

# 반화소 단위 움직임 추정 및 움직임 벡터의 특성을 이용한 선별적인 계층적 움직임 추정

정회원 권성근\*, 이종원\*, 반성원\*, 이승진\*, 하인성\*, 정원식\*\*, 이진일\*

## Selective Multiresolution Motion Estimation Using Half-pixel Accuracy and Characteristics of Motion Vectors

Seong-Geun Kwon\*, Jong-Won Lee\*, Seong-Won Ban\*, Seung-Jin Lee\*, In-Sung Ha\*,  
Won-Sik Cheong\*\*, and Kuhn-Il Lee\* *Regular Members*

### 요약

본 논문에서는 기저 대역에서의 반화소 단위 움직임 추정 및 움직임 벡터의 특성을 이용한 선별적인 계층적 움직임 추정 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 기존의 기법 (multiresolution motion estimation, MRME)과 거의 동일한 화질을 유지하면서 계산량과 비트량을 크게 줄일 수 있다. 제안한 기법에서는 웨이브렛 변환 영역에서 고주파 부대역의 기준 움직임으로 사용되는 기저 대역의 움직임을 정확하게 추정하기 위하여 반화소 단위 움직임을 행하고, 고주파 부대역에서는 미소 움직임을 추정에 필요한 계산량과 비트량을 감소시키기 위하여 미소 움직임 추정이 필요한 블록에 대하여서만 선별적으로 움직임을 추정을 행한다. 이때, 미소 움직임 추정의 수행 여부는 기저 대역에서의 움직임 벡터의 특성을 이용한다. 제안한 움직임 추정 기법의 성능은 컴퓨터 모의 실험 결과로부터 확인하였다.

### ABSTRACT

In this paper, we proposed an efficient multiresolution motion estimation (MRME) algorithm using half-pixel accuracy motion estimation (HPAME) and characteristics of motion vectors in the baseband. Conventional MRME method needs exact motion vectors in the baseband because those are used as initial motion vectors in higher frequency subbands. Therefore, the proposed method uses HPAME to estimate the motion vectors exactly in the baseband. Based on the characteristics of these motion vectors, the motion vectors in the higher frequency subbands are selectively estimated. That is, motion vectors in the higher frequency subbands are estimated only for the blocks which have the half-pixel accuracy motion vectors in the baseband. In the proposed method, by using HPAME in the baseband and selective motion estimation in the higher frequency subbands, we can obtain reconstructed image with the similar quality with the conventional method though we reduce the computational complexity and the bit rate considerably.

### 1. 서론

동영상 압축은 디지털 기술의 중요한 응용 분야의 하나로서, HDTV, 주문형 비디오, 및 영상 회의

등의 다양한 응용 분야에서 동영상에 제한된 용량의 채널을 통하여 전송하거나 저장매체에 저장하기 위하여 사용된다. 움직임 추정 및 보상은 동영상에 존재하는 시간적인 중복성 (temporal redundancy)을

\* 경북대학교 전자전기공학부(sgkwon@palgong.kyungpook.ac.kr)

\*\* 한국전자통신연구원 무선·방송기술연구소 방송미디어연구부  
논문번호 : 00134-0422, 접수일자 : 2000년 4월 22일

계거함으로써 높은 압축률을 얻는데 핵심적인 역할을 담당하고 있으며, 동영상 압축 표준인 H.261,<sup>[1]</sup> H.263,<sup>[2]</sup> 및 MPEG<sup>[3],[4]</sup> 등에서는 블록 정합 알고리즘 (block matching algorithm, BMA)을 이용하여 움직임 추정을 행하고 있다.

BMA에서는 입력 영상을 임의의 작은 블록으로 나눈 뒤, 블록내의 모든 화소들이 같은 방향으로 이동한다는 것을 가정하여 이전 프레임의 탐색영역에서 정합 척도가 최적인 블록을 찾는다. BMA는 알고리즘이 간단하여 하드웨어 구현이 용이하고 빠른 수행 속도를 갖는 장점이 있지만, 대상 영상의 움직임에 대하여 적절한 탐색 영역과 블록의 크기를 결정하기 어렵고, 일정한 크기의 블록 단위로 움직임을 추정하기 때문에 구획화 현상 (blocking effect)이 발생하는 단점이 있다.<sup>[5]</sup> 이러한 단점을 제거하기 위하여 입력 영상을 웨이브릿 변환 (wavelet transform)하여 공간 주파수 영역의 다해상도 영상으로 분할한 후, 분할된 영상에 대하여 계층적으로 움직임 추정 및 보상을 행하는 방법들이 연구되고 있다.<sup>[5]-[8]</sup>

1992년 Zhang 등<sup>[5]</sup>은 다해상도 영상에서 각 부대역간에 존재하는 움직임 상관성을 이용하여 계층적으로 움직임 추정을 행하는 다해상도 움직임 추정 기법 (multi-resolution motion estimation, MRME)을 제안하였다. 이 방법에서는 먼저, 기저대역에 대하여 BMA를 이용하여 움직임 추정을 행한다. 그리고, 고주파 부대역에 대하여서는 기저대역에서의 움직임을 기준 움직임으로 이용하여 미소 움직임 추정만을 행한다. 즉, 이 기법은 해상도가 낮은 기저대역에서 전역 움직임 (global motion)을 추정한 후, 이를 이용하여 고해상도 계층에서 국부 움직임 (local motion)을 추정하는 계층적 움직임 추정 기법이다. 이러한 MRME에서는 움직임을 계층적으로 추정하기 때문에 부드러운 움직임 벡터장을 만들 수 있으며, 웨이브릿 역변환을 통하여 BMA의 단점인 구획화 현상을 제거할 수 있다. 그러나 MRME에서는 기저대역에서의 전역 움직임을 기초로 하여 고주파 부대역에서의 미소 움직임을 추정하기 때문에 기저 대역에서의 움직임 추정이 부정확할 경우 고주파 부대역에서의 움직임 추정도 부정확하게 된다. 또한 기저대역은 원영상 에너지의 대부분을 갖고 있으므로 기저대역에서의 움직임 추정의 정확성은 복원 영상의 화질에 큰 영향을 미친다. 그리고 MRME는 원 영상의 동일 공간 위치에 있는 모든 부대역의 블록들에 대하여 움직임 추정을

을 행하므로 많은 계산량과 비트량을 필요로 한다. 그러므로 기저대역에서 더욱 정확한 움직임 벡터를 추정할 수 있고, 고주파 부대역에서의 미소 움직임 추정에 필요한 계산량과 비트량을 줄일 수 있는 새로운 움직임 추정 알고리즘들이 필요하다.

본 논문에서는 기저 대역에서의 반화소 단위 움직임 추정 및 움직임 벡터의 특성을 이용한 선별적인 계층적 움직임 추정 기법을 제안하였다. 제안한 기법에서는 고주파 부대역의 기준 움직임으로 사용되는 기저 대역의 움직임을 정확하게 추정하기 위하여 반화소 단위 움직임 추정 (half pixel accuracy motion estimation, HPAME)을 행하고, 고주파 부대역에서는 미소 움직임 추정에 필요한 계산량과 비트량을 감소시키기 위하여 미소 움직임 추정이 필요한 블록에 대하여서만 선별적으로 움직임 추정을 행한다. 이때, 미소 움직임 추정의 수행 여부는 기저대역에서의 움직임 벡터의 특성을 이용한다. 즉 기저대역에서의 움직임 벡터가 반화소 단위인 블록들에 대응되는 고주파 부대역들의 블록들에 대하여서만 미소 움직임 추정을 행한다. 이는 기저 대역에서 반화소 단위의 움직임을 갖는 블록들은 샘플링 격자 간격의 정수배로 움직이지 않기 때문에 기저대역의 정수배 해상도를 갖는 고주파 부대역에서 미소 움직임을 갖을 확률이 크다는 것에 근거한다.

제안한 움직임 추정 기법의 성능을 평가하기 위하여 여러 가지 영상에 대하여 컴퓨터 모의 실험을 행하였다. 모의 실험 결과로부터 제안한 움직임 추정 기법은 기존의 기법과 거의 동일한 화질을 유지하면서도 계산량과 비트량을 현저히 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

## II. 기존의 다해상도 움직임 추정 기법

기존의 웨이브릿 변환 영역에서의 계층적 움직임 추정 기법은 부대역 분할된 영상에서 서로 다른 부대역간의 움직임은 매우 높은 상관성을 갖는 특성을 이용한다. 대표적인 웨이브릿 변환 영역에서의 움직임 추정 방법은 Zhang 등<sup>[5]</sup>이 제안한 MRME로서, 이 방법은 기저 대역에서 추정된 움직임을 나머지 고주파 부대역들의 기준 움직임으로 이용하여 움직임 추정을 행하는 방법이다. MRME의 과정은 다음과 같다.

단계 1: 입력 영상을 웨이브릿 변환을 이용하여 M 계층의 다해상도 영상으로 분할한다. 이

결과, 가장 낮은 해상도를 갖는 M 계층에는 네 개의 부대역이 존재하고, M-1 이하 계층에는 각각 다른 방향 성분을 갖는 세 개의 부대역이 존재하게 된다.

단계 2: M 계층의 부대역들을  $p \times p$  화소 크기의 블록으로 분할하고, 기저대역의 블록들에 대하여 BMA를 이용하여 움직임 추정을 행한다.

단계 3: M 계층의 고주파 부대역들에 대하여서는 기저대역에서 추정된 움직임을 기준으로 작은 탐색 영역에서 미소 움직임 변위를 추정한다.

단계 4: M-1 이하 계층의 고주파 부대역들은 M 계층의 고주파 부대역보다 해상도가 수평 및 수직으로 각각 2의 지수승으로 증가하기 때문에  $p \cdot 2^{M-m} \times p \cdot 2^{M-m}$  크기의 블록으로 분할하고, 기저 대역에서 추정된 움직임 벡터를  $2^{M-m}$  배하여 이를 기준 움직임으로 이용하여 미소 움직임을 추정한다. 이때  $m$ 은 각 부대역이 속한 계층이다.

이 과정을 그림으로 나타내면 그림 1과 같다. 먼저 기저 대역을  $p \times p$  화소 크기의 블록으로 분할하고 BMA를 이용하여 움직임을 추정한다. 그리고 기저 대역과 같은 계층의 고주파 부대역들의 움직임은 기저대역에서 추정된 움직임 벡터를 중심으로 주위의 작은 탐색영역에 대하여 추정한다. 이러한 과정을 정제 (refinement)라 한다. 또한 고주파 부대역의 해상도는 각 부대역이 속한 계층에 따라 해상도가 변하므로, 그 부대역이 속한 계층을  $m$ 이라 할 때 움직임 추정 블록의 크기는  $p \cdot 2^{M-m} \times p \cdot 2^{M-m}$ 이 된다. 따라서 고주파 부대역에서의 움직임 추정은 기저대역의 움직임 벡터를  $2^{M-m}$ 배씩 스케일 한 후, 그 스케일된 움직임 벡터의 움직임 공간 근처에서 미소 움직임을 추정함으로써 행하여진다. 이를 수식으로 나타내면

$$V_{m,n}(k, l) = V_l(k, l) \cdot 2^{M-m} + \Delta_{m,n}(k, l) \quad (1)$$

for  $m=1, 2, \dots, M, n=H, V, D$

와 같다. 여기서  $m$  및  $n$ 은 각각 계층과 고주파 부대역의 방향성을 나타내는 변수,  $(k, l)$ 은 현재 블록의 위치 좌표,  $V_l(k, l)$ 은 기저대역에서의  $(k, l)$  위치 블록의 움직임 벡터,  $V_{m,n}(k, l)$ 은 각 고주파

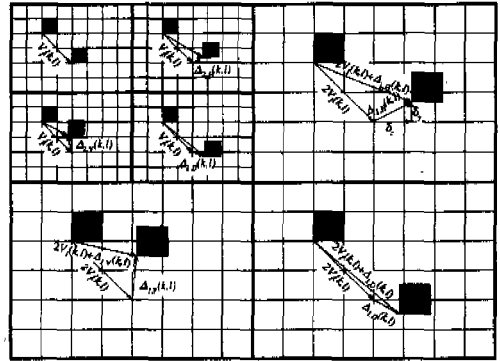


그림 1. 기존의 다해상도 움직임 추정

부대역에 대한  $(k, l)$  위치 블록의 움직임 벡터, 그리고  $\Delta_{m,n}(k, l)$ 는 미소 움직임을 나타낸다. 미소 움직임을 수식으로 나타내면

$$\Delta_{m,n}(k, l) = \arg \text{Min}_{\delta x, \delta y \in \Omega} \left[ \frac{1}{XY} \sum_{p=-\frac{X}{2}}^{\frac{X}{2}} \sum_{q=-\frac{Y}{2}}^{\frac{Y}{2}} |I_i^{m,n}(k+p, l+q) - I_i^{m,n}(k+p+x+\delta x, l+q+y+\delta y)| \right] \quad (2)$$

와 같다. 여기서  $x$  및  $y$ 는 초기 움직임 벡터,  $X$  및  $Y$ 는 현재 정합 블록의 크기,  $\Omega$ 는 미소 움직임 탐색 영역을 나타낸다. 이 과정은 그림 1에서와 같이 최하위 계층까지 수행한다.

MRME는 웨이브릿 변환된 영상에서 기저대역의 움직임을 기준 움직임으로 이용하여 모든 고주파 부대역들의 움직임을 추정한다. 즉 각 부대역 간에 존재하는 움직임의 상관 관계를 이용하여 저해상도 계층에서 전역 움직임을 추정한 후, 이를 이용하여 고해상도 계층에서 국부 움직임을 추정한다. 이러한 MRME는 계층적으로 움직임을 추정하기 때문에 부드러운 움직임 벡터장을 만들 수 있으며, 각 부대역에서 BMA를 이용하여 움직임을 추정하지만 웨이브릿 역변환을 통하여 BMA의 단점인 구획화 현상을 제거할 수 있다. 그러나 MRME는 전역 움직임을 기초로 하여 국부 움직임을 추정하기 때문에 기저 대역에서의 움직임이 부정확하게 추정될 경우 고주파 부대역에서의 움직임의 정확도는 현저히 떨어지게 된다. 또한 원 영상에서 동일한 공간 위치에 있는 모든 부대역의 블록들에 대하여 움직임을 행하므로 시간 영역에서 움직임을 추정하는 것보다 많은 계산량과 비트량이 필요하게 된다. 그러므로 기저 대역에서 더욱 정확한 움직임 추정 성능

을 나타내고, 고주파 부대역에서의 미소 움직임 추정  
 에 필요한 계산량과 비트량을 줄일 수 있는 새로  
 운 움직임 추정 알고리즘이 필요하다.

**III. 제안한 선별적인 계층적 움직임 추정 알고리즘**

본 논문에서는 기저대역에서의 정확한 움직임 추  
 정과, 고주파 부대역에서의 선별적인 미소 움직임  
 추정을 통하여 움직임 추정에 필요한 계산량과 비  
 트량을 줄이면서도 우수한 움직임 추정 성능을 나  
 타내는 반화소 단위 움직임 추정 및 움직임 벡터의  
 특성을 이용한 선별적인 움직임 추정 알고리즘을  
 제안하였다. 기저대역은 원 영상 에너지의 대부분을  
 갖고 있으므로 기저대역의 움직임 추정의 정확성은  
 복원 영상의 화질에 큰 영향을 미치고, 기저 대역에  
 서의 움직임은 다른 고주파 부대역들의 기준 움직  
 임으로 사용된다. 그러므로 제안한 움직임 추정 기  
 법에서는 기저 대역에서 정확한 움직임 추정을 위  
 하여 HPAME를 행하였다. 그리고 고주파 부대역에  
 서의 움직임 추정에 필요한 계산량과 비트량의 감  
 소를 위하여 기저대역의 움직임 벡터의 특성을 이  
 용하여 미소 움직임 추정이 필요한 블록에 대하여  
 서만 선별적으로 움직임 추정을 행하였다. 즉 기저  
 대역에서 반화소 단위의 움직임 벡터를 갖는 블록  
 들은 샘플링 격자 간격의 정수배로 움직이지 않기  
 때문에, 고주파 부대역에서의 이에 대응되는 블록들  
 은 미소 움직임이 있을 확률이 크다. 그러므로 이러  
 한 블록들에 대하여서는 미소 움직임 추정을 행한다.

**1. 기저 대역에서의 반화소 단위 움직임 추정**

실제 동영상에서 물체의 움직임은 반드시 샘플링  
 격자 간격의 정수 배로만 일어나는 것이 아니므로  
 더욱 정확한 움직임 추정 및 보상을 위해 반화소  
 단위 움직임 추정 방법이 사용되고 있다.<sup>[9],[11]</sup>  
 Girod<sup>[9]</sup>는 TV 신호 및 비디오 폰 신호에 대하여  
 HPAME로 충분한 성능을 얻을 수 있음을 확인하였  
 고, MPEG-2 TM<sup>[10],[11]</sup>에서는 정확한 움직임 추정  
 을 위하여 HPAME을 사용하고 있다.

웨이브렛 변환 영역에서 기저대역은 원 영상의  
 대부분의 에너지를 갖고 있으므로 복원 영상의 화  
 질에 큰 영향을 미치고, 계층적 움직임 추정의 경우  
 기저 대역에서의 움직임은 다른 고주파 부대역들의  
 기준 움직임이 된다. 그러므로 본 논문에서는 기저  
 대역에서의 정확한 움직임 추정을 위하여 HPAME  
 를 이용하였다.

HPAME는 실제로 물체의 움직임은 반드시 카메  
 라의 샘플링 격자 간격의 정수 배로만 일어나지 않  
 는다는 사실에 근거한다. 즉 현재 프레임과 이전 프  
 레임과의 관계를

$$I_i(x, y) = I_{i-1}(x + d_x, y + d_y) \tag{3}$$

와 같이 나타낼 수 있는데, 여기서 실제 움직임 거  
 리  $d_x$  및  $d_y$ 는

$$d_x = (m_x + v_x)d \tag{4}$$

$$d_y = (m_y + v_y)d \tag{5}$$

와 같이 반드시 샘플링 간격  $d$ 의 정수 배로만 나타  
 나지 않는다. 여기서  $m_x$ 와  $m_y$ 는 움직인 거리의 정  
 수 부분을 나타내고,  $v_x$ 와  $v_y$ 는 움직인 거리의 소수  
 부분을 나타내는 것으로 -0.5에서 0.5 사이의 값을  
 갖는다. 따라서 HPAME에서는 정화소 단위로만 움  
 직임 추정을 행할 때 나타나는 오차를 최소화하기  
 위하여 BMA로 추정된 정화소 단위 움직임 벡터를  
 기준점으로 하여 이전 프레임을 보간하여 이웃 8개  
 의 반화소 단위 탐색점을 만든다. 그리고 기준점이  
 되는 정화소 단위를 포함해서 그 주위 8개의 반화소  
 위치 탐색점에 대하여 움직임 추정 오차가 최소가  
 되는 탐색점의 위치를 최종 움직임 벡터로 찾는다.

기저대역에서 HPAME를 행하므로써 정화소 단위  
 움직임 추정 (full pixel accuracy motion  
 estimation, FPAME)에 비하여 얻을 수 있는 이득  
 을 표 1에 나타내었다. 이 표에서 알 수 있듯이  
 HPAME를 행하므로써 FPAME에 비하여 MSE율  
 약 23% 정도 감소시킬 수 있었다.

표 1. HPAME에 의한 기저대역에서의 MSE 개선량

Sequence	MSE		Improvement (quantity %)
	FPAME	HPAME	
CLAIRE	56.97	43.29	24.01
FOOTBALL	1906.68	1470.17	22.89
TABLE TENNIS	341.43	260.07	23.82

표 2. 고주파 부대역에서의 미소 움직임 추정에 의한  
 MSE 개선량 [%]

Sequence	FPAME	HPAME
CLAIRE	11.04	18.32
FOOTBALL	13.79	30.86
TABLE TENNIS	13.92	24.08

## 2. 고주파 부대역에서의 선별적인 미소 움직임 추정

앞 절에서의 결과로부터 기저 대역에서의 반화소 단위 움직임 추정을 이용한 더욱 정확한 움직임 추정만으로도 움직임 추정 오차를 크게 줄일 수 있음을 확인할 수 있다. 그러나 기저대역에 대하여 HPAME를 행하는 경우에는 움직임 추정 오차의 감소는 기대할 수 있지만, 계산량 및 비트량의 증가가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는, 고주파 부대역들에 대하여 기저대역에서의 움직임 벡터의 특성을 이용하여 선별적으로 미소 움직임 추정을 행하였다.

제안한 선별적 미소 움직임 추정 알고리즘에서는 기저대역의 움직임 벡터가 정화소 단위인 블록들에 대하여는 이에 대응하는 고주파 부대역에서의 블록들에 대하여 미소 움직임 추정을 행하지 않고 반화소 단위로 나타나는 블록에 대하여서만 미소 움직임 추정을 행하였다. 기저 대역에서의 움직임 추정 결과 정화소 단위의 움직임을 갖는 블록들의 움직임은 격자 단위의 움직임이므로 고주파 부대역의 동일 위치 블록들에 대하여 미소 움직임을 갖지 않을 확률이 크다. 반면 기저 대역에서 반화소 단위의 움직임을 갖는 블록들의 움직임은 격자 단위가 아니므로, 기저대역에 비하여 해상도가 높은 고주파 부대역의 동일 위치 블록들에 대하여 미소 움직임을 나타낼 확률이 크다. 이를 살펴보기 위하여 기저 대역에서의 움직임 추정 결과가 정화소 단위인 경우와 반화소 단위인 경우, 이에 대응되는 고주파 부대역에 대하여 미소 움직임 추정을 행함으로써 얻을 수 있는 MSE의 평균 감소량을 표 2에 나타내었다. 이 표에서 기저 대역에서 반화소 단위의 움직임을 갖는 블록들은 고주파 부대역에서의 정재를 통하여 큰 MSE 이득을 얻는데 비하여, 정화소 단위의 움직임을 갖는 블록들에 대해서는 큰 이득을 얻을 수 없음을 확인하였다. 이는 기저 대역에서 정화소 단위의 움직임을 갖는 블록들은 고주파 부대역에서 움직임이 거의 없으므로 미소 움직임 추정을 행하지 않더라도 화질의 열화가 거의 없음을 의미한다.

이를 이용하여 제안한 알고리즘에서는 고주파 부대역의 블록들에 대한 미소 움직임 추정 및 보상에 필요한 계산량과 비트량 및 기저 대역에서의 정확한 움직임 추정으로 인하여 발생한 계산량과 비트량의 감소를 위하여, 기저 대역에서의 움직임이 반

화소 단위로 판명된 블록들에 대응하는 고주파 부대역의 블록들에 대하여서만 선별적으로 미소 움직임을 추정하였다.

이상으로부터 기저 대역에서의 움직임 벡터의 특성을 이용하여 고주파 부대역에서의 블록들에 대하여 선별적으로 미소 움직임을 추정함으로써 움직임 추정 오차의 큰 증가 없이 움직임 추정 및 보상에 필요한 계산량과 비트량을 크게 줄일 수 있음을 기대할 수 있다.

## IV. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 컴퓨터 모의 실험을 행하였다. 본 실험에서는 실험 영상으로 352×288 화소 크기의 CLAIRE 영상과 720×480 화소 크기의 TABLE TENNIS 영상 및 FOOTBALL 영상 각각 50프레임씩을 사용하였다. 웨이브릿 변환은 Antonini 9/7-tab 필터를 사용하여 2계층으로 분할하였고, 움직임 추정을 위한 기저대역에서의 블록의 크기는 4×4 로 하였고, 탐색 영역은 -4~3 으로 하였으며 고주파 부대역에서의 미소 움직임 추정시의 탐색 영역은 -2~1 로 하였다. 움직임 추정에 사용된 정합 척도는 MAD이다. 그리고 제안한 알고리즘의 성능 평가 척도로는 PSNR (peak to peak signal to noise ratio), 비트량 및 움직임 추정에 필요한 계산량을 사용하였다. 여기서 PSNR은

$$PSNR = 10 \log \frac{255^2}{\sigma_e^2} \text{ [dB]} \quad (6)$$

와 같다. 여기서  $\sigma_e^2$ 는 원 영상과 움직임 보상된 영상의 평균 자승 오차를 나타낸다.

기저대역에서 정화소 단위의 움직임 벡터를 갖는 블록의 비율을 표 3에 나타내었다. 제안한 기법에서는 기저대역에서 정화소 단위의 움직임 벡터를 갖는 블록들에 대응되는 고주파 부대역의 블록들에 대하여서는 미소 움직임 추정을 행하지 않으므로, 기저대역에서 정화소 단위의 움직임 벡터를 갖는

표 3. 기저대역에서 정화소 단위 움직임 벡터를 갖는 블록의 비율

Sequences	CLAIRE	FOOTBALL	TABLE TENNIS
Distribution ratio [%]	64.60	54.44	64.04

표 4. 기존의 방법과 제안한 방법의 계산량 비교

Sequence	CLAIRE	FOOTBALL	TABLE TENNIS
MRME	3788928	12916800	12916800
Proposed	2018428	7921573	6938134
Computational quantity reduction [%]	46.73	38.67	46.29

블록의 비율이 클수록 계산량과 비트량의 감소와 복원 영상에 있어서 화질의 열화를 예상할 수 있다. 그리고 기존의 MRME 기법과 제안한 기법의 계산량을 표 4에 나타내었다. 이 표로부터 제안한 기법은 고주파 부대역의 블록들에 대하여 선별적으로 미소 움직임 추정을 행함으로써 기존의 기법에 비하여 실험 영상에 따라 약 38%~46% 정도 계산량의 감소를 확인할 수 있었다.

MRME 기법과 제안한 기법의 비트량과 PSNR을 표 5에 나타내었고, 움직임 보상된 영상을 그림 2, 그림 3, 및 그림 4에 나타내었다. 이 결과로부터 제안한 움직임 추정 기법은 기존의 방법의 42%~50% 정도의 비트량으로도 기존의 방법과 거의 유사한 화질을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다. 이는 움직임 추정 시 필요한 계산량과 비트량의 감소는 고주파 부대역에서 움직임을 갖는 확률이 큰 블록들에 대하여서만 미소 움직임 추정을 행하므로써 얻을 수 있었고, 이러한 선별적인 미소 움직임 추정으로 인하여 발생될 수 있는 화질의 열화는 기저대역에서 정확한 움직임 추정에 의하여 보상될 수 있음을 의미한다. CLAIRE 영상이나 FOOTBALL 영상의 경우는 고주파 부대역에서의 선별적인 움직임 추정으로 인한 현저한 비트량의 감소에도 불구하고 기저대역에서의 정확한 움직임 추정으로 인하여 오히려 화질의 향상을 확인할 수 있다. 그러나 TABLE TENNIS 영상에 대하여서는 약간의 PSNR 감소를 확인할 수 있다. 이 영상의 배경은 잡음과 비슷한 특성을 나타내므로 이러한 영상에 대하여 웨이브릿 분해를 행할 경우, 배경에 해당되는 부분은 전 주파수 대역에 대하여 성분값을 갖지 않고 고주파 부대역에 대하여서만 성분값을 갖는다. 이러한 경우 큰 성분값을 갖는 고주파 부대역에 대응하는 기저대역의 블록이 정확소 단위의 움직임 벡터를 갖게 되면 고주파 부대역에서 미소 움직임을 추정하지 않으므로 PSNR이 조금 감소하였다. 그

표 5. 기존의 방법과 제안한 기법의 비트율과 PSNR

Sequence		CLAIRE	FOOTBALL	TABLE TENNIS
Bit rate [bpp]	MRME	0.1172	0.1172	0.1172
	Proposed	0.0591	0.0682	0.0596
Bit rate reduction [%]		49.53	41.74	49.10
PSNR [dB]	MRME	39.86	23.58	26.27
	Proposed	39.89	23.73	25.81



그림 2. (a) 기존의 방법 및 (b) 제안한 방법에 의해 움직임 보상된 CLAIRE 영상

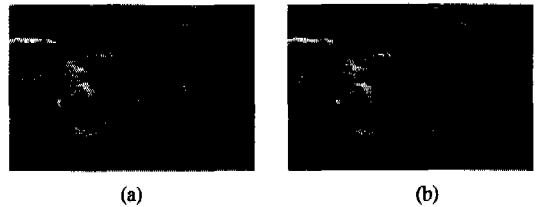


그림 3. (a) 기존의 방법 및 (b) 제안한 방법에 의해 움직임 보상된 FOOTBALL 영상

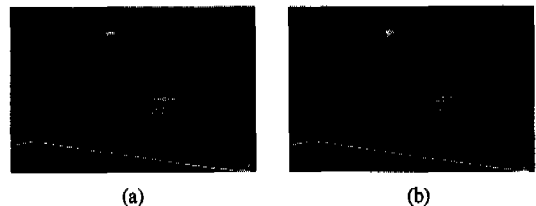


그림 4. (a) 기존의 방법 및 (b) 제안한 방법에 의해 움직임 보상된 TABLE TENNIS 영상

러나 시각적으로 큰 화질의 열화는 확인할 수 없었다. 이상의 결과로부터 제안한 고주파 부대역에서의 선별적인 움직임 추정 기법은 기존의 방법에 비하여 거의 비슷한 성능을 유지하면서도 40% 정도의 계산량과 50% 정도의 비트량을 감소시킬 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 기저대역에서의 반화소 단위 움직임 추정과 움직임 벡터의 특성을 이용한 선별적인



