다양한 종류의 공격에도 대응할 수 있다. 또한 이 기법은 MPEG 비트 스트림의 부분적인 디코딩만을 요구하므로 실시간 워터마킹 응용에 적용이 가능하다.

## Hybrid Watermarking Algorithm for MPEG Video

Hyung-Hoon Lee<sup>†</sup> · Chang-Seok Bae<sup>††</sup> · Jae-Hoon Choi<sup>†</sup> · Yoon-Sik Choe<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

In this paper, we propose a hybrid watermarking algorithm for an MPEG bitstream. Our hybrid watermarking technique uses a spread spectrum technique for I-frames and a motion vector technique for P- and B-frames. Thus, the proposed algorithm makes it possible to watermark all MPEG frames. By applying this technique, it is possible not only to protect intellectual property rights but also to be robust against various kinds of attacks to remove watermark. And this scheme requires only partial decoding of an MPEG bitstream, so it is applicable to real-time watermarking applications.

## 1. 서 론

최근 컴퓨터 및 네트워크에 대한 기술과 인터넷의 비약적인 발전으로 인하여 각종 멀티미디어 서비스와 환경이 개인에게까지 제공되고 있다. 이러한 디지털 멀티미디어 데이터들은 종래의 아날로그 데이터와는 달리 복제가 용이하며 복제에 의한 데이터의 열화도 발생하지 않는다. 따라서 이러한 멀티미디어 데이터의 불법적인 복제를 방지하기 위한 저작권 보호 기법의

개발이 필요하다. 디지털 워터마크는 이러한 저작권 보호를 위해서 개발된 기법으로 디지털 데이터에 보이지 않도록 저작권 정보를 삽입하는 방법이다.

일반적으로 디지털 멀티미디어 데이터의 저작권을 보호하기 위해 사용되는 디지털 워터마크는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다[2].

- 내용보호 : 워터마크는 시각적으로 보이지 않고, 소유권을 표시하려는 데이터를 손상하지 않아야 함
- 대중성 : 워터마크는 특정 데이터에만 제한되지 않고, 디지털로 표시되는 모든 데이터에 적용되어야 함
- 명백성 : 원영상에 대한 허용되지 않는 조작에도 소유권 표시가 손상되지 않고 명백해야 함

<sup>†</sup> 준 회원 : 연세대학교 대학원 전기·컴퓨터공학과

<sup>††</sup> 준 회원 : 한국전자통신연구원 컴퓨터·소프트웨어기술연구소 선임연구원

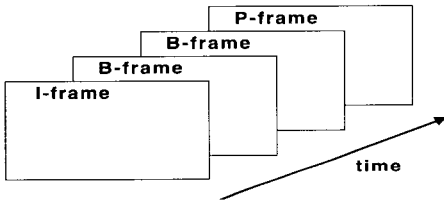
<sup>†††</sup> 정 회원 : 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 교수

논문접수 : 1999년 7월 31일, 심사완료 : 1999년 9월 28일

- 견 고 성 : 워터마크에 대한 임의의 공격에도 제거가 어려워야 하며 에러환경에 강인해야 함

지금까지 정지영상에 대해서는 많은 워터마킹 기법들이 개발되었지만[1-3] 동영상에 대한 워터마킹 기법에 대해서는 활발한 연구가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 하지만, 네트워크 기술과 멀티미디어 서비스의 비약적인 발전으로 인하여 이에 대한 연구가 절실히 요구되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 현재 가장 널리 사용되고 있는 동영상 압축 표준인 MPEG 시퀀스에 대한 워터마크 삽입 기법을 제안한다.

MPEG 방식으로 압축된 동영상은 다음 (그림 1)과 같은 구조를 가지며, 하나의 프레임 내에서 공간적인 중복성을 제거한 I-프레임과 프레임들 사이의 시간적인 중복성을 제거한 P, B-프레임으로 구성된다.



(그림 1) MPEG 압축 동영상

디지털 동영상에 워터마크를 삽입하기 위해서는 MPEG 코딩 시에 실시간으로 워터마크를 삽입하거나 추출하여야 한다. 따라서, 앞에서 열거한 조건 외에 실시간성이라는 조건이 하나 더 필요하다.

지금까지 제안된 여러가지 워터마킹 기법들 중에서 현재 가장 많이 사용되는 방법이 주파수 확산(spread spectrum) 워터마킹 기법이다[3]. 이 방법은 일반적으로 정지영상에 대해서 저작권 정보를 삽입하는 방법으로서 여러가지 에러환경에서 강인한 특성을 가지며 저작권 정보를 추출하는데 원영상의 필요하지 않다는 장점을 가지고 있다. 따라서 공간영역에서 동영상을 워터마킹하는데 적용하기에 적합한 기법이다.

본 논문에서 대상으로 하는 MPEG 스트림으로 압축된 동영상에 주파수 확산 워터마킹을 직접 적용하는 경우 I-프레임의 워터마킹에는 어려움이 없지만 P, B-프레임의 워터마킹에는 문제가 발생할 수 있다. 이것은 P, B-프레임에서 드리프트(drift) 보상 과정이 요구되기 때문에 효율적인 주파수 확산 워터마킹 알고리즘

의 구현이 불가능하기 때문이다[4].

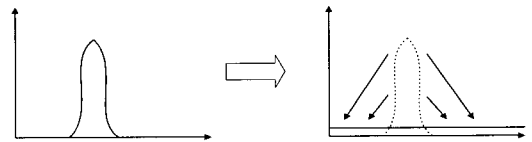
동영상에 적용할 수 있는 또 다른 워터마킹 방법으로 움직임 벡터를 이용한 기법이 있다[5]. 이 기법은 동영상의 MPEG 압축시 구해지는 각 매크로 블록의 움직임 벡터에 저작권 정보를 삽입하는 방법으로 움직임 벡터를 가지는 P, B-프레임에 적용하기에는 문제가 없지만 움직임 벡터를 가지지 않는 I-프레임에 적용하는 것은 불가능하다.

따라서, 본 논문에서는 MPEG 방식으로 코딩된 동영상을 대상으로 움직임 벡터를 가지지 않는 I-프레임에 대해서는 주파수 확산 워터마킹 기법을 사용하여 저작권 정보를 삽입하고, P, B-프레임에 대해서는 움직임 벡터를 이용한 워터마킹 방법을 사용하여 MPEG 동영상의 모든 프레임에 워터마크 정보를 삽입할 수 있는 하이브리드 워터마킹 기법을 제안한다.

## 2. 주파수 확산(Spread Spectrum) 워터마킹 기법

워터마크가 각종 왜곡과 변형에 강인한 특성을 가지기 위해서는 시각적으로 중요하지 않은 위치에 삽입되어서는 안된다. 단적인 예로 영상의 고주파 영역에 삽입된 워터마크는 영상에 주어질 약간의 손실을 감수한다면 저역 통과 필터링(low-pass filtering)에 의해 쉽게 제거될 수 있다.

따라서, 문제는 원래 신호에 큰 변형을 주지 않으면서도 스펙트럼 상에서 시각적으로 가장 중요한 위치에 어떻게 워터마크를 삽입할 것인가 하는 것이다. 분명히 주파수 영역에서 계수(coefficient)값을 매우 작게 바꾸어 준다면 그러한 조건을 만족하겠지만 이러한 작은 변화는 또한 잡음(noise)에 매우 약한 문제를 일으킨다.



(그림 2) 주파수 확산

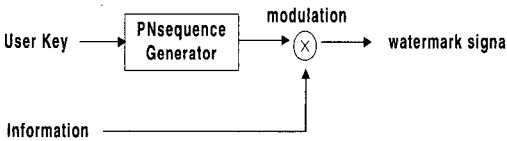
이러한 문제를 해결하기 위해서는 워터마크를 채널(channel)을 통해서 전달되는 신호로 생각하고 주파수 확산 통신(spread spectrum communication) 기법을 적용하는 방법을 생각할 수 있다. 주파수 확산 통신에서는 협대역(narrowband) 신호를 다음 (그림 2)와 같이 하

나의 주파수 값에서 신호의 에너지가 인식되지 않을 정도로 확산(spreading)시켜 훨씬 더 큰 대역폭(bandwidth)을 통해서 전송한다.

이처럼 저작권 정보에 해당하는 신호의 에너지를 넓은 주파수 영역으로 확산시켜 잡음과 비슷한 상태로 만들어 주고 이 신호를 영상 신호에 더함으로써 저작권 정보를 삽입하는 방법이 바로 주파수 확산 워터마킹 기법이다.

확산된 워터마크 신호는 일반적인 잡음과 마찬가지로 값이 매우 작고 명확히 인식할 수 없는 형태로 표현되지만 그럼에도 불구하고 워터마크의 복원과정에서 그 위치와 내용만 알고 있다면 상관도(correlation) 계산에 의해서 이렇게 확산된 신호를 다시 높은 신호 대 잡음비(SNR)를 가지는 하나의 신호로 복원할 수 있다. 이러한 워터마크를 파괴하기 위해서는 큰 에너지를 갖는 noise가 모든 주파수 영역에 더해져야 하기 때문에 noise에 대해서도 강한 특성을 갖는다. 또한, 워터마크를 영상의 스펙트럼(spectrum)을 통해서 확산시키는 것은 의도적이거나 또는 의도적이지 않은 변형에 대해 큰 저항력을 갖도록 하는 것을 나타낸다. 이것은 워터마크의 위치를 분명히 할 수 없고 워터마크에 대한 파괴 행위가 원래 신호에 대한 심각한 손상을 발생시키도록 시각적으로 중요한 위치인 저주파수 영역에 워터마크가 포함되어 있기 때문이다.

이와 같은 확산된 워터마크 신호는 (그림 3)과 같이 특정한 user key값에 의해서 평균이 0이고 분산이 1인 정규분포를 갖는 pseudo random number를 만들고 이 값과 저작권 정보의 비트열을 곱함으로써 생성된다.



(그림 3) 워터마크 신호를 만드는 과정

원영상은 다음 식 (1)과 같이 영상 내에 포함되는 각 화소 값들의 시퀀스 Y로 표현할 수 있다.

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\} \quad (1)$$

그리고 주파수 확산에 의해 구해지는 워터마크 신호는 다음 식 (2)와 같이 실수들의 시퀀스 X로 나타낼 수 있다.

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (2)$$

여기서,  $x_i$ 는 평균이 0이고 분산이 1인 정규분포를 가진다. 이때, 원영상 Y에 워터마크 X를 삽입하는 것은 다음 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y^* = Y + \alpha X \quad \text{즉, } y_i^* = y_i + \alpha x_i \quad (3)$$

여기서, 임의의 scaling factor인  $\alpha_i$  값은 영상의 모든 영역에 대해서 동일한 값을 사용할 수도 있지만 보다 강인하고 원영상을 손상시키지 않는 워터마킹을 위해서 영상의 각 영역별로 다른 값을 선택할 수도 있다.

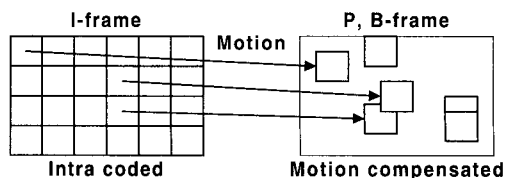
이와 같이 워터마크가 추가된 영상에서 원래의 워터마크 신호를 다시 추출하는 방법은 다음 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} cov(X, Y^*) &= cov(X, \alpha X + Y) \\ &= cov(X, \alpha X) + cov(X, Y) \\ &\approx \alpha + 0 = \alpha \end{aligned} \quad (4)$$

일반적으로 noise와 같은 신호는 자기 자신 이외의 어떠한 신호와도 유사성(correlation)을 가지지 않기 때문에, 위의 식 (4)에서  $cov(X, Y)$  값은 0이 되고  $cov(X, \alpha X) = \alpha \cdot var(X) = \alpha \cdot 1 = \alpha$ 가 된다. 이렇게 계산된  $\alpha$  값을 이용하여 삽입된 워터마크 정보를 다시 추출할 수 있다.

이 방법은 여러환경에 강한 특성을 지니도록 하기 위해서 상대적으로 큰  $\alpha$  값이 선택되는데 정지 영상의 경우에는 문제가 발생하지 않지만 동영상에서 MPEG 스트림에 직접 적용할 경우 비트율의 문제가 발생한다.

즉, DCT 계수값이 상대적으로 큰 I-프레임의 경우는 큰  $\alpha$  값을 사용하여도 별다른 문제없이 위의 방법으로 워터마킹이 가능하지만 상대적으로 작은 계수값을 가지는 P, B-프레임의 경우는 큰  $\alpha$  값을 사용할 경우 원영상의 데이터 보다 저작권 정보의 값이 더 크므로 비트율 조정과 관련해서 문제가 발생한다.



(그림 4) I-프레임과 P, B-프레임

또한, I-프레임에 삽입되어 있는 저작권 정보가 움직임 벡터에 의해서 (그림 4)에 나타난 바와 같이 P, B-프레임에서는 원래의 위치가 아닌 임의의 위치에 옮겨지게 된다. 따라서, 이렇게 드리프트(drift)되어 있는 워터마크를 먼저 제거하고 다시 워터마크를 삽입해야 하는 문제가 발생된다. 이것은 실시간으로 동작해야 하는 동영상의 워터마킹에서는 심각한 문제가 된다.

### 3. 움직임 벡터(Motion Vector) 워터마킹 기법

일반적으로 동영상 데이터는 처리해야 할 데이터의 양이 많기 때문에 움직임 보상을 사용하여 데이터의 양을 줄인다. 따라서 동영상의 경우에는 이 움직임 벡터를 이용하여 저작권 정보를 삽입하는 것이 가능하다.

#### 3.1 움직임 벡터를 이용한 워터마크 삽입 방법

MPEG 압축된 동영상에서 하나의 프레임 내에 포함된 매크로 블록의 움직임 벡터  $V$ 는 다음 식 (5)와 같이 표현된다.

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\} \quad (5)$$

이때, 삽입하려고 하는 저작권 정보를 식 (2)와 같은 시퀀스  $X$ 로 나타내면, 식 (2)의  $x_i$  값에 따라서 워터마크는 다음 식 (6)과 같이 삽입된다.

$$\begin{aligned} & \text{if } ((v_i \times q + T) \bmod 2) \neq x_i \\ & \quad v_i^* = v_i + \delta \\ & \text{else } \quad v_i^* = v_i \end{aligned} \quad (6)$$

식 (6)에서,  $\delta$ 는 다음 식 (7)과 같이 주어진다.

$$\delta = (2n + 1)/q \quad (7)$$

여기서,  $n$ 은 정수값을 가지며, 움직임 벡터가 없는 경우에는  $n=1$ 이고, 그 외의 경우는  $n=0$ 이다. 반화소 단위의 움직임 벡터를 사용할 경우  $q=2$ 이고,  $T$ 는 움직임 추정을 위한 윈도우(search window used for motion estimation) 크기의 2배의 값을 가진다.

삽입하려는 저작권 정보의 양이 많은 경우에는 수직과 수평방향의 두 가지 움직임 벡터를 모두 사용하고, 적은 경우에는 한쪽 방향의 움직임 벡터만을 사용한다. 그러나 수직과 수평방향의 두 가지 움직임 벡터를

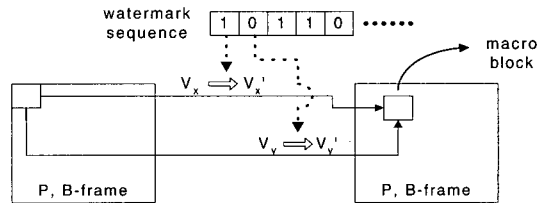
모두 사용하는 경우에는 삽입할 수 있는 정보의 양은 많아지지만 하나의 움직임 벡터를 사용하는 경우보다 화질이 열화되는 큰 단점이 있다.

#### 3.2 움직임 벡터를 이용한 워터마크의 검출 방법

3.1에서 설명한 방법으로 움직임 벡터에 삽입된 워터마크 정보는 디코딩시에 움직임 벡터로부터 다음 식 (8)에 의해서 다시 추출되어 구해진다.

$$x_i = (v_i^* \times q + T) \bmod 2 \quad (8)$$

이러한 방법은 정지영상에서 저작권 정보를 사용하여 비트 마스크(bit mask)를 구성하고 이를 통해서 원영상의 LSB값을 바꾸어주는 워터마킹 방법과 유사한 방법이다. (그림 5)는 이러한 움직임 벡터를 이용한 워터마킹 방법을 보여주고 있다.

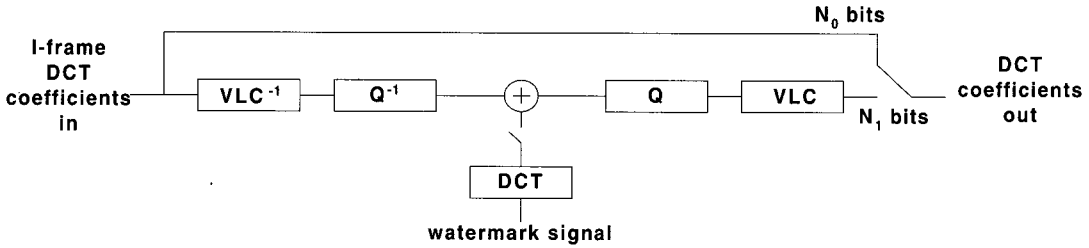


(그림 5) 움직임 벡터 워터마킹 방법

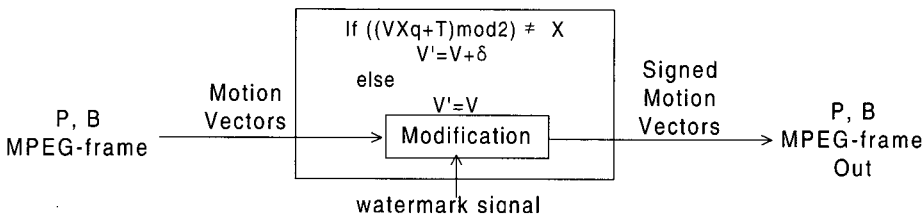
그런데, MPEG로 압축된 동영상 시퀀스에서 움직임 벡터를 갖는 P, B-프레임과는 달리 I-프레임의 경우는 움직임 벡터가 존재하지 않으므로, 움직임 벡터에 저작권 정보를 삽입하는 이 방법을 I-프레임에 적용하는 것은 불가능하다.

### 4. 하이브리드(Hybrid) 워터마크 알고리즘

이상에서 살펴본 바와 같이 주파수 확산(spread spectrum) 워터마킹 기법의 경우는 I-프레임에 대해서는 적용하기 쉽고 에러에 강한 장점이 있지만, 동영상 시퀀스의 대부분을 차지하는 P, B-프레임에는 적용하기 힘든 문제가 있다. 반면에 움직임 벡터를 이용한 워터마킹 기법의 경우는 P, B-프레임에는 쉽게 정보를 삽입할 수 있지만 움직임 벡터가 없는 I-프레임에는 정보를 저장할 수 없는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 이 두 가지 방법을 함께 적용하면 MPEG 시퀀스의 모



(그림 6) I-프레임의 워터마크 과정



(그림 7) P, B-프레임의 워터마크 과정

든 프레임 데이터에 대해서 저작권 정보를 삽입 할 수 있고 두 가지 방법이 함께 적용되므로 각종 예러 환경에도 더 강한 특성을 지니게 할 수 있다. 이를 구현하기 위한 방법은 다음과 같다.

먼저, (그림 3)에서 보여주는 바와 같이 사용자 암호 (user key)에 의해서 유사잡음(pseudo noise) 시퀀스를 만든 후에 이 시퀀스를 사용하여 우리가 삽입하고자 하는 저작권 정보를 확산(spreading) 시킨다. 이것을 이미 코딩된 동영상 시퀀스에 직접 적용하기 위해 (그림 6)과 같이 먼저 DCT를 수행한 후 MPEG 스트림에서 디코딩 되어 구성된 IDCT를 수행하기전의 I-프레임 데이터에 더해준다. 이때, 워터마크 삽입으로 인한 비트율( $N_1$ )이 워터마크를 삽입하기 전의 비트율( $N_0$ )보다 매우 큰 경우 비트율 제어를 위해 그 DCT 계수에는 워터마크를 삽입하지 않는다. 그리고 워터마크된 이 DCT계수값을 다시 양자화하고 가변장 부호화를 통해 다시 코딩시켜준다.

또한, P-프레임 또는 B-프레임의 경우에는 (그림 7)에서와 같이 디코딩을 통해 프레임 데이터가 아닌 움직임 벡터를 구한 후 앞에서 기술한 방법에 의해서 저작권 정보를 저장한다.

### 5. 실험결과

본 논문에서는 실험영상으로 352×240의 크기를 가

지는 영상을 사용하였으며, 모두 500 프레임을 코딩하여 MPEG 스트림을 만들었다. 또한 저작권 정보로 사용된 영상은 16×16 크기의 이진 영상을 사용하였다.

MPEG 영상 시퀀스에서 I-프레임에 대해서는 주파수 확산 기법을 적용하여 워터마크 정보를 삽입하였고, P, B-프레임에 대해서는 움직임 벡터에 워터마크 정보를 삽입하였다. 실험에서 MPEG 동영상 시퀀스의 워터마킹을 위해 사용된 파라미터는 다음과 같다.

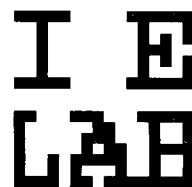
I-프레임의 경우, (주파수 확산 워터마킹 기법 사용)

$\alpha=8$ , 저작권 정보 1비트당 I-프레임에서 확산된 크기 : 330

P, B-프레임의 경우, (움직임 벡터 워터마킹 기법 사용)

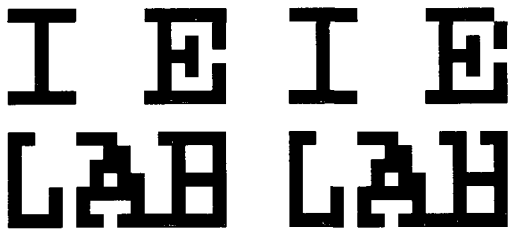
$q=2, T=15$

이에 따른 실험결과 영상은 다음과 같다. (그림 8)은 실험에서 사용한 원래의 저작권 정보를 보여준다.

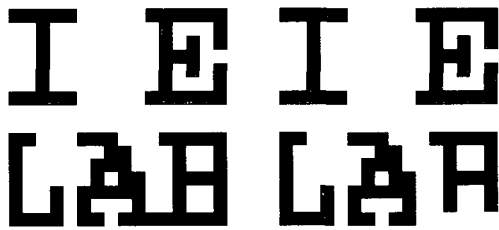


(그림 8) 원래의 저작권 정보

(그림 9)는 (그림 8)과 같은 저작권 정보를 주파수 확산 기법에 의해 I-프레임에 삽입한 후 추출한 저작권 정보의 예를 두 개 보여주고 있다. 전체 I-프레임 중 일부의 I-프레임에서 추출된 정보는 (그림 8)에서 보여주고 있는 원래의 저작권 정보에 비해서 데이터가 일부 손상되었으나, 저작권 정보를 충분히 확인할 수 있을 만큼 식별이 가능하다.



(그림 9) I-프레임에서 추출된 저작권 정보의 예

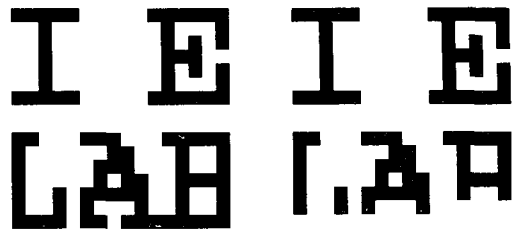


(그림 10) B-프레임에서 추출된 저작권 정보의 예

(그림 10)은 (그림 8)과 같은 저작권 정보를 B-프레임의 움직임 벡터 정보를 이용하여 삽입한 후 추출한 저작권 정보의 예를 두 개 보여주고 있다. (그림 10)의 결과에서 보면 움직임 벡터를 이용하여 B-프레임에 삽입된 저작권 정보도 일부 B-프레임에서는 에러가 발생하였지만 대부분의 B-프레임에서는 에러 없이 추출되어 저작권 정보의 식별이 가능하였다.

(그림 11)은 (그림 8)과 같은 저작권 정보를 P-프레임의 움직임 벡터 정보를 이용하여 삽입한 후 추출한 저작권 정보의 예를 두 개 보여주고 있다. P-프레임에서 추출된 저작권 정보는 상대적으로 많은 P-프레임에서 에러를 나타내었으며 에러가 큰 경우에는 저작권 정보를 식별하기 힘든 경우도 있었다.

이것은 P-프레임의 경우 B-프레임과는 달리 상대적으로 움직임 벡터를 가지는 매크로 블록의 개수가 적기 때문에 저작권 정보가 거의 삽입되지 못하는 경우도 발생하였기 때문으로 생각된다.



(그림 11) P-프레임에서 추출된 저작권 정보의 예

<표 1>은 실험에 사용된 500개의 프레임에서 추출된 저작권 정보의 평균적인 비트 에러율을 보여주고 있다. 전체 42개 프레임으로 구성된 I-프레임이 1.39%로 가장 작은 비트 에러율을 보였고, 333개의 프레임으로 구성된 B-프레임은 2.33%로 I-프레임과 비슷한 에러율을 나타내었으나, 125개의 프레임으로 구성된 P-프레임은 13.2%로 비교적 큰 에러율을 나타내었다.

<표 1> 저작권 정보의 평균 에러율

구 분	전체 프레임 개수(개)	에러율(%)
I-프레임	42	1.39
B-프레임	333	2.33
P-프레임	125	13.20

다음의 (그림 12)와 (그림 13)은 각각 원영상과 워터마크된 영상의 각 프레임별 PSNR값과 추출된 워터마크의 프레임별 비트 에러율을 그래프로 보여주고 있다. (그림 12)와 (그림 13)의 그래프에서 살펴보면 프레임의 PSNR값이 크면 워터마크의 비트 에러율이 작아지고 프레임의 PSNR값이 작으면 워터마크의 비트 에러율이 커진다는 것을 알 수 있다.

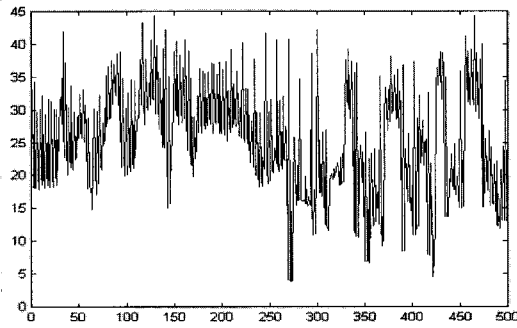
<표 2>는 각 프레임들을 1 초 단위로 구분한 후 각 시간대별로 프레임들의 PSNR값을 평균한 결과를 보여주고 있다.

(그림 12)와 (그림 13)의 그래프에서 보면 일부 프레임 중에서 PSNR값이 10이하로 떨어지는 경우도 발생하지만, <표 2>에서 알 수 있듯이 1초 단위의 평균 PSNR값이 대체로 25dB이상의 값을 가지므로 제안된 기법이 대체로 만족할만한 수준의 화질을 나타낸다고 말할 수 있다.

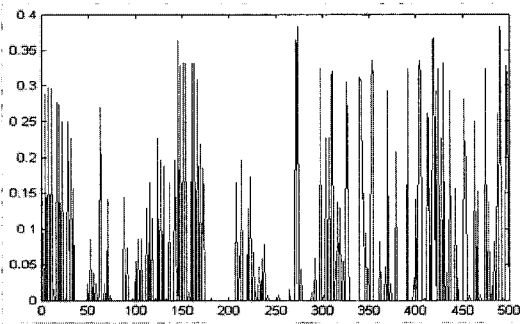
본 논문에서 제안된 방법은 이미 코딩된 MPEG 비트열을 부분 디코딩하여 적용할 수 있기 때문에 완전히 디코딩하여 공간영역에서 워터마크를 삽입하는 방법보다 수행시간이 빠르므로, 실시간에 작업을 수행할 수 있다.

〈표 2〉 시간대별 프레임들의 평균 PSNR 값

시간대(초)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
평균 PSNR(dB)	23.48	26.71	24.08	30.24	29.55	30.09	29.63	30.42	30.17	24.68
시간대(초)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
평균 PSNR(dB)	21.54	19.42	19.25	24.43	18.72	25.08	19.50	24.97	30.15	18.25



(그림 12) 각 프레임별 PSNR



(그림 13) 각 프레임별 워터마크 비트 어레울

### 5. 결 론

본 논문에서는 MPEG로 압축된 디지털 동영상의 저작권 보호를 위한 하이브리드 워터마킹 알고리즘을 제안하였다. 실험 결과, I-프레임과 P, B-프레임으로 구성되는 MPEG 비트열의 모든 프레임에 저작권 정보를 삽입할 수 있으므로 더 많은 저작권 정보를 추가할 수 있었다. 또한 MPEG 비트열을 부분 디코딩하여 저작권 정보를 추가하기 때문에 실시간 실행이 가능하였다. 특히 프레임과 움직임 벡터 모두에 워터마크를 삽입하였기 때문에 프레임에 대한 고의적인 공격이나 변조의 경우에도 움직임 벡터에 의해 워터마크 정보를 추출할 수 있고 마찬가지로 그 반대의 경우도 프레임으로부터 워터마크 정보를 추출할 수 있으므로 이러한 환경에 강인한 특성을 가진다. 그러므로 이러한 기법은 앞으로 증가하게 될 멀티미디어 데이터와 관련된 인터넷 비디오 서비스 및 방송 분야에서 응용될 수 있을 것이다.

하지만, 움직임 벡터를 이용한 워터마킹 기법의 경우, 움직임이 매우 적은 동영상의 경우에는 움직임 벡터를 갖는 매크로 블록의 개수가 적기 때문에 매우 적은 저작권 정보만이 삽입될 수 있는 데이터 의존적인 문제점을 안고 있다. 따라서, 향후 이러한 부분에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

### 참 고 문 헌

[1] E. Koch and J. Zhao, "Towards robust and hidden image copyright labeling," In Proceedings of 1995 IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, Neos Marmaras, Greece, June 1995.

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

〈표 3〉은 워터마크를 삽입하지 않고 500개의 프레임을 소프트웨어 만에 의해서 MPEG으로 코딩하는데 소요된 시간과 제안된 기법으로 워터마크를 삽입하여 MPEG으로 코딩한 경우의 소요시간을 비교하여 나타낸 것이다. 〈표 3〉에서 제안된 기법으로 워터마크를 삽입한 경우에 소요되는 시간과 워터마크를 삽입하지 않은 경우에 소요되는 시간의 비율은 95% 이상으로 크게 차이가 나지 않음을 확인할 수 있었다.

〈표 3〉 500개의 프레임을 코딩하는데 소요된 시간

구 분	소요시간(초)
watermark를 삽입하지 않은 경우	1135
제안된 기법으로 watermark를 삽입한 경우	1194

- [3] M. Kutter, F. Jordan and F. Bossen, "Digital Signature of Color Images using Amplitude Modulation," In Proceedings of Electronic Imaging 1997 (EI 97), San Jose, USA, Feb. 1997.
- [4] Frank Hartung and Bernd Girod, "Watermarking of Uncompressed and Compressed Video," Signal Processing, Vol.66, No.3, pp.283-301, May 1998.
- [5] 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.
- [6] G. C. Langelaar, R.L. Lagendijk, and J. Biemond, "Real-time labeling methods for MPEG compressed video," in Proc. 18th Symp. Information Theory in the Benelux, Veldhoven, The Netherlands, May 1996.
- [7] Frank Hartung and Bernd Girod, "Digital watermarking of raw and compressed video," in Proc. SPIE Digital Compression Technologies and Systems for Video Commun., Vol.2952, Oct. 1996, pp.205-213
- [8] J. Dittmann, M. Stabenau, and R. Steinmetz, "Robust MPEG video watermarking technologies," in Proc. ACM Multimedia '98, Bristol, U.K., Sept. 1998.
- [9] Frank Hatung and Bernd Girod, "Watermarking of MPEG-2 encoded video without decoding and re-encoding," in Multimedia Computing and Networking 1997, Vol.3020, M Freeman, P. Jartzky, and H.M. Vin, Eds. San Jose, CA : IS&T and SPIE, 1997, pp.264-273.



**이 형 훈**

e-mail : merman@image3.yonsei.ac.kr  
 1998년 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)  
 1998년 연세대학교 대학원 전기·컴퓨터공학과 입학  
 관심분야 : 디지털 영상신호 처리, 디지털 워터마킹 등



**배 창 석**

e-mail : csbae@etri.re.kr  
 1987년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1989년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1999년~현재 ETRI 컴퓨터소프트웨어기술연구소 선임연구원 및 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 박사과정  
 관심분야 : 디지털 영상신호 처리, 디지털 워터마킹 등



**최 재 훈**

e-mail : hoony@image3.yonsei.ac.kr  
 1991년 중앙대학교 전기공학과 졸업(공학사)  
 1996년 연세대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(공학석사)  
 1999년~현재 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 박사과정  
 관심분야 : 디지털 영상신호 처리, 디지털 워터마킹 등



**최 윤 식**

e-mail : yschoe@bubble.yonsei.ac.kr  
 1979년 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)  
 1984년 Case Western Reserve University 시스템공학(공학석사)  
 1987년 Penn. State University 전기공학(공학석사)  
 1990년 Purdue University 전기공학(공학박사)  
 1993년~현재 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 교수  
 관심분야 : 디지털 영상신호 처리, MPEG, MPEG Stream 편집기, H.263, 디지털 워터마킹 등