

재예측과 움직임벡터의 변경 최소화 기법을 이용한 효율적인 비디오 워터마킹

정희원 강 경 원*, 문 광 석*, 김 중 남*

An Efficient Video Watermarking Using Re-Estimation and Minimum Modification Technique of Motion Vectors

Kyung-won Kang*, Kwang-seok Moon*, Jong-nam Kim* *Regular Members*

요 약

본 논문에서 재예측과 움직임벡터의 변경 최소화를 이용한 효율적인 비디오 워터마킹 기법을 제안한다. 일반적인 움직임벡터 기반의 워터마킹 기법들은 움직임벡터의 변경하여 워터마크를 삽입하기 때문에 움직임벡터를 변경에 따른 영상의 화질저하를 가져왔다 따라서 제안한 방법은 움직임벡터의 변경을 최소화할 수 있는 삽입조건의 설정과 변경에 따른 오차를 최소화할 수 있는 재예측 기법에 의해 움직임벡터의 변경에 따른 화질저하를 최소화한다. 그리고 워터마크 정보를 고려한 임계값을 적응적으로 설정하여워터마크의 정보량의 안정적 삽입을 보장할 수 있어 비디오 워터마킹을 효과적으로 수행할 수 있다. 제안한 방법은 비디오 비트스트림의 변화가 없기 때문에 기존의 동영상 압축표준과의 호환성을 유지할 수 있으며 화질적인 측면에서 기존의 방법보다 약 0.6~1.3 dB가 향상됨을 실험을 통해 확인할 수 있었다

Key Words : video watermarking, blind watermarking, motion vector, adaptive threshold, re-estimation

ABSTRACT

We propose an efficient video watermarking scheme using re-estimation and minimum modification technique of motion vectors. Conventional methods based on motion vectors do watermarking using modification of motion vectors. However, change of motion vectors results in the degradation of video quality. Thus, our scheme minimizes the modification of the original motion vectors and replaces an original motion vector by the adjacent optimal motion vector using re-estimation of motion vectors to avoid degradation of video quality. Besides, our scheme guarantees the amount of embedded watermark data using the adaptive threshold considering for an efficient video watermarking. In addition, this is compatible with current video compression standards without changing the bitstream. Experimental result shows that the proposed scheme obtains better video quality than other previous algorithms by about 0.6~1.3 dB.

I. 서 론

최근, 인터넷의 보급과 네트워크 인프라가 향상되

어 DVD, VOD와 같은 디지털 데이터의 전송 및 공유가 활발하게 진행되고 있다 디지털 미디어들은 화질열화 없이 간편하게 불법 복제 및 편집 저장

* 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부(kangkw@mail1.pknu.ac.kr)

* 교신 저자 (corresponding author) : 김 중 남

논문번호 : KICS2005-04-177, 접수일자 : 2005년 4월 25일

※본 연구는 한국학술진흥재단에서 주관하는 차세대물리기술연구사업단 논문연구과제 지원으로 수행되었습니다

및 분배가 용이하며 해킹 등 각종 정보화의 역기능에 취약한 구조를 갖고 있다 이러한 디지털 콘텐츠들의 불법복제문제를 방지하기 위한 저작권 권리 및 보호 기술이 절실히 요구된다 따라서 멀티미디어 디지털 콘텐츠의 저작권 보호와 정보은닉을 위한 디지털 워터마킹 기술에 관한 알고리즘 개발이 활발히 연구되고 있다

디지털 워터마킹은 인간이 시각적으로 인지할 수 없는 의미있는 정보인 워터마크를 디지털 미디어에 은닉한 후 그 표시를 찾아냄으로써 저작자임을 입증할 수 있는 기술이다[1-3]. 따라서 워터마크의 비가시성(invisibility)과 강인성(robustness)이 중요한 척도이다. 비디오 워터마킹은 비가시성과 강인성뿐만 아니라 데이터양이 방대하기 때문에 빠른 처리와 원본 없이 검출이 가능한 블라인드 워터마킹이 가능하여야 하며 기존의 동영상 압축표준들과 호환성을 유지하여야 한다

비디오 워터마킹에 관한 연구는 공간상의 원 비디오에서 수행하는 방법 MPEG 부호화 과정에서 수행하는 방법 비트스트림에서 수행하는 방법으로 분류할 수 있다 원 비디오에 워터마킹하는 방법은 화질열화가 발생하기 쉬우며[4,5], DCT 계수를 조작하여 워터마킹하는 방법은 MPEG부호기의 DCT 혹은 양자화과정에서 워터마크를 삽입하므로 부호기가 변형되어야 하기 때문에 기존의 표준들과 호환성이 떨어진다[6-8]. 비트스트림에 워터마킹하는 방법은 기존의 방법과 호환성을 유지하기 위해서 삽입되는 워터마크의 양이 제한을 받는다[9-11]. 움직임벡터에 워터마킹하는 방법은 움직임벡터에서 얻은 정보와 워터마크 정보가 서로 다른 경우 값을 최소의 오차 단위만큼 변경함으로써 구현할 수 있다 [12-14]. 이 방법은 비트스트림을 변경하지 않기 때문에 기존의 표준들과 호환성이 좋으며 스트림의 증가없이 삽입할 수 있어 최근 많이 연구되고 있다

따라서 본 논문에서는 기존의 방법과 동일한 워터마크 정보를 삽입한 상태에서 비가시성을 향상시키기 위한 재예측과 움직임벡터의 변경 최소화 기법을 이용한 효율적인 비디오 워터마킹을 제안한다. 제안한 방법은 워터마크 정보의 삽입을 보장하기 위해 시각적 특성과 삽입되는 워터마크의 정보량에 따라 임계값을 적용적으로 설정하며 워터마크 삽입시 발생하는 화질열화를 최소화하기 위해 움직임벡터가 변경될 확률과 변경에 따른 화질열화를 최소화한다. 움직임벡터가 변경될 확률의 최소화는 움직임벡터로부터 구한 특성벡터와 워터마크 정보의 불일

치 확률을 삽입 전에 조사하여 이 확률에 따른 특성벡터의 반전 여부에 의해 구현하며 움직임벡터의 변경에 따른 화질열화의 최소화는 제한한 삽입조건이 변경되지 않는 인접한 4개의 후보 움직임벡터들에 대해서 최소오차를 갖는 움직임벡터를 구하기 위한 재예측 기법에 의해 구현한다 또한 제한한 방법은 비트스트림의 변경이 없기 때문에 기존의 압축표준들과 호환성이 뛰어난 뿐만 아니라 간단한 삽입조건의 설정을 통해 워터마킹의 삽입 및 검출이 가능하여 빠른 처리가 가능하며 전송시 발생하는 비트오류에 대해서도 강인하다 본 논문의 구성은 2장에서 기존의 움직임벡터 기반 비디오 워터마킹의 장단점에 대하여 설명하며 3장에서 제한한 비디오 워터마킹에 대해 설명한다 4장에서는 기존의 방법과 제안한 방법의 성능을 실험을 통해 비교하며, 5장은 결론에 대하여 언급한다

II. 기존의 움직임벡터 기반 비디오 워터마킹

동영상 압축 표준에서 다수의 프레임 내에 존재하는 움직임벡터는 시간적 중복성을 제거하기 위한 효과적인 도구일 뿐만 아니라 워터마크를 삽입하기 위한 효과적인 요소이다. 이 방법들은 기존의 동영상 압축표준들과 호환성이 좋으며 비트스트림의 증가없이 워터마킹이 가능한 장점이 있기 때문에 최근 움직임벡터를 이용한 워터마킹방법들이 최근 많이 연구되고 있다

Zhongjie 등[13]은 움직임벡터의 수평·수직 성분을 식 (1)의 $\text{mod}(x, 2)$ 연산을 통해 4 가지로 분류된 ρ_d 에 따라 워터마크 정보를 삽입하는 방법을 제안하였다. 즉, $\rho_d=3$ 인 경우는 움직임벡터를 변경하지 않으며, $\rho_d=1$ 또는 $\rho_d=2$ 인 경우는 검출할 때 $\rho_d=0$ 가 되도록 움직임벡터의 수평 또는 수직 성분값을 변경한다. 워터마크의 삽입은 $\rho_d=0$ 인 경우 수행한다. $\rho_d=0$ 일 때, 삽입하는 워터마크의 정보가 0인 경우는 움직임벡터의 수평성분 값을 변경하여, 검출할 경우 $\rho_d=1$ 이 되도록 설정하며 워터마크의 정보가 1인 경우는 움직임벡터의 수직성분 값을 변경하여 검출할 경우 $\rho_d=2$ 가 되도록 설정한다. 이 방법은 블라인드 검출을 위해 워터마크가 삽입되지 않는 $\rho_d=1$ 또는 $\rho_d=2$ 인 경우에도 움직임벡터의 변경이 필요하다는 단점이 있다

$$\rho_d = 2 \times \text{mod}(2v_i, 2) + \text{mod}(2h_i, 2) \quad (1)$$

Zhang 등[14]은 인간 시각적 특성을 고려하여 움직임이 큰 매크로블록(macroblock, MB)에 대해 움직임벡터의 수평성분과 수직성분의 크기비교를 이용해 워터마킹을 삽입하는 방법을 제안하였다 움직임이 큰 매크로블록은 움직임벡터의 크기값과 미리 설정된 임계값의 비교를 통해 구할 수 있다 삽입과정은 삽입되는 워터마크의 정보에 따라 움직임벡터의 수평 또는 수직성분들 중 큰 값을 갖는 성분을 $\text{mod}(x, 2)$ 연산을 수행하여 나온 결과값과 일치하도록 움직임벡터를 수정하여 구현한다 만약 움직임벡터의 성분의 크기가 같은 경우는 두 성분 모두 증가시켰다 따라서 이 방법은 시각적 특성을 고려하여 워터마킹을 수행할 수 있는 장점은 있으나 워터마크 정보에 따라 3가지 분류에 의해 삽입되어 움직임벡터가 변경될 확률이 1/2 이상이 되는 단점이 있다. 또한 임계값도 임의로 설정되어 워터마크 정보의 삽입을 보장할 수 없다

III. 제안한 비디오 워터마킹

3.1 워터마킹 검출 과정

움직임벡터 기반 워터마킹 기법에서 워터마크의 삽입과정은 워터마크 정보와 움직임벡터에서 얻은 정보가 다를 경우 움직임벡터의 변경을 통해 이 정보가 일치하도록 만드는 과정이다 이러한 움직임벡터의 변경은 영상의 화질을 저하하기 때문에 비가시성이 떨어진다 따라서 제안한 방법은 기존의 방법과 동일한 워터마크 정보를 삽입할 경우 움직임벡터가 변경될 확률과 이에 따른 화질열화를 최소화하여 영상의 비가시성을 향상시킬 수 있으며 적응적 임계값 설정과 직교성을 갖는 하다마(Hadamard) 행렬을 이용한 워터마크 정보의 생성에 의해 워터마크 삽입의 보장과 전송시 발생하는 비트오류에 대한 강인성을 갖는다 그림 1은 임의의 k 번째 프레임에 워터마크 정보 w_k 를 삽입하는 과정을 도식한 것이다. 먼저, 현재 프레임을 일정한 크기의 매크로블록들로 분할한다 분할된 매크로블록들은 워터마크가 삽입될 매크로블록들을 선택하기 위해 움직임벡터의 크기를 이용한 임계값 설정한다 선택된 매크로블록들에 대해서 움직임벡터의 변경을 최소화하는 특성벡터들로 구성된 삽입조건을 구성하여 워터마크 정보를 삽입한다 각 과정을 자세히 설명하면 다음과 같다

먼저 워터마크가 삽입될 매크로블록들을 선택하기 위해 임계값을 설정한다 임계값은 그림 2의 히

스토그램을 이용해 구한다 임계값(threshold, ϵ)은 시각적 특성과 워터마크 정보의 삽입을 보장하기 위해 시각적으로 눈감한 움직임벡터의 크기가 큰 매크로블록부터 누적 빈도수를 계산한 후 삽입을 원하는 워터마크의 정보량의 개수를 포함한 매크로블록의 크기값으로 설정한다 그림 2에서 x축은 움직임벡터의 크기값을 나타내며 y축은 크기값의 빈도수를 나타낸다

임의의 k 번째 프레임에 대한 그림 1의 매크로블록 선택과정은 식 (2)와 같이 F_k 와 M_k 를 E_k 를 구하는 과정이다 여기서, F_k 는 매크로블록의 전체 집합을 의미하며, E_k 는 선택된 매크로블록 집합을 의미한다. 그리고 M_k 는 임계값보다 큰 값을 갖는 매크로블록을 표시하기 위한 마스크집합을 의미한다. M_k 를 구하기 위한 움직임벡터의 크기는 식 (3)을 이용하여 구한다 식 (3)의 i 는 매크로블록의 원소를 나타내는 첨자이며 h_i 와 v_i 는 i 번째 매크로블록의 수평성분 움직임벡터와 수직성분 움직임벡터를 의미하며 움직임벡터의 각 성분들은 반화소단위로 표현되기 때문에 정수로 표현하기 위해서 2를 곱하여 크기값 PMV_i 를 계산한다.

$$E_k = M_k \cdot F_k, \quad M_k = \begin{cases} 1, & PMV_i \geq \epsilon \\ 0, & PMV_i < \epsilon \end{cases} \quad (2)$$

$$PMV_i = \sqrt{(2 \times h_i)^2 + (2 \times v_i)^2}, \quad 0 < i < MB \quad (3)$$

그림 1의 워터마크의 삽입과정은 특성벡터의 집합으로 구성된 삽입조건에 따라 움직임벡터의 변경에 의해 수행된다. 각 매크로블록에 대한 특성벡터는 식 (4)와 같이 선택된 매크로블록 E_k 의 움직임벡터가 반화소단위의 정밀도를 가질 경우 각 성분을 정수로 표현하기 위해 2를 곱한 후 2로 나눈 나머지에 대해서 배타적 논리합으로 정의하며 특성벡터의 값이 워터마크 정보와 다를 경우 움직임벡터의 변경이 필요하다. 움직임벡터의 변경을 최소화하기 위해 식 (5)와 같이 N 개의 워터마크 정보에 대해서 사전에 특성벡터와 워터마크 정보에 일치할 확률을 조사한다 즉, 식 (5)의 $p_k[j]$ 와 $w[j]$ 의 논리합은 같지 않을 경우 1을 갖기 때문에 이들의 합인 q 값이 1/2 보다 큰 값이 나오는 경우는 워터마크 정보와 특성벡터가 일치하지 않을 확률(α)이 1/2 이상이 되는 것을 의미한다. 따라서 각각의 특성벡터를 반전시킬 경우 일치하지 않을

확률(1-a)은 1/2 미만인 되기 때문에 움직임벡터가 변경될 확률은 항상 1/2 미만이 가능하다

$$\rho_k[j] = \text{mod}(2h_j, 2) \oplus \text{mod}(2v_j, 2), \quad j \in E_k \quad (4)$$

$$a = \sum_{j=1}^N \rho_k[j] \oplus w[j] / N \quad (5)$$

그림 3은 워터마크 정보와 삽입조건이 일치하지 않아 움직임벡터가 변경되는 과정을 도식한 것이다. 그림 3에서 흰색의 화살표는 원래의 움직임벡터를 의미하며, 검은색으로 채워진 화살표는 재예측을 통해 변경될 수 있는 움직임벡터들을 의미한다. 삽입 조건은 식 (4)의 특성벡터들로 구성되기 때문에 삽

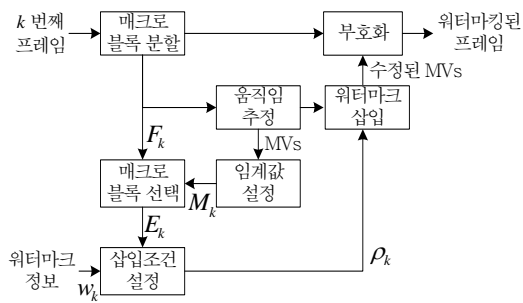


그림 1. 제안한 비디오 워터마킹의 전체 구조도

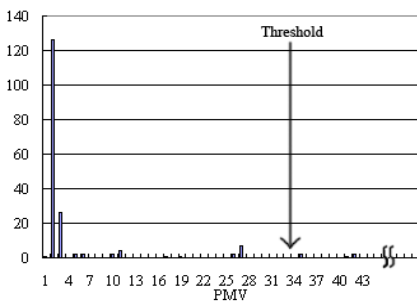


그림 2. 히스토그램을 이용한 임계값 설정

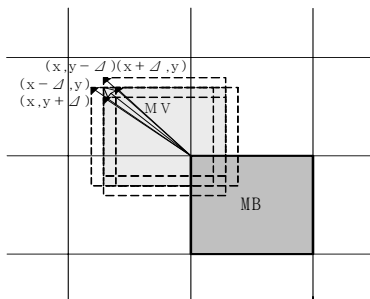


그림 3. 워터마킹을 위한 움직임벡터의 변경

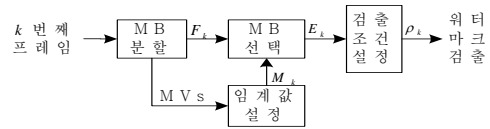


그림 4. 제안한 비디오 워터마크 검출 과정

입 조건을 변경하지 않는 최소의 오차(Δ)를 갖는 수직 또는 수평성분의 인접한4가지(상, 하, 좌, 우) 움직임벡터에 대해서 재예측을 수행하기 때문에 화질열화를 최소화 할 수 있다

3.2 워터마킹 검출 과정

워터마크 정보의 검출 과정은 그림4에서 도식한 것이다. 삽입 과정과 같이 먼저 동영상의 구성요소인 각각의 프레임을 일정한 크기의 매크로블록으로 분할한다. 분할된 매크로블록에서 각각의 움직임벡터를 복호화하여 그 크기로부터 임계값을 구한다. 마지막으로 임계값에 따라 워터마크 삽입에 의해 변경된 움직임벡터를 선택하여 워터마크의 검출조건을 구한다. 검출조건은 워터마크의 식 (4)를 이용하여 직접 구한다. 검출조건에 의해 구해진 워터마크 정보는 식 (6)을 이용하여 유사성을 측정한다. 삽입 조건을 위한 특성값의 반전되었을 경우 워터마크로 삽입된 하다마다 행렬의 특성에 의해 유사도 값이 음의 최대값을 갖기 때문에 절대값을 구하는 ABS() 함수를 통해 삽입조건의 반전 유무에 관계없이 유사성을 구할 수 있다. 식 (6)의 $w[j]$ 는 삽입된 워터마크 정보를 의미하며 $\hat{w}[j]$ 는 검출된 워터마크 정보를 의미한다

$$\text{sim}(W, \hat{W}) = \text{ABS} \left(\sum_{j=0}^{n-1} w[j] \cdot \hat{w}[j] \right) / \sum_{j=0}^{n-1} \hat{w}^2[j] \quad (6)$$

IV. 실험 및 결과

제안한 방법의 성능 평가를 위해 기존의Zhang의 방법과 Zhongjie의 방법을 비교 실험하였다. 실험을 위한 비디오 스트림은 352×240 크기를 갖는 football, flower garden, mobile 비디오 스트림 30 프레임을 사용한다. football 스트림은 객체와 배경의 움직임이 빠른 스트림이며, flower garden 스트림은 배경의 움직임이 빠른 스트림이다. 마지막으로, mobile 스트림은 객체와 배경의 움직임이 느린 스트림이다. 움직임벡터를 위한 매크로블록의 크기는 16×16으로 설정하였으며, 탐색영역은 -15~+15로

설정하였다. 비가시성의 척도는 PSNR을 사용하였으며, 강인성에 대한 척도는 식 (6)의 유사도를 사용하였다. 워터마크 정보는 하다마드 행렬을 이용하여 64개의 비트열을 생성하였다 생성된 하다마드 열은 -1 와 1로 된 랜덤비트 순열로 구성되어 있으나, 워터마크의 정보가 0과 1의 비트열이기 때문에 -1은 0으로 대체하였다

움직임벡터의 변경은 움직임 보상에 영향을 미치지 않는다. 따라서 움직임벡터의 변경에 따른 화질저하를 고려하기 위해 그림 5에서는 움직임 보상 전의 예측영상에 대해 워터마킹에 대한 비가시성을 실험하였다. 실험결과 움직임이 빠른 영상은 0.01 ~ 0.03 dB의 감소가 발생하여 시각적으로 구별할 수 없었으며, 움직임이 느린 영상인 경우는 0.48 dB의 감소가 발생하여 수치상으로는 상대적 큰 값을 나타내었다. 이것은 기본적인 예측영상의 화질이 낮아 PSNR 계산 과정 중 오차의 제곱계산에 의한 것이나, 시각적으로는 역시 구별할 수 없었다

표 1은 실험용 스트림에서 제안한 방법과 Zhang의 방법 그리고 Zhongjie의 방법에 의해 워터마크가 삽입된 프레임에 대해서 움직임 보상 후의 평균 PSNR를 나타낸 것이다. 움직임 보상에 의한 손실

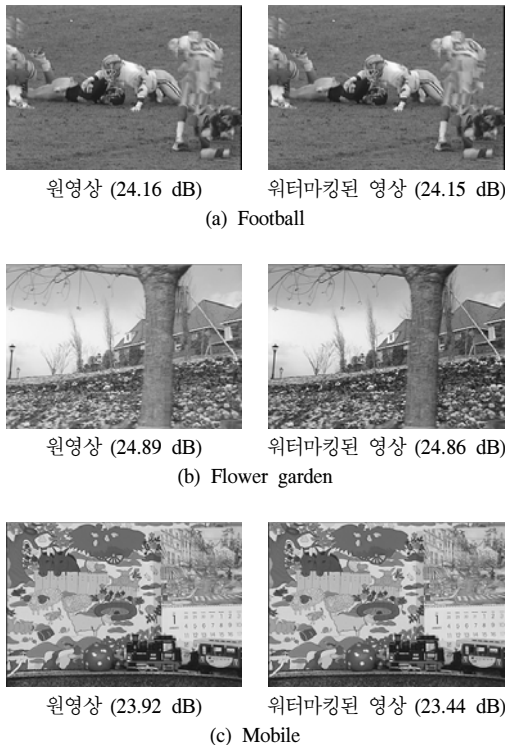


그림 5. 제안한 방식의 실험 결과움직임 보상전 영상

표 1. 실험용 스트림에 대한 평균 PSNR 비교

비디오스트림	제안한 방법	Zhang의 방법	Zhongjie의 방법
Football	42.92 dB	41.64 dB	32.81 dB
Flower Garden	41.23 dB	40.62 dB	30.94 dB
Mobile	31.87 dB	31.12 dB	27.26 dB

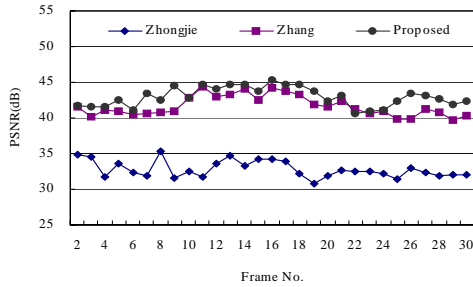
표 2. 움직임벡터 변경 확률 (삽입된 워터마크: 64 bits)

비디오스트림	제안한 방법	Zhang의 방법	Zhongjie의 방법
Football	0.446	0.498	2.037
Flower Garden	0.421	0.504	1.789
Mobile	0.485	0.483	1.311

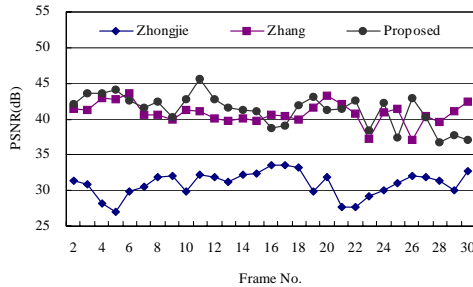
은 없다고 가정하였다 동일한 수의 워터마크를 삽입할 경우 제안한 방법은 움직임벡터의 변경과 화질 저하를 최소화하였기 때문에 Zhongjie의 방법에 비해서는 평균 10.3~4.6 dB의 화질향상을 얻을 수 있었으며, Zhang의 방법에 비해 평균 1.3~0.6 dB의 화질향상을 통한 워터마킹의 비가시성을 확인할 수 있었다.

표 2는 워터마크 삽입에 따른 움직임벡터가 변경될 확률을 나타낸 것이다. 제안한 방법은 워터마크 삽입을 위한 특성벡터값과 움직임벡터의 일치성을 사전에 조사하여 하나의 워터마크 정보를 삽입에 따른 움직임벡터가 변경될 확률을 최대 1/2 이하가 되도록 설정하였기 때문에 실험결과 평균 0.451이 됨을 확인하였다. 따라서 제안한 방법에 의한 움직임벡터가 변경될 확률은 Zhang의 방법의 평균 0.495보다 적게 변경된다. Zhongjie의 방법은 워터마크를 삽입하기 전 움직임벡터의 변경이 필요하다 따라서 삽입되는 워터마크 정보보다 더 많은 움직임벡터의 변경이 필요하기 때문에 평균 1.712이라는 높은 값을 나타내어 성능이 많이 떨어짐을 확인하였다.

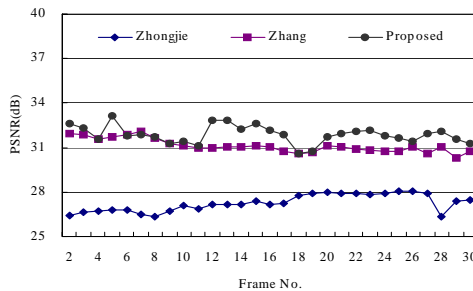
각 프레임 별 PSNR의 비교는 그림 6에서 나타내었다. 그림 6은 제안한 방법과 Zhang의 방법 그리고 Zhongjie의 방법에 대한 각 프레임별 PSNR를 비교한 것이다. 그림 6에서 보는바와 같이 Zhang의 방법이 제안한방법보다 더 높은 PSNR을 갖는 경우도 존재한다. 이것은 각 방법의 워터마크 삽입조건이 다르기 때문에 일어나는 현상이다 그러나 표 1의 결과와 같이 통계적 특성을 나타내는 평균 PSNR 값은 제안한 방법이 Zhang의 방법과 비교하여 더 높은 값을 나타내었다



(a) Football



(b) Flower garden

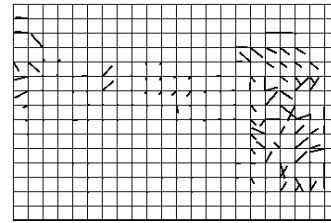


(c) Mobile

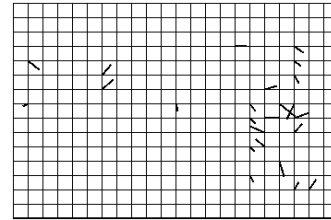
그림 6. 각 프레임의 PSNR 비교

그림 7은 football 영상의 6번째 프레임 상에서 제안한 방법과 Zhang의 방법에 의해 워터마크 정보가 삽입된 움직임벡터를 나타낸 것이다. 64비트의 정보를 삽입하기 위해 제안한 방법은 그림7(b)에서 보는바와 같이 319개의 움직임벡터를 갖는 매크로블록들 중 크기값이 큰 특정 위치의24개의 매크로블럭이 변경되었으나 Zhang의 방법은 다른 특정위치의 32개의 매크로블럭이 변경되었으며 변경된 위치도 서로 상이함을 알 수 있었다 Zhongjie의 방법은 표 2의 결과와 같이 제안한 방법과 Zhang의 방법에 비해 움직임벡터의 변화가 많기 때문에 그림 7에서는 제외하였다

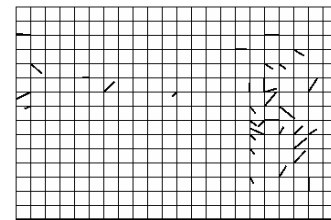
그림 8은 워터마킹된 비디오 데이터를 전송할 경우 검출된 워터마크 정보의 비트 오류에 따른 유사



(a) 6번째 프레임의 움직임벡터(319개)



(b) 제안한 방법(24개)



(c) Zhang의 방법(32개)

그림 7. 변경된 움직임벡터의 비교(football 6번째 프레임)

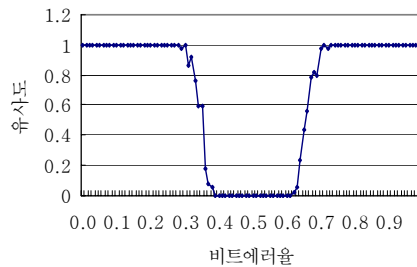


그림 8. 비트오류에 대한 강인성에 관한 실험 결과

도를 측정된 결과를 나타낸 것이다 비트 오류는 정규분포를 갖는 잡음을 첨가함으로써 발생시켰으며 검출은 64비트를 갖는 50개의 키에 대한 반복 측정을 통해 기록하였다. 실험결과 검출된 워터마크 정보의 유사도는 비트 오류가 약 30% 이하이거나 70%이상에서도 검출이 가능함을 확인 할 수 있었다. 삽입된 워터마크 정보는 하다마드 열의 특성에 의해 비트 오류가 100%인 경우는 비트열의 반전을 의미하기 때문에 특성벡터가 반전된 경우와 같기 때문에 식 (6)에 의해 검출할 수 있었다

V. 결론

본 논문에서는 재예측과 움직임벡터의 변경 최소화 기법을 이용한 움직임벡터를 이용한 블라인드 비디오 워터마킹 기법을 제안하였다. 제안한 방법은 움직임벡터 기반 비디오 워터마킹에서 발생하는 움직임벡터의 변경과 그에 따른 화질열화를 최소화하기 위해 사전조사를 통해 워터마크 정보에 따라 삽입조건을 설정하였으며 삽입조건이 변경하지 않는 인접한 4개의 후보 움직임벡터들에 대해서 재예측을 통해 움직임벡터의 변경에 따른 오류를 최소화하도록 설정하였다. 그리고 삽입하고자 하는 워터마크의 정보량을 안정적으로 삽입할 수 있도록 보장하기 위해 삽입 임계값을 적응적으로 설정하였다. 실험결과 워터마크 삽입에 따른 움직임벡터의 평균적 변경 확률은 0.451으로 0.5보다는 작은 값을 가지며, 평균 PSNR도 Zhang의 방법보다 평균 0.6~1.3 dB 향상되었음을 확인하였다. 또한 전송시 발생하는 비트오류에 대해서도 강인함을 확인할 수 있었으며, 비디오 스트림의 변화가 없기 때문에 기존의 표준과 호환성이 뛰어난 것을 확인하였다.

참고 문헌

[1] G. C. Langelaar, I. Setyanwan, and R. L. Lagendijk, "Watermarking digital image and video data," *Signal Processing Magazine, IEEE*, Vol. 17, No. 5, pp. 20-46, 2000.

[2] M. D. Swanson, M. Kobayash, and A. H. Tewfik, "Multimedia data-embedding and watermarking technologies," *Proceedings of IEEE*, Vol. 86, No. 6, pp. 1064-1087, 1998.

[3] G. Voyatzis, N. Nikolaidis, and I. Pitas, "Digital watermarking: an overview," *EUSIPCO*, Vol. I, pp. 9-12, 1998.

[4] M. Barni, F. Bartolini, R. Caldelli, A. D. Rosa and A. Piva, "A robust watermarking approach for raw video," *PV2000 10th International Packet Video Workshop in CD-ROM*, 2000.

[5] J. Chae, and B. Manjunath, "Data hiding in video," *ICIP*, Vol. 1, pp. 311-315, 1999.

[6] A. Kusanagi, and H. Imai, "A method of watermarking for compressed video," *SSCIS*, 1999.

[7] D. Ghosh, K. and Ramakrishna, "Watermarking compressed video stream over Internet," *APCC*, Vol. 2. pp. 711-715, 2003.

[8] M. Kutter, F. Jordan, and T. Ebrahimi, "Proposal of a watermarking technique for hiding/retrieving data in compressed and decompressed video," *Technical report M2281, ISO/IEC document, JTC1/SC29/ WG11*, 1997.

[9] F. Hartung, and B. Girod, "Digital watermarking of MPEG2 coded video in the bit-stream domain," *ICASSP*, Vol. 4, pp. 2621-2624, 1997.

[10] Y. Dai, L. Zhang, and Y. Yang, "A new method of MPEG video watermarking technology," *ICCT*, Vol. 2. pp. 1845-1847, 2003.

[11] J. Zhang, H. Maitre, J. Li, and L. Zhang, "Embedding watermark in MPEG video sequence," *Multimedia Signal Processing, 2001 IEEE Fourth Workshop*, pp. 535-540, 2001.

[12] Z. Zhao, N. Yu, and X. Li, "A novel video watermarking scheme in compressed domain based on fast motion estimation," *ICCT*, Vol. 2, pp. 1878-1882, 2003.

[13] Z. Zhongjie, J. Gangyi, Y. Mei, and W. Xunwei, "New algorithm for video watermark," *ICSP*, Vol. 1, pp. 760-763, 2002.

[14] J. Zhang, J. Li, and L. Zhang, "Video watermark technique in motion vector," *XIV Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image processing*, pp. 179-182, 2001.

강 경 원 (Kyung-won Kang)

정 회 원



1996년 2월 부경대학교 전자공학과 졸업
1998년 2월 부경대학교 전자공학과(석사)
2002년 2월 부경대학교 전자공학과(박사)
1998년 3월~1999년 8월 미국

Jackson State University 연구원

2002년 3월~2004년 2월 위덕대학교 멀티미디어공학과 강의전담교수

2004년 3월~현재 부경대학교 BK 계약교수

<관심분야> 멀티미디어데이터 압축, 멀티미디어 통신, 멀티미디어 콘텐츠 보안 등

문 광 석 (Kwang-seok Moon)

정회원



1979년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업

1981년 2월 경북대학교 전자공학과(석사)

1989년 2월 경북대학교 전자공학과(박사)

1988년 1월~12월 일본 동경대학교

공학부 연구원

1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State University 객원교수

1990년 3월~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

<관심분야> 영상신호처리, 멀티미디어데이터 압축 등

김 중 남 (Jong-nam Kim)

정회원



1995년 2월 국립금오공과대학 전자공학과 졸업

1997년 2월 광주과학기술원 정보통신공학과(석사)

2001년 8월 광주과학기술원 기전공학과(박사)

2001년 7월~2004년 2월 KBS

기술연구소 연구원

2004년 4월~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

2005년 3월~현재 (주)홈캐스트 사외이사

<관심분야> 멀티미디어데이터 압축, 멀티미디어 통신신호처리, 콘텐츠 보안, MPEG-2/4/7/21