

## 움직임 영상 부호화를 위한 가변 블록 크기 움직임 추정 기법

## (Variable Block Size Motion Estimation Techniques for The Motion Sequence Coding)

金宗源\*, 李商郁\*

(Jong Won Kim and Sang Uk Lee)

## 要約

움직임 보상 부호화(motion compensated coding: MCC)는 영상 신호의 시간적인 상관성을 움직임 추정(motion estimation)을 통하여 감축하는 대표적인 움직임 영상 부호화 기법이다. 본 논문에서는 움직임 영상 부호화 기법의 성능 향상을 위한 적응 가변 블록 크기(variable block size: VBS) 움직임 추정 기법을 제안한다. 구체적으로는 움직임 벡터 부호화 기법을 효과적으로 결합한, 새로운 계층적 VBS 움직임 추정 방식을 제안하였다. 제안한 VBS 움직임 추정 방식은 선택적 움직임 벡터 예측과 이득/비용 움직임 추정에 의해 구한 최상위 단계 움직임 벡터와 이를 중심으로 한 국부 탐색에 의해 구한 하위 단계 움직임 벡터들로 구성되는 계층적인 구조를 지닌다. 아울러 정확한 움직임 추정에 따라 차신호의 분산이 감소되며, 분산 감소 효과를 상쇄시키는 움직임 정보량의 증가를 효과적으로 조절하는 특성을 보인다. 제안한 움직임 추정 기법을 고해상도 움직임 영상의 부호화에 사용한 결과, 기존의 고정된 크기의 블록 정합 방식 움직임 추정 기법에 비해서 PSNR 기준으로 약 0.6~0.7dB 정도의 성능 향상을 얻을 수 있었다.

## Abstract

The motion compensated coding(MCC) technique, which exploits the temporal redundancies in the moving images with the motion estimation technique, is one of the most popular techniques currently used. Recently, a variable block size(VBS) motion estimation scheme has been utilized to improve the performance of the motion compensated coding. This scheme allows larger blocks to be used when smaller blocks provide little gain, saving rates for areas containing more complex motion. Hence, a new VBS motion estimation scheme with a hierarchical structure is proposed in this paper, in order to combine the motion vector coding technique efficiently. Topmost level motion vector, which is obtained by the gain/cost motion estimation technique with selective motion prediction method, is always transmitted. Thus, the hierarchical VBS motion estimation scheme can efficiently exploit the redundancies among neighboring motion vectors, providing an efficient motion vector encoding scheme. Also, a restricted search with respect to the topmost level motion vector enables more flexible and efficient motion estimation for the remaining lower level blocks. Computer simulations on the high resolution image sequence show that, the VBS motion estimation scheme provides a performance improvement of 0.6~0.7 dB, in terms of PSNR, compared to the fixed block size motion estimation scheme.

## 1. 서론

\* 正會員, 서울대학교 制御計測工學科

(Dept. of Control &amp; Inst. Eng., Seoul Nat'l Univ.)

接受日字: 1992年 11月 28日

움직임 영상을 압축하기 위해 일반적으로 널리 사용하는 움직임 보상 부호화(motion compensated coding: MCC) 기법은 움직임을 추정하여 보상하는

과정과 움직임 보상된 차신호를 부호화하는 과정을 거쳐 수행된다.<sup>[11-13]</sup> 그 중에서도 움직임 보상은 움직임을 정확히 반영하는 신뢰성 있는 움직임 정보에 의해서 수행되어야 한다. 또한 움직임 정보의 상관성을 활용하는 움직임 벡터 부호화 기법의 사용이 필수적이며<sup>[5-10]</sup>, 계산량 및 구조상의 복잡성이 고려되어야 한다. 그런데 실시간 구현의 용이성 때문에 일반적으로 사용하는 블럭 정합 방식(block matching algorithm : BMA)<sup>[4]</sup>에 근거한 움직임 추정 기법들은 고정된 크기의 블럭 단위마다 움직임 벡터를 추정하므로 영상의 국부적인 변화에 따른 움직임을 효과적으로 반영하기 어렵다. 물론 블럭 크기를 작게 하면 움직임 검출의 정확도를 향상할 수 있지만 움직임 정보의 전송 부담(overhead)이 지나치게 증가된다. 그러므로 움직임 추정 성능과 움직임 정보의 전송 부담간의 타협으로 가변 블럭 크기(variable block size: VBS) 모델을 이용한 움직임 추정을 고려할 수 있다.<sup>[11-13]</sup> 즉, 움직임 추정의 단위마다 블럭 크기를 적응적으로 설정하고, 결정된 VBS 구성 정보를 움직임 벡터 정보들과 함께 전송하는 방식이 VBS 움직임 추정 기법이다. 본 논문에서는 이와 같은 VBS 움직임 추정 기법에 의한 움직임 보상 부호화 기법의 성능 개선을 심층적으로 고찰하였다.

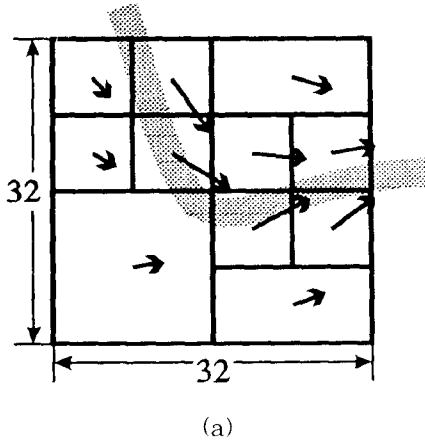
일반적으로 VBS 움직임 추정을 위한 가변 블럭 구조는 이진 트리(binary tree), 쿼드 트리(quadtrees) 또는 이들의 결합에 의해 표현된다.<sup>[11-13]</sup> 그러므로 트리 구조를 표현하는 VBS 구성 정보와 세분된 움직임 벡터들을 전송하는 부담이 세밀한 추정에 의한 DFD(displaced frame difference) 분산 감소 효과를 상쇄하지 않도록 하는 것이 필수적이다. 또한 VBS 구성 정보와 움직임 벡터들의 부호화 효율성을 제고하는 것도 대단히 중요하다. 따라서 본 논문에서는 선택적 움직임 벡터 예측 기법에 의한 이득/비용 움직임 추정 기법을 사용하는 새로운 VBS 움직임 추정 기법을 제안한다. 제안하는 VBS 움직임 추정 방식은 이득/비용 움직임 추정에 의해 구한 최상위 단계 움직임 벡터와 이를 중심으로 탐색된 하위 단계 움직임 벡터들로 구성되는 계층적인 구조를 가진다. 아울러 정확한 움직임 추정에 따른 이득과 움직임 정보의 증가를 효율적으로 조정하는 특성을 보인다. 또한 VBS 움직임 정보를 움직임 보상 신호 부호화와 결합함에 있어 보상 신호 부호화에 효율적인 VBS 움직임 정보만을 선택적으로 사용하는 방식을 제안하였다. 그리하여 제안한 계층적 VBS 움직임 추정을 고해상도 움직임 영상의 부호화에 적용시킨 결과 기존의 고정된 크기의 블럭 정합 방식 움직임 추정

기법에 비해서 PSNR에 있어 약 0.6~0.7dB 정도의 성능 향상을 얻을 수 있었다.

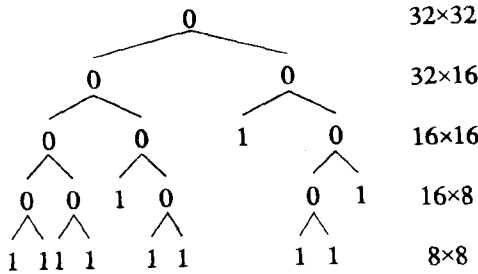
II. 기본적인 가변 블럭 크기 움직임 추정 기법

적응적인 블럭 크기 결정 방식을 사용하는 VBS 움직임 추정 기법<sup>[11-13]</sup>은 고정된 크기의 블럭을 사용하는 움직임 추정이 복잡한 변화를 보이는 움직임에 대해 적응성이 결여되는 문제를 해결할 수 있다. 그리고 블럭마다 독립적으로 움직임을 추정함에 따른 움직임의 신뢰성 저하 문제를 보다 큰 블럭 크기를 사용함으로써 완화시킬 수 있다. 이런 점을 감안하여 본 논문에서는 효율적인 VBS 움직임 추정을 위한 최상위 단계 블럭 크기를 32×32 또는 32×16으로 결정하였으며, 최상위 단계 블럭 크기를 기준으로 하여 움직임 보상의 적용 여부와 양자화시 실제적인 부호화 과정의 수행 여부 등 움직임 보상 부호화의 세부적인 구현이 이루어지도록 하였다. 그리고 이산 역변환(discrete cosine transform: DCT)을 근거로 하는 DFD 신호 부호화의 최소 단위인 8×8 블럭 크기까지 이진 트리 또는 쿼드 트리로 세분하는 VBS 구조들을 구성하였다.

그런데 이진트리와 쿼드트리 구조의 결합을 통해서 32×32, 32×16, 16×16, 16×8 그리고 8×8의 5단계에 걸쳐 구성될 수 있는 VBS 구조들은 매우 다양하다. 따라서 본 논문에서는 이들을 구분하기 위해 편의상 해당 단계의 포함 유/무에 따른 '1'/'0'의 배열로 VBS 구조들을 구분하였다. 일례로 그림 1(a)에 5단계의 이진 트리 구조를 지니는 VBS '11111' 구조의 움직임 정보를 제시하였는데, 물체의 복잡한 움직임을 적절하게 반영할 수 있는 블럭 크기들로 나누어졌음을 쉽게 관찰할 수 있다. 또한 분할된 가변 블럭들이 서로 각각 다른 움직임 벡터를 나타내므로, 그림 1(a)의 VBS 움직임 정보는 움직임 벡터들간의 배타성을 의미하는 'disjoint' VBS 움직임 정보로 지칭할 수 있다. 한편 위와 같은 VBS 움직임 정보를 전송하기 위해서는 그림 1(b)에 제시한 트리 구조를 부호화하는 것이 필요하다. 그림에서 '1'은 움직임 벡터가 전송되는 블럭을 의미하며, '0'은 해당 크기 블럭이 작은 크기의 부블럭들로 분할(split)됨을 표현한다. 따라서 기본적인 VBS 움직임 정보를 전송하기 위해서는 먼저 disjoint한 특성에 의해 자동적으로 구분되는 최하위 단계를 제외한 트리 구조를 전송해야 한다. 이어서 전송된 VBS 블럭 구성에 따라 '1'로 표시된 모든 움직임 벡터들을 각각 부호화하여 전송한다.



(a)



(b)

그림 1. 기본적인 disjoint VBS 움직임 정보의 구성 (VBS '11111'의 경우)  
 (a) Disjoint VBS 움직임 정보  
 (b) 움직임 정보의 트리 구조

Fig. 1. Basic disjoint VBS motion information (VBS '11111' case).  
 (a) Typical disjoint VBS MV.  
 (b) Corresponding VBS tree structure.

Disjoint한 VBS 움직임 정보를 얻기 위한 과정은 다음과 같다. 먼저 모든 단계마다 움직임 벡터들과 해당 DFD 분산들을 모두 계산한다. 이때 각 단계별로 독립적으로 움직임을 추정하는 대신 각 단계의 움직임을 잘 이용하면, 약간의 부가적인 계산만으로 모든 단계별 움직임들을 추정할 수 있다.<sup>[13]</sup> 즉 최하위 단계부터 움직임을 추정하면서 블록 크기마다 탐색 영역에 따른 DFD 분산을 모두 저장하면, 상위 단계의 움직임은 하위 단계 부분력들의 DFD 분산의 합을 계산하고 비교함에 의해서 간단히 추정할 수 있다. 그러므로 disjoint VBS 움직임 추정 기

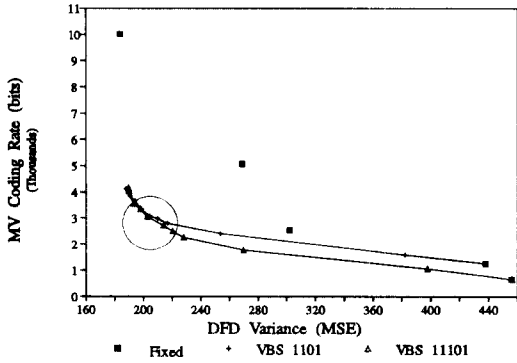
법에 의해 요구되는 계산량의 증가는 미약하다.

다음 단계로는 top-down 방식으로 얻어진 단계별 움직임 벡터들의 DFD 분산을 비교하여 트리 구조의 분할을 수행한다. 즉 하위 단계들로 움직임을 분리하는 경우의 DFD 분산의 합이 상위 단계만의 DFD 분산 보다 기준치 이하로 작을 때만 트리 구조를 분할한다. 최종적으로는 이상과 같은 국부적인 비교에 의해 발생할 수 있는 비효율적인 VBS 블록 분할을 방지하기 위해서, 고정 크기 블록의 사용에 따른 DFD 분산과 형성된 VBS 움직임 정보에 의한 DFD 분산을 전체적으로 비교하여 VBS 움직임 정보의 사용 여부를 결정한다. 이러한 2가지 분산 비교 과정들은 국부(local) 비교 비율과 전체(global) 비교 비율이라는 기준치(threshold)를 사용하여 각각 수행되며, 0에서 1사이의 값을 가지는 기준치들을 조정하여 가변 블록 크기 분포를 적응적으로 조절할 수 있다. 또한 기준치를 계속 변화시키면서 VBS 움직임 추정을 수행하게 되면, 기준치 변화에 따른 움직임 전송 정보량과 DFD 분산의 관계를 얻을 수 있다.

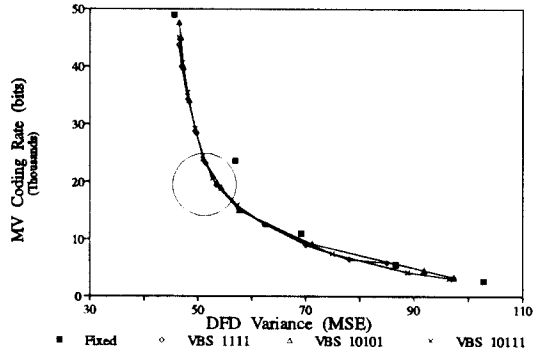
따라서 먼저 VBS 움직임 모델의 구성에 따른 성능 변화를 분산 비교 비율들을 조정함에 의해 관찰 하였다. 다양한 VBS 모델들을 여러 종류의 영상들에 적용해 보았으며, 비교를 위하여 고정된 크기의 움직임 추정의 경우도 함께 포함하였다. 실험에서는 수평/수직으로 -16~15 / -8~7 크기의 탐색 영역을 사용하며, 현 단계에서 모든 움직임 벡터들은 탐색 영역에 해당하는 수평 5비트 / 수직 4비트의 고정 길이 부호를 사용하여 전송하였다. 먼저 1280x720 크기의 Models 영상에 대한 전송 정보량과 DFD 분산의 관계를 그림 2(a)에 제시하였다. 국부비교 비율의 크기가 0.56~0.70 근처일 때(그림에서 원으로 표시) VBS 움직임 추정 기법이 고정 블록 크기 움직임 추정 기법에 비해 가장 효과적인, 즉 convex 한 부분이 나타난다는 사실을 관찰할 수 있다. 따라서 국부비교 비율의 선정이 이러한 범위에서 결정 되어야 함을 알 수 있다. 참고적으로 [13]에서는 convex한 부분의 극점(extreme point)을 전송률 대 왜곡치(rate-distortion) 측면에서의 최적화를 통해 자동적으로 설정하고 있다. 하지만 [13]은 영상전체에 걸쳐서 모든 단계의 VBS 움직임 정보를 동시에 사용하여 최적화를 수행해야 하므로 대단히 복잡하다. 그리고 움직임 보상 부호화와의 결합 과정을 통해 추가적인 조정이 이루어 짐을 감안하면, 기준치 선정에 있어 약간의 오차는 허용됨을 알 수 있다. 따라서 제안한 간단한 알고리즘에 의해서도 효과적으로 VBS 움

직임 정보를 구성할 수 있다. 한편 다양한 VBS 모델에 따른 성능 차이는 거의 없으며, 그중에는 VBS '1111' 경우가 근소하게 나은 성능을 보임을 관찰할 수 있다. 이는 Models 영상의 움직임이 회전하는 인물을 따라 빠르고 복잡함을 반영하는 것으로, 이 경우 32×16 크기가 최상위 단계 블록 크기로 적당하다는 사실을 의미한다. 그림 2(b)에 국부 비교 비율 0.70일때 얻은 VBS '11111' 움직임을 원 영상에

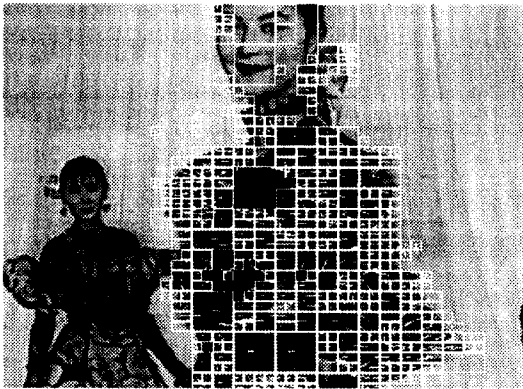
중복시켜서 나타내었으며, 32×32 블록 크기의 움직임이 드물게 나타나므로 32×16 크기를 최상위 단계 블록 크기로 사용하는 것이 다소 효과적임을 알 수 있다. 따라서 지금부터 Models 영상을 사용하는 모의 실험에는 32×16을 최상위 단계 블록 크기로 하고 이를 이진트리 구조로 구분하는 VBS '1111' 구조를 기본적으로 사용하였다.



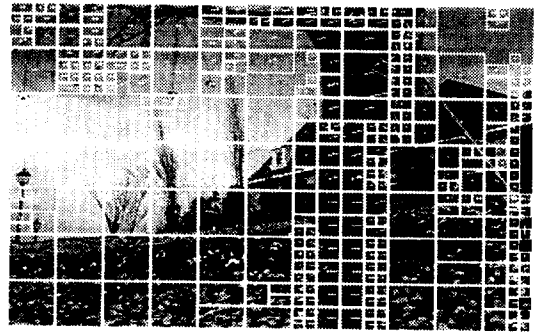
(a)



(a)



(b)



(b)

그림 2. Disjoint VBS 움직임 추정의 성능 비교 (Models 영상)

- (a) VBS 모델에 따른 전송량과 DFD 분산 비교
- (b) VBS 움직임 추정 결과 (VBS '11111' 경우)

Fig. 2. Performance comparison of disjoint VBS ME (Models).

- (a) MV coding rate and DFD variance comparison.
- (b) Results of VBS ME (VBS '11111' case).

그림 3. Disjoint VBS 움직임 추정의 성능 비교 (Flower Garden 영상).

- (a) VBS 모델에 따른 전송량과 DFD 분산 비교.
- (b) VBS 움직임 추정 결과 (VBS '11111' 경우).

Fig. 3. Performance comparison of disjoint VBS ME (Flower Garden).

- (a) MV coding rate and DFD variance comparison.
- (b) Results of VBS ME (VBS '11111' case).

한편, 352×240 크기의 Flower Garden의 결과를 그림 3(a)에 제시하였다. 이 경우에는 Models 영상과는 달리 VBS '11101' 구조가 VBS '1101' 구조보다 나은 성능을 보이므로 32×32 크기의 최상위 단계 블럭 사용이 움직임 정보 감축에 효과적임을 알 수 있다. 또한 국부 비교 비율 0.70 부근을 중심으로 VBS 움직임 정보를 사용하는 이득이 가장 크게 나타남을 확인할 수 있다(그림에서 원으로 표시). 그리고 국부 비교 비율 0.70에 대한 VBS 움직임 정보를 그림 3(b)에 그림 2(b)와 동일한 방법으로 제시하였는데, 카메라의 수평이동(panning)에 따른 움직임을 주된 움직임으로 하여 32×32 블럭 크기가 많이 사용되어 부호화될 움직임 벡터들의 수를 줄임을 알 수 있다.

### Ⅲ. 움직임 벡터 부호화를 고려한 계층적 가변 블럭 크기 움직임 추정 기법

#### 1. 선택적 움직임 벡터 예측 기법에 의한 이득/비용 움직임 추정 기법

움직임 벡터 부호화를 고려한 계층적 VBS 움직임 추정 기법을 설명하기 위해서는, 먼저 일반적인 움직임 추정 기법들과 본 논문에서 제안하여 사용한 선택적 움직임 벡터 예측 기법에 의한 이득/비용 움직임 추정 기법에 대해 먼저 고찰할 필요가 있다. 움직임 벡터 부호화 기법에는 움직임 벡터들을 변형 없이 감축하는 기법<sup>[5-10]</sup>, 추가적인 변형을 가해서 움직임 벡터의 신뢰성 향상이나 추가적인 감축을 모색하는 smoothing 기법<sup>[14]</sup>, 그리고 이득/비용 움직임 추정 기법<sup>[15-16]</sup> 등 다양한 기법들이 제안되어 있다. 먼저 변형 없이 감축하는 기법들에서는 움직임 벡터 예측 기법을 사용하여 차벡터를 구하고 이를 가변 길이 부호화하는 기법이 주로 활용된다. 그리고 smoothing 기법은 인접 벡터들과의 관계를 고려하여 고립되거나 잡음 같은 움직임 벡터들을 제거하여 감축하는 기법이다.<sup>[14]</sup> 하지만 smoothing 과정이 정합 성능에 관계없이 별도로 수행되기 때문에 예측성의 저하를 가져오는 문제점이 있다. 그러므로 본 논문에서는 DFD 분산과 움직임 벡터 상관성의 함수로 구성된 정합 기준을 사용하는 이득/비용(gain/cost) 움직임 추정 기법을 사용한다.<sup>[15-16]</sup> 이득/비용 움직임 추정 기법에서는 움직임 추정 기법의 이득을 반영하기 위해서 예측 성능을 나타내는 DFD 분산에 관한 항과 움직임 추정의 비용인 움직임 정보의 표현 정보량에 관한 항이 더해져 식 (1)과 같은 목적함수를 구성한다.

$$\text{Minimize } K \cdot \ln[D(V_i)] + c \cdot B(V_i) \quad (1)$$

$V_i$

여기서  $D(V)$ 는 해당 움직임 벡터에 의한 DFD 분산치이며, 움직임 추정에 사용되는 블럭 크기에 따른 전체 화소 수가  $K$ 에 해당된다. 그리고  $B(V)$ 는 해당 움직임 벡터를 부호화하는 소요되는 정보량이며,  $c$ 는 비용 부분의 비중을 조정하기 위해서 사용하는 상수이다. 그리하여 기존의 MAD(mean absolute difference)에 의한 DFD 분산 최소화로 얻어진 일차적인 움직임 정보들을 이득/비용 목적함수의 부분 탐색에 의한 최소화를 통해 그 성능을 개선할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 기법들을 결합하여, 먼저 각 프레임마다 움직임 벡터의 예측 방식을 선택하는 선택적 움직임 벡터 예측 기법을 사용한다. 이어서 선택된 예측 기법에 의한 차벡터를 가변 길이 부호화할 때 필요한 정보량을 이득/비용 움직임 추정 기법의 비용 부분에 사용하면서 움직임 추정을 수행한다. 즉 선택적 움직임 예측 기법에 의한 이득/비용 움직임 추정 기법을 제안하였으며, 그 구체적인 과정은 다음과 같다.

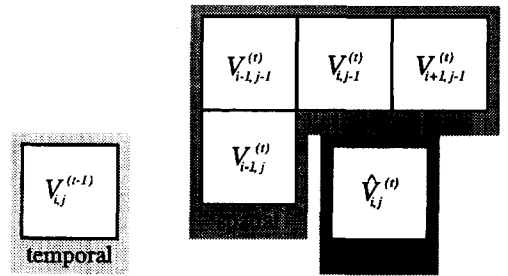


그림 4. 움직임 벡터 예측 과정에 사용되는 시간, 공간상의 인접 벡터들

Fig. 4. Temporal, spatial neighbor motion vectors for motion vector prediction.

선택적 움직임 벡터 예측 기법이란 시간, 공간적으로 인접한 움직임 벡터들을 이용한 예측을 통해 차벡터를 형성할 때, 시간, 공간상의 상관성 중에서 어떤 방식을 활용할 것인가를 프레임마다 적응적으로 결정하는 기법을 의미한다. 그런데 영상 전반에 걸친 움직임 변화가 작은 경우에는 이전 프레임의 움직임 벡터가 상당히 높은 상관 특성을 보이지만, 움직임이 커지거나 물체의 움직임 방향에 급격한 변화가 있는 경우에는 시간상의 상관성이 거의 상실된다. 따라서 그림 4에 제시한 것처럼 블럭 정합 방식에 의해 추정

된 움직임 정보를 사용하여 시간상의 예측, 공간상의 예측 계수 설정과 그에 의한 예측, 그리고 예측을 수행하지 않는 경우에 대해서 각각의 방식에 따른 실제 성능을 비교하여 최선의 예측 기법을 선택하는 방식이 효과적이다.<sup>96)</sup> 이때 공간상의 예측 계수의 결정이 문제가 되는데<sup>15)</sup>, 본 논문에서는 가장 높은 상관성을 보이는 인접 움직임 벡터와 그에 준하는 상관성을 보이는 인접 움직임 벡터들에 모두 균등한 가중치를 사용하였다. 그리하여 40여 프레임의 Models 영상에 대한 움직임 보상 부호화에서 얻은 움직임 정보에 대해 제안한 기법을 적용하였으며, 표 1에 각 예측 기법에 의한 전송량과 선택되는 움직임 벡터 예측 기법을 함께 제시하였다. 표 1에서 1D는 수평, 수직 움직임 성분을 독립적으로 가변 길이 부호화하는 경우를 의미하며, 2D는 수평, 수직 움직임 성분을 함께 2차원 가변 길이 부호화하는 경우에 해당된다. 결과에 의하면 시간상의 예측을 사용하여 2차원 허프만 부호를 사용하는 기법이 가장 빈번하게 선택되었으며, 부분적으로는 수평방향 성분에 대해서는 공간적인 예측 기법을 적용하고 수직 방향 성분은 직접적으로 부호화하는 방식이 효과적임을 알 수 있다.

소수의 움직임 벡터들만을 탐색하도록 하여 계산량을 줄일 수 있으며, 본 논문에서는 MAD 탐색에 의한 움직임 벡터 주변, 현재 블록에 대해 예측된 움직임 벡터 주변 등 총 75개의 위치들만을 선택적으로 탐색하도록 하였다. 그림 5에 Models 영상에서 이와 같은 움직임 추정 기법을 수행할 때 DFD 분산과 2차원 허프만 부호화에 의한 움직임 정보량의 관계를 제시하였다. 또한 비교를 위하여 블록 정합 방식의 결과도 함께 제시하였으며, 시간적 움직임 예측 기법에 이득/비용 탐색을 결합한 경우가 가장 나은 성능을 보임을 알 수 있다. 또한 그림 에서 조절 상수  $c$ 를 매우 작게 하여 예측 성능을 중시하면, 블록 정합 방식 움직임 추정 기법의 결과 (그림에서 original로 표시)에 비해 벡터 정보량을 줄이면서도 DFD 분산을 낮게 유지함을 알 수 있다. 즉 MAD 대신에 MSE(mean square error)를 DFD 분산 계산에 직접 사용함에 따라서 이와 같은 DFD 분산 상의 이득이 발생한다. 그리고 추가적으로 움직임 벡터 정보를 감축하기 위해서 조절 상수  $c$ 를 증가시키면, 이에 상응하는 DFD 분산 증가가 발생됨을 확인할 수 있다.

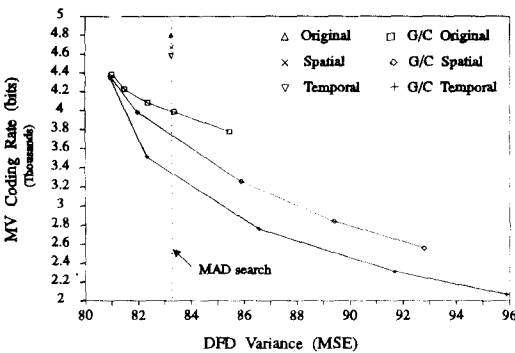


그림 5. 선택적 움직임 벡터 예측 기법에 의한 이득/비용 움직임 추정시 DFD 분산과 움직임 부호화 정보량의 비교 (2D 허프만 부호화)

Fig. 5. Performance comparison of gain/cost motion estimation using selective motion vector prediction technique.

따라서 선택된 예측 기법에 의해 움직임 벡터를 부호화하는 과정을 식 (1)의 이득/비용 움직임 추정 기법의 비용 부분, 즉  $B(V)$  계산 과정에 결합하게 되면 움직임 벡터 전송 정보량을 효율적으로 감축할 수 있다. 그리고 이득/비용 탐색을 할때는 가능성 있는

## 2. 계층적 가변 블록 크기 움직임 추정 기법

이상과같이 움직임 정보를 효율적으로 전송하기 위한 움직임 벡터 부호화 기법에 대해서 살펴 보았다. 그런데 disjoint한 특성을 지니는 기본적인 VBS 움직임 정보의 경우에는 블록 크기 구조가 계속적으로 변화하기 때문에 움직임 벡터의 예측을 활용하는 움직임 정보 감축 기법을 사용하기 매우 어렵다. 단지한 VBS 움직임 정보 내에서만 인접한 움직임 벡터와의 차벡터를 형성하는 것이 가능할 뿐이다. 또한 서로 다른 움직임 벡터들 만이 분리되는 것이 VBS 움직임 정보의 특성이므로 움직임 벡터간의 상관성은 매우 약하게 되어 가변 길이 부호화의 이득이 거의 없다. 결론적으로 disjoint VBS 움직임 정보에 대해 움직임 벡터 부호화 기법을 적용하는 것이 힘들다고 판단된다. 따라서 본 논문에서는 움직임 벡터의 부호화의 효율적인 결합을 가능하도록 하는 계층적인 구조의 새로운 VBS 움직임 추정 기법을 제안한다.

먼저 제안한 VBS 움직임 추정에서는 최상위 단계의 움직임 정보는 항상 고정적으로 전송하면서 전송한 움직임 벡터 예측 기법에 의해 부호화한다. 물론 최상위 단계의 움직임 정보를 항상 전송한다는 사실은 움직임 정보량 증가를 의미하지만, 이러한 추가 부담은 움직임 부호화 기법의 효과적인 결합에 의해 보상할 수 있다. 또한 하위 단계의 움직임 정보의 탐색에 있어서는 최상위 단계 움직임 벡터 주위의 제한

표 1. 선택적 움직임 예측 기법의 성능 비교

Table 1. Performance comparison of selective motion vector prediction technique.

FRAME NO	MV Coding Rate according to Prediction Mode									SELECTION		
	original 1D		temporal 1D		spatial 1D		original 2D	temporal 2D	spatial 2D	X	Y	2D
	X	Y	X	Y	X	Y						
3	3441	2577	2830	2689	2677	2770	6217	5594	5516	spa	ori	
4	3609	2658	2797	2763	2817	2876	6395	5616	5763	tem	ori	
5	3655	2666	2911	2891	2857	2907	6470	5788	5844	spa	ori	
6	3883	2816	2990	2898	2955	3108	6776	5923	6135	spa	ori	
7	3752	2698	2730	2805	2825	2964	6518	5496	5831	tem	ori	
8	3933	2742	2871	2866	2911	3024	6716	5694	6026	tem	ori	
9	3857	2742	2738	2865	2745	2975	6560	5574	5736	tem	ori	
10	3858	2768	2715	2775	2835	2971	6528	5456	5815			tem
11	3900	2815	2806	2807	2848	3025	6638	5505	5903			tem
12	3767	2653	2777	2856	2776	2907	6299	5590	5681	spa	ori	
13	3723	2659	2807	2721	2785	2938	6280	5444	5736	spa	ori	
14	3723	2746	2712	2808	2741	2945	6367	5484	5702	tem	ori	
15	3780	2988	2717	2833	2739	2937	6628	5459	5695			tem
16	3797	3068	2876	2840	2915	3033	6748	5641	5967			tem
17	3750	2789	2816	2815	2840	2882	6521	5633	5764	tem	ori	
18	3814	2840	2893	2836	2864	2942	6572	5696	5833			tem
19	3760	2847	2814	2741	2810	2920	6579	5522	5737			tem
20	3729	2748	2755	2739	2745	2882	6455	5483	5633			tem
21	3788	2877	2952	2842	2986	2975	6630	5778	5999			tem
22	3548	2751	2695	2636	2710	2839	6231	5293	5628			tem
23	3460	2768	2604	2658	2669	2774	6227	5257	5473			tem
24	3330	2624	2527	2496	2730	2730	5936	5013	5481			tem
25	3330	2527	2624	2538	2671	2593	5928	5158	5340	tem	ori	
26	3726	2717	2844	2765	2967	2907	6409	5520	5919			tem
27	3123	2282	2528	2355	2664	2505	5501	4861	5244	tem	ori	
28	2947	2216	2376	2260	2442	2418	5289	4660	4960	tem	ori	
29	2796	2072	2291	2175	2394	2311	4951	4462	4703	tem	ori	
30	3076	2177	2582	2382	2465	2512	5249	4897	5006	spa	ori	
31	2890	2196	2462	2273	2414	2411	5093	4744	4860	spa	ori	
32	2869	2087	2444	2220	2419	2305	4908	4714	4749	spa	ori	
33	3092	2336	2603	2410	2604	2435	5306	4957	5041	spa	ori	
34	3365	2576	2770	2540	2655	2649	5721	5216	5255	spa	ori	
35	3155	2371	2526	2370	2488	2522	5405	4852	4971			tem
36	3050	2284	2383	2252	2321	2359	5151	4567	4643			tem
37	3136	2278	2400	2319	2399	2387	5262	4657	4734			tem
38	3082	2171	2248	2187	2286	2343	5078	4317	4586			tem
39	3049	2206	2181	2224	2259	2376	5129	4297	4643			tem

된 영역만을 탐색하도록 하는 제한탐색(restricted search) 방식을 사용하였다. 그러면 최상위 단계 움직임 벡터와의 차 벡터를 부호화함으로써 부호화의 효율성을 향상할 수 있다. 또한 탐색 영역을 단계적으로 조정할 수 있으므로 하위 단계의 움직임 정보를 추가로 부호화할 정보량 부담을 조정할 수 있는 특성도 지닌다. 그리고 최상위 단계의 움직임 벡터 위치에 따라서 탐색 영역이 신축적으로 조정되기 때문에 경우에 따라서는 고정된 탐색 영역을 사용한 경우 보

다 효과적인 움직임 추정이 가능 하다. 하지만 최상위 단계의 움직임 추정에 대한 의존성이 생겨서 기본적인 VBS 움직임 추정 기법에 비해서 계산량은 다소 증가한다.

계층적 VBS 움직임 정보의 일례를 그림 6(a)에 제시하였으며, 계층적 VBS 움직임 정보의 경우에는 상위 단계와 하위 단계의 움직임 벡터들이 서로 중복될 수 있으므로 disjoint한 특성이 만족되지 않음을 알 수 있다. 따라서 고정적으로 전송되는 최상위 단

계 1비트를 제외한 그림 6(b)의 트리 구조 전체를 모두 VBS 구성 정보로 사용해야만 하는 문제점이 있다. 이와 같이 움직임 벡터의 중복을 허용하는 계층적 VBS 움직임 구조를 사용하게 되면, 구성 정보 전송에 있어서 추가 부담이 발생한다. 반면에, 그림 6(a)의 VBS 움직임 정보를 disjoint한 VBS 움직임 구조로 표현하려면, 하위 단계의 움직임 벡터들을 분리하기 위해 연관되는 상위 단계들을 모두 분리하면서 해당 움직임 벡터들이 모두 부호화해야 한다.

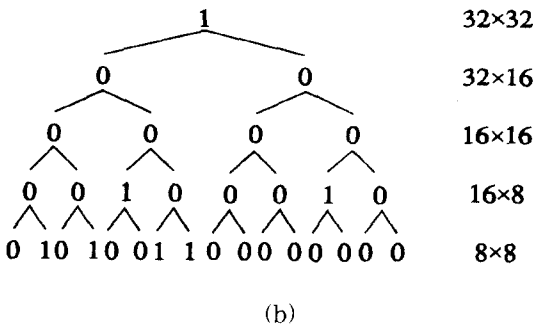
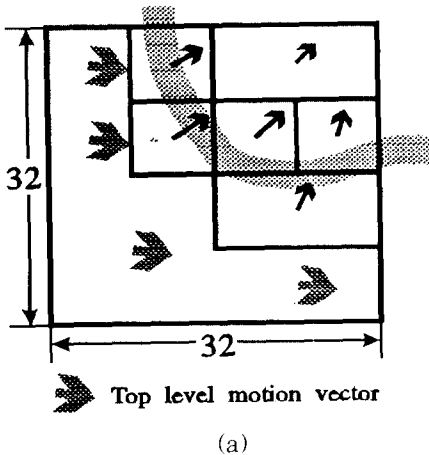


그림 6. 계층적 VBS 움직임 정보의 구성 (VBS '11111' 경우)

(a) Hierarchical VBS 움직임 정보

(b) 움직임 정보의 트리 구조

Fig. 6. Hierarchical VBS motion information (VBS "11111" case).

(a) Typical hierarchical VBS MV.

(b) Corresponding VBS tree structure.

하지만 움직임의 중복을 허용하면 불필요한 움직임 벡터 분리는 배제할 수 있으므로 부호화할 움직임 벡

터의 수가 적어지는 특성이 있다. 따라서 본 논문에서는, 이러한 특성들을 고려하여, 고정적으로 전송되는 최상위 단계를 제외한 VBS 단계들에 대해서 disjoint한 특성을 만족시키는 VBS 움직임과 그렇지 않은 VBS 움직임 중에서 보다 효율적인 경우를 선택적으로 사용한다. 즉 최상위 단계를 제외한 VBS 움직임 정보의 disjoint 특성을 구분하는 비트를 도입하였다. 이어서 최상위 움직임 벡터는 전술한 예측 부호화 기법에 의해 부호화하고 하위 단계의 움직임 벡터들은 최상위 단계의 움직임 벡터와의 차벡터를 가변 길이 부호화하면 전송이 완료된다.

한편, 계층적 VBS 움직임을 구성하는 과정은 disjoint VBS 움직임 정보 구성 과정과 유사하게 분산 비교를 이용하는 알고리즘을 사용하였으며, 구체적인 과정은 다음과 같다.

1) 먼저 최상위 단계에 대해 블록 정합 방식에 의한 일차적인 움직임 벡터들을 구한 다음, 이전 프레임의 움직임 벡터 정보와 함께 움직임 벡터 부호화를 위한 예측 방식을 적용적으로 결정한다. 이어서 선택된 움직임 벡터 부호화 기법을 이득/비용 움직임 추정 기법과 연결하여 움직임 추정을 수행한다. 이때 조절 상수  $c$ 를 조정하여 최종적으로 발생하는 DFD 분산이 블록 정합 방식만을 사용한 경우의 분산과 동일한 수준을 유지하도록 한다. 그리고 나머지 하위 단계들에 대해서 최상위 단계 움직임 벡터 주위의 제한된 탐색 영역만을 탐색하여 움직임 벡터들을 추정한다.

2) 최상위 단계부터 시작하여 유효한 근접 상위단계에서의 움직임 벡터에 의한 DFD 신호의 분산과 하위 단계에서의 DFD 신호의 분산을 비교한다. 이때 하위 단계의 각각 블록에 대해서 별도로 비교를 수행하며, 분산의 비율이 국부비교 비율1 이하인 경우에만 하위 단계의 움직임 벡터로의 분할을 유효하게 유지한다. 이와같은 과정을 최하위 단계까지 반복적으로 수행한다.

3) 이상과 같은 과정에 의한 VBS 움직임 정보는 각 단계에서의 주위 움직임 벡터들에 대한 고려가 배제되는 문제점이 있다. 따라서 하위 단계에 대하여 유효한 움직임 벡터들에 의한 해당 DFD 분산들의 평균치와 직전 상위 단계의 움직임 벡터에 의한 DFD 분산 비교를 최하위 단계부터 시작하여 역으로 진행하여 불필요하게 분리되는 경우를 제거한다. 그리고 이러한 하위 단계에서 상위 단계로의 병합 과정에는 분산 비교를 위한 기준치로 국부비교 비율2를 사용한다.

4) 마지막으로 VBS 움직임 정보에 따른 DFD 분



산을, VBS 움직임 추정을 사용하지 않은 최상위 단계에 의한 DFD 분산과 전체 비교 비율에 의해서 비교하여 효율적인 VBS 움직임 정보만을 선택한다

우 국부 비교 비율2와 전체 비교 비율은 각각 0.9, 0.8을 고정적으로 사용하였다. 먼저 국부비교 비율1의 크기가 0.25~0.50 근처일 때 계층적 VBS 움직임 정보가 고정적인 움직임 추정 기법에 비해 상당히 우수한 성능을 보인다는 사실을 확인할 수 있다. 덧붙인다면 그림 2(a)에 제시한 disjoint한 VBS 정보와 비교해서도 향상된 성능을 보인다는 사실을 확인할 수 있다.

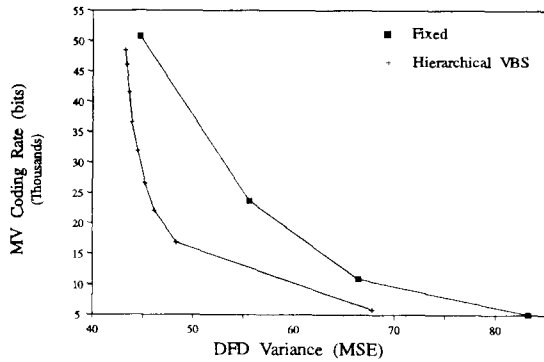


그림 7. 계층적 VBS 움직임 추정 기법의 성능 비교 (VBS '1111' 경우)

Fig. 7. Performance comparison of the hierarchical VBS ME (VBS '1111' case).

그림 7에 계층적 VBS 움직임 추정 기법을 사용할 때 동일한 Models 영상을 추정할 때 발생하는 전송 정보량과 DFD 분산의 관계를 제시하였는데, 이 경

IV. VBS 움직임 추정 기법과 움직임 영상 부호화

VBS 움직임 추정을 움직임 보상 부호화에 결합하기 위해서는 다음과 같은 사항을 추가적으로 고려할 필요가 있다. 비록 VBS 움직임 추정에 의해서 DFD 분산을 줄일 수는 있지만, 이를 위해 사용된 추가적인 전송 비트들이 DCT에 이은 양자화를 거치고 난 다음에는 VBS 움직임 추정으로 생긴 이득을 상쇄시키는 경우가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 움직임 보상 부호화단에서 VBS 움직임 추정과 고정된 움직임 추정을 동시에 수행하면서, 사용한 전송 정보량과 그에 따른 부호화 왜곡치를 비교하여 적응적으로 선택하도록 하였다. 자세한 적응적 선택과정은 그림 8에 제시하였다.

그림 8에는 하나의 블록을 부호화하는 과정에서 움

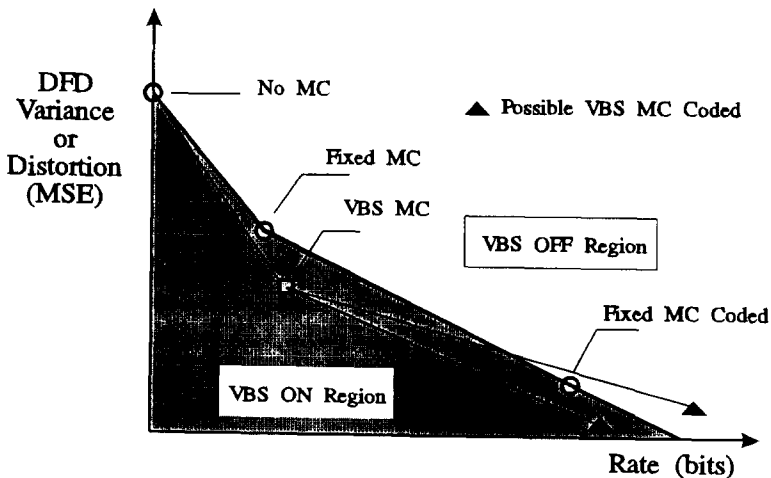
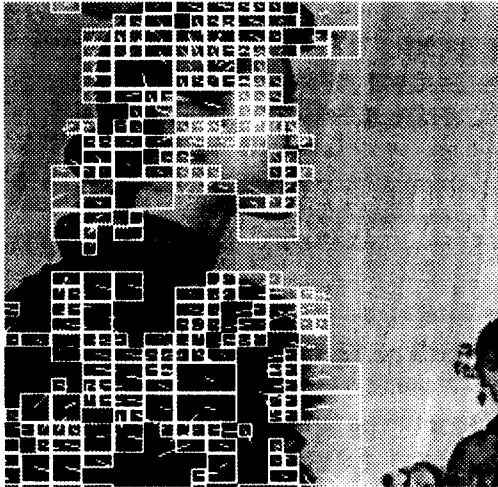


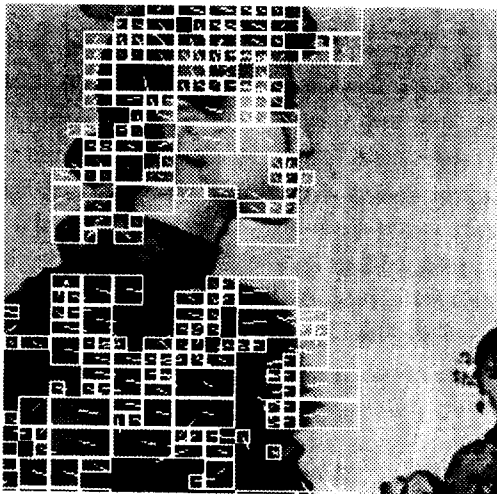
그림 8. 움직임 보상 부호화에서 적응적인 VBS 선택 기법

Fig. 8. Adaptive VBS selection scheme in motion compensated coding.

직업 보상을 하지 않은 상태, 움직임 보상이 수행된 상태, 그리고 움직임 보상 부호화가 수행된 상태의 3 경우에 대한 차신호 분산과 전송 비트의 관계가



(a)



(b)

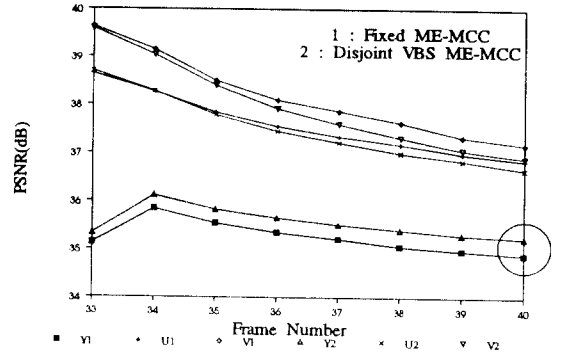
그림 9. MCC에 의한 적응적 선택 이전/이후의 VBS 정보

- (a) 적응적 선택 이전
- (b) 적응적 선택 이후

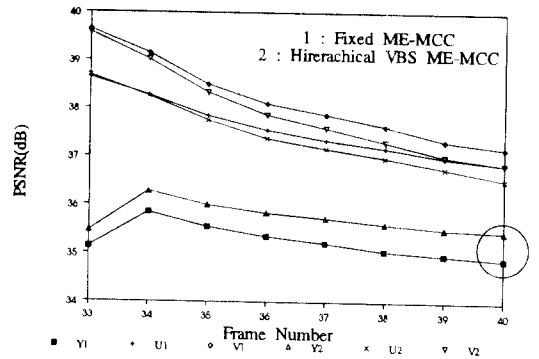
Fig. 9. VBS motion information change during MCC.

- (a) Before adaptive selection
- (b) After adaptive selection

제시되어 있다. 먼저 ○에 의해 표시된 부분들이 고정된 크기의 움직임 추정을 사용한 다음 부호화를 수행한 경우에 해당된다. 따라서 VBS 움직임을 사용한 다음(□표시), 움직임 영상 부호화를 수행하는 경우의 전송 비트에 따른 부호화 왜곡의 위치는(▲로 표시) 고정된 크기의 움직임 보상의 경우의 추이에 해당하는 굵은 실선 아래에 위치해야 VBS 움직임 기법이 효과적이다.



(a)



(b)

그림 10. VBS 움직임 추정에 의한 부호화 성능 (Models)

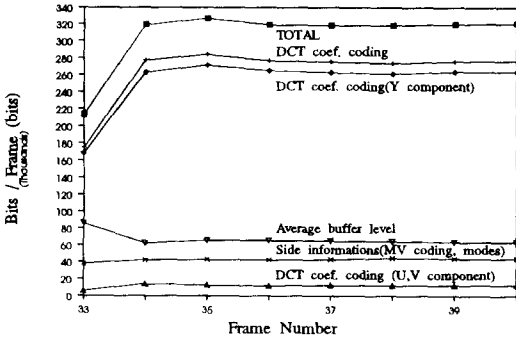
- (a) Disjoint한 VBS 움직임 추정
- (b) 계층적 VBS 움직임 추정

Fig. 10. PSNR performance of VBS ME-MCC (Models).

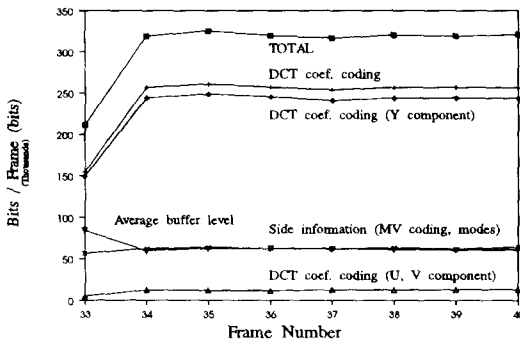
- (a) Disjoint VBS ME
- (b) Hierarchical VBS ME.

그러므로 이런 경우에만 VBS 움직임 보상된 DFD 신호의 부호화가 이루어지도록 한다. 또한 그림 9(a)

와 그림 9(b)에 이러한 움직임 보상 부호화 단계에서의 적응적인 VBS 선택에 따른 VBS 움직임 정보의 변화를 원 영상에 중복지켜 나타내었으며, 비효율적으로 세분되었던 일부 VBS 움직임 정보들이 적응적인 VBS 선택 과정에 의해서 다소 제거됨을 확인할 수 있다.



(a)



(b)

그림 11. 전송 정보 사용 비교 (Models).

(a) 고정 블록 크기 움직임 추정.

(b) Disjoint한 VBS 움직임 추정.

Fig. 11. Transmission information comparison (Models).

(a) Fixed block size ME.

(b) Disjoint VBS ME.

최종적으로는 10 프레임의 Models 연속 영상을 사용하여 VBS 움직임 추정 기법을 사용한 움직임 보상 부호화의 모의 실험을 수행하였다. 이때 움직임 보상 부호화는 CCITT의 RM7 양자기를 사용하였다.<sup>[17]</sup> 그 결과를 그림 10에 제시하였는데, 기본적인 VBS 움직임 모델 기법이 0.4dB 정도의 성능 개선

을 얻을 수 있었으며, 계층적인 VBS 움직임 추정 기법에서는 0.6~0.7dB 정도의 성능 개선이 나타났다. 그리고 VBS 움직임 추정 기법의 결합에 따른 부호화 전송량을 고정된 크기의 움직임 추정을 사용하는 경우와 기본적인 disjoint한 VBS 움직임 추정을 사용하는 경우에 대하여 각각 그림 11(a)와 그림 11(b)에 제시하였다. 그림에서 전체 전송량은 2경우에 상관없이 동일하게 유지되었음을 알 수 있으며, VBS 움직임 추정의 경우에 움직임 벡터 부호화 정보가 포함되어 있는 부가정보가 크게 증가한 것을 관찰할 수 있다. 하지만 DCT 부호화에 사용된 정보량은 상대적으로 감소한 것을 쉽게 확인할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 움직임 보상을 위해 사용하는 움직임 추정 기법에 따른 움직임 영상 부호화의 성능 개선을 위해서 가변 블록 크기(variable block size: VBS) 모델에 근거한 움직임 추정 기법을 제안하였다. 그리고 제안된 VBS 움직임 추정 기법의 성능을 컴퓨터 모의 실험에 의하여 평가하였다. 고정된 블록 크기로 움직임을 추정할 때 발생하는 문제점을, 적응 가변 블록을 사용하여 완화시키는 움직임 추정 기법이 VBS 움직임 추정 기법이며, 본 논문에서는 움직임 벡터 부호화 기법과 연결한 새로운 계층적인 VBS 움직임 추정 방식을 제안하였다. 또한 움직임 추정 시의 이득/비용을 감안하는 움직임 추정 기법에, 선택적 예측 움직임 벡터 부호화 기법을 결합한 효과적인 움직임 추정 기법도 제안하였다. 고해상도 영상의 부호화에 제안하는 계층적인 VBS 움직임 추정 기법을 사용한 결과 기존의 고정된 크기의 블록 정합 방식 움직임 추정 기법에 비해서 약 0.6~0.7dB의 PSNR 성능 향상을 얻을 수 있었다.

參考文獻

[1] N. G. Musmann, P. Pirsh and H. J. Grallat, "Advances in picture coding," *Proc. of the IEEE*, vol. 73, no. 4, pp. 523-548, 1985.

[2] J. Aggarwal and N. Nandhakumar, "On the computation of motion from sequences of images - A review," *Proc. of the IEEE*, vol. 76, pp. 917-935, Aug. 1988.

[3] E. Buboiss and J. Konrad, "Review of

techniques for motion estimation and motion compensation." *HDTV '90 Colloquium*, pp. 3B.3.1-3B.3.19, 1990.

[4] J. R. Jain and A. K. Jain, "Displacement measurement and its applications in interframe image coding," *IEEE Trans. on Commun.*, vol. COM-29, pp. 1799-1808, Dec. 1981.

[5] W. Y. Choi and R. Park, "Motion vector coding with conditional transmission," *Signal Processing*, vol. 18, pp. 259-267, 1989.

[6] T. Koga and M. Ohta, "Coding of motion vector information," *Picture Coding Symposium*, 1987, pp. 138-139.

[7] M. Kerdranvat, "Hierarchical motion estimation and motion information encoding," in *Proc. of the 3th Internat. Workshop on HDTV*, Torino, Italy, Sept. 1989, pp. 41-48.

[8] J. P. Henot, "Coding of motion information for high definition television," in *Proc. of the 2nd Internat. Workshop on Signal Processing of HDTV*, L'Aquila, Italy, Feb. 1988, pp. 355-363.

[9] C. T. Chen and F. C. Jeng, "On coding of motion vectors for motion-compensated predictive/interpolative video coder," in *Proc. SPIE Internat. Conf. Visual Commun. Image Proc.*, Boston, MA, Nov. 1991, pp. 812-821.

[10] H. Schiller and B. B. Chaudhuri, "Efficient coding of side information in a low bitrate hybrid image coder," *Signal Processing*, vol. 19, no. 1, pp. 61-73, Jan. 1990.

[11] A. Puri, H. M. Hang and D. L. Schilling, "Interframe coding with variable block size motion estimation," in *Proc. IEEE GLOBECOM*, Nov. 1987, pp. 65-69.

[12] M. H. Chan, Y. B. Yu and A. G. Constantinides, "Variable size block matching motion compensation with application to video coding," *Proc. IEE*, vol. 137, Pt. I, no. 4, pp. 205-212, Aug. 1990.

[13] G. J. Sullivan and R. L. Baker, "Rate-distortion optimized motion compensation for video compression using fixed or variable size blocks", in *Proc. IEEE GLOBECOM*, 1991, pp. 85-90.

[14] Reuter, "A modified block matching algorithm with vector reliability checking and adaptive smoothing," in *Proc. of the Image Processing Conf.*, United Kingdom, 1989.

[15] C. Stiller, "Motion estimation for coding of moving video at 8kbit/s with Gibbs modeled vector field smoothing," in *Proc. SPIE Internat. Conf. Visual Commun. Image Proc.*, Lausanne, Switzerland, Oct. 1990, pp. 468-476.

[16] C. Stiller and D. Lappe, "Gain/cost controlled displacement-estimation for image sequence coding," in *Proc. IEEE Internat. Conf. ASSP*, May, 1991, pp. 2729-2932.

[17] CCITT, "Description of reference model 7(RM7)," SG XV. *Specialists Group on Coding for Visual Telephony*, Doc. 446, Jan. 1989.

— 著 者 紹 介 —



金宗源 (正會員)  
 1964年 9月 4日生. 1987年 2月,  
 서울대학교 공과대학 제어계측공학과 졸업. 1989年 2月 서울대학교 대학원 제어계측공학과 박사과정.  
 주관심 분야는 영상 부호화 등임.

李商郁 (正會員) 第 25 卷 第 3 號 參照  
 현재 서울대학교 제어계측공학과 부교수