

# 고주파 서브밴드를 이용한 임계 계층적 블록 매칭 알고리즘에 관한 연구

## A Study on the thresholding hierarchical block matching algorithm using the high frequency subband

안종구\*, 이승협\*, 추형석\*

Chong-Koo An\*, Seng-Hyup Lee\*, Hyung-Suk Chu\*

### 요약

본 논문에서는 웨이블릿 변환 영역의 4개의 서브밴드와 임계값 처리를 이용하는 계층적 블록 매칭 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 다분해능의 첫 번째 레벨에서 웨이블릿 변환 영역의 4개 서브밴드를 이용함으로써 복원된 영상의 PSNR 성능을 향상시켰고, 움직임 벡터에 대한 임계값 처리를 하여 계산량을 줄였다. Carphone 영상과 Mother and Daughter 영상에 대한 실험에서 기존의 계층적 움직임 추정 알고리즘과 비교하여 임계값을 0으로 하였을 경우에 계산량은 최대 16%까지 증가하였으나 복원된 영상의 PSNR 성능은 최대 0.16dB 정도 향상된 결과를 보였고, 임계값을 증가시키에 따라서 계산량은 최대 8%정도 줄고 복원된 영상의 PSNR은 비슷한 성능을 보였다.

### Abstract

This paper presents the hierarchical block matching algorithm using the 4 subbands of the wavelet transformation and the thresholding method. The proposed algorithm improves the PSNR performance of the reconstructed image using the 4 subbands of the wavelet transformation and reduces the computational complexity by thresholding the motion vector. The experimental results of the proposed algorithm for "Carphone" image and "Mother and Daughter" image show that if the thresholding value is 0, the computational complexity is increasing up to 16% and the PSNR performance of the reconstructed image improves the 0.16dB in comparison with that of the existing hierarchical motion estimation algorithm. In addition, as the thresholding value is increasing, the computational complexity reduces up to 8% and the PSNR performance of the reconstructed image is similar.

**Key words** : hierarchical block matching, thresholding method, wavelet

### 1. 서론

통신과 멀티미디어 기술이 발전함에 따라 동영상 데이터의 전송에 대한 관심이 높아지고 있다. 동영상 데이터의 전송에서 고주파 대역 응용에서는 MPEG-2(Moving Picture Experts Group-2)를 기반으로 하는 DVS(Digital Video by Satellite)와 HDTV(High Definition Television)가 있고, 저주파 대역 응용과 관련해서는 64 kbps 이하의 낮은 데이터 전송률을 이용하는 인터넷을 통한 데

이터 전송, 영상회의, 그리고 영상전화 등이 있다. 여기서 H.263이 낮은 데이터 전송률에서 만족할만한 화상도를 유지할 수 있는 표준 알고리즘으로서 많이 쓰이고 있으나, 블록 DCT(Discrete Cosine Transform)를 기반으로 하고 있어서 블록화에 의한 화질열화 현상이 나타나고 있다[1]. 또한 H.263은 이웃한 프레임 사이에 생기는 움직임 보상 에러가 GOF(Group of Frame) 내에서 전파되고, 멀티미디어 응용에서 중요하게 요구되고 있는 다분해능(multi-resolution)과 압축 비트율에 따른 점진적 전송(progressive transmission) 기능이 없다.

따라서 MPEG-4와 MPEG-7에서는 멀티미디어 응용에서 요구되는 성능을 위한 영상부호화기법들이 활발히 연구되고 있다[2]. 움직임 추정은 연속된 프레임의 상관관계를 이용하는 비디오 코딩 응용에서 중요하다. 블록 매

\*울산대학교 전자공학과

접수 일자 : 2006. 4. 17      수정 완료 : 2006. 9. 22

논문 번호 : 2006-2-24

※본 논문은 2006년도 울산대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구된 논문임.

칭(block matching)과 화소 순환(pel recursion)과 같은 두 개의 기본적인 움직임 추정 방법 중에서 블록 매칭 방법이 다양한 입력 영상들에 대한 성능이 좋고 계산량도 작다. 블록 매칭 방법은 현재 많이 이용되고 있는 비디오 압축 알고리즘에서 움직임 추정 방법으로 채택되고 있다[3].

다분해능 기법(multi-resolution scheme)은 블록 매칭 방법 중에서도 가장 효율적인 방법 중에 하나이다. 다분해능 기법은 해상도가 다른 여러 단계로 분해하고, 움직임 추정 범위를 각 단계마다 다르게 할당한다. 움직임 추정은 해상도가 가장 낮은 단계인 첫 번째 레벨에서 초기 움직임 벡터를 계산하고, 해상도를 높이면서 움직임 벡터를 개선시킴으로써 결과적으로 계산량을 많이 줄일 수 있다. 그러나 다분해능 기법은 각 레벨마다 계산된 움직임 벡터들이 해상도가 높은 다음 레벨의 움직임 벡터를 구하기 위하여 모두 이용된다. 실제로 해상도가 낮은 레벨에서 계산된 움직임 벡터들은 부정확하여 다음 레벨에서 개선시켜야 하는 움직임 벡터도 있는 반면에 움직임 추정 범위 안에서 만족할만한 움직임 보상을 하는 움직임 벡터들도 있다. 따라서 해상도가 가장 낮은 첫 번째 레벨에서 만족할 만한 움직임 보상을 하는 움직임 벡터들은 해상도가 높은 다음 레벨에서 움직임 추정을 위한 계산을 생략함으로써 계산량을 줄일 수 있다[2][3][4].

또한 웨이브릿 변환은 영상신호를 4개의 서브밴드로 분해한다. 낮은 주파수의 성분으로 구성된 서브밴드와 각각 수평(horizontal), 수직(vertical), 그리고 대각(diagonal) 방향의 경계가 두드러지는 서브밴드들이 있다. 기존의 계층적 블록 매칭 알고리즘은 낮은 주파수의 성분으로 구성된 서브밴드에 대하여 움직임 추정을 수행하였으나, 4개의 서브밴드를 이용한 움직임 추정은 향상된 결과를 얻을 수 있으리라 기대된다[5][6][7].

본 논문에서는 인터넷을 통한 데이터 전송, 영상회의, 그리고 영상전화 등의 64 kbps 이하의 낮은 데이터 전송률을 요구하는 저주파 대역 응용과 관련하여 웨이브릿 변환 영역의 4개의 서브밴드와 임계값 처리를 이용하는 계층적 움직임 추정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 다분해능의 첫 번째 레벨에서 웨이브릿 변환 영역의 4개의 서브밴드를 이용하여 움직임 벡터를 계산함으로써 계산량은 증가하나 복원된 영상의 PSNR 성능은 향상시켰으며, 임계값 처리에서 임계값이 커질수록 상대적으로 계산량이 줄어든 반면에 복원된 영상의 PSNR은 비슷한 성능을 보였다. 제안한 알고리즘에서 블록 매칭은 full search scheme을 이용하여 해상도가 가장 낮은 단계에서 초기 움직임 벡터를 구한다. 초기 움직임 벡터는 임계값과 비교하여 움직임 추정의 정확도가 만족되면, 중간 단계를 생략하고 해상도가 가장 높은 단계로 이동하여 최종 움직임 벡터를 계산한다. 움직임 추정의 정확도가 만족되지 않으면, 해상도가 높은 다음 단계로 이동하여 움직임 벡터를 개선한다. 임계값은 움직임 추정에서 요구되는 정확도에 따라서 움직임 추정을 하기 전에 미리 결

정된다. Carphone 영상과 Mother and Daughter 영상에 대한 실험에서 기존의 계층적 움직임 추정 알고리즘과 비교하여 임계값을 0으로 하였을 경우에 계산량은 최대 16%까지 증가하였으나 복원된 영상의 PSNR 성능은 최대 0.16dB 정도 향상된 결과를 보였고, 임계값을 증가시키면 따라서 계산량은 최대 8%정도 줄고 복원된 영상의 PSNR은 비슷한 성능을 보였다.

서론에 이어 2절에서는 계층적 움직임 추정 알고리즘에 대하여 개략적으로 언급하였고, 3절에서는 본 논문에서 제안한 계층적 움직임 추정 알고리즘에 대하여 언급하였다. 4절에서는 시뮬레이션 시스템에 대한 설명과 제안한 알고리즘의 실험결과를 비교하였고, 5절에서 결론을 맺었다.

## II. 계층적 움직임 추정

GOF(Group of Frame) 내에서 사물의 움직임이 크면, 시간적 웨이브릿 변환상의 고주파 영역에서 값이 큰 계수들이 많이 생기므로 복원된 영상의 PSNR 성능은 떨어지게 된다. 여기서 움직임 보상 기법은 GOF 내에서 사물의 움직임을 예측하여 연속된 프레임의 시간적 상관관계를 제거하고 복원된 영상의 PSNR 성능을 향상시킬 수 있는 수단으로 쓰이고 있다. 블록 매칭(block matching)을 기반으로 하는 움직임 추정 방법은 하드웨어 복잡도가 작기 때문에 많이 쓰이고 있으며, 현재 H.261, H.263, 그리고 MPEG 1-2에서도 움직임 추정 방법으로 채택되었다[3][4]. 블록 매칭 알고리즘은 이전 프레임(previous frame)에서 탐색 블록을 정하고 현재 프레임(current frame)에서 블록을 정하여 현재 블록을 탐색 블록 내에서 한 픽셀씩 오버 래핑 시켜 가면서 탐색을 진행한다. 현재 프레임에서의 각각의 블록에 대하여 이전 프레임의 서치 윈도우 안에서 가장 근사한 값을 가지고 있는 블록이 매치 방법에 따라 구해진다. 여기서 현재 프레임의 블록과 가장 근사한 값을 가지고 있는 블록의 상대적인 위치가 움직임 벡터(motion vector)이다[4].

여러 가지 매치 방법(match criteria)으로 Cross Correlation Function(CCF), Mean-Squared Error(MSE), Mean Absolute Difference(MAD)등이 있다. 이 방법들 중에서 MAD가 다른 방법에 비해서 좋은 성능과 구현하기에 편리한 장점 때문에 많이 쓰인다. 탐색을 위한 알고리즘으로 full search algorithm이 있다. 이 방법은 전체 탐색영역에 걸쳐 탐색을 수행하기 때문에 가장 움직임이 적은 벡터를 찾아내지만 하드웨어 복잡도가 높아 실시간의 구현이 어려운 단점이 있다. 여기서 고속 탐색 알고리즘이 등장하는데 2D logarithmic algorithm, 3 step search algorithm, OTS(One-at-a Time), CDS(Conjugate Direction Search) 등이 존재한다[5].

계층적 움직임 추정은 다분해능으로 표현된 웨이브릿 변환 영역의 각 레벨에 대하여 연속적으로 움직임 추정

을 수행한다. 그림 1에서 웨이브릿 변환 영역과 계층적 움직임 추정을 보였다. 움직임 추정 블록은 웨이브릿 변환 영역의 두 번째 레벨에서는  $4 \times 4$ , 첫 번째 레벨에서는  $8 \times 8$ , 그리고 원 영상에서  $16 \times 16$  크기의 블록 크기를 이용하였으며, 탐색 윈도우의 크기는 각 블록 크기에서  $\pm 2$ 의 크기를 갖는다. 웨이브릿 변환 영역의 가장 높은 레벨에서 추정된 움직임 벡터는 다음 레벨 영역에서 움직임 추정을 위하여 이용되고, 각 레벨에서 같은 과정을 반복하여 최종적인 움직임 벡터를 얻는다. 따라서 다분해능의 웨이브릿 변환영역에서 전역 탐색 블록 매칭(full search block matching) 알고리즘의 적용은 탐색 윈도우의 크기를 작게 할 수 있기 때문에 계산량에 대한 부담을 줄이고, 움직임 추정을 위한 시간을 절약할 수 있다.

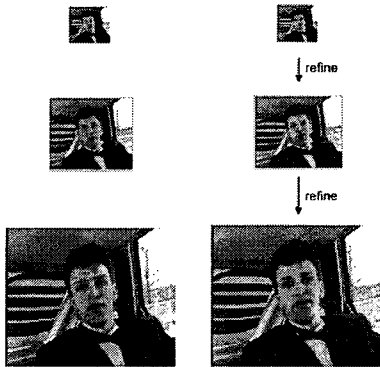


그림 1. 계층적 움직임 추정

Fig. 1. Hierarchical Motion Estimation

### III. 제안한 계층적 움직임 추정 알고리즘

본 논문에서 제안한 계층적 움직임 추정 알고리즘의 구조를 그림 2에 보였다. 입력 프레임에서 현재 프레임  $n$ 과 이전 프레임  $n-1$ 을 각각  $I_n(i, j)$ ,  $I_{n-1}(i, j)$ 으로 나타내고, 다분해능의 레벨을  $l(l=0, 1, \dots, L)$ 이라 하자. 여기서 레벨이 0일 경우는 해상도가 가장 낮은 단계를 의미하고,  $L$ 은 원 영상을 나타내며, 다분해능의 전체 레벨 수는  $L+1$ 이다.  $n$  프레임에서 레벨  $l$ 의 블록은 블록  $(i, j)_n^l$ 로 표시하고, 블록의 수평과 수직축의 차원은 각각  $b_x^l, b_y^l$ 로 나타낸다. 움직임 추정 블록은 0 레벨에서  $4 \times 4$ , 1 레벨에서  $8 \times 8$ , 그리고 원 영상( $L$  레벨)에서  $16 \times 16$  크기의 블록 크기를 이용하였으며, 탐색 윈도우의 크기는 각 블록 크기에서  $\pm 2$ 의 크기를 갖는다. 움직임 추정을 위한 매치 방법은 MSE 방법과 비슷한 성능을 내면서, 곱셈 연산이 필요 없는 MAD를 이용하였다.

현재 프레임  $n$ 의 블록  $(i, j)_n^l$ 과 이전 프레임  $n-1$ 의 블록  $(i + v_x, j + v_y)_{n-1}^l$ 에 대한 MAD 계산은 다음과 같다.

$$MAD_{(i,j)_n^l}(v_x^l, v_y^l) = \frac{1}{b_x^l \times b_y^l} \sum_{k=0}^{b_x^l-1} \sum_{m=0}^{b_y^l-1} |I_n(i+k, j+m) - I_{n-1}(i+k+v_x^l, j+m+v_y^l)| \quad (1)$$

여기서  $v^l = (v_x^l, v_y^l)$ 은 블록  $(i, j)_n^l$ 에 대한 움직임 벡터 중에 하나이다.

제안한 알고리즘에서 블록 매치는 전역 탐색 기법을 이용하여 해상도가 가장 낮은 단계인 0 레벨에서 초기 움직임 벡터를 구하고, 해상도를 높여 가면서 움직임 벡터를 개선시킨다. 여기서 다분해능의 첫 번째 레벨(0 레벨)에서 4개의 서브밴드가 MAD 계산시에 이용된다. 임계값은 움직임 추정에서 요구되는 정확도에 따라서 움직임 추정을 하기 전에 미리 결정된다. 초기 움직임 벡터는 임계값 처리 과정에서 움직임 추정의 정확도가 만족되면, 중간 단계를 생략하고 최종 단계인  $L$  레벨로 이동하여 최종 움직임 벡터를 계산한다. 움직임 추정의 정확도가 만족되지 않으면, 해상도가 높은 다음 단계(1 레벨)로 이동하여 움직임 벡터를 개선한다. 제안한 알고리즘에서 한 블록에 대한 움직임 추정의 종료는 임계값 처리 과정에서 움직임 추정의 정확도가 만족되거나 최종 단계인 레벨  $L$ 에서 처리되는 경우이다.

#### 3.1 임계값 결정

임계값은 복원 영상의 성능 결정에 중요한 역할을 한다. 임계값이 작으면 계산량은 증가하나 복원된 영상의 PSNR 성능을 향상시킨다. 반면에, 임계값이 크면 계산량은 줄어들으나 복원된 영상의 PSNR 성능은 떨어진다.

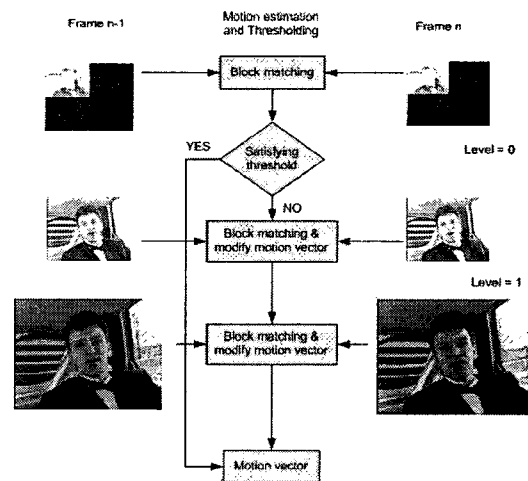


그림 2. 제안한 계층적 움직임 추정 알고리즘

Fig. 2. The proposed hierarchical motion estimation algorithm

임계값 계산은 PSNR 계산식에서 MSE를 구하고, MSE 값을 제곱근을 취하여 얻는다.

PSNR은 왜곡의 정도를 표시하고 식 (2)와 같다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{D} \quad (2)$$

여기서 D는 원래 영상과 압축 복원한 영상간의 MSE (Mean Squared Error)를 의미하며, 255는 화소의 최대값이다.

임계값은 식 (3)과 같다.

$$\text{임계값} = \sqrt{D} \quad (3)$$

본 논문에서는 임계값을 0에서 10까지 설정하였을 경우에 복원된 영상의 PSNR 성능을 확인하였다.

### 3.2 임계값 처리

다 분해능의 첫 번째 레벨에서 추정된 움직임 벡터가 만족할 만한 움직임 보상을 하는지의 여부는 다음과 같이 결정한다.

$n$  프레임과  $l$  레벨의 블록  $(i, j)_n^l$ 에 대하여 추정된 움직임 벡터를  $V^l(i, j) = (v_x^l, v_y^l)$ 라고 하자.  $V^l(i, j)$ 이 계산되면, 먼저 다분해능의 최종 레벨인  $L$  레벨로 이동하여  $V^l(i, j)$ 에 상응하는 움직임 벡터  $V^L(2^{(L-l)}i, 2^{(L-l)}j)$ 를 구한다.  $V^L(2^{(L-l)}i, 2^{(L-l)}j)$ 은 식 (4)과 같다.

$$V^L(2^{(L-l)}i, 2^{(L-l)}j) = 2^{(L-l)} V^l(i, j) \quad (4)$$

여기서 구한 움직임 벡터를 이용하여 현재 프레임의 블록과 이전 프레임의 블록간의 MAD를 계산하고, 미리 결정된 임계값과 비교한다. MAD 값이 임계값 보다 작으면, 움직임 벡터  $V^L(2^{(L-l)}i, 2^{(L-l)}j)$ 은 최종 움직임 벡터로 할당되고 움직임 추정은 종료된다. MAD 값이 임계값 보다 크면,  $l$  레벨에서 추정된 움직임 벡터  $V^l(i, j)$ 는 움직임 벡터를 개선하기 위하여 다음 단계인  $l+1$  레벨로 이동하여 같은 과정을 수행한다.

## IV. 시뮬레이션 시스템 및 실험결과

### 4.1 시뮬레이션 시스템

제안한 알고리즘의 실험을 위한 시스템은 움직임 보상을 이용한 3차원 웨이브릿 변환 단계와 쿼드트리 코딩 단계를 두 단계로 구성되며, 그림 3에서 전체적인 시스템 구조를 보였다. 우선 입력 영상에 본 논문에서 제안한 계층적 움직임 추정 알고리즘을 이용하여 움직임 벡터를 얻었고, 움직임 보상 필터링은 Choi's algorithm을 적용하였다[6]. 여기서 계층적 움직임 추정에는 10 탭 웨이브릿 필터를 이용하여 2단계의 웨이브릿 변환을 하였고, 움직임 보상 필터링에서는 Haar 웨이브릿 필터를 이용하였다. 공간적 상관관계의 제거에는 10 탭 웨이브릿 필터를 이용하여 3단계의 웨이브릿 변환을 수행하였다. 3차원 웨이브릿 변환을 거친 영상에는 쿼드트리

리 코딩을 적용한다[7]. 움직임 벡터와 쿼드트리 코딩에서 출력된 데이터는 적응 arithmetic coder를 이용하여 비트스트림으로 전송된다.

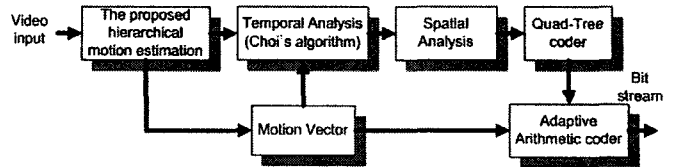


그림 3. 시뮬레이션 시스템

Fig. 3. The simulation system

실험 영상으로는 4:2:0 포맷과  $176 \times 144$  크기의 QCIF 영상인 Carphone 영상과 Mother and Daughter 영상을 이용하였고, 초당 10 프레임의 속도로 실험하였다. 실험은 IBM PC 펜티엄 4 시스템에서 MATLAB을 이용하여 실험하였다.

Carphone 영상은 영상전화 응용에 이용되는 대표적인 실험 영상이며, 카메라의 위치는 고정되지만 차창 밖으로 보이는 배경이 매우 빠르게 바뀌는 특징이 있다. Mother and Daughter 영상은 카메라의 위치가 고정되고, 상반신만 보이는 영상으로 상대적으로 사물의 움직임이 작다. GOF는 4 프레임, 8 프레임, 그리고 16 프레임으로 프레임 수를 다르게 하여 구성했고, 데이터 전송률을 30kbps로 정하여 실험하였다.

### 4.2 실험 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능은 기존에 잘 알려진 계층적 움직임 추정 알고리즘의 성능과 비교하였다. 여기서 제안한 알고리즘과 기존의 계층적 움직임 추정 알고리즘의 성능비교는 복원된 영상의 PSNR 성능과 움직임 추정과 임계값 처리과정에서 MAD 계산을 위한 덧셈 연산수의 합을 이용하였다.

표 1과 2에서 전체 288 프레임으로 구성된 Carphone 영상과 Mother and Daughter 영상의 평균 PSNR과 덧셈 연산수를 보였다. 여기서 Method 1은 기존의 계층적 움직임 추정 알고리즘을 의미하고, New Method는 제안한 알고리즘을 나타낸다. 4 프레임으로 구성된 Carphone 영상에서 제안한 알고리즘의 임계값이 0(Th=0)일 경우에 기존의 알고리즘과 비교하여 PSNR 성능은 0.01dB 향상되었으나 덧셈 연산수는 16% 증가함을 보였다.

Th=10일 경우에는 덧셈 연산수는 8% 감소하였으나 PSNR 성능은 0.05dB 떨어짐을 보였다. 여기서 Th=0일 경우는 다분해능의 첫 번째 레벨에서 임계값을 만족하는 블록이 없는 경우를 의미하며 계산량은 증가하나 웨이브릿 변환 영역의 4개 서브밴드를 이용함으로써 약간의 PSNR 성능이 향상됨을 보이고, Th값이 커질수록 임계값을 만족하는 블록수가 늘어나면서 계산량은 줄어드는 반면에 PSNR은 비슷한 성능을 내는 결과를 나타낸다. 8프레임과 16 프레임에서는 3차원 웨이브릿 변환에서 요구되

는 계산량은 증가하나 GOF의 프레임수를 크게 할수록 3차원 웨이브릿 변환을 통하여 입력 영상의 시간적 상관관계가 효율적으로 제거됨으로써 전반적인 PSNR 성능은 최대 2.51dB 까지 향상된 결과를 확인하였다. 또한 8 프레임과 16 프레임에서 Th값에 대한 계산량은 최대 6% 정도까지 줄어들었으며 PSNR 성능은 최대 0.35dB까지 떨어진 결과를 보였다.

Mother and daughter 영상은 Carphone 영상과 비교하여 상대적으로 사물의 움직임이 작으므로, 3차원 웨이브릿 변환 영역에서 시간적 상관관계의 제거가 용이함을 예측할 수 있다. 4 프레임으로 구성된 Mother and daughter 영상에서 제안한 알고리즘의 임계값이 0(Th=0)일 경우에 기존의 알고리즘과 비교하여 PSNR 성능은 0.1dB 향상되었으나 덧셈 연산수는 15% 증가함을 보였다. Th=10일 경우에는 덧셈 연산수는 10% 감소하고, PSNR 성능은 0.07dB 향상된 결과를 보였다. 여기서 상대적으로 사물의 움직임이 작은 Mother and daughter 영상은 Carphone 영상과 비교하여 덧셈 연산수와 PSNR 성능에서 향상된 결과를 보임을 알 수 있다. 8 프레임과 16 프레임에 대한 결과는 Carphone 영상에서 보였던 결과와 같이 전반적인 PSNR 성능은 향상되었고, Th값에 대한 계산량은 최대 8% 정도까지 줄어들었으며 PSNR 성능은 최대 0.04dB까지 떨어진 결과를 보였다.

그림 4에서는 16 프레임의 GOF에서 제안한 알고리즘의 임계값이 0과 10일 경우에 복원된 영상(180번째 프레임)을 보였다. 여기서 임계값이 10일 경우에 움직임을 위한 계산량은 줄었으나 복원된 영상의 해상도는 비슷함을 알 수 있다. 크기가 다른 영상 중에서 352×288 크기의 CIF 영상에 3단계의 웨이브릿 변환을 적용하여 향후과제로서 연구할 예정이다.

표 1. Carphone 영상의 실험결과

Table 1. Experimental results of Carphone image

	GOF (4frame)		GOF (8frame)		GOF (16frame)	
	PSNR (dB)	No. of Additions (10 <sup>8</sup> )	PSNR (dB)	No. of Additions (10 <sup>8</sup> )	PSNR (dB)	No. of Additions (10 <sup>8</sup> )
Method 1	28.36	1.54	30.38	1.79	30.79	1.93
New Method Th=0	28.37	1.79	30.41	2.10	30.82	2.25
New Method Th=2	28.36	1.71	30.39	2.01	30.81	2.16
New Method Th=4	28.36	1.63	30.37	1.92	30.77	2.07
New Method Th=10	28.31	1.42	30.24	1.68	30.44	1.82

표 2. Mother and Daughter 영상의 실험결과

Table 2. Experimental results of Mother and Daughter image

	GOF (4frame)		GOF (8frame)		GOF (16frame)	
	PSNR (dB)	No. of Additions (10 <sup>8</sup> )	PSNR (dB)	No. of Additions (10 <sup>8</sup> )	PSNR (dB)	No. of Additions (10 <sup>8</sup> )
Method 1	31.03	1.54	33.14	1.79	34.47	1.93
New Method Th=0	31.13	1.78	33.30	2.08	34.51	2.23
New Method Th=2	31.12	1.59	33.29	1.86	34.51	1.99
New Method Th=4	31.11	1.56	33.27	1.83	34.50	1.97
New Method Th=10	31.10	1.38	33.19	1.64	34.43	1.77



(a) Carphone(Th=0)

(b) Carphone(Th=10)



(c) M&D(Th=0)

(d) M&D(Th=10)

그림 4. 복원된 영상(180frame)

Fig. 4. Reconstructed image(180frame)

## V. 결론

본 논문에서는 인터넷을 통한 데이터 전송, 영상회의, 그리고 영상전화 등의 64 kbps 이하의 낮은 데이터 전송률을 요구하는 저주파 대역 응용과 관련하여 웨이브릿 변환 영역의 4개의 서브밴드와 임계값 처리를 이용하는

계층적 움직임 추정 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 해상도가 가장 낮은 단계에서 웨이브릿 변환 영역의 4개의 서브밴드를 이용하여 초기 움직임 벡터를 구하고, 초기 움직임 벡터는 임계값과 비교하여 움직임 추정의 정확도가 만족되면, 중간 단계를 생략하고 해상도가 가장 높은 단계로 이동하여 최종 움직임 벡터를 계산한다. 움직임 추정의 정확도가 만족되지 않으면, 해상도가 높은 다음 단계로 이동하여 움직임 벡터를 개선한다. Carphone 영상과 Mother and Daughter 영상에 대한 실험에서 기존의 계층적 움직임 추정 알고리즘과 비교하여 임계값을 0으로 하였을 경우에 계산량은 최대 16%까지 증가하였으나 복원된 영상의 PSNR 성능은 최대 0.16dB 정도 향상된 결과를 보였고, 임계값을 증가시킴에 따라서 계산량은 최대 8%정도 줄고 복원된 영상의 PSNR은 비슷한 성능을 보였다.

### 참고문헌

- [1] Andrew Secker, David Taubman, "Highly Scalable Video Compression with Scalable Motion", IEEE Trans on Image Processing, VOL. 13, NO. 8, Aug. 2004, pp. 1029-1041.
- [2] James Macnicol, John Arnold, Michael Frater, "Scalable Video Coding by Stream Morphing", IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, VOL. 15, NO. 2, Feb. 2005, pp. 306-319.
- [3] Y. Q. Shi, X. Xia, "A Thresholding Multiresolution Block Matching Algorithm", IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 7, NO. 2, Apr. 1997, pp. 437-440.
- [4] Beong-Jo Kim, Zixiang Xiong, Pearlman W.A., "Low Bit-Rate Scalable Video Coding with 3-D Set Partitioning in Hierarchical Trees (3-D SPIHT)", IEEE Trans on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 10, Issue: 8, Dec. 2000, pp. 1374 - 1387.
- [5] S. J. Choi and J. W. Woods, "Motion-compensated 3-D subband coding of video", IEEE Trans. Image Processing, vol. 8, Feb. 1999, pp. 155-167.
- [6] 안종구, 추형석, "쿼드트리 알고리즘을 이용한 비디오 서브밴드 코딩", 신호처리·시스템 학회 논문지 제6권 3호, 2005. 7, pp. 120~126.
- [7] 추형석, 안종구, "웨이브릿 패킷 알고리즘을 이용한 3차원 비디오 서브밴드 코딩", 전기학회논문지 54권 11호, 2005. 11, pp. 673~679.



**안 종 구**(Chong-Koo An)

1977년 서울대학교 전기공학과 졸업  
 1979년 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학석사)  
 1989년 Univ. of Texas at Austin (공학박사)  
 1979~1980년 현대중공업주식회사  
 1980~현재 울산대학교 전자공학과 교수



**이 승 협**(Seng-Hyup Lee)

1993년 경일대학교 전자공학과 졸업  
 2001년 울산대학교 정보통신대학원 (공학석사)  
 2001년~현재 울산대학교 전자공학과 박사과정



**추 형 석**(Hyung-Suk Chu)

1997년 울산대 전자공학과 졸업  
 1999년 울산대학교 전자공학과 (공학석사)  
 2003년 울산대학교 전자공학과 (공학박사)  
 2004년9월~현재 울산대학교 전자공학과 강의전담교수