

論文 2002-39SP-2-10

블록 분류와 반화소 단위 움직임 추정을 이용한 웨이브릿 변환 영역에서의 계층적 고속 움직임 추정 방법

(Fast Multiresolution Motion Estimation in Wavelet Transform Domain Using Block Classification and HPAME)

權成根*, 李錫煥*, 潘聲元*, 李健一*

(Seong-Geun Kwon, Suk-Hwan Lee, Seong-Won Ban, and Kuhn-Il Lee)

요약

반화소 단위 움직임 추정(half pixel accuracy motion estimation, HPAME)과 블록 분류(block classification)를 이용한 계층적 고속 움직임 추정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 기존의 MRME(multi-resolution motion estimation) 알고리즘보다 우수한 화질을 유지하면서 계산량 및 비트량을 크게 줄일 수 있는 장점을 갖는다. 제안한 알고리즘에서는 다해상도 영상에 대한 움직임 추정 시 고주파 부대역의 움직임 추정에 기준 움직임으로 사용되는 기저대역의 움직임 벡터를 정확하게 추정하기 위하여 HPAME을 행한다. 그리고 고주파 부대역에서는 기저대역에서의 HPAME로 인한 계산량 및 비트량의 증가를 보상하기 위하여 움직임 추정이 필요한 블록들에 대하여서만 선별적으로 미소 움직임을 추정한다. 이때 고주파 부대역에서의 미소 움직임 추정의 수행 여부는 대응되는 기저대역 블록의 움직임 벡터 특성과 블록 분류에 따른 클래스 정보를 이용하여 결정한다. 제안한 알고리즘의 성능은 컴퓨터 모의 실험 결과로부터 확인하였다.

Abstract

In this paper, we proposed a fast multi-resolution motion estimation(MRME) algorithm. This algorithm exploits the half-pixel accuracy motion estimation(HPAME) for exact motion vectors in the baseband and block classification for the reduction of bit amounts and computational loads. Generally, as the motion vector in the baseband are used as initial motion vector in the high frequency subbands, it has crucial effect on quality of the motion compensated image. For this reason, we exploit HPAME in the motion estimation for the baseband. But HPAME requires additional bit and computational loads so that we use block classification for the selective motion estimation in the high frequency subbands to compensate these problems. In result, we could reduce the bit rate and computational load at the similar image quality with conventional MRME. The superiority of the proposed algorithm was confirmed by the computer simulation.

Key Word : MR, ME, HPAME, Wavelet transform, Motion estimation.

* 正會員, 慶北大學校 電子電氣컴퓨터學部
(School of Electronic and Electrical Engineering,
Kyungpook National University)
接受日字:2001年8月21日, 수정완료일:2001年11月26日

I. 서론

움직임 추정 및 보상은 동영상에 존재하는 시간적인 중복성(temporal redundancy)을 제거함으로써 높은 압축률을 얻는데 핵심적인 역할을 담당하고 있으며, 동영상

상 압축 표준인 H.261,^[1] H.263,^[2] 및 MPEG^[3-4] 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 탐색 영역에서 정합 척도가 최적인 블록을 찾는다. BMA는 알고리즘이 간단하여 하드웨어 구현이 용이하고 빠른 수행 속도를 갖지만, 대상 영상의 움직임에 대하여 적절한 탐색 영역과 블록의 크기를 결정하기 어렵고, 일정한 크기의 블록 단위로 움직임을 추정하기 때문에 구획화 현상(blocking effect)이 발생하는 단점을 갖는다.^[5] 이러한 단점을 제거하기 위하여 이산 웨이브릿 변환(discrete wavelet transform, DWT)을 통하여 다해상도로 분해된 공간 주파수 영역에서 계층적으로 움직임 추정 및 보상을 행하는 방법들이 연구되고 있다.^[5-11]

1992년 Zhang 등^[5]은 다해상도 영상에서 각 부대역 간에 존재하는 움직임 상관성을 이용하여 계층적으로 움직임 추정을 행하는 MRME를 제안하였다. 이 방법에서는 먼저, 기저대역에 대하여 BMA를 이용하여 움직임을 추정한 후, 고주파 부대역의 블록들에 대하여 기저대역에서의 움직임을 기준으로 미소 움직임 추정, 즉 정제(refinement)를 행한다. 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. 1996년 Chung 등^[9]이 제안한 알고리즘은 웨이브릿 변환 시 발생하는 각 레벨의 기저대역을 메모리에 저장한 다음 최상위 레벨의 기저대역에 대하여 움직임을 추정한 후, 이를 바탕으로 최하위 레벨까지의 기저대역에 대하여 움직임을 추정한다. 또한 최하위 레벨의 고주파 부대역들의 움직임은 동일 레벨에 속한 기저대역의 움직임을 기준으로 추정한다. 따라서 이 알고리즘은 과도한 계산량과 비트량이 필요하다. 1997년 Wei 등^[10]과 1999년 Zhao 등^[11]이 제안한 알고리즘은 MRME 알고리즘에 필요한 과도한 비트량과 계산량의 감소를 위하여 이전 프레임의 블록과 현재 프레임의 동일 위치 블록의 차이를 문턱값과 비교하여 움직임을 가질 것으로 판단되는 블록들에 대하여서만 움직임을 추정한다. 하지만 이러한 알고리즘은 움직임을 갖는 블록의 판단 근거가 불명확하여 PSNR의 열화가 발생한다

이러한 MRME에서는 움직임을 계층적으로 추정하기

때문에 부드러운 움직임 벡터장을 만들 수 있으며, 웨이브릿 역 변환을 통하여 BMA의 단점인 구획화 현상을 제거할 수 있다. 그러나 MRME에서는 기저대역에서의 전역 움직임을 기초로 하여 고주파 부대역에서의 미소 움직임을 추정하기 때문에, 기저대역에서의 움직임 추정이 부정확할 경우 고주파 부대역에서의 움직임 추정도 부정확하게 된다. 또한 기저대역은 원 영상 에너지의 대부분을 갖고 있으므로 기저대역에서의 움직임 추정의 정확성은 복원 영상의 화질에 큰 영향을 미친다. 그리고 MRME는 원 영상의 동일 공간 위치에 있는 모든 고주파 부대역의 블록들에 대하여 움직임 추정을 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 알고리즘이 필요하다.

본 논문에서는 HPAME와 블록 분류를 이용한 계층적 고속 움직임 추정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 고주파 부대역의 움직임 추정에 기준 움직임으로 사용되는 기저대역의 움직임을 정확하게 추정하기 위하여 HPAME를 행한다. 고주파 부대역에서는 기저대역에서의 HPAME로 인한 계산량과 비트량의 증가를 보상하기 위하여 미소 움직임 추정이 필요한 블록들에 대하여서만 선별적으로 움직임을 추정한다. 이때, 미소 움직임 추정의 수행 여부는 기저대역에서의 움직임 벡터의 특성 및 기저대역 블록의 클래스 정보를 이용하여 결정한다. 즉 반화소 단위의 움직임 벡터를 갖는 기저대역의 블록들을 이들에 대응되는 고주파 부대역의 계수값에 따라 네 개의 클래스로 분류한 후, 이 클래스 정보를 기반으로 하여 고주파 부대역들의 블록들 중 큰 에너지를 갖는 블록들에 대하여서만 미소 움직임을 추정한다. 이는 기저대역에서 반화소 단위의 움직임 벡터를 갖는 블록들은 샘플링 격자 간격의 정수배로 움직이지 않기 때문에, 기저대역의 정수배 해상도를 갖는 고주파 부대역에서 미소 움직임을 가질 확률이 크다는 것에 근거한다. 따라서 기저대역에서 반화소 단위의 움직임 벡터를 갖는 블록에 대응되는 고주파 부대역들의 블록들 중 계수값이 큰 블록들에 대하여서만 미소 움직임을 추정한다. 제안한 움직임 추정 알고리즘에서는 미소 움직임 추정이 필요한 고주파 부대역의 블록들에 대하여서만 미소 움직임을 추정함으로써 계산량과 비트량의 감소를 기대할 수 있다.

제안한 고속 움직임 추정 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 다양한 영상에 대하여 컴퓨터 모의 실험을 행한 결과, 제안한 움직임 추정 알고리즘은 기존의 알고리즘보다 동일하거나 우수한 화질을 유지하면서도 계산량과 비트량을 현저히 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

II. 기존의 다해상도 움직임 추정 기법

기존의 웨이브릿 변환 영역에서의 계층적 움직임 추정 알고리즘은 부대역 분할된 영상에서 서로 다른 부대역간의 움직임은 매우 높은 상관성을 갖는 특성을 이용한다. 대표적인 웨이브릿 변환 영역에서의 움직임 추정 방법은 Zhang 등^[5]이 제안한 MRME로서, 이 방법은 기저대역에서 추정된 움직임을 나머지 고주파 부대역들의 기준 움직임으로 이용하여 미소 움직임을 추정하는 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 움직임을 추정한다.

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, 기저대역에서 추정된 움직임 벡터를 2^{M-m} 배하여 이를 기준 움직임으로 이용하여 미소 움직임을 추정한다. 이때 m 은 각 부대역이 속한 계층이다.

MRME 과정을 그림으로 나타내면 그림 1에서와 같다. 먼저 기저대역을 $p \times p$ 화소 크기의 블록으로 분할하고 BMA를 이용하여 움직임을 추정한다. 그리고 기

저대역과 같은 계층의 고주파 부대역들의 움직임은 기저대역에서 추정된 움직임 벡터를 중심으로 주위의 작은 탐색영역에 대하여 추정한다. 이 과정을 정제라고 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 증가한 후, 그 증가된 움직임 벡터의 움직임 공간 근처에서 미소 움직임을 추정함으로써 행하여진다. 이를 수식으로 나타내면

$$V_{m,n}(k,l) = V_1(k,l) \cdot 2^{M-m} + \Delta_{m,n}(k,l) \quad (1)$$

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

와 같다. 여기서 m 및 n 은 각각 계층과 방향성을 나타내는 변수, (k,l) 은 현재 블록의 위치 좌표, $V_1(k,l)$ 은 기저대역에서의 (k,l) 위치 블록의 움직임 벡터, $V_{m,n}(k,l)$ 은 각 고주파 부대역에 대한 (k,l) 위치 블록의 움직임 벡터, 그리고 $\Delta_{m,n}(k,l)$ 은 미소 움직임을 나타낸다. 미소 움직임을 수식으로 나타내면

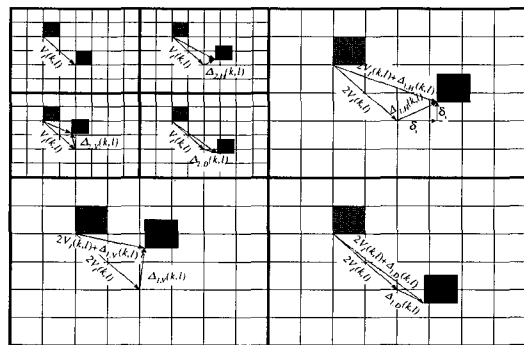


그림 1. 기존의 다해상도 움직임 추정
Fig. 1. The conventional multiresolution motion estimation.

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

와 같다. 여기서 x 및 y 는 초기 움직임 벡터, X 및 Y 는 현재 정합 블록의 크기, Ω 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 부대역간에 존재하는 움직임의 상관 관계를 이용하여 저해상도 계층에서 전역 움직임을 추정한 후, 이를 이용하여 고휘상도 계층에서 국부 움직임을 추정한다. 이러한 MRME는 계층적으로 움직임을 추정하기 때문에 부드러운 움직임 벡터장을 만들 수 있으며, 각 부대역에서 BMA를 이용하여 움직임을 추정하지만 웨이브릿 역 변환을 통하여 BMA의 단점인 구획화 현상을 제거할 수 있다. 그러나 MRME는 전역 움직임을 기초로 하여 국부 움직임을 추정하기 때문에 기저대역에서의 움직임이 부정확하게 추정될 경우 고주파 부대역에서의 움직임의 정확도는 현저히 떨어지게 된다. 또한 원 영상에서 동일한 공간 위치에 있는 모든 부대역의 블록들에 대하여 움직임 추정을 행하므로 시간 영역에서 움직임을 추정하는 것보다 많은 계산량과 비트량이 필요하게 된다. 그러므로 기저대역에서 더욱 정확한 움직임 추정 성능을 나타내고, 고주파 부대역에서의 미소 움직임 추정에 필요한 계산량과 비트량을 줄일 수 있는 새로운 움직임 추정 알고리즘이 필요하다.

III. 제안한 선별적인 계층적 움직임 추정 알고리즘

본 논문에서는 기저대역에서의 정확한 움직임 추정 및 고주파 부대역에서의 선별적인 미소 움직임 추정을 통하여, 우수한 움직임 추정 성능을 나타내면서 움직임 추정에 필요한 계산량과 비트량을 줄일 수 있는 고속 움직임 추정 알고리즘을 제안하였다. 기저대역은 원 영상 에너지의 대부분을 갖고 있으므로 이에 대한 움직임 추정의 정확성은 복원 영상의 화질에 큰 영향을 미친다. 또한 기저대역에서 추정된 움직임 벡터는 동일 공간 위치의 고주파 부대역 블록들의 기준 움직임으로 사용되므로, 제안한 움직임 추정 알고리즘에서는 기저대역에서 정확한 움직임 추정을 위하여 HPAME를 행한다. 그리고 이로 인하여 발생하는 계산량과 비트량의 증가를 보상하기 위하여, 기저대역에서 구한 움직임 벡터의 특성 및 기저대역 블록의 분류를 이용하여 미소 움직임 추정이 필요한 고주파 부대역의 블록들에 대하여서만

선별적으로 움직임을 추정한다. 즉 기저대역에서 반화소 단위의 움직임 벡터를 갖는 블록들은 샘플링 격자 간격의 정수배의 움직임을 갖지 않기 때문에, 고주파 부대역에서 이에 대응되는 블록들은 미소 움직임을 가질 확률이 크다. 또한 고주파 부대역에서 작은 계수값을 갖는 블록들은 복원 영상의 화질에 거의 영향을 미치지 않는다. 따라서 제안한 알고리즘에서는 기저대역에서 반화소 단위의 움직임 벡터를 갖는 블록들을, 고주파 부대역에서 대응되는 블록들의 계수값에 따라 네개의 클래스로 분류한다. 그리고 기저대역에서 반화소 단위 움직임 벡터를 갖는 블록들의 클래스 정보를 이용하여 고주파 부대역에서 이들에 대응되는 계수값이 큰 블록들에 대하여서만 미소 움직임을 추정한다.

1. 기저대역에서의 움직임 추정

실제 동영상에서 물체의 움직임은 반드시 샘플링 격자 간격의 정수배로만 일어나는 것이 아니므로 더욱 정확한 움직임 추정 및 보상을 위하여 HPAME가 사용되고 있다.^[12-14] Girod^[12]는 TV 신호 및 비디오 폰 신호에 대하여 HPAME로 충분한 성능을 얻을 수 있음을 확인하였고, MPEG-2 TM^[13-14]에서는 정확한 움직임 추정을 위하여 HPAME를 사용하고 있다. 따라서 정확한 움직임 추정이 필요한 기저대역에 대하여 HPAME를 이용한다.

HPAME는 실제로 물체의 움직임은 반드시 카메라의 샘플링 격자 간격의 정수배로만 일어나지 않는다는 사실에 근거한다. 즉 현재 프레임과 이전 프레임과의 관계를

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

와 같이 나타낼 수 있는데, 여기서 실제 움직인 거리 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 정수배로만 나타나지 않는다. 여기서 m_x 와 m_y 는 움직인 거리의 정수 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 움직임 추정을 행할 때 나타나는 오차를 최소화하기 위하여 BMA로 추정된 정화소 단위 움직임 벡터를 기준 점으로 설정

하여 이전 프레임을 보간하여 이웃 8개의 반화소 단위 탐색점을 만든다. 그리고 기준점이 되는 정화소 단위의 탐색점을 포함하여 그 주위 8개의 반화소 위치 탐색점에 대하여 움직임 추정 오차가 최소가 되는 탐색점의 위치를 최종 움직임 벡터로 찾는다.

기저대역에서 HPAME를 행함으로써 정화소 단위 움직임 추정(full pixel accuracy motion estimation, FPAME)에 비하여 얻을 수 있는 이득을 CLAIRE, FOOTBALL, 및 SUSIE 영상에 대하여 나타내면 표 1에서와 같다. 이 표에서 알 수 있듯이 HPAME를 행함으로써 FPAME에 비하여 MSE를 약 22~31% 정도 감소시킬 수 있었다.

2. 고주파 부대역에서의 움직임 추정

앞 절에서의 결과로부터 기저대역에서의 HPAME에 의한 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 발생된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 제안한 알고리즘에서는 고주파 부대역들에 대하여 기저대역에서의 블록 분류 정보와 움직임 벡터의 특성을 이용하여 선별적으로 미소 움직임을 추정한다.

표 1. HPAME에 의한 기저대역에서의 MSE 개선량

Table 1. The improvement quantity of MSE by HPAME in baseband.

Sequences	MSE		Improvement quantity, %
	FPAME	HPAME	
CLAIRE	56.97	43.29	24.01
FOOTBALL	1906.68	1470.17	22.89
SUSIE	154.74	105.70	31.69

2.1 블록 분류

기저대역의 블록들을 고주파 부대역에서 대응되는 계수값들에 따라 네 개의 클래스로 분류한다. 기저대역과 동일한 해상도를 갖는 수평 및 수직 고주파 부대역의 동일 위치 블록내의 계수 $c_i(m, n)$ 의 절대값의 합인 S_i^H 및 S_i^V 을 이용하여, 기저대역의 i 번째 블록을 평탄 블록(monotone block), 수평 에지 블록(horizontal edge block), 수직 에지 블록(vertical edge block), 및

복잡한 에지 블록(mixed edge block)으로 분류한다. 이를 의사 코드(pseudo code)로 나타내면

```

IF(  $S_i^H < TH_{H1}$  &  $S_i^V < TH_{V1}$  )
    Class = Monotone block
ELSE IF(  $TH_{H1} < S_i^H < TH_{H2}$  &  $TH_{V1} < S_i^V < TH_{V2}$ 
    &  $S_i^H > 3 \times S_i^V$  )
    Class = Horizontal edge block
ELSE IF(  $TH_{H1} < S_i^H < TH_{H2}$  &  $TH_{V1} < S_i^V < TH_{V2}$ 
    &  $S_i^V > 3 \times S_i^H$  )
    Class = Vertical edge block
ELSE
    Class = Mixed edge block
    
```

와 같다. 여기서 TH_{H1} 및 TH_{V1} 는 모든 블록에 대한 S_i^H 및 S_i^V 평균의 0.25배로, TH_{H2} 및 TH_{V2} 는 0.5배로 각각 실험적으로 설정하였다.

제안한 방법에서의 클래스에 정보에 따르면 평탄한 블록들은 모든 고주파 부대역에서 작은 계수값을 가지므로 복원 영상의 화질에 큰 영향을 미치지 않는다. 따라서 평탄한 블록으로 판명된 기저대역의 블록들에 대

표 2. 고주파 부대역에서의 정제에 의한 MSE 개선량

Table 2. The improvement quantity of MSE by using refinement.

Sequences	Blocks with FPAME	Blocks with HPAME
CLAIRE	1.11	3.37
FOOTBALL	68.31	182.62
SUSIE	8.86	13.64

표 3. 반화소 단위의 블록들과 모든 블록들을 정제한 경우의 MSE

Table 3. MSE by refinement of half pixel accuracy blocks and all blocks.

Sequences	All blocks	Blocks with HPAME
CLAIRE	7.05	7.69
FOOTBALL	245.97	266.66
SUSIE	20.09	22.46

응되는 고주파 부대역에서의 모든 블록들에 대하여서는 미소 움직임을 추정하지 않는다. 그리고 수평 및 수직 에지 블록으로 판명된 기저대역의 블록들은 수평 및 수직 성분을 나타내는 고주파 부대역의 대응되는 블록들에 대하여서만 큰 계수값을 가지므로 이들에 대하여서만 미소 움직임을 추정한다. 또한 복잡한 에지 블록으로 판명된 블록은 모든 고주파 부대역에서 큰 계수값을 가지므로 모든 고주파 부대역에 대하여 미소 움직임을 추정한다.

2.2 움직임 벡터의 특성과 블록 분류를 이용한 미소 움직임 추정

기저대역의 움직임 벡터가 정화소 단위인 블록들에 대하여서는 이에 대응하는 고주파 부대역에서의 블록들에 대하여 미소 움직임을 추정하지 않고, 반화소 단위로 나타나는 블록에 대하여서만 미소 움직임을 추정한다. 기저대역에서의 움직임 추정 결과 정화소 단위의 움직임을 갖는 블록들의 움직임은 격자 단위의 움직임이므로 고주파 부대역의 동일 위치 블록들에 대하여 미소 움직임을 갖지 않음 확률이 크다. 반면 기저대역에서 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 기저대역에서의 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 II에 나타내었다. 이 표에서 기저대역에서 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.

또한 고주파 부대역의 모든 블록들에 대하여 미소 움직임 추정을 행한 경우의 MSE와 반화소 단위의 움직임 벡터를 갖는 기저대역의 블록들에 대응되는 고주파 부대역의 블록들에 대해서만 미소 움직임을 추정했을 경우의 MSE를 표 III에 나타내었다. 이 표로부터 기저대역에서 정화소 단위의 움직임 벡터를 갖는 블록들에 대하여서는 고주파 부대역에서 미소 움직임을 추정하지 않더라도 화질의 열화가 거의 없는 것을 볼 수 있다. 이는 기저대역에서 정화소 단위의 움직임을 갖는 블록들은 고주파 부대역에서 움직임이 거의 없으

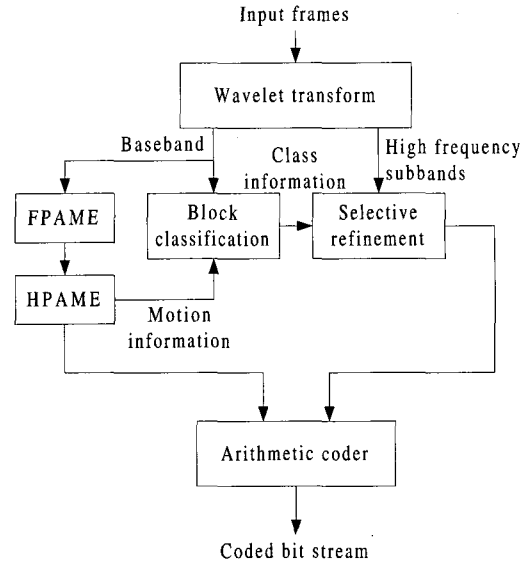


그림 2. 제안한 알고리즘의 흐름도

Fig. 2. Flow chart of the proposed algorithm.

므로 미소 움직임 추정을 행하지 않더라도 화질의 열화가 거의 없음을 의미한다.

따라서 제안한 고속 움직임 추정 알고리즘에서는 반화소 단위의 움직임을 갖는 기저대역의 블록들을 네 가지의 클래스로 분류한 후, 이 클래스 정보를 이용하여 고주파 부대역에서의 블록들에 대하여 선별적으로 움직임을 추정한다. 즉 평탄 블록 클래스에 속한 블록들 중 반화소 단위의 움직임을 갖는 블록들에 대응되는 고주파 부대역의 블록들에 대하여서는 움직임을 추정하지 않는다. 그리고 수평 및 수직 에지 블록 클래스에 속한 블록들에 대응되는 고주파 부대역에서의 블록들 중 수평 및 수직 성분을 나타내는 블록들에 대하여서만 움직임을 추정하고, 복잡한 블록 클래스에 속한 블록에 대응되는 모든 고주파 부대역의 블록들에 대하여 움직임을 추정한다. 이를 그림으로 나타내면 그림 2에서와 같다.

제안한 움직임 추정 알고리즘에서는 반화소 단위의 움직임을 갖는 기저대역의 블록들을 네 개의 클래스로 분류한 후, 각 클래스 정보에 따라 고주파 부대역에서 선별적으로 움직임을 추정한다. 따라서 기저대역에서 HPAME로 인하여 발생한 계산량 및 비트량의 증가를 보상할 수 있다.

이상으로부터 기저대역에서의 정확한 움직임 추정을 위하여 HPAME를 사용하고, 고주파부대역에서는 기저대역의 움직임 벡터 특성 및 블록 분류를 이용하여 선

별적으로 미소 움직임을 추정함으로써 우수한 화질을 유지하면서 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 및 SUSIE 영상 각각 50프레임씩을 사용하였다. 웨이브릿 변환은 Antonini 9/7-tab 필터를 사용하여 2계층으로 분할하였고, 움직임 추정을 위한 기저대역에서의 블록의 크기는 4×4로 하였고, 탐색 영역은 -4~3으로 하였으며 고주파 부대역에서의 미소 움직임 추정시의 탐색 영역은 -2~1로 하였다. 움직임 추정에 사용된 정합 척도는 MAD이다. 그리고 제안한 알고리즘의 성능 평가 척도로는 PSNR (peak to peak signal to noise ratio), 비트량 및 계산량을 사용하였다. 여기서 PSNR은

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

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

기저대역에서 정화소 단위의 움직임 벡터를 갖는 블록의 비율을 표 IV에 나타내었다. 기저대역에서 정화소 단위의 움직임 벡터를 갖는 블록들에 대응되는 고주파 부대역의 블록들에 대하여서는 미소 움직임을 추정하지 않으므로, 정화소 단위의 움직임 벡터를 갖는 블록의 비율이 클수록 계산량과 비트량의 감소 및 복원 영상의 화질 열화를 예상할 수 있다. 그리고 기존의 MRME 기법과 제안한 기법의 계산량을 표 V에 나타내었다. 이 표에 나타난 계산량의 단위는 블록 정합과 반화소 단위의 탐색점 생성을 위한 보간에 필요한 빼기 및 더하기 연산이다. 이 표로부터 제안한 기법은 고주파 부대역의 블록들에 대하여 선별적으로 미소 움직임을 추정함으로써 기존의 기법에 비하여 실험 영상에 따라 약 34%~55% 정도 계산량의 감소를 확인할 수 있었다.

MRME 기법과 제안한 기법의 비트량과 PSNR을 표 VI에 나타내었고, 움직임 보상된 영상을 그림 3, 그림 4, 및 그림 5에 나타내었다. 이 결과로부터 제안한 움직

표 4. 기저대역에서 정화소 단위 움직임 벡터를 갖는 블록의 비율

Table 4. The ratio of blocks which have the motion vector of full pixel position in the baseband.

Sequences	CLAIRE	FOOTBALL	SUSIE
Distribution ratio	64.60 %	54.44 %	47.05 %

표 5. 기존의 방법과 제안한 방법의 계산량 비교

Table 5. Comparison of the computational quantity of MRME method and the proposed method.

Sequences		CLAIRE	FOOTBALL	SUSIE
Computational quantity	MRME	3788928	12916800	12916800
	Proposed	1668625	7427396	8398755
Computational quantity reduction		55.96 %	42.49 %	34.98 %

표 6. 기존의 방법과 제안한 기법의 비트율과 PSNR

Table 6. The bit rate and PSNR of MRME method and the proposed method.

Sequences		CLAIRE	FOOTBALL	SUSIE
Bit rate [bpp]	MRME	0.1172	0.1172	0.1172
	Proposed	0.0508	0.0679	0.0777
Bit rate reduction		49.53 %	41.74 %	33.70 %
PSNR [dB]	MRME	39.86	23.58	34.39
	Proposed	39.85	23.64	34.53

임 추정 기법은 기존의 방법에 비하여 33%~39% 정도의 비트량을 감소함에도 기존의 방법과 동일하거나 우수한 화질을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다. 특히 FOOTBALL 영상의 경우 운동선수의 등 번호 및 이름과 SUSIE 영상의 입 및 코 부분에서 제안한 방법이 우수한 화질을 나타냄을 알 수 있다. 이는 움직임 추정 시 필요한 계산량과 비트량의 감소는 고주파 부대역에서 움직임을 가질 확률이 큰 블록들과 에너지가 큰 블록들에 대하여서만 미소 움직임을 추정함으로써 얻을 수 있었고, 이러한 선별적인 미소 움직임 추정으로 인하여

발생될 수 있는 화질의 열화는 기저대역에서 정확한 움직임 추정에 의하여 보상될 수 있음을 의미한다.

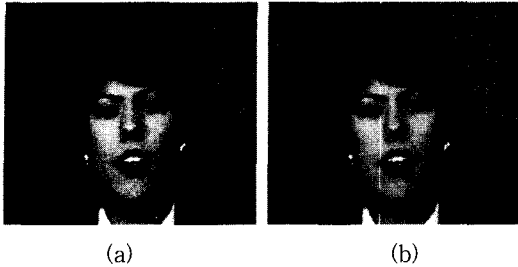


그림 3. (a) 제안한 방법 및 (b) 기존의 방법에 의해 움직임 보상된 CLAIRES 영상
 Fig. 3. The motion compensated CLAIRES image by (a) proposed and (b) MRME method.

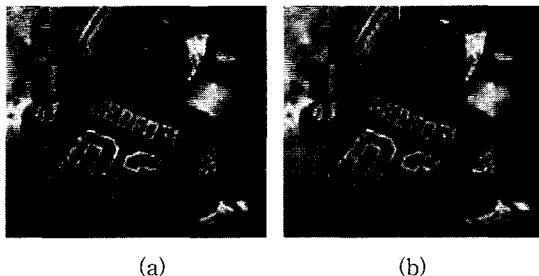


그림 4. (a) 제안한 방법 및 (b) 기존의 방법에 의해 움직임 보상된 FOOTBALL 영상
 Fig. 5. The motion compensated FOOTBALL image by (a) proposed and (b) MRME method.

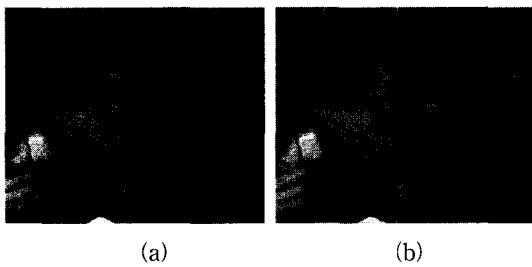


그림 5. (a) 제안한 방법 및 (b) 기존의 방법에 의해 움직임 보상된 SUSIE 영상
 Fig. 5. The motion compensated SUSIE image by (a) proposed and (b) MRME method.

이상의 결과로부터 제안한 고속 움직임 추정 알고리즘은 기존의 알고리즘에 비하여 우수한 성능을 유지하면서도 현저한 계산량과 비트량의 감소를 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 HPAME와 블록 분류를 이용한 계층적 고속 움직임 추정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘에서는 고주파 부대역의 움직임 추정에 기준 움직임으로 사용되는 기저대역의 움직임을 정확하게 추정하기 위하여 HPAME를 행한다. 고주파 부대역에서는 기저대역에서의 HPAME로 인한 계산량과 비트량의 증가를 보상하기 위하여 미소 움직임 추정이 필요한 블록들에 대하여서만 선별적으로 움직임을 추정한다. 이때, 미소 움직임 추정의 수행 여부는 기저대역에서의 움직임 벡터의 특성 및 기저대역 블록의 클래스 정보를 이용하여 결정된다. 제안한 움직임 추정 알고리즘에서는 미소 움직임 추정이 필요한 고주파 부대역의 블록들에 대하여서만 미소 움직임을 추정함으로써 계산량과 비트량의 감소를 기대할 수 있다. 이러한 고주파 부대역에서의 선별적인 움직임 추정으로 인하여 발생될 수 있는 화질의 열화는 기저대역에서의 반화소 단위 움직임 추정으로 보상될 수 있음을 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

모의 실험 결과로부터 제안한 방법은 기존의 방법보다 거의 비슷하거나 향상된 화질에서 계산량을 34%~55%, 비트량을 33%~49% 정도로 현저히 감소시킬 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-T Recommendation H.261, "Video codec for audiovisual services at p×64 kbits/s."
- [2] ITU-T Recommendation H.263, "Video coding for low bit rate communication."
- [3] ISO/IEC 11172-2, "Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbits/s: Video."
- [4] ISO/IEC 13818-2, "Information technology - generic coding of moving pictures and associated audio information : Video."
- [5] Y. Zhang and S. Zafar, "Motion compensated wavelet transform coding for color video compression," IEEE Trans. on Circuit and System for Video Technology, vol. 2, no. 3, pp. 285~

- 296, Sep. 1992.
- [6] J. H. Jeon and J. K. Kim, "On the hierarchical edge-based block motion estimation for video subband coding at low bit rates," SPIE Conf. on Visual Comm. and Image Processing, vol. 2094, pp. 337~343, Nov. 1993.
- [7] K. H. Goh, J. J. Soraghan, and T. S. Durrani, "Multiresolution based algorithms for low bit-rate image coding," Proc. IEEE International Conference on Image Processing, Austin Texas, pp. 285~289, Nov. 1994.
- [8] S. Panchanathan, E. Chan, and X. Wang, "Fast multiresolution motion estimation scheme for a wavelet transform video coder," SPIE Conf. on Visual Comm. and Image Processing, vol. 2308, pp. 671~681, Sep. 1994.
- [9] M. S. Chung, S. Kang, J. H. Choi, and H. S. Kwak, "New multiresolution motion estimation for wavelet transform video coding," IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems, pp. 10-13, 1996.
- [10] J. Wei and Z. Li, "An enhancement to MRMC scheme in video compression," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 7, pp. 564~568, June 1997.
- [11] T. Zhao and T. Ohtsuki, "A fast MRME scheme for video compression based on coefficients masking in the wavelet domain," Proceedings of the IEEE Region 10, vol. 1, pp. 127~130, 1999.
- [12] B. Girod, "Motion-compensating prediction with fractional-pel accuracy," IEEE Trans. on Comm., vol. 41, no. 4, pp. 604~612, Apr. 1993.
- [13] Motion Picture Exports Group, "MPEG test model 5 draft revision 2," ISO-IEC JTC1/SC29/WG11/602, Nov. 1993.
- [14] Motion Picture Exports Group, "MPEG test model 5 draft revision 2," Doc. ISO-IEC JTC1/SC29/WG11/N0400, Apr. 1993.

 저 자 소 개

權 成 根(正會員) 第37卷 SP編 第3號 參照

潘 聲 元(正會員) 第33卷 B編 第8號 參照

李 錫 煥(正會員) 第38卷 SP編 第4號 參照

李 健 一(正會員) 第34卷 S編 第9號 參照