

논문 2004-41SP-3-3

# 저대역 이동법과 다해상도 움직임 추정을 이용한 웨이블릿 동영상 부호화

## (Wavelet Video Coding Using Low-Band-Shift Method and Multiresolution Motion Estimation)

박 영 덕\*, 서 석 용\*\*, 고 형 화\*\*

(Young-Duck Park, Seok-Yong Seo, and Hyung-Hwa Ko)

### 요 약

본 논문에서는 저대역 이동법과 다해상도 움직임 추정을 이용한 웨이블릿 동영상 부호화를 제안하였다. 저대역 이동법은 웨이블릿 계수들의 이동-변환 성질을 극복하기 위하여 제안된 방법이다. 이 방법은 일반적인 방법보다 압축대비 화질면에서 우수한 성능을 가지지만, 단점으로 메모리와 계산량이 일반적인 방법에 비해 많아지게 된다. 따라서 기존의 저대역 이동법을 이용한 동영상 부호화에서 계산량을 줄이기 위해 다해상도 움직임 추정의 개념을 도입하였다. 다해상도 움직임 추정만을 적용하여 부호화시 움직임 벡터가 각 부대역마다 존재하게 되므로 움직임 벡터의 개수가 7배 늘어나게 되지만, 저대역 이동법의 특성을 이용하면 늘어나는 움직임 벡터의 개수를 줄일 수 있다. 제안한 방법은 기존의 방법보다 움직임 벡터의 부호화량이 줄어들거나, 더 세밀한 움직임 추정을 할 수 있게 되어 움직임 보상 예측 오차의 부호화량이 줄어들게 됨으로써 부호화 효율이 기존의 방법보다 좋아지게 된다. 또한 상위 해상도의 움직임 추정의 범위를 줄임으로써 계산량을 줄이게 되어 3단계 웨이블릿 변환시 기존의 LBS방법의 12.1%의 계산량으로 움직임 추정을 한다. 모의 실험 결과, 제안한 방식은 압축을 하지 않았을 경우 평균 MAD면에서 약 0.2~9.7% 가량 개선되었고, 압축을 할 때 동일한 비트율에서 PSNR이 약 0.1~2.0dB 정도 개선되었다.

### Abstract

In this paper, the wavelet video coding using Low-Band-Shift(LBS) method and multiresolution motion estimation(MRME) is proposed. To overcome shift-variant property on wavelet coefficients, the LBS was proposed. LBS method previously has superior performance in terms of rate-distortion characteristic. However, this method needs more memory and computational complexity. Therefore to reduce computational complexity of video coding using LBS, we combine MRME with LBS. When MRME is applied only, it has 7 times as much as existing method's motion vector because each subband has different motion vector using property of LBS, number of motion vector decreases. Proposed method decreases motion vector, and it decreases motion compensated prediction error by detailed motion estimation. And then it shows better coding performance. Also this method reduces computational amount by smaller search area in higher resolution. The computational complexity of the proposed method is 12.1% of that of existing method at 3-level wavelet transform. The experimental results with the proposed method show about 0.2~9.7% improvement of MAD performance in case of lossless coding, and 0.1~2.0dB improvement of PSNR performance at the same bit rate in case of lossy coding.

**Keywords**: MPEG 4, wavelet 동영상 부호화, 저대역이동법, 다해상도 움직임 추정법

## I. 서 론

\* 정회원, (주) 씨테크 코리아  
(CETECOM KOREA)

\*\* 정회원, 광운대학교  
(KwangWoon University)

※ 본 연구는 2003학년도 교내 학술연구비에 의해 이루어졌음.

접수일자: 2003년4월17일, 수정완료일: 2004년4월30일

영상신호의 효과적인 디지털 표현은 현재 이용할 수 있는 몇몇 표준안을 완성시켰다. 이러한 표준안에는 원격 회의를 위한 ITU-T H.261과 ISO/IEC MPEG 패밀리가 포함된다. 이러한 표준안<sup>[1][10]</sup>은 움직임 보상과

블록 기반 이산 코사인 변환(DCT)을 쓰는 공간적 코딩과 합쳐진 일반적 구조에 기반을 두고 있다. 이러한 널리 보급된 영상 시퀀스 코더의 단점중의 하나는 저비트를 응용에서 나타나는 블록킹 현상이다.

DCT보다 뛰어난 영상 압축 성능의 웨이블릿 변환은 시간에 따라 변하는 주파수 성분 신호(Nonstationary Signal) 표현의 유연성, 인간의 시각적 성질에 적응하는 능력, 시간과 주파수에서 지역화로 신호의 다해상도/다중주파수 표현 제공 때문에 영상처리 응용을 위한 유망한 기술로써 나타났고, 최근 영상 압축에서 수 년 동안 성공적으로 사용되었으며 동영상 압축을 위해서 웨이블릿 변환을 사용하는 많은 연구가 있었다.

동영상 압축을 위한 기본적인 구성 요소들 중의 하나가 움직임 추정과 움직임 보상이고, 계산의 복잡성과 시각적인 면에서 생각해 보면 움직임 추정과 움직임 보상의 좋은 결합은 블록 움직임 추정(BME)과 겹쳐진 블록 움직임 보상(OBMC)이다.

웨이블릿 기반 동영상 부호화기에서 움직임 추정과 움직임 보상을 수행하기 위한 세 가지 방법이 있다. 첫 번째 방법으로 공간영역에서 움직임 추정과 움직임 보상을 하고 웨이블릿 영역으로 예측된 오차 프레임을 변환하는 것이다. 이 방법은 웨이블릿 변환 대신에 DCT를 사용하는 MPEG-1/2/4와 비슷한 방법이다.

두 번째 방법은 공간과 시간에서 동영상 신호를 3차원 신호로 생각하고 3차원 웨이블릿 변환을 행하는 것이다<sup>[2]</sup>. 그러나 이 방법은 인터프레임 움직임 정보를 잘 이용하지 못하기 때문에 결과적으로는 좋지 않다.

세 번째 방법은 웨이블릿 영역에서 움직임 추정과 움직임 보상을 하는 것이다<sup>[3]</sup>. 먼저 참조 프레임과 현재 프레임 모두 웨이블릿 영역으로 변환되고 움직임 추정과 움직임 보상은 웨이블릿 영역에서 직접 행해진다. 그러나 웨이블릿 변환시 다운 샘플링 때문에 이동 변환 성질이 발생하여 원 영상과 하나의 픽셀에 의해서 이동된 영상의 웨이블릿 계수 사이에서 큰 차이가 발생할 수 있다. 그러므로, 공간 영역 움직임 추정 방법보다 화질과 부호화 등의 측면에서 효율이 떨어지게 된다. 그러나, 논문<sup>[4]</sup>에서 저대역 이동법을 이용한 움직임 추정(LBSME)과 보상(LBSMC)이 제안되어 이동 변환 성질은 극복되었으나 일반적인 방법보다 많은 웨이블릿 변환을 하기 때문에 연산량과 메모리가 증가하는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 연산량을 줄이기 위해 저대역 이동법의 특성을 이용한 다해상도 움직임 추정<sup>[5][11]</sup>(Multiresol

ution Motion Estimation: MRME)의 개념을 도입하였고 다해상도 움직임 추정시 생기는 움직임 벡터의 양을 줄이기 위하여 2단계 웨이블릿 변환에서 구한 움직임 벡터를 3단계 웨이블릿 영역에 적용하여 동일 압축률에서 성능을 높였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 웨이블릿 변환의 이동 성질에 대해 설명하였고, III장에서는 기존의 저대역 이동법에 대해 설명하였다. IV장에서는 제안된 저대역 이동법의 특성을 이용한 웨이블릿 영역에서의 동영상 부호화에 대해 설명한다. V장에서는 실험 결과를 기반으로 기존의 방법과 제안한 방법의 차이를 비교하고, VI장에서는 결론을 이끌어 내었다.

## II. 웨이블릿 변환의 이동-변환 성질

웨이블릿 변환은 부대역 구조를 이용한 QMF(Quadrature Mirror Filter)를 통해 신호를 연속적으로 필터링 해 줌으로써 구현된다<sup>[6]</sup>. 웨이블릿 변환은 분해(Analysis)와 합성(Synthesis)과정에서 각각 다운 샘플링(Down sampling)과 업 샘플링(Up sampling)을 하기 때문에, 원 영상의 크기를 그대로 유지할 수 있다. 그러나 이러한 다운 샘플링 과정으로 인하여 웨이블릿 변환은 이동 변환 성질을 갖게 된다. 그러므로 웨이블릿 변환 영역에서는 시간 및 주파수에 대하여 지역성을 갖는 신호로 표현이 가능하지만, 정확한 움직임 추정에는 한계가 있다.

그림 1의 (a), (b), (c)는 임의의 1차원 신호와 그 신호에 대해 한 화소 이동된 신호와 두 화소 이동된 신호를

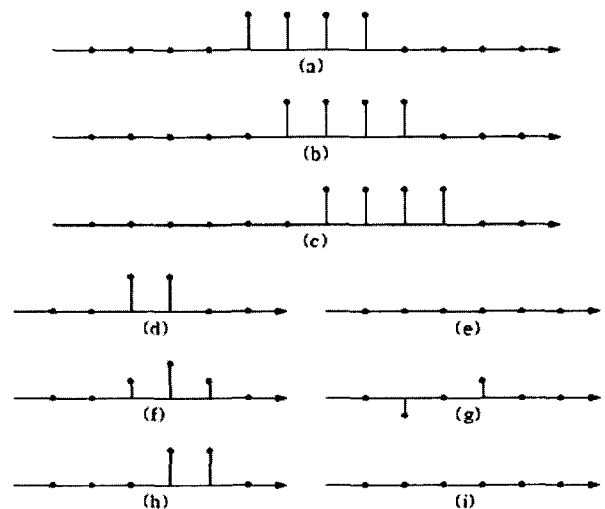


그림 1. 이동 변환 성질에 대한 예  
Fig. 1. Example of shift-variant property.

역부이고, (e)는 고대역부이다. (f)와 (g)는 (b)신호의 Haar 웨이블릿 변환에 대한 저, 고 대역부이다. (h)와 (i)는 (c)신호의 Haar 웨이블릿 변환에 대한 저, 고 대역부이다. 그림은 다운-샘플링으로 인하여 원 신호와 한 화소 이동된 신호의 웨이블릿 변환후의 계수값 사이에는 많은 차이가 나타날 수 있음을 보여주고, 원 신호와 두 화소 이동된 신호의 웨이블릿 변환후의 계수값 사이에는 한 화소 이동된 차이만 생기는 것을 보여준다. 이 그림을 좀더 확장시키면 원 신호와 홀수 화소만큼 이동된 신호의 웨이블릿 변환후의 계수값 사이에는 많은 차이가 나타나고, 원 신호와 짝수 화소만큼 이동된 신호의 웨이블릿 변환후의 계수값 사이에는 이동된 화소의 반화소 이동된 차이만 생기는 것을 알 수 있다. 그러므로, 직접적인 움직임 추정방법은 효율적인 방법이 되지 못한다.

### III. 저대역 이동법을 사용한 움직임 추정과 보상

웨이블릿 변환에서의 이동 변환 성질을 극복하기 위하여 제안된 저대역 이동법은 참조 프레임에 대하여 웨이블릿 변환시 매 단계마다 저대역부를 가로, 세로, 대각방향 각각에 대하여 한 화소 이동시킨 후 웨이블릿 분해를 하게 된다. 이 방식을 이용하면, 화소의 이동에 대한 변화된 계수값들에 대하여 움직임 추정에 대한 참조 영상을 만들어 낼 수 있기 때문에 보다 정확한 움직임 보상 부호화가 가능하고, 결과적으로 공간 영역 움직임 보상 부호화 기법보다 개선된 결과를 가져온다.

그림 2는 1차원 신호에 대한 저대역 이동법을 이용한 3단계 분해를 나타낸다. 입력신호를  $f(n)$ 이라 하고  $f_s(n)$ 을  $d$ 화소만큼 이동되어진 신호라 하면,

$$f_s(n) = f(n + d) \tag{1}$$

이동되어진 신호  $f_s(n)$ 의 각각의 부대역을  $f(n)$ 으로 표현하면 다음과 같다.

$$H_f^{(1)}(n_1) = H_f^{(1)}(d\%2, n_1 + \lfloor \frac{d}{2} \rfloor) \tag{2}$$

$$H_f^{(2)}(n_2) = H_f^{(2)}(d\%2^2, n_2 + \lfloor \frac{d}{2^2} \rfloor) \tag{3}$$

$$H_f^{(3)}(n_3) = H_f^{(3)}(d\%2^3, n_3 + \lfloor \frac{d}{2^3} \rfloor) \tag{4}$$

$$L_f^{(3)}(n_3) = L_f^{(3)}(d\%2^3, n_3 + \lfloor \frac{d}{2^3} \rfloor) \tag{5}$$

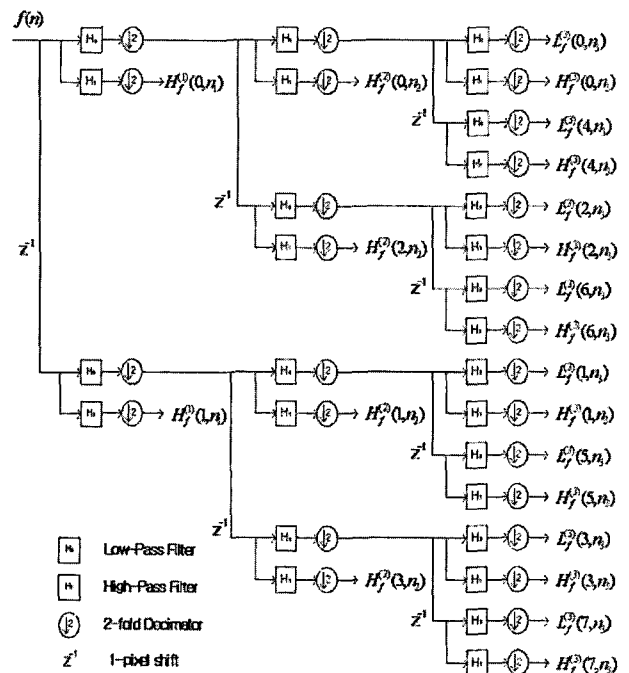


그림 2. 1차원 신호에 대한 저대역 이동법(3단계)  
Fig. 2. Low-Band-Shift method for 1-D signal(3 level)

- $H_f^{(1)}(n_1)$  : 첫 번째 단계의 고대역 신호
- $H_f^{(2)}(n_2)$  : 두 번째 단계의 고대역 신호
- $H_f^{(3)}(n_3)$  : 세 번째 단계의 고대역 신호
- $L_f^{(3)}(n_3)$  : 세 번째 단계의 저대역 신호

이 방식을 2차원 영상에 적용시키려면 1차원 방식을 가로, 세로에 대하여 수행시킴으로써 쉽게 적용이 가능하다.

공간영역에서 블록 기반 움직임 추정 방식에 대응하여 현재 프레임에 대하여 일반적인 Mallat의 방식으로 3단계 웨이블릿 분해를 하고, 참조 프레임은 저대역 이동 방법으로 웨이블릿 분해를 한다. 움직임 추정 방법으로는 공간적으로 같은 위치의 계수들을 16x16 블록으로 모아서 현재 프레임의 웨이블릿 블록과 참조 프레임의 웨이블릿 블록간의 MAD(Mean Absolute Difference)가 최고가 되는 참조 블록을 찾는 블록 정합 기법(Block Matching Algorithm)을 이용한다. 웨이블릿 변환을 3단계로 분해할 때 움직임을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$MAD_k(dx, dy) = \sum_{i=1}^3 \sum_{x_i=x_{i,k}}^{k+M/2^i-1} \sum_{y_i=y_{i,k}}^{k+N/2^i-1} (|HL_{cur}^{(i)}(x_i, y_i) - HL_{ref}^{(i)}(dx\%2^i, dy\%2^i, x_i + \lfloor \frac{dx}{2^i} \rfloor, y_i + \lfloor \frac{dy}{2^i} \rfloor)| + |LH_{cur}^{(i)}(x_i, y_i)$$

$$\begin{aligned}
 & - LH_{ref}^{(i)}(dx\%2^i, dy\%2^i, x_i + \lfloor \frac{dx}{2^i} \rfloor, y_i \\
 & + \lfloor \frac{dy}{2^i} \rfloor) + |HH_{cur}^{(i)}(x_i, y_i) \\
 & - HH_{ref}^{(i)}(dx\%2^i, dy\%2^i, x_i \\
 & + \lfloor \frac{dx}{2^i} \rfloor, y_i + \lfloor \frac{dy}{2^i} \rfloor) \} \\
 & + \sum_{x_3 = x_{3,k}}^{x_{3,k} + M/2^3 - 1} \sum_{y_3 = y_{3,k}}^{y_{3,k} + N/2^3 - 1} \{ |LL_{cur}^{(3)}(x_3, y_3) \\
 & - LL_{ref}^{(3)}(dx\%2^3, dy\%2^3, x \\
 & + \lfloor \frac{dx}{2^3} \rfloor, y_3 + \lfloor \frac{dy}{2^3} \rfloor) \}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

IV. 제안한 방법

저대역 이동법을 사용하면, 웨이블릿 영역에서의 직접적인 움직임 추정뿐만 아니라, 일반적인 공간 영역에서의 움직임 추정에 비해서도 부호화 효율에 있어서 더 나은 결과를 가져온다. 저대역 이동법을 이용한 움직임 추정 방법은 참조 영상 하나에서 블록을 이동하며 움직임을 추정하는 것이 아니라 모든 이동을 가정한 참조 영상들에서 이동에 따라 블록을 참조하는 것이기 때문에 하나의 움직임 벡터를 모든 레벨에서 쓰면서 동영상 부호화하는 특성을 가지고 있다. 또한 저대역 이동법에 MRME를 적용시 모든 이동 가능한 참조 영상을 레벨에 따라 다운 샘플링 되는 정도에 맞게 만들어 놓았기 때문에 상위 레벨의 움직임 벡터에 두 배를 곱해서 참조할 필요가 없는 특성을 가지고 있다. 따라서 상위 레벨의 움직임 벡터와 동일한 움직임 벡터를 쓰거나 약간의 세밀화만을 해줘서 움직임 벡터를 구해도 좋은 결과를 얻을 수 있다. 그러나 위와 같이 좋은 결과와 특성을 갖는 저대역 이동법은 계산량과 메모리양이 다른 방법에 비해 증가한다. 연산량을 줄이기 위해 저대역 이동법에 MRME의 개념을 도입한 방법(LBS-MRME)<sup>[7]</sup>이 제안되기도 했으나 각 10개의 밴드에서 모두 움직임 벡터를 구하기 때문에 부호화량이 증가하게 된다. 본 논문에서는 이를 극복하기 위해 웨이블릿 변환 영역에서 움직임 추정에는 웨이블릿 변환의 특성을 이용한 다양한 방법중 Zhang과 Zafar가 웨이블릿의 지역적 유사성을 이용하여 제안한 MRME방식<sup>[8]</sup>을 저대역 이동법의 특성에 맞게 적용하여 연산량과 움직임 벡터의 부호화량을 더 줄여서 개선된 성능을 보여준다.

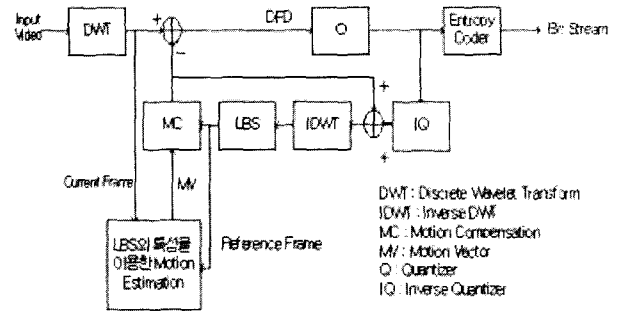


그림 3. 저대역 이동법을 이용한 부호화기의 블록도  
Fig. 3. Block diagram of video coder using low-band -shift method

그림 3은 본 논문에서 제안한 저대역 이동법의 특성을 이용한 부호화기(New LBS-MRME)의 전체적인 블록도이다.

저대역 이동법의 특성을 고려해 제안한 방법은 Zhang과 Zafar의 방법과 유사하나, 저대역 이동법의 특성에 맞게 움직임 벡터를 각 10개의 밴드에서 모두 구하지 않고, 해상도가 가장 낮은 네 개의 밴드에서 한 개의 움직임 벡터와 하위 두 개의 레벨에서 밴드마다 한 개씩의 움직임 벡터를 구한다. 또한 상위 레벨의 움직임 벡터에 두 배를 곱해서 참조하지 않는다. 위와 같이 제안되는 New LBS-MRME는 LBS-MRME보다 성능이 좋아진다.

제안된 방법을 자세히 보면, 우선 해상도가 가장 낮은 LLO, LHO, HLO, HHO 밴드에서 블록의 크기를 2x2로 하고 탐색 영역은 수평, 수직으로 ±16화소(pixels)로 하여 블록 정합 알고리즘을 사용하여 네 개의 밴드에 대해 하나의 움직임 벡터를 구한다.

하위 두 개의 레벨에서의 움직임 벡터는 밴드마다 한 개의 움직임 벡터로 줄인다. 블록의 크기는 두 개의 레벨의 6개 밴드(LH1, HL1, HH1, LH2, HL2, HH2)에 대해서 가로, 세로 크기를 레벨에 따라 두 배씩 커지게 하고 모든 밴드의 움직임 벡터는 해상도가 가장 낮은 레벨에서 구해진 움직임 벡터를 초기값으로 한다. 움직임 탐색 영역은 두 개의 레벨에서 구해진 MAD를 더해서 Total MAD가 최소일 때 움직임 벡터를 구해야 하므로 ±4화소로 두 레벨 모두 같게 줄여 움직임 추정을 한다. 여기서 해상도에 따라 블록의 크기가 다르기 때문에 서로 다른 레벨에서 구해진 MAD의 비중이 다르게 됨으로 해상도가 높은 밴드에서 구해진 MAD의 영향을 더 받기 쉬우므로 해상도가 낮은 밴드에서 구해진 MAD의 값에 네 배를 하여 비중을 같게 한 후 Total MAD를 구한다.

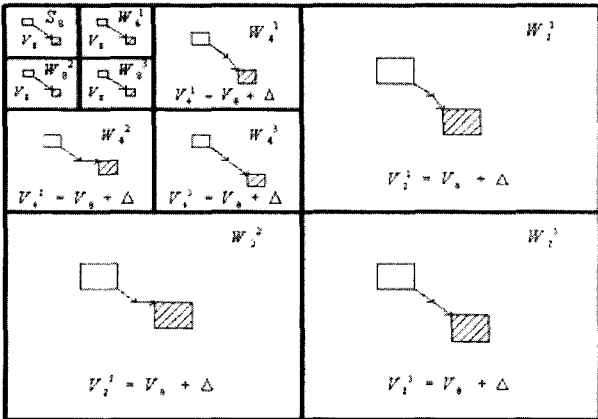


그림 4. 제안한 움직임 추정에 대한 개념도  
Fig. 4. Variable block-size multiresolution motion estimation

그림 4는 제안된 움직임 추정에 대한 개념도이다.

일반적인 블록 정합 방식의 경우 연산 개수는

$$(operations) = TB \times X \times Y \times x \times y \quad (7)$$

로 나타낼 수 있고, 제안하는 방법은 다음과 같다

$$\begin{aligned} (operations)' &= TB_{level3} \times X \times Y \times \frac{x}{8} \times \frac{y}{8} \\ &+ TB_{level2} \times \frac{X}{4} \times \frac{Y}{4} \times \frac{x}{4} \times \frac{y}{4} \\ &+ TB_{level1} \times \frac{X}{4} \times \frac{Y}{4} \times \frac{x}{2} \times \frac{y}{2} \end{aligned} \quad (8)$$

여기서,

$$\frac{1}{4} TB_{level3} = \frac{1}{3} TB_{level2} = \frac{1}{3} TB_{level1} = TB \quad (9)$$

이므로,

$$(operations)' = \frac{31}{256} TB \times X \times Y \times x \times y \quad (10)$$

- $TB$  : 블록의 총 개수
- $TB_{leveln}$  : n번째 해상도의 블록 개수
- $X, Y$  : 탐색 영역의 가로, 세로 길이
- $x, y$  : 블록의 가로, 세로 길이

New LBS-MRME 방법은 기존의 LBS방법의 약 12.1% 정도의 연산량만을 가진다. New LBS-MRME는 DFD에 대한 부호화량은 약간 늘어나게 되나 움직임 벡터의 부호화량은 LBS-MRME에서 각 부대역마다 다른 움직임 벡터가 존재하게 되는 것 보다 줄일 수 있다. 여기서 늘어난 DFD에 대한 부호화량은 줄어든 움직임 벡터에 대한 부호화량 보다 작게 되어 기존의 방법보다

표 1. Children(50 프레임) 시퀀스에 대한 평균 DFD, MV, 전체의 바이트 수

Table 1. Average DFD, MV and total byte for Children sequence(50 frame)

양자화 스텝 사이즈	평균 DFD(BYTE)			평균 MV(BYTE)			평균 Total BYTE		
	LBS	LBS- MRME	제한한 방법	LBS	LBS- MRME	제한한 방법	LBS	LBS- MRME	제한한 방법
	3	14,300	13,520	14,520	288	2,200	1,092	14,588	15,720
7	6,260	5,840	6,300	334	2,320	1,172	6,594	8,160	7,472
11	4,040	3,660	4,040	350	2,340	1,196	4,390	6,000	5,236
15	2,860	2,540	2,840	358	2,360	1,204	3,218	4,900	4,044
19	2,120	1,850	2,120	362	2,380	1,214	2,482	4,230	3,334

표 2. Claire(50 프레임) 시퀀스에 대한 평균 DFD, MV, 전체의 바이트 수

Table 2. Average DFD, MV and total byte for Claire sequence(50 frame)

양자화 스텝 사이즈	평균 DFD(BYTE)			평균 MV(BYTE)			평균 Total BYTE		
	LBS	LBS- MRME	제한한 방법	LBS	LBS- MRME	제한한 방법	LBS	LBS- MRME	제한한 방법
	3	6,000	5,320	5,720	318	2,160	1,064	6,318	7,480
7	1,696	1,410	1,526	364	2,220	1,112	2,060	3,630	2,638
11	864	676	762	372	2,260	1,122	1,236	2,936	1,884
15	520	388	452	374	2,260	1,136	894	2,648	1,588
19	350	250	290	382	2,280	1,142	732	2,530	1,432

표 3. Miss America(50 frames) 영상에 대한 평균 DFD, MV, 전체의 바이트 수

Table 3. Average DFD, MV and total byte for children sequence(50 frame)

양자화 스텝 사이즈	평균 DFD(BYTE)			평균 MV(BYTE)			평균 Total BYTE		
	LBS	LBS- MRME	제한한 방법	LBS	LBS- MRME	제한한 방법	LBS	LBS- MRME	제한한 방법
	3	15,120	13,200	14,440	388	2,400	1,226	15,508	15,600
7	3,400	2,620	3,200	422	2,460	1,270	3,822	5,080	4,470
11	1,134	730	970	440	2,500	1,294	1,574	3,230	2,264
15	532	298	412	448	2,520	1,304	980	2,818	1,716
19	304	153	212	452	2,520	1,310	756	2,673	1,522

성능이 개선되었다고 할 수 있다. 그리고 이 방법을 사용하면 DFD에 대한 늘어난 부호화량과 움직임 벡터의 줄어든 부호화량이 어느 정도 일치하거나 DFD의 늘어난 부호화량이 더 많다면 계산량이 줄어들었으므로 기존의 방법보다 성능이 개선되었다고 할 수 있다.

## V. 실험

본 논문에서 제안한 방법에 대한 검증을 위해 본 논문에서 제안한 방법에 대한 검증으로 352×240 크기의 SIF 영상인 Football의 50프레임에 대하여 MAD를 구하였고, 기존의 방법들과 비교해 보았다. 그리고, 부호화 효율에 대한 검증을 위해 352×288 크기의 QCIF 영

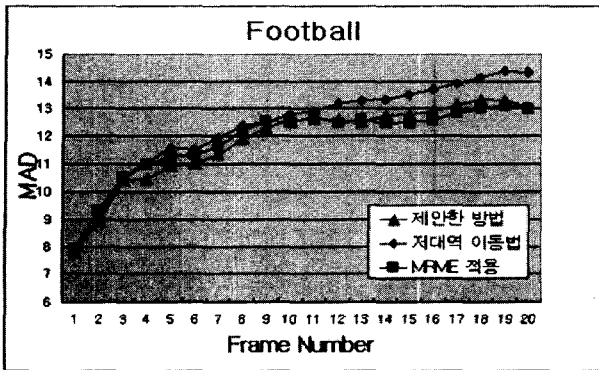


그림 5. 제안한 방법에 의한 MAD 비교(Football)  
Fig. 5. MAD comparison of proposed method(Football)

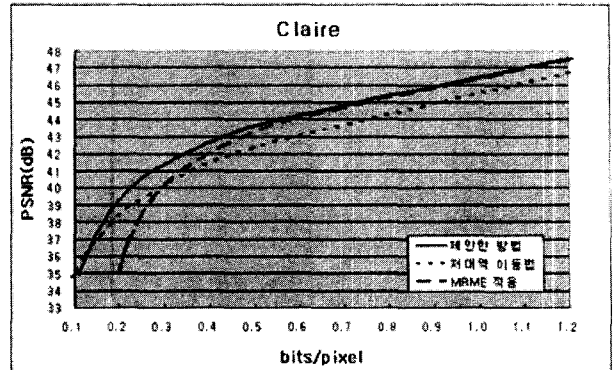


그림 7. 제안한 방법에 의한 PSNR 비교(Claire)  
Fig. 7. PSNR comparison of proposed method(Claire)

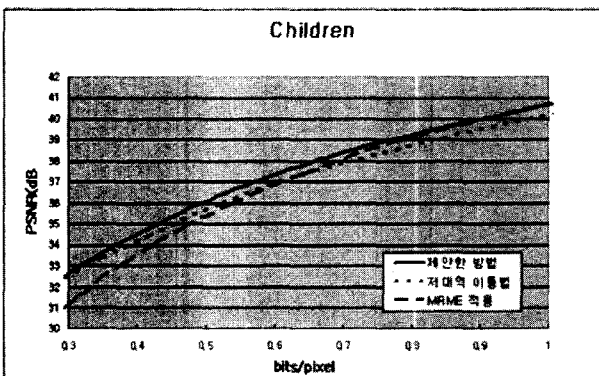


그림 6. 제안한 방법에 의한 PSNR 비교(Children)  
Fig. 6. PSNR comparison of proposed method(Children)

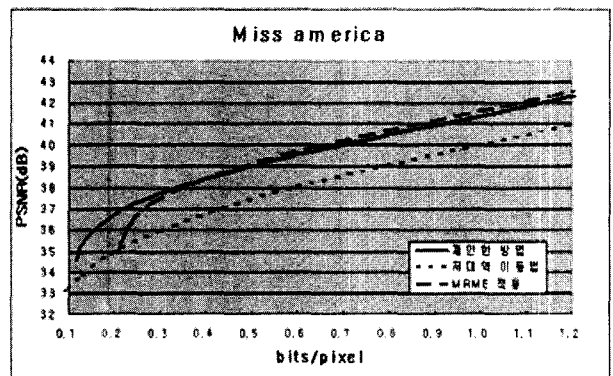


그림 8. 제안한 방법에 의한 PSNR 비교(Miss America)  
Fig. 8. PSNR comparison of proposed method(Miss America)

상인 Children, Claire, Miss America의 50프레임에 대하여 부호화 실험을 하였다. 여기서 LBS는 원 저대역 이동법 움직임 추정이고 LBS-MRME는 저대역 이동법에 MRME의 개념을 적용한 움직임 추정방법이고 New LBS-MRME는 본 논문에서 제안한 저대역 이동법의 특성을 고려해 MRME의 개념을 도입한 움직임 추정 방법이다. 압축을 위한 양자화기로 균일화 양자화기 (Uniform Quantization)를 사용하였고, 무손실 부호화기로 JBIG2와 JPEG2000<sup>[9]</sup>에서 사용하는 MQ 산술 부호화기(Arithmetic Coder)를 사용하여 움직임 벡터, DFD, 그리고 그 둘을 합친 전체 바이트 수를 산출하고 bits/pixel에 대한 PSNR을 구하였다. 표 1~3은 각 실험영상에 대한 평균 DFD와 MV와 전체바이트 수를 나타낸다.

그림 5는 Football 시퀀스의 기존의 움직임 추정 방법과 제안한 움직임 추정방법의 프레임당 MAD의 비교이다. 그림 5에서 알 수 있듯이 기존의 저대역 이동법과 제안한 방법을 비교했을 때 약 0.2~9.7% 가량 제안한 방법이 우수함을 알 수 있다. 그리고 MRME만을 적용시킨 방법보다는 성능이 우수한 프레임이 많으나 약간 떨어지거나 거의 유사한 프레임도 줄어들었기 때문에 성능이 더

우수함을 알 수 있다.

그림 6은 Children 시퀀스(sequence)의 화질 부호화 이득을 비교한 그래프이다. 동일한 압축에서 약 0.1~0.5dB 가량 화질이 좋아졌다. 그림 7은 Claire 시퀀스의 화질 부호화 이득을 비교한 그래프이다. 동일한 압축에서 약

0.1~1.5dB 가량 화질이 좋아졌다. 여기에서는 각 비트율마다 거의 일정하게 화질이 좋아졌음을 알 수 있다. 그림 8은 Miss America 시퀀스의 화질 부호화 이득을 비교한 그래프이다. 저대역 이동법만을 적용했을 때보다 약 0.5~2.0dB 가량 화질이 좋아졌다. 그리고 MRME만을 적용시킨 방법 보다는 특정 비트율에서 화질이 약간 떨어지기는 하나 계산량이 줄어들었기 때문에 성능이 더 우수함을 알 수 있다. 저대역 이동법만을 적용했을 때보다 각 비트율에서 거의 일정하게 화질이 좋아졌음을 알 수 있다. 제안한 방법이 1.5~2.0dB 가량 화질이 좋아졌다. 그리고 MRME만을 적용시킨 방법 보다는 특정 비트율에서 화질이 약간 떨어지기는 하나 계산량이 줄어들었기 때문에 성능이 더 우수함을 알 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 저대역 이동법의 특성을 이용한 웨이블릿 동영상 부호화를 제안하였다. 저대역 이동법은 웨이블릿 계수의 이동-변환 성질을 극복하기 위해 웨이블릿 변환시 저대역부를 한 화소 이동시킨 후 변환하는 과정을 추가하여 움직임 추정을 위한 참조 프레임을 더 정확하게 해주는 이점이 있지만, 그 과정에서 계산량과 메모리가 증가하는 단점이 있었다. 제안한 방법은 저대역 이동법을 이용한 참조프레임과 현재 프레임에 대하여 저대역 이동법의 특성을 이용한 다해상도 움직임 추정 개념을 적용하여 계산량을 LBS에 비하여 87.9% 가량 줄이고, 부대역에 더 세밀한 움직임 추정을 하게 된다. 다해상도 움직임 추정만을 적용하여 부호화시 움직임 벡터가 각 부대역마다 존재하게 되므로 움직임 벡터의 개수가 7배 늘어나게 되지만, 저대역 이동법의 특성을 이용하면 늘어나는 움직임 벡터의 개수를 줄일 수 있다. 그러나 움직임 벡터의 개수가 기존의 저대역 이동법에 비해 증가하게 되므로, 움직임 벡터의 부호화량 증가와 변위 차분 프레임의 부호화량 감소에 대한 검증이 필요하였다. 실험 결과 저대역 이동법의 특성을 이용한 다해상도 움직임 추정방법이 기존의 저대역 이동법을 이용한 움직임 추정보다 약 0.2~9.7% 가량 MAD가 낮게 나와 MAD면에서 더 정확한 움직임 추정을 하게 되었다. 그리고, 변위 차분 프레임의 부호화량 감소가 움직임 벡터의 부호화량 증가보다 크게 되어 기존의 방법에 비해 0.1~2.0dB 가량 화질이 개선되었다. 또한 계산량 감증을 위해 50 프레임에 대한 평균 초당 프레임 처리 속도 측정 결과 기존 방법의 1.07 frame/sec에서 제안한 방법이 3.64 frame/sec로 약 3.5배 정도 단축되었다.

## 참 고 문 헌

- [1] Draft-T ITU-T Recommendation H.263, Dec. 1995.
- [2] D. Taubman and A. Zakhor, "Multirate 3-D Subband Coding of Video," IEEE Trans. Image Proc., Vol. 3, pp.572-588, Sept. 1994.
- [3] S. Kim, S. Rhee, J. Jeon, and K. Park, "Inter frame Coding Using Two-Stage Variable Block-Size Multiresolution Motion Estimation and Wavelet Decomposition," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 8, pp. 399-410, Aug 1998.
- [4] H. Park and H. Kim, "Motion Estimation Using Low-Band-Shift Method for Wavelet-Based Motion-Picture Coding," IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 9, No. 4, pp. 577-587, April 2000.
- [5] M. Mandal, E. Chan, X. Wang, and S. Panchanathan, "Multiresolution Motion Estimation Techniques for Video Compression," Optical Engineering, Vol. 35, pp. 128-136, Jan. 1996.
- [6] I. Daubechies, "The Wavelet Transform, Time-Frequency Localization and Signal Analysis," IEEE Trans. Information Theory 36, pp.961-1005, 1990.
- [7] 조재만, 김현민, 고희화 "웨이블릿 변환영역에서 저대역 이동법에 적합한 다해상도 움직임 추정에 관한 연구" 한국통신학회논문지, 03-02 vol.28 No. 2C, 2003
- [8] Y. Zhang and S. Zafar, "Motion-Compensated Wavelet Transform Coding for Color Video Compression," IEEE Trans. on Circuits And Systems for Video Technology, Vol. 2, No. 3, pp. 285-296, Sept. 1992.
- [9] ISO/IEC CD15444-1, "JPEG2000 Image Coding System," Ver 1.0 Dec. 1999.
- [10] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG93/457, "Coded Representation of Picture and Audio Information Test Model 5," April 1993.
- [11] S. Kim, T. Aboulnasr, and S. Panchanathan, "Adaptive Multiresolution Motion Estimation Techniques for Wavelet-Based Video Coding," Proc. SPIE Visual Communications Image Processing, Vol. 3309, pp. 965-974, Jan. 1998.

저자 소개



박 영 덕(정회원)  
 2001년 광운대학교 전자공학부  
 학사 졸업  
 2003년 광운대학교 전자통신공  
 학과 석사 졸업  
 현재 (주) 씨테크 코리아 근무

<주관심분야: 영상압축, Wavelet, 신호처리>



서 석 용(정회원)  
 1996년 관동대학교 전자통신공  
 학과 학사 졸업  
 2000년 광운대학교 전자통신공  
 학과 석사 졸업  
 2003년 광운대학교 전자통신공  
 학과 박사 수료

<주관심분야: 영상 압축, MPEG-4, MPEG-7>



고 형 화(정회원)  
 1979년 서울대학교 전자공학과  
 학사 졸업  
 1982년 서울대학교 전자공학과  
 석사 졸업  
 1989년 서울대학교 전자공학과  
 박사 졸업

1985년 ~ 현재 광운대학교 전자공학부 교수  
 1998년 8월 ~ 1999년 8월 UCSD 전기공학과  
 객원교수

<주관심분야: 영상통신, 2진문서 압축, Wavelet 부호화, MJPEG2000 부호화>