

움직임벡터의 변경을 최소화한 블라인드 비디오 워터마킹

강경원[†], 김종남^{**}, 문광석^{***}

요 약

디지털 방송의 발달과 인터넷의 보급으로 디지털 데이터에 대한 요구가 급격히 증가하고 있다. 이러한 디지털 데이터의 저작권 보호를 위하여 최근 디지털 워터마킹에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서 움직임 벡터의 변경을 최소화한 블라인드 비디오 워터마킹 기법을 제안한다. 기존의 움직임벡터 기반의 워터마킹 기법은 움직임벡터의 변경을 이용해 워터마크 삽입을 수행한다. 그러나 움직임벡터의 변경은 영상의 화질저하를 초래한다. 따라서 본 논문에서는 워터마크 정보의 삽입에 따른 움직임벡터의 변경을 최소화할 수 있는 삽입조건을 설정하여 영상의 비가시성을 향상시킬 수 있다. 그리고 워터마크 정보를 고려한 임계값을 적응적으로 설정하여 워터마크의 정보량을 안정적으로 삽입할 수 있도록 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 0.5~1.0 dB가 향상됨을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

Blind Video Watermarking Using Minimum Modification of Motion Vectors

Kyung-Won Kang[†], Jong-Nam Kim^{**}, Kwang-Seok Moon^{***}

ABSTRACT

With the advancement of the digital broadcasting and popularity of Internet, there is an increasing demand for digital data. Recently, several studies have been made on the digital watermarking for copyright protection of digital data. We propose a blind video watermarking using minimum modification 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 proposed algorithm minimizes modification of the original motion vectors to avoid degradation of video quality using simple embedded conditions. Besides, our scheme guarantees the amount of embedded watermark data using the adaptive threshold considering the human visual characteristic. 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 0.5~1.0 dB.

Key words: video watermarking(비디오 워터마킹), blind watermarking(블라인드 워터마킹), motion vector(움직임벡터), adaptive threshold(적응적 임계값), MPEG(엠펙)

1. 서 론

최근, 인터넷의 보급과 네트워크 인프라가 향상되

※ 교신저자(Corresponding Author) : 김종남, 주소 : 부산시 남구 대연3동 599-1번지(608-743), 전화 : 051)620-6494, FAX : 051)620-6494, E-mail : jongnam@pknu.ac.kr
접수일 : 2005년 2월 2일, 완료일 : 2005년 8월 1일

[†] 정회원, 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부
(E-mail : kangkw@pknu.ac.kr)

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

^{**} 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

^{***} 종신회원, 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부
(E-mail : moonks@pknu.ac.kr)

※ 이 논문은 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업의 지원에 의하여 연구되었음.

가 용이하며, 해킹 등 각종 정보화의 역기능에 취약한 구조를 갖고 있다. 이러한 디지털 콘텐츠들의 불법복제 문제를 방지하기 위한 저작권 권리 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 비가시성(invisibility)과 강인성(robustness)이 중요한 척도이다. 비디오 워터마킹은 비가시성과 강인성뿐만 아니라, 추가적으로 기존의 동영상 압축표준들과 호환성을 유지하며, 실시간 처리와 원본없이 검출이 가능한 블라인드 워터마킹이 가능하여야 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 화질 열화가 발생하기 쉬우며[4,5], DCT 계수를 조작하여 워터마킹하는 방법은 MPEG부호기의 DCT 혹은 양자화과정에서 워터마크를 삽입하므로 부호기가 변형되어야 한다[6-8]. 따라서 이 방법은 기존의 표준들과 호환성이 떨어진다. 비트스트림에 워터마킹하는 방법은 기존의 방법과 호환성을 유지하기 위해서 삽입되는 워터마크의 양이 제한을 받는다[9-11]. 움직임벡터에 워터마킹하는 방법은 워터마크정보에 따라 움직임벡터 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. 그러나 움직임벡터의 변경은 비가시성을 떨어뜨린다.

따라서 본 논문에서는 기존의 방법과 동일한 워터마크 정보가 삽입된 상태에서 비가시성을 향상시키기 위해 움직임벡터의 변경을 최소화하는 방법을 제안한다. 또한 제안한 방법은 시각적 특성을 고려한 임계값을 적용적으로 설정하여 워터마크의 정보량을 안정적으로 삽입할 수 있도록 보장할 수 있으며, 블라인드 비디오 워터마킹이 가능하다. 그리고 비트스트림의 변경이 없기 때문에 기존의 압축표준들과

호환성이 뛰어날 뿐만 아니라, 간단한 삽입조건을 설정을 통해 워터마킹의 삽입 및 검출이 가능하여 빠른 처리가 가능하며, 전송시 발생하는 비트오류에 대해서도 강인하다. 본 논문의 구성은 2장에서 기존의 움직임벡터기반 비디오 워터마킹의 장단점에 대하여 설명하며, 3장에서 제안한 비디오 워터마킹에 대해 설명한다. 4장에서는 기존의 방법과 제안한 방법의 성능을 실험을 통해 비교하며, 5장은 결론과 향후과제에 대하여 언급한다.

2. 기존의 움직임벡터 기반 비디오워터마킹

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 증가 없이 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 성분 값을 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 워터마크가 삽입되지 않는 경우인 $\rho_d=1$ 또는 $\rho_d=2$ 인 경우에도 블라인드 검출을 위해 움직임벡터의 변경이 필요하기 때문에 비가시성이 떨어지는 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 매크로블록에 대해 움직임벡터의 수평성분과 수직성분의 크기비교를 이용해 워터마킹을 삽입하는 방법을 제안하였다. 움직임이 큰 매크로블록

은 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.

3. 제안한 비디오워터마킹

3.1 워터마킹 삽입과정

움직임벡터기반 워터마킹 기법은 삽입을 원하는 워터마크 정보와 매크로블록에 대한 움직임벡터를 비교하여 같지 않을 경우 움직임벡터 크기값의 변경을 통해 워터마크의 삽입을 수행한다. 그러나 이러한 움직임벡터의 변경은 영상의 화질을 저하하기 때문에 비가시성이 떨어진다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법은 기존 방법과 동일한 워터마크 정보를 삽입할 경우 움직임벡터의 변경을 최소화하는 삽입조건을 설정하여 영상의 비가시성을 향상시킬 수 있다. 그리고 삽입하고자 하는 워터마크의 정보량도 안정적으로 삽입할 수 있도록 보장할 수 있으며, 전송시 발생하는 비트오류에도 강인하다. 제안한 방법의 워터마크 삽입과정은 그림 1에 도시된 바와 같이 6단계로 구성된다. 1단계는 동영상의 구성요소인 각각의 프레임에 일정한 크기의 매크로블록으로 분할하는 매크로블록 분할단계이며, 2단계는 분할된 매크로블록에 대한 움직임벡터의 크기를 연산하는 움직임벡터 연산단계가 있다. 그리고 3단계는 히스토그램을 이용하여 움직임벡터의 크기가 큰 매크로블록에 대한 움직임벡터의 최소값을 임계값으로 설정하는 임계값 설정단계이며, 4단계는 임계값보다 큰 움직임벡터를 가진 매크로블록을 워터마크의 정보가 삽입될 매크로블록으로 선택하는 매크로블록 선택단계가 있다. 5단계는 선택된 매크로블록에 대한 움직임벡터의 수직성분과 수평성분에 각각 2로 곱한 수를 2로 나눈 나머지의 배타적 논리합(XOR)을 수행하여

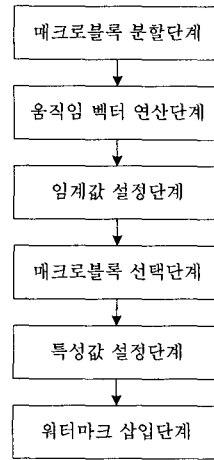


그림 1. 제안한 비디오 워터마크 삽입 과정

워터마크 삽입을 위한 매크로블록의 특성값을 설정하는 단계이다. 마지막 6단계는 특성값들로 구성된 삽입조건과 워터마크 정보를 비교하여 다를 경우에만 수평 움직임벡터 성분과 수직 움직임벡터 성분 중 크기가 큰 하나의 움직임벡터 성분을 최소 오차만큼 증가시켜 워터마크 정보를 은닉하는 단계이다.

그림 2는 3단계의 임계값 설정을 위한 히스토그램을 도식한 것이다. 그림 2에서 x축은 움직임벡터의 크기값을 나타내며, y축은 크기값의 빈도수를 나타낸다. 임계값(threshold, ϵ)은 시각적 특성과 워터마크 정보의 삽입을 보장하기 위해 적응적으로 설정한다. 움직임이 큰 블록은 시각적으로 둔감하기 때문에 움직임이 큰 매크로블록에 워터마크를 삽입하기 위해 히스토그램을 이용하여 임계값을 설정한다. 임계값은 히스토그램을 이용하여 움직임벡터의 크기 값이 큰 매크로블록부터 누적 빈도수를 계산한 후 삽입을 원하는 워터마크의 정보량의 개수를 포함한 매크로블록의 크기값으로 설정한다.

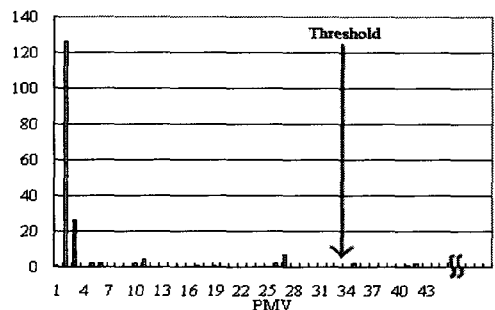


그림 2. 히스토그램을 이용한 임계값 설정

4단계인 매크로블록 선택단계는 식 (2)와 같이 임의의 k 번째 프레임에서 워터마크를 삽입 가능한 매크로블록을 선택하는 단계이다. 선택과정은 현재 프레임의 모든 매크로블록의 집합이 F_k 와 움직임벡터가 3단계에서 설정된 임계값(ϵ)보다 큰 값을 갖는 매크로블록들에 관한 정보를 나타내는 집합인 M_k 를 이용하여 선택된 매크로블록 집합 E_k 를 구한다. 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.

$$E_k = M_k \cdot F_k, \quad (2)$$

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

5단계인 워터마크의 삽입을 위한 삽입조건을 구하는 단계이다. 삽입조건은 특성값들의 집합이며, 이것은 식 (4)와 같이 k 번째 프레임의 매크로블록 E_k 의 움직임벡터들을 정수로 표현하기 위해 2를 곱한 후 2로 나눈 나머지에 대해서 배타적 논리합을 이용해 구한다. 식 (5)는 움직임벡터의 변경을 최소화하기 위해 사전에 움직임벡터가 어느 정도 변경될 것인가를 조사하는 전처리 과정이다. 즉, 식 (5)의 논리합은 $\rho[j]$ 와 $w[j]$ 가 같지 않을 경우 1을 값을 갖는다. 따라서 q 값이 삽입하는 데이터의 1/2 보다 큰 값이 나오는 경우는 워터마크 정보와 특성값이 일치하지 않을 확률(α)이 1/2 이상이 되는 경우이므로, 삽입조건을 반전시켜 확률($1-\alpha$)을 1/2 미만으로 변경할 수 있다. 따라서 움직임벡터가 변경될 확률은 언제나 1/2 미만으로 설정 가능하다.

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

$$q = \sum_{j=1}^n \rho[j] \oplus w[j] \quad (5)$$

그림 3은 6단계인 워터마크 삽입단계에서 워터마크 정보와 삽입 조건이 일치하지 않을 경우 움직임벡터가 변경되는 과정을 도식한 것이다. 그림 3에서 흰색의 화살표는 원래의 움직임벡터를 의미하며, 검은색으로 채워진 화살표는 변경된 움직임벡터를 의미

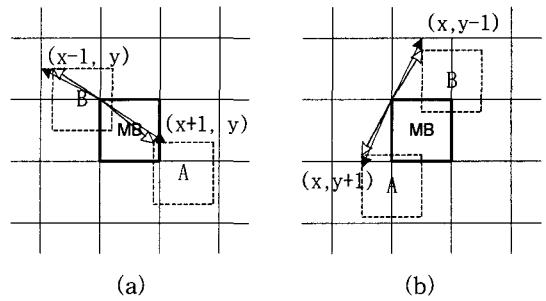


그림 3. 워터마킹을 위한 움직임벡터의 변경: (a) 수평성분이 큰 경우, (b) 수직성분이 큰 경우

한다. 움직임벡터의 변경은 시각적인 특성과 빠른 처리를 위해 수평성분과 수직성분 중 크기가 큰 성분을 최소 오차 값만큼 변경시킨다. 변경되는 성분의 값은 움직임벡터의 크기값을 증가시키기 위해 변경되는 부분이 양의 값인 경우는 그림 3의 A인 경우와 같이 단순히 성분을 증가시키며, 음의 값을 갖는 경우는 그림 3의 B와 같이 성분을 감소시킨다.

3.2 워터마킹 검출 과정

워터마크 정보의 검출 과정은 그림 4에서 도식한 것과 같이 삽입 과정과 유사하다. 1단계는 동영상의 구성요소인 각각의 프레임을 일정한 크기의 매크로블록으로 분할하는 과정이며, 2단계는 분할된 매크로블록에 대한 움직임벡터의 크기를 연산하는 단계이다. 임계값 설정단계는 삽입 시 임계값을 알고 있을 경우는 생략가능하다. 따라서 3단계는 워터마크 삽입 과정에서 설정된 임계값에 따라 움직임벡터를 선택하는 단계이며, 마지막 4단계는 워터마크 검출하는 단계이다. 워터마크의 검출은 워터마크의 삽입과정과는 달리 특성값 설정단계 없이 식 (4)를 이용하여 삽입 조건과 특성값과 같은 검출 조건을 직접 구한다. 검출조건

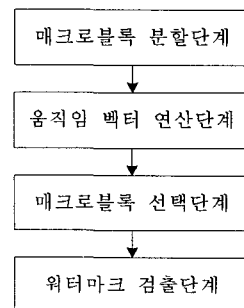


그림 4. 제안한 비디오 워터마크 검출 과정

에 의해 구해진 워터마크 정보는 식 (6)을 이용하여 유사성을 측정한다. 삽입조건을 위한 특성값의 반전 되었을 경우 워터마크로 삽입된 하다마드(hadamard) 순열의 특성에 의해 유사도 값이 음의 최대값을 갖기 때문에 절대값을 구하는 ABS() 함수를 통해 삽입조건을 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.

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

4. 실험 및 고찰

본 논문에서는 제안한 방법의 성능 평가를 위해 기존의 Zhang의 방법과 Zhongjie의 방법을 비교 실험하였다. 실험을 위한 비디오 스트림은 352×240 크기를 갖는 football, flower garden, mobile 비디오 스트림 30프레임을 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.

그림 5는 움직임벡터의 변경에 따른 비가시성을 살펴보기 위해 움직임 보상 전의 예측영상에 대한 워터마킹 결과를 보인 것이다. 실험결과, 시각적으로 구별할 수 없음을 확인할 수 있었다.

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 손실은 없다고 가정하였다. 동일한 수의 워터마크를 삽입할 경우 제안한 방법은 움직임벡터의 변경을 최소화하여 화질 저하를 최소화하였기 때문에 Zhongjie

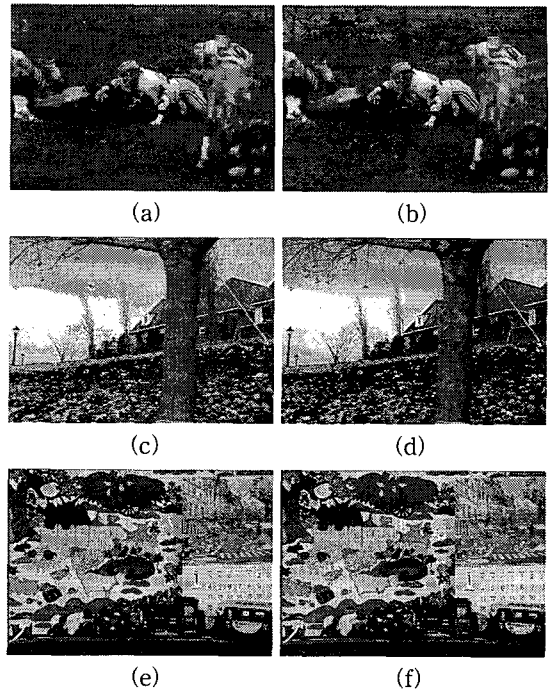


그림 5. 제안한 방식의 실험 결과(움직임 보상전): (a) Football(원영상), (b) Football(워터마킹된 영상), (c) Flower garden(원영상), (d) Flower garden(워터마킹된 영상), (e) Mobile(원영상), (f) Mobile(워터마킹된 영상)

표 1. 실험용 스트림에 대한 평균 PSNR 비교

비디오 스트림	제안한 방법	Zhang의 방법	Zhongjie의 방법
Football	42.72 dB	41.64 dB	32.81 dB
Flower Garden	41.10 dB	40.62 dB	30.94 dB
Mobile	31.80 dB	31.12 dB	27.26 dB

의 방법에 비해서는 평균 4.5~10.2 dB의 화질향상을 얻을 수 있었으며, Zhang의 방법에 비해 평균 0.5~1.0 dB의 화질향상을 통한 워터마킹의 비가시성을 확인할 수 있었다.

표 2는 워터마크 삽입에 따른 움직임벡터가 변경될 확률을 나타낸 것이다. 제안한 방법은 워터마크 삽입을 위한 특성 벡터값과 움직임벡터의 일치성을 사전에 조사하여 계산량 추가 없이 움직임벡터의 변경을 최대 1/2 이하가 되도록 설정하였기 때문에, 실험결과 평균 0.447을 나타냈었다. 따라서 제안한 방법에 의한 움직임벡터의 변경될 확률은 Zhang의 방법의 평균 0.495보다 작게 변경됨을 확인할 수 있었

표 2. 움직임벡터가 변경될 확률(64비트삽입)

비디오 스트림	제안한 방법	Zhang의 방법	Zhongjie의 방법
Football	0.446	0.498	2.037
Flower Garden	0.416	0.504	1.789
Mobile	0.479	0.483	1.311
평균값	0.447	0.495	1.712

다. 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 확인 하였다.

각 프레임 별 PSNR의 비교는 그림 6에서 나타내었다. 그림 6은 제안한 방법과 Zhang의 방법 그리고

Zhongjie의 방법에 대한 각 프레임별 PSNR를 비교한 것이다. 평균적인 PSNR 값은 표 1에 의해 제안한 방법이 높은 값을 나타내고 있으나, 지역적으로 낮은 프레임도 존재함을 알 수 있다. 이것은 각 방법상에서 워터마크가 삽입되는 조건이 서로 달라 삽입되는 개수와 위치가 프레임 별로 차이가 나기 때문이다. 그림 7은 football 영상의 6번째 프레임 상에서 제안한 방법과 Zhang의 방법에 의해 워터마크 정보가 삽입된 움직임벡터를 나타낸 것이다. 64비트의 정보를 삽입하기 위해 제안한 방법은 그림 7(b)에서 보는바와 같이 319개의 움직임벡터를 갖는 매크로블록들 중 크기값이 큰 특정 위치의 28개의 매크로블록만 변경되었으며, Zhang의 방법도 다른 특정위치의 32개의 매크로블록이 변경되었음을 알 수 있었다. Zhongjie의 방법은 표 2에서 보는 바와 같이 제안한 방법과 Zhang의 방법에 비해 움직임벡터의 변화가 많기 때문에 그림 7에서는 제외하였다.

그림 8은 삽입된 워터마크가 전송시 발생하는 비트오류에 대한 강인성을 확인하기위해 검출된 워터마크의 오류발생 정도에 따른 유사도를 측정된 결과이다. 오류는 정규분포를 갖는 잡음을 첨가함으로써 발생시켰으며, 검출은 64비트를 갖는 50개의 키에 대한 반복 측정을 통해 기록하였다. 삽입된 워터마크정보는 하드마드 열의 특성에 의해 오류가 100% 발생할 경우는 비트열이 반전된 것을 의미하기 때문에 특성벡터 값이 반전된 것과 동일한 상태가 된다. 따라서 식 (6)을 이용하여 유사성을 측정할 경우 검출이

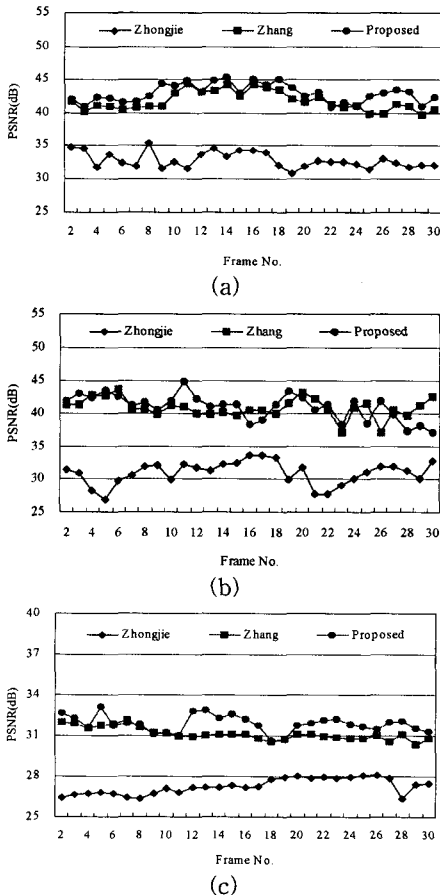


그림 6. 각 프레임 별 PSNR 비교: (a) Football, (b) Flower garden, (c) Mobile

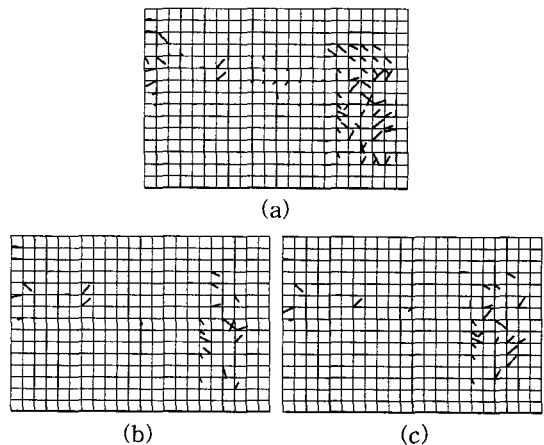


그림 7. 변경된 움직임벡터의 비교: (a) 6번째 프레임의 움직임벡터(319개), (b) 제안한 방법(28개), (c) Zhang의 방법(32개)

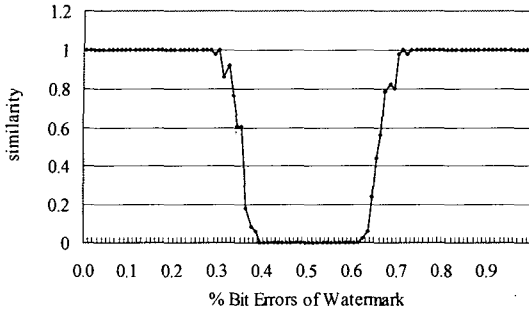


그림 8. 비트오류에 대한 강인성

가능하다. 실험결과, 제안한 방법은 검출된 워터마크의 정보의 비트 오류가 약 30% 이하이거나 70%이상에서도 검출이 가능함을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

오늘날 디지털 워터마킹은 디지털 정보의 저작권 보호를 위해 꼭 필요한 기술로 인식되고 있다. 비디오 워터마킹은 영상에서의 워터마크와 달리 실시간 처리와 블라인드 워터마크가 가능하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 압축된 비디오 스트림 상에서 움직임 벡터를 이용한 개선된 블라인드 워터마킹 기법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 워터마크 정보의 삽입할 경우 움직임 벡터의 변경을 최소화하기 위해 간단한 배타적 논리합으로 구성된 삽입조건을 설정하여 빠른 처리와 영상의 비가시성을 향상시킬 수 있으며, 삽입하고자 하는 워터마크의 정보량도 안정적으로 삽입할 수 있도록 보장하기 위해 삽입 임계값도 적응적으로 조정하였다. 실험결과 워터마크 삽입에 따른 움직임 벡터의 평균 적으로 변경될 확률은 0.447로 0.5보다는 작은 값을 가지며, 평균 PSNR도 Zhang의 방법보다 평균 0.5~1.0 dB 향상되었음을 확인하였다. 또한 전송시 발생하는 비트오류에 대해서도 강인함을 확인할 수 있었으며, 비디오 스트림의 변화가 없기 때문에 기존의 표준과 호환성이 좋으며, 매우 간단하게 처리할 수가 있어 효율적인 워터마크 삽입, 추출이 가능함을 확인하였다.

참 고 문 헌

[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 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.

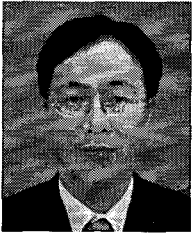
[11] J. Zhang, H. Maitre, J. Li, and L. Zhang, "Embedding watermark in MPEG video sequence," *Multimedia Signal Processing*, 2001 IEEE Fourth Workshop, pp. 535-540, 2001.

[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

1996년 2월 부경대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1998년 2월 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 2002년 2월 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1998년 3월~1999년 8월 미국 Jackson State University 연구원
 2002년 3월~2004년 2월 위덕대학교 멀티미디어공학과 강의전담교수
 2004년 9월~현재 부경대학교 BK교수
 관심분야 : 멀티미디어 통신, 인터넷 방송, 영상신호처리 등



김 중 남

1995년 2월 국립금오공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
 1997년 2월 광주과학기술원 정보통신공학과 석사(공학석사)
 2001년 8월 광주과학기술원 기전공학과 박사(공학박사)

2001년 8월~2004년 2월 KBS 기술연구소 선임연구원
 2004년 4월~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
 2003년 3월~현재 (주)홈캐스트 사외이사
 관심분야 : 영상신호처리, 멀티미디어 보안 등



문 광 석

1979년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1981년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1989년 2월 경북대학교 대학원 공학과 졸업(공학박사)

1988년 1월~12월 일본 동경대학교 학부 연구원
 1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State University 객원교수
 1990년 3월~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수
 관심분야 : 영상신호처리, 적응신호처리 등