

## 움직임 벡터의 상관성을 이용한 탐색영역의 결정

正會員 金東郁\*, 崔宗秀\*\*

## Determination of Search Region Using Correlations of Motion Vectors

Dong Wook Kim\*, Jong Soo Choi\*\* Regular Members

이 논문은 1992년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 대학부설 연구소 과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

## 要 約

움직임 보상 기법은 동영상 압축에서 매우 유용한 수단이며, 블록 정합 알고리즘이 널리 사용된다. 블록 정합 알고리즘에서, 움직임 탐색을 위한 탐색영역은 일단 일정한 크기로 정해지면, 탐색과정에서 물체의 움직임의 정도에 의거하여 변경될 수 없다. 따라서, 만일 물체의 움직임이 탐색 영역을 벗어나면, 움직임 계산의 결과는 부정확할 가능성이 매우 높다.

본 논문에서는, 인접한 프레임 간의 움직임 벡터의 상관성을 이용하여 탐색 영역의 위치를 결정하고, 이를 바탕으로 보다 정확한 움직임 벡터를 얻을 수 있는 새로운 알고리즘을 제안한다. 즉, 탐색 영역의 크기가 제한되고 고정된 환경에서, 탐색 범위를 벗어나는 빠른 움직임에 대해 이전 프레임의 움직임 벡터를 이용하여 물체의 움직이는 방향과 위치를 예측하여 이를 바탕으로 이동될 탐색 영역의 위치를 결정함으로써 더 정확한 예측을 가능케 한다. 본 논문에서는 이를 위해 벡터 필드 영상을 구성하고 이를 바탕으로 한 매핑 기법을 적용한다. 또한 예측 블록 벡터(predicted block vector: PBV)와 예측 화소 벡터(predicted pixel vectors: PPV)를 통해 임의의 기준블럭에 대한 탐색영역이 결정된다. 제안된 기법에 대한 모의 실험에서, 고정 위치 탐색법 즉, 기존의 전역 탐색법에 비해 향상된 화질의 결과를 보인다.

## ABSTRACT

Motion compensation (MC) plays an important role in interframe coding. The block matching algorithm is a popular technique as the MC coding method. In the block matching algorithm (BMA), the size and position of search region can not be changed in motion estimation time. Therefore, if the motion of an object goes beyond the search area, the result of motion estimation may be

\* 중앙대학교 대학원 전자공학과 박사과정

\*\* 중앙대학교 전자공학과 교수

論文番號 : 94373-1229

接受日字 : 1994年 12月 29日

very inaccurate.

In this paper, we propose a new method which determines the location of the search region for a block of the current frame and can get an accurate motion vector, which is depended on the correlations of the motion vectors between the adjacent frames. With a restricted search region, the motion of an object goes beyond the search region can be well predicted by determination of the moved search position using motion vectors of the previous frame. For it, the vector field image is constructed and the mapping technique is applied. And the search region for a reference block is determined by the predicted block vectors(PBV) and the predicted pixel vectors(PPV). The image quality of the proposed algorithm results in higher than full search BMA which has the constant position of the search region. The improved performance of the proposed algorithm will be shown in simulation results.

## 1. 서 론

최근 움직임 보상 기법(motion compensation technique)은 동영상에 내재하는 많은 양의 상관성 및 중복성을 제거함으로써, 이를 이용한 낮은 비트율 부호화(low bit-rate coding) 및 고선명 TV의 영상 처리 기술 등에 널리 이용되고 있다. 일반적으로 움직임 보상을 위한 기법으로서 화소 순환법(pel recursive algorithm) 및 블록 정합법(block matching algorithm: BMA) 등이 있으나, 계산량 및 하드웨어 구현 등을 고려할 때, BMA가 널리 사용되고 있다<sup>[1][2]</sup>. BMA는 현재 프레임(current frame)을 정방향의 블록으로 세분하고, 각 블록에 대해서 이전 프레임(previous frame)에서의 최소 오차를 갖는 블록 위치를 찾음으로써 움직임 벡터(motion vector)가 정의된다. 따라서 전송되는 데이터(data)는 움직임을 나타내는 움직임 벡터, 그리고 움직임 보상된 영상과 원 영상과의 차이를 나타내는 예측 오차이다. 그러므로 영상에 존재하는 물체들의 움직임에 대한 정확한 탐색이 바탕이 되어야만 예측 오차를 줄일 수 있으며, 그렇지 않을 경우 예측 오차에 대한 많은 양의 전송 정보량이 필요하게 된다. 그러나, BMA는 영상 시퀀스에 실제로 적용될 때, 몇가지 문제점을 가지고 있다. 즉, 물체가 회전하거나, 변형(deformation), 축소 및 확대, 또는 빠른 움직임 등에 대해서는 효과적으로 대처할 수 없으며, 큰 오차를 발생시킬 수 있다<sup>[3][4]</sup>. M.T. Ochar<sup>[5]</sup>는 물체의 경계(boundary)부의 변형으로 인하여 발생하는 큰 예측오차를 줄이기 위해 움직임 필드(motion field)의 분할 기법을 적용하였으며, Bruswitz<sup>[6]</sup>는 BMA의 단점을

보완하기 위해 삼각형 형태의 움직임 보상기법을 제안하였다. 또한 영상의 특성에 맞게 가변 블록 기법을 적용하기도 하였다<sup>[5]</sup>. 또한 전역 탐색 BMA의 수행시 발생하는 많은 계산량을 감소시키기 위해서, 다소의 화질 저하에도 불구하고 고속 처리를 위한 알고리즘도 연구되어 왔다<sup>[2][8]</sup>.

물체가 빠른 속도로 이동할 때, 이에 대한 가장 적절한 대처 방안은 탐색 영역의 범위를 넓게 하는 것이다. 그러나, 동영상 압축을 위한 계산량이 있어서 가장 큰 부분을 차지하는 것이 움직임 추정부이며, 이는 주로 탐색 범위의 크기에 의해 좌우된다. 그러므로 많은 계산량 및 시스템 구현의 난점 때문에 그 크기가 한정된다. MPEG(Moving Picture Experts Group)<sup>[9]</sup>에서 취급되고 있는 IBBP 구조에서 P 프레임을 I프레임으로부터 예측하기 위해 바로 인접한 프레임 간의 탐색 범위를  $\pm 15$  화소로 할 때, 탐색 범위는  $\pm(15 \times 3)$ , 즉  $\pm 45$ 가 된다. IBBP 구조에서의 과도한 탐색 영역의 크기로 인해 발생하는 계산량의 문제를 해결하기 위해 Telescopic 탐색법이 제안되었다<sup>[9]</sup>. 이 기법에서는 B 및 P 프레임의 예측시 바로 이전 프레임에 있어서 공간상의 동일한 좌표에 해당하는 블록의 움직임 벡터를 오프셋 벡터(offset vector)로서 이용한다. 또한, 2개의 이전 프레임들 간의 동일한 좌표에 위치하는 블록 간의 움직임 벡터를 바탕으로 현재 프레임의 움직임 추정을 위한 탐색 영역 결정에 관한 연구도 행해졌다<sup>[10]</sup>. 그러나, 이러한 연구에 있어서 공통적으로 상존하는 문제점 중의 하나는 이전 프레임의 움직임 벡터를 이용할 때 현재 프레임의 임의의 블록에 대한 이전 프레임의 동일한 좌표상의 블록에 대한 움직임 벡터를 바탕으로 움직임 추정

(motion estimation)이 이루어짐으로써 물체의 움직임 궤적에 대한 고려가 전혀 없다. 따라서, 인접 프레임 간의 동일한 위치 상의 물체의 움직임이 서로 다를 경우 이를 이용한 예측은 개선된 결과를 얻기 어렵다.

일반적으로 연속된 프레임사이에서 움직이는 물체는 많은 상관성을 갖는다. 이러한 상관성을 바탕으로 많은 연구들이 행해져 왔다. 움직임이 적은 영상을 대상으로 한 영상 보간기법<sup>13)</sup>이 그 한 예이다. 본 연구에서는 정확한 움직임 보상을 하기 위해서 인접 프레임 간 움직임 벡터의 상관성을 이용하여 탐색영역의 위치를 결정하기 위한 새로운 알고리즘을 제안한다. 물체의 빠른 움직임에 대해서 탐색 영역의 크기를 일정하게 유지하면서 인접 프레임 간 움직임 벡터의 높은 상관성을 이용하여, 이전 프레임의 물체의 움직임을 바탕으로 현재 프레임에서의 이동 방향 및 위치를 예측하고 이를 바탕으로 탐색 위치를 결정함으로써 예측 효율을 높일 수 있는 새로운 기법을 제안한다. 본 논문의 구성은 II장에서 제안된 알고리즘을 소개하며, III장에서는 성능 평가를 위한 모의 실험 및 결과 제시, 그리고 IV장에서 결론을 맺는다.

## II. 물체의 이동 위치 예측 및 탐색 영역의 결정

연속하는 영상 사이를 움직이는 물체는 이동하는 방향

및 크기에 있어서 많은 상관성을 지니고 있다. 따라서, 물체의 이전의 속도를 바탕으로 물체가 움직여 갈 방향 및 크기를 예측할 수 있다. 본 논문에서는 두 단계의 접근 방법을 통하여 움직임 추정을 하고자 한다. 첫째, 이전의 인접한 두 프레임에 있어서의 각 프레임의 움직임 벡터를 이용하여 이전 프레임의 임의의 블럭이 현재 프레임에 이동할 방향 및 위치를 예측하고, 둘째, 예측된 이동 방향 및 위치를 바탕으로 현재 프레임의 임의의 기준 블럭에 대한 탐색 영역을 결정한다.

그림 1은 영상의 구성 및 제안된 알고리즘의 개략도를 나타낸 것이다.

기호(symbol)의 정의

$\Delta t$  인접 프레임간 시간 간격

$v_B^{-1}$  프레임  $F_{t_0-\Delta t}$ 에서 블럭 B의 계산된 움직임 벡터

$\widehat{v_A^{-1}}$  프레임  $F_{t_0-2\Delta t}$ 의 블럭 A의 계산된 움직임 벡터

$v_{PB}^1(k, l)$  프레임  $F_{t_0-\Delta t}$ 의 블럭 B가  $\Delta t$  시간 후 즉,  $t=t_0$ 일 때 갖는 예측 블럭 벡터(PBV)

$\Delta v_{AB}^{-1}(k, l) \Delta t$  시간 동안 동일물체에 속한 블럭 A, B의 속도 변화량

현재 프레임의 물체의 이동 방향 및 위치를 예측하기 위해서 이전 프레임을 사용하는데, 등속도로 이동할 경

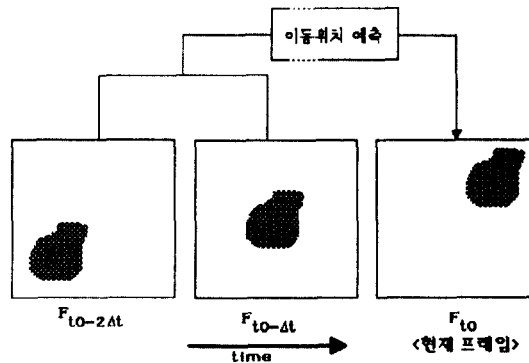


그림 1. 영상 시퀀스  
Fig. 1. Image sequence

우 바로 이웃한 이전 프레임 한 개만 사용하더라도  $\Delta t$  시간 후의 도달 위치를 예측할 수 있다. 그러나 물체가 빠르게 움직이는 경우 짧은 시간일지라도 물체의 이동 방향 및 크기는 변화할 수 있으며, 이 경우에는 바로 이전의 1개의 프레임만으로는 그 변화량을 제대로 얻을 수 없다. 따라서 본 논문에서는 2개의 이전 프레임을 바탕으로 물체의 이동 방향 및 위치를 예측함으로써, 실제 움직임에 접근하도록 하였다. 세부적인 단계별 설명은 아래와 같다.

2.1 이동 위치 및 방향의 예측

영상이 시간적으로 그림 1과 같이  $F_{t_0-2\Delta t}$ ,  $F_{t_0-\Delta t}$  그리고  $F_{t_0}$ 의 순서로 진행된다고 하자. 인접한 두개의 이전 프레임의 움직임 벡터를 이용하여  $F_{t_0-\Delta t}$ 의 임의의 블록이  $\Delta t$  시간 후 현재 프레임에 도달하는 위치 및 방향의 예측과정은 그림 2와 같다. 먼저, 프레임  $F_{t_0-2\Delta t}$ 의 벡터 필드 영상(vector field image)을 x, y방향 각각에 대하여 구성한다. 여기서 벡터 필드 영상은 각 블록의 움직임 벡터를 그 블록에 속한 각 화소(pixel)의 움직임 벡터로 해서 구성된 2차원 영상을 말하며, 각

원소를 화소 벡터(pixel vector)라고 정의한다.

그림 2에서, 프레임  $F_{t_0-\Delta t}$ 의 블록 B가 갖는 움직임 벡터를  $v_B^{t_1}$ 라고 하자. 이 때, 프레임  $F_{t_0-2\Delta t}$ 에서 블록 B의 위치는  $v_B^{t_1}$ 를 이용해서 예측할 수 있다. 먼저, 블록 B를 프레임  $F_{t_0-2\Delta t}$ 로 투영(projection)시켜 대응되는 영역을 블록 A라고 할 때, 물체의 움직임이 변형없이 직선운동을 한다면 블록 A와 블록 B는 동일한 물체이다. 본 논문에서는 이러한 인접 프레임 간의 동일한 물체의 대응관계에 의존한 좌표 변화를 블록 B에서 A로의 매핑(mapping)이라고 정의한다. 따라서 매핑 관계에 있는 블록끼리는 동일한 물체의 블록이다. 그러므로 블록 A의 움직임 벡터를 알 수 있다면  $\Delta t$ 시간 동안 이 블록의 속도 변화를 얻을 수 있고, 이를 바탕으로  $\Delta t$ 시간 후 즉,  $t=t_0$ 에서의 이동된 방향 및 위치를 예측할 수 있다. 이 때, 블록 A의 움직임 벡터는 다음과 같이 얻어진다. 즉, 그림 2에서 블록 B를 투영시켰을 때 블록 A는 블록 a, b, c, d의 일부분들로 구성된다. 따라서 블록 A의 움직임 벡터는 a, b, c, d 블록들의 화소벡터들의 평균을 통해 얻어지며, 계산된 움직임 벡터는  $v_A^{t_0-2}$ 로 나타낸다.

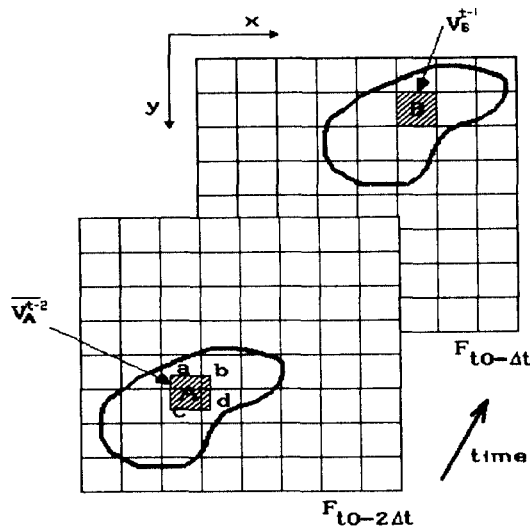


그림 2. 이동물체의 위치 예측  
Fig. 2. Prediction for the position of a moving object

이제, 블록 A와 블록 B의 움직임 벡터의 차, 즉 속도의 변화를 바탕으로 블록 B가 프레임  $F_{t_0}$ 에 도달될 위치를 추정하기로 한다. 그런데, 속도의 변화에 있어서는 많은 고려 요소가 존재한다. 즉, 현재까지의 움직임 벡터만을 이용하여 앞으로의 진행속도를 추정하는 것은 불확실하다. 따라서 본 논문에서는 속도의 변화량은 일정하다는 단순화된 모델을 바탕으로 이동 물체의 방향 및 위치를 예측한다. 이 때 얻어지는 벡터를 예측 블록 벡터(predicted block vector: PBV)라 정의하며, 구하는 과정은 다음과 같다. 가속도가 일정할 때, 프레임  $F_{t_0-\Delta t}$  k번째 행, l번째 열의 블록  $B(k,l)$ 의  $\Delta t$ 시간 후의 예측 블록 벡터(PBV)  $v_{pB}^i(k,l)$ 는

$$v_{pB}^i(k,l) = v_B^{i-1}(k,l) + a(k,l) \cdot \Delta t \quad (1)$$

로 나타낼 수 있다. 이 때, 가속도  $a(k,l)$ 는

$$a(k,l) = \frac{\Delta v_{AB}^{i-1}(k,l)}{\Delta t} \quad (2)$$

이고, 여기서  $\Delta v_{AB}^{i-1}(k,l)$ 는  $\Delta t$ 동안 블록 A와 블록 B 간의 속도 변화량 즉,

$$\Delta v_{AB}^{i-1}(k,l) = v_B^{i-1}(k,l) - v_A^{i-2}(m,n) \quad (3)$$

를 나타낸다. 여기서  $m, n$ 은  $m = k + vx_B^{i-1}, n = l + vy_B^{i-1}$ 로 주어지며,  $vx_B^{i-1}, vy_B^{i-1}$ 는 각각  $v_B^{i-1}$ 의 x성분, y성분을 나타낸다. 이 때 만약  $v_A^{i-2}(m,n)$ 와  $v_B^{i-1}(j,k)$ 가 실제 물체의 움직임을 정확하게 나타내고 있다면 식 (1)에 의한 속도의 예측은 타당하다고 볼 수 있다. 그러나, BMA는 제한된 탐색 범위 내에서 최소의 오차를 갖는 위치를 선택하기 때문에 얻어지는 움직임 벡터가 실제 움직임을 나타내지 못하면 이러한 가설에 의해 얻어지는 PBV는 큰 오차를 가질 가능성이 있다. 따라서 본 논문에서는 BMA에 의한 부정확한 움직임 벡터로 인한 오류 가능성을 고려하여 식 (1)의 PBV는

$$v_{pB}^i(k,l) = v_B^{i-1}(k,l) + K \cdot a(k,l) \cdot \Delta t \quad (4)$$

로 수정이 필요하다. 여기서, 가중치합수  $K$ 는

$$\text{if } ( | \Delta v_{AB}^{i-1}(k,l) | > \alpha ) \quad K = 0.9$$

$$\text{else if } ( \alpha < | \Delta v_{AB}^{i-1}(k,l) | < \beta ) \quad K = 0.5$$

$$\text{else} \quad K = 1.0$$

로 할당되며,  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 속도 변화량에 대한 문턱치이다. 즉, 속도변화량이  $\alpha$ 보다 큰 경우 속도의 급작스러운 변화를 나타내며, 이것은 실제로 움직이는 물체의 속도가 갑자기 변화할 수도 있으나 블록 정합법에 의한 움직임 벡터가 실제 움직임을 제대로 반영하지 못할 경우에 발생할 수 있다. 따라서 문턱치  $\alpha$ 를 초과할 때에는 이 변화량을 적용치 않는다. 이 때,  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 많은 실험을 통해서 각각 20과 10으로 고정시켰다. 제시된 알고리즘은 2 차원 평면상에서 x,y 방향에 대해 각각 동일한 처리를 함으로써 이동하는 물체에 대해서 블록 단위의 PBV를 구할 수 있다.

### 2.2 탐색 영역의 결정

움직임 추정을 위한 탐색 영역의 위치 결정은 전 절에서 서술한 블록 단위의 PBV의 투영을 바탕으로 이루어진다.

먼저, 모든 값을 영(zero)으로 하는 벡터 필드영상을 구성한다. 그림 3에서, 시간  $t = t_0 - \Delta t$ 에서 블록 C, D의 PBV값이 각각  $v_{pC}, v_{pD}$  일 때,  $\Delta t$ 시간 후 블록 C', D' 위치에 도달한다고 하자. 이 때, 블록 C'의 각 화소에는  $v_{pC}$ , 블록 D'의 각 화소에  $v_{pD}$  각각 할당되며, 각 화소에 할당되는 값  $v_{pC}, v_{pD}$ 를 추정 화소 벡터(predicted pixel vectors: PPV)라 정의한다. 그런데, 그림 3의 겹친 부분인 영역 E에 속하는 각 화소가 갖는 추정 화소 벡터(PPV)는  $v_{pC}, v_{pD}$  모두, 즉 복수개의 벡터를 갖게 된다. 이러한 현상은 배경과 물체가 겹치는 경우, 그리고 움직이는 물체가 서로 인접해 있고 임의의 시간 후 같은 위치로 이동할 경우이다. 이런 경우 PPV는  $(v_{pC} + v_{pD})/2$  즉, 그 평균 값으로 결정한다. 또한 물체의 이동으로 인하여 드러난 배경 영역(uncovered background region)이 발생하게 되어 PPV를 갖지 못하는 화소가 발생하게 된다. 이러한 경우 주변화소의 PPV를 이용하여 보간기법을 적용하였다. 적용된 보간기법은 8근방 화소의 PPV를 평균을 구하여 대치하며, 보간을 통해 채워지지 않는 화소의 PPV는 영(zero)를 갖는다. 이것은 드러난 배경의 경우 움직임 보상시 이전 프레임의 주변 블록으로부터 보상되기 때문에 영을 갖는 것이 오차 유발을 막을 수 있

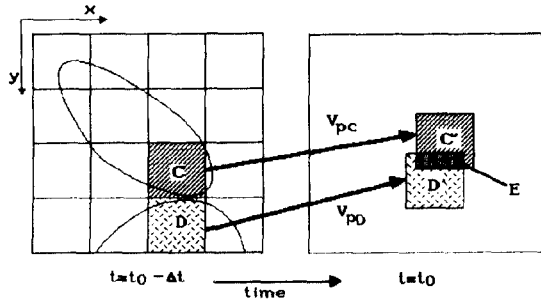


그림 3. 예측 블록 벡터(PBV)의 투영  
Fig. 3. Projection of the predicted block vectors(PBV)

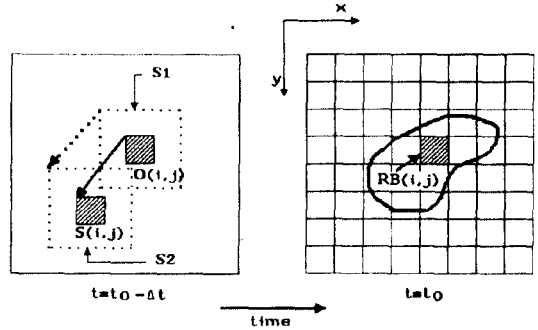


그림 4. 탐색영역의 결정  
Fig. 4. Determination of a search region

다.

언어진 PPV들을 바탕으로 기준 블록 구성 및 각 기준 블록의 오프셋 벡터(offset vectors)를 구하는 과정은 다음과 같다. 먼저 영상을 정방형의 기준 블록으로 세분하고, 각 블록에 속한 PPV들의 평균을 구하고, 이것을 그 기준 블록에 대한 오프셋 벡터로 한다. 그림 4는 오프셋 벡터를 바탕으로 현재 프레임의 임의의 기준 블록에 대한 탐색 영역을 결정하는 과정을 도식화한 것이다.

그림 4는 현재 프레임의  $x, y$  방향으로 각각  $i, j$  번째 기준 블록  $RB(i, j)$ 이 오프셋 벡터  $v_{of}(i, j) = (v_x, v_y)$ 를 가질 때, 그것에 대한 탐색 영역의 위치 결정을 나타낸 것이다. 기준 블록  $RB(i, j)$ 과 이전 프레임의 동일한 좌표를  $O(i, j)$ 라고 할 때,  $RB(i, j)$ 에 대한 탐색 영역의 중심 위치  $S(i, j)$ 는  $x$ 방향으로

$$S(i, j)_x = O(i, j)_x + v_x \cdot \Delta t \tag{5}$$

만큼, 그리고  $y$  방향으로

$$S(i, j)_y = O(i, j)_y + v_y \cdot \Delta t \tag{6}$$

만큼 이동시킴으로써 결정된다. 따라서 그림 4에서 기존의 전역 탐색, 즉 고정 위치의 탐색 기법의 경우,  $RB(i, j)$ 에 대한 탐색 영역은 이전 프레임  $F_{t_0-2t}$ 의 S1인 반면, 제안된 알고리즘에 의한 탐색 영역은 S2가 된다. 본 논문에서는, 제안된 알고리즘과의 구별을 위해, '전

역 탐색(full search)법'은 움직임 추정시 움직임 보상에 사용되는 영상에 있어서 기준블록과 동일한 위치를 탐색영역의 중심위치로 하는 방식을 의미하며, 같은 의미로서 '고정 위치 탐색 기법' 및 '기존의 전역 탐색법' 등의 용어와 혼용하여 사용하였다.

위의 과정을 바탕으로 움직임 보상을 위한 움직임 추정을 행하면, 각 기준 블록에 대한 움직임 벡터를 구할 수 있다. 또한, 수신단에서 영상을 복호화할 때, 부호화 과정과 동일한 처리를 통해서 움직임 벡터를 복원할 수 있기 때문에, 부가정보는 전혀 필요치 않다. 또한 하드웨어 구현시 고려 요소로서, 벡터 필드 영상의 구성을 위해 1개의 프레임 메모리를 필요로 하는데, 이는 2차원 각 방향에 대해 독립적인 처리가 가능하기 때문에 동일한 메모리를 통하여 이루어질 수 있다.

### Ⅲ. 모의 실험

제안된 알고리즘의 성능 평가를 위해서 본 연구에서는 CCIR 601 포맷 720×480 화소, 화소당 8비트를 갖는 영상 시퀀스에 대해 전산 모의 실험을 행하였다. 실험에서는 빠른 움직임을 갖는 영상인 'football' 영상을 대상으로 휘도 신호만을 사용하여 성능 평가를 행하였다. 그림 5는 실험에 사용된 'football' 원 영상이다.

움직임 추정을 위한 기준 블록의 크기는 8×8 화소 크기, 그리고 탐색 범위는 ±15 화소로 고정시켰다. 실험에서 움직임 보상을 위해 사용되는 이전 프레임은 코

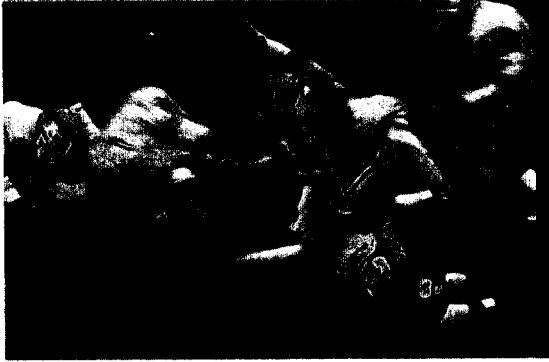


그림 5. 'follball' 원영상(15번째 프레임)

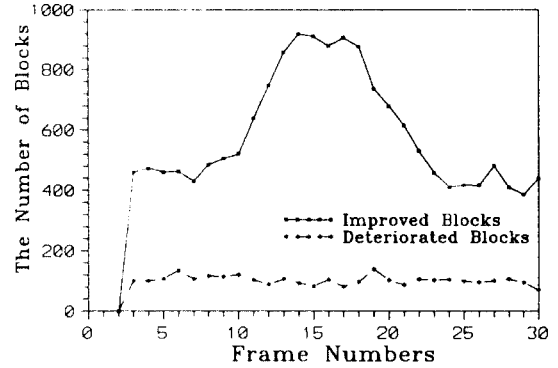


그림 6. 향상된 블럭과 열화된 블럭의 비교(블럭갯수)  
Fig. 6. Comparison of improved blocks and deteriorated blocks(the number of blocks)

딩 후 복구된 영상을 사용하지 않고, 정확한 성능비교를 위해 입력되는 원 영상을 매 프레임에 대해 적용하였다. 실험에 사용된 프레임은 1 ~ 30번 프레임이며, 움직임 보상 후의 재구성된 영상에 대한 화질 평가식은 아래 식 (7)와 같다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left( \frac{255^2}{MSE} \right)$$

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [ f(i,j) - \bar{f}(i,j) ]^2 \quad (7)$$

여기서,  $f(i,j)$ 는 원영상을,  $\bar{f}(i,j)$ 는 움직임 보상된 영상을,  $f(i,j) - \bar{f}(i,j)$ 는 각 화소에 대한 오차값을 의미하며,  $M$ 은 라인당 화소수,  $N$ 은 라인수를 각각 나타낸다.

실험 결과에서, 성능평가를 위한 비교는 기존의 전역 탐색법, Telescopic 탐색법<sup>(6)</sup>, 그리고 참고문헌(10)의 방법, 그리고 제안된 알고리즘의 결과를 비교하였다. Telescopic 탐색기법은 원래 MPEG2의 IBBP 구조에서 프레임 간격이 큰 경우 넓은 탐색범위로 인한 계산량 증가를 줄이기 위한 알고리즘이다. 본 논문에서는 IPPP구조 즉, B프레임을 고려하지 않기 때문에 비교를 위해서 Telescopic 탐색법은 이전 프레임의 동일 공간상의 블럭의 움직임 벡터를 다음 프레임의 탐색을 위한

움직임 벡터로서 이용하였다. 제안된 알고리즘에서 3번째 프레임은 프레임내(intra-frame) 압축을 행하는 첫번째 프레임을 제외한 이전 프레임인 2번째 프레임만을 이용하여 구해지며, 4번 프레임 부터는 각각 2개의 이전 프레임(previous frames)의 움직임 벡터를 이용하였다. 이전 프레임의 움직임 벡터의 부정확성으로 인해 발생할 수 있는 추정 오류를 막기 위한 문턱치인  $\alpha, \beta$  값은 각각 20, 10으로 고정시켰다.

그림 6은 제안된 알고리즘을 적용한 예측이 기존의 전역 탐색법에 비해 더욱 정확하게 이루어져 예측 오차가 개선된 블럭의 수와, 이동 위치의 예측 오류로 인하여 기존의 전역 탐색법에 비해 더 나빠진 결과를 얻은 블럭의 갯수를 프레임 단위로 도식화한 것이다. 그림 7은 블럭의 수 대신, 각각의 예측 오차에 대해 절대치화한 값을 프레임 단위로 도식화한 것이다. 그림 6, 7에서 기존의 전역 탐색법에 비해 성능이 떨어지는 블럭에 대한 원인으로는 이전 프레임의 움직임 벡터 값들이 실제 물체의 움직임을 나타내지 못하는 경우 또는 물체의 변형이 심하게 발생했을 경우, 물체가 회전하는 경우, 그리고 이전 프레임에 존재하지 않는 물체 등이 있다. 그러나 이러한 화질의 저하량은 화질이 향상된 블럭의 예측 오차에 비해 매우 적은 값이다. 이것은 물체가 변형 및 회전될 때 기존의 전역 탐색법으로도 정확한 예측이 어려움을 말해준다. 또한 이전 프레임의 배경 영역에

서 국부적으로 발생하는 큰 값의 움직임 벡터로 인하여 현재 프레임의 움직임 보상이 정확한 예측에서 벗어날 수 있는데, 본 연구에서는 이러한 요소에 대한 고려는 생략하였다.

실험 영상 1~30번째의 30프레임들에 대해 얻어진 움직임 보상된 영상의 화질이 그림 8에 도식화되어 있다. 화질의 향상을 프레임 별로 살펴보면, 기존의 전역 탐색법에 비해 최저 0.3dB(30번째 프레임)에서 최고 1.5dB(15번째 프레임)까지의 성능 향상을 가져왔으며, 평균 약 0.78dB의 화질 개선 효과를 보였다. 화질 향상에 있어서 0.3dB의 경우처럼 개선된 폭이 적은 원인으로서는 이전 프레임의 움직임 벡터 값들이 실제 물체의 움직임을 나타내지 못하는 경우, 물체의 변형이 심하게 발생했을 경우, 물체가 회전하는 경우, 또는 물체가 움직임이 비교적 적어서 고정된 위치의 탐색 영역으로 적용시켜도 충분히 보상 가능한 이유 등이다. 또한, 15번째 프레임에서와 같이 1.5dB의 높은 화질 향상은 이전 프레임에서의 움직임 벡터가 비교적 실제 물체의 움직임을 표현하고 있고, 물체의 움직임이 빠르기 때문에, 기존의 전역 탐색법의 제한된 탐색영역에 의한 결과에 비해 높은 성능을 나타낸다. Telescopic 탐색법은 이전 프레임의 움직임 벡터를 그대로 사용한 A타입과 2

로 나눈 후 적용한 B타입, 두가지에 대해 각각 실험을 행하였다. A 타입의 경우 매우 나쁜 결과를 가져오는데, 이는 물체의 움직임에 대한 제약을 전혀 고려하지 않았기 때문이며 잘못된 움직임 벡터로 인한 어려가 갈수록 누적됨을 알 수 있으며, 그 크기를 반감시킨 B타입의 경우 성능이 향상됨을 알 수 있다.

전역 탐색법 및 Telescopic 탐색법(B타입), 참고문헌[10]의 방법, 그리고 제안된 알고리즘과의 비교가 표 1에 제시되어 있다. 2~30번 프레임에 대한 성능 평가로서, 개선된 블럭 및 화질 측면에서 비교하였다. Telescopic 탐색법이 방법[10]에 비해 개선된 블럭수가 많음에도 화질이 낮은 원인으로서는 열화된 블럭이 더 많고, 블럭당 개선된 양이 적기 때문이다. 제안된 알고리즘은 화질에 있어서 기존의 전역 탐색법에 비해 0.78dB, 그리고 참고문헌 방법 [10]에 비해 0.4dB의 향상을 가져왔다.

그림 9와 10은 15번째 프레임에 대한 움직임 보상된 결과의 영상 일부이며, 비교를 위해 4배 확대시킨 영상이다. 그림 9는 기존의 전역 탐색법을 적용한 결과이며, 그림 10은 제안된 알고리즘에 의한 움직임 보상된 결과를 나타낸 것이다. 이 때, 움직임 보상된 영상의 화질은 각각 27.64dB, 29.18dB이다. 그림 9의 경우 빠른 움

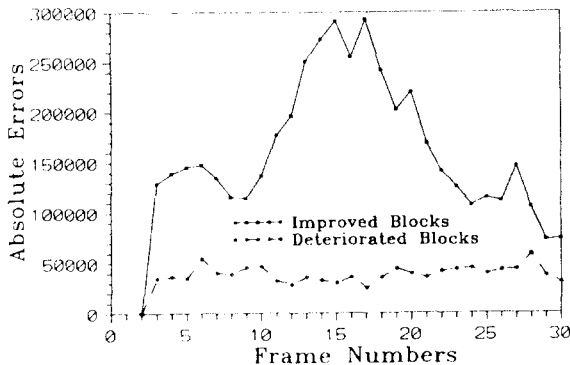


그림 7. 향상된 블럭과 열화된 블럭의 비교(예측오차의 절대치 합)  
Fig. 7. Comparison of improved blocks and deteriorated blocks(sum of the absolute prediction errors)

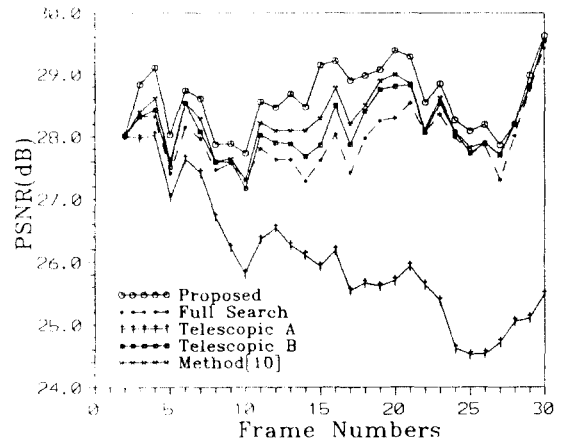


그림 8. 화질의 비교(PSNR)  
Fig. 8. Comparison of image quality(PSNR)



표 1. 성능의 비교(2~30번째 프레임)  
Table 1. Comparison of performance(2nd~30th frame)

구 분 방 법	개선된 블럭수(8×8) (합)	화질(PSNR) (평균)
전역탐색법(고정위 치 탐색기법)	-	27.95dB
Telescopic 탐색 기법	14351	28.15dB
방법[10]	13443	28.33dB
제안된 알고리즘	16501	28.73dB



그림 9. 움직임 보상된 영상(전역탐색 BMA)



그림 10. 움직임 보상된 영상(제안된 알고리즘)

직입에 대해 잘못된 예측으로 인하여 많은 블럭화 현상을 보이고 있으며, 이에 반해 그림 10의 결과에서는 더욱 정확한 예측을 바탕으로 화질 개선이 많이 이루어졌음을 알 수 있다.

모의 실험에서 알 수 있는 바와 같이, 제안된 알고리즘은 물체의 움직임이 비교적 직선 운동이거나, 변형이 적을 경우 매우 큰 개선 효과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

#### IV. 결 론

영상 시퀀스에서 인접 프레임 간에 내재하는 물체의 이동 상관성을 바탕으로 이전 프레임을 이용하여 현재 프레임의 물체의 이동 방향 및 위치를 예측하고 이를 바탕으로 움직임 추정을 위한 탐색 영역을 결정하는 새로운 알고리즘을 제안하였다. 본 알고리즘은 동영상 압축

시 움직임 보상 기법을 적용하고자 할 때, 고정된 탐색 범위로 물체의 빠른 움직임을 효과적으로 추정 및 탐색함으로써 예측 오차를 감소시킬 수 있으며 이와 관련하여 전송되는 부가 정보는 전혀 필요치 않다. 실험 결과, 실험 영상의 30프레임에 대해 기존의 고정 위치 탐색 기법에 비해 약 0.78dB의 화질 향상을 가져왔다.

### 참고문헌

1. A. N. Netravali and J. D. Robbins, "Motion Compensated Television Coding," *The Bell System Technical Journal*, vol. 58(3), pp.631-670, Mar. 1979.
2. A. N. Netravali and B. G. Haskell, "Digital pictures representation and compression," New York: AT&T Bell Lab., 1988.
3. R. Thoma, M. Bieling, "Motion Compensated interpolation considering covered and uncovered background," *Signal Processing: Image Comm.*, vol. 1, no. 2, 1989, pp.191-212.
4. Y. Tong Tse, R.L. Baker, "Global Zoom/Pan Estimation and Compensation for Video Compression," *Proc. ICASSP-91*, pp.2725-2728.
5. Michael T. Orchard, "Predictive Motion-Field Segmentation for Image Sequence Coding," *IEEE Trans. on circuits and sys. for video tech.*, vol.3, no.1, Feb. 1993.
6. H. Brusewitz, "Motion compensation with triangles," *Proc. 3rd Inter. Conf. on 64 kbit Coding of Moving Video*, Rotterdam, Netherland, Sept. 1990.
7. M. H. Chan and Y. B. Yu, "Variable size block matching motion compensation with application to video coding," *Proc. IEEE*, vol. 137, pp. 205-212, Aug. 1990.
8. Bede Liu, A. Zaccarin, "New Fast Algorithms for the Estimation of Block Motion Vectors," *IEEE Trans. on circuits and sys. for video tech.*, vol.3, no.2, Apr. 1993.
9. ISO-IEC/JTC1/SC29/WG11 MPEG 92/175, "Full search, telescopic search and half pel refinement," Mar. 1992.
10. 김진태, 이석호, 최종수, "탐색 영역의 적응적 이동에 관한 연구," 전자공학회 논문지, 제31권 B편 제8호, pp.108-116, 1994.



金東郁(Dong Wook Kim) 정회원

1987년 2월 : 성균관대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1992년 2월 : 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1993년~현재 : 중앙대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학 중

※주관심 분야 : 영상처리 및 부호화, 컴퓨터 시각

崔宗秀(Jong Soo Choi)

정회원

1949년 5월 3일생

1975년 : 인하공대 전기공학과(약전) 학사학위 취득

1977년 : 서울대 대학원 전자공학과 석사학위 취득

1978년 : 서울대 대학원 박사과정 중퇴

1981년 : 일본 Keio대학 전기공학과 박사학위 취득

1981년 : Aloka (주)연구소 연구원

1981년 9월~현재 : 중앙대학교 전자공학과 교수

※주관심 분야 : 컴퓨터시각, 영상통신, 적외선 공학 등