

정합오차의 영역간 편차를 고려한 다중 국소 탐색기반 고속 블록 정합 알고리즘

정회원 조영창*, 이태홍**

Fast Block Matching Algorithm based on Multiple Local Search Considering the Deviation of Matching Error between Regions

Young-chang Cho*, Tai-hong Yi** *Regular Members*

요약

고정된 패턴을 사용하는 기존의 고속 블록기반 움직임 추정법에서는 국소 최소해로 고립될 가능성이 있을 뿐만 아니라, 여러 움직임이 공존하는 움직임 경계에서 정확한 움직임의 추정이 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 본 논문에서는 탐색점의 수를 줄이는 동시에 국소 최소해로의 고립을 피하기 위하여 탐색 후보영역을 적용한 다중 국소 탐색법(multiple local search method : MLSM)을 제안한다. 또한, 블록 내의 움직임 영역별 정합오차의 최소편차를 고려하는 새로운 정합함수를 제안함으로써 움직임 경계에서 움직임 벡터추정의 부정확성과 움직임 보상영상에서의 화질저하문제를 개선하고자 한다. 실험결과, 제안한 방법은 기존의 방법에 비해 움직임 경계에서의 추정에서 우수한 결과를 보였으며, PSNR에 대해서도 전역탐색법과 유사한 결과를 얻을 수 있었고, 움직임 보상결과, 움직임 경계부근에서의 향상된 화질을 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

It is difficult to estimate correct motion vectors near the motion boundaries in which many different motion regions are located using the conventional fast block based motion estimation algorithms. The search of these algorithms based on the fixed search patterns is tend to be isolated into the local minima. In this paper, we propose the multiple local search method using the search candidate regions in order to reduce search point and to avoid the isolation into the local minima. Also, we propose the new matching function considering the minimal deviation of motion compensation errors between motion regions in a block to improve both the accuracy of estimated motion vectors and the quality of motion compensated images. From the simulation results, the proposed method shows more excellent results than that of the conventional methods especially in the search of motion boundaries. In PSNR the proposed method obtains the similar accuracy with the significant reduction of search points to that of full search. And, we improved the qualities of the motion compensated images of blocks on motion boundaries.

I. 서론

움직임 추정은 여러 디지털 비디오분야에서 중요한 역할을 하고 있으며, 영상정보의 시간적 상관성을 분석하는데 이용되고 있다. 대표적인 움직임 추

정법으로 블록정합법은 알고리즘이 단순하고 하드웨어 구성이 용이해 MPEG 계열이나^{[1][2]} H.261^[3], H.263^[4] 등의 표준안 등에서 채택되어 많이 사용되고 있다.

블록 정합법에서 전역 탐색법은 탐색영역 내에서

* 경운대학교 정보통신공학과(ycho@kyungwoon.ac.kr)
논문번호 : 010062-0411, 접수일자 : 2001년 4월 11일

** 영남대학교 전자공학과(taehong@yeungnam.ac.kr)

최적의 움직임 벡터를 찾는다. 그러나, 탐색영역 전체를 찾아야 하는 많은 계산량 때문에 3-단계 탐색법(3SS)^[5], 4-단계 탐색법(4SS)^[6], 블록기반 경사 하강탐색(block based gradient descent search : BBGDS)^[7] 등의 고속 알고리즘들이 연구되었다. 이러한 고속 알고리즘들은 적은 탐색으로 비교적 정확한 움직임을 추정하지만, 정합오차공간에서 오차가 전역 최소해에 근접할수록 단조 감소한다는 가정을 바탕으로 하고 있어서 다중 모달 해공간에서는 국소 최소점에 고립되어 잘못된 움직임 벡터를 추정할 가능성이 크다^[8]. 블록 정합법에서 평균절대 오차는 적은 계산량과 비교적 양호한 정합기준으로 인정되어 블록간의 유사도를 평가하기 위해 많이 사용된다. $I_i(i, j)$ 와 $I_{i-1}(i, j)$ 를 각각 i 번째와 $i-1$ 번째 프레임의 (i, j) 화소에서의 계조도라 하고, 프레임의 크기를 $M \times N$, 블록의 크기를 $K \times K$, 수평 및 수직 방향의 움직임 벡터를 각각 u, v 라 할 때, (m, n) 번째 블록의 움직임 벡터 (u, v) 에 대한 평균절대오차 $MAE(\cdot)$ 는 다음 식(1)과 같다.

$$MAE_{m,n}(u, v) = \frac{1}{K^2} \sum_{i=0}^{K-1} \sum_{j=0}^{K-1} |I_i(mK+i, nK+j) - I_{i-1}(mK+i+u, nK+j+v)| \quad (1)$$

식(1)에 대해 (m, n) 번째 블록의 움직임 벡터 $(u, v)_{m,n}$ 는 다음과 같이 결정된다.

$$(u, v)_{m,n} = \min_{(u,v)} [MAE_{m,n}(u, v), -L \leq (u, v) \leq L] \quad (2)$$

식(2)에서 L 은 각 움직임 벡터성분의 최대값을 나타낸다. 식(1)에서처럼 기존의 정합함수들은 블록 전체에 대한 누적오차의 크기만을 사용하기 때문에 여러 움직임을 갖는 블록에 있어서는 탐색영역 전체에 걸쳐 최적의 해를 찾더라도 잘못된 움직임을 추정하게 되어 움직임 보상영상의 화질을 크게 저하시킬 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 Anandan^[9]은 다해상도의 계층적 블록 정합법을 제안하여 정합오차에 대한 잡음의 영향을 줄이고자 했으며, Auyeung^[10]은 블록화 현상을 줄이기 위해 중첩된 블록의 사용을 제안하였다. M. H. Chan^[11]은 블록화 현상의 감소와 움직임 경계에서 정확한 움직임 벡터를 추정하기 위해 가변 블록 정합법을 제안하였다. 그리고, Y. L. Chan^[12]은 움직임 경계에서 시작적으로 개선된 움직임 보상영상을 얻는 윤곽기반 정합법(edge oriented BMA : EOBMA)을

제안하였다. 이러한 방법들은 움직임 보상에서 블록화 현상을 줄이는데 기여하지만, 움직임 경계에 대해서 기존의 정합함수가 갖는 문제점을 개선시키지 못한다. 그리고, 윤곽기반 정합법은 물체의 윤곽이 흐려지거나 움직임이 다른 윤곽이 블록 내에 공존할 경우, 잘못된 움직임을 추정하여 블록화 현상을 가중시킬 수 있다.

본 논문에서는 움직임 벡터의 정확성 개선을 통한 움직임 보상의 블록화 현상을 줄이기 위해 시공간적으로 인접한 이웃블록의 움직임 정보를 이용하여 블록 내 화소들을 움직임에 따라 영역별로 분할하고, 각 영역에 대한 평균 정합오차를 구한 후, 영역간 정합오차의 최소편차를 고려하는 새로운 정합함수를 제안한다. 또한, 다중 모달 해공간에 대한 고속 탐색을 위해 다중 국소 탐색기반 고속 블록 정합 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘에서는 탐색영역 내의 국소 해공간을 탐색 후보영역으로 재정의하고, 국소 최소해로의 고립문제를 개선하기 위하여 정의된 전체 후보영역들에 대해 다중적으로 움직임 벡터를 탐색한다. 다중 국소 탐색법에서는 탐색점 맵(search point map : SPM)에 각 탐색 후보영역을 표시하고, 탐색된 후보영역 내의 다른 탐색점들을 배제시킴으로써 탐색 후보영역단위의 고속 탐색을 가능케 한다.

본 논문은 II장에서 다중 국소 탐색법에 대해 다루고, III장에서는 움직임 영역별 정합오차의 영향을, IV장에서는 제안한 정합함수를 다루며, V장에서는 실험결과를 비교하고, 마지막 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 다중 국소 탐색법

2.1 탐색 후보영역의 정의

본 논문에서 제안한 탐색 후보영역은 탐색영역 내의 국소 해공간을 재정의하여 기존의 고속 알고리즘이 갖는 국소 최소해로의 고립문제를 개선함과 동시에 탐색 후보영역단위의 고속탐색을 수행하기 위해 사용된다. 각 탐색 후보영역은 움직임 벡터의 시공간적인 상관성에 기초하여 이웃블록의 움직임 벡터가 속해있는 국소 해공간을 나타내며, 이웃 블록의 움직임 벡터와 이 벡터가 속한 국소 해공간의 국소 최소해로부터 정해진다. 그림 1은 본 논문에서 사용된 이웃블록들을 가리키며, 표시된 번호는 움직임 벡터를 참조하는 순서를 나타낸다.

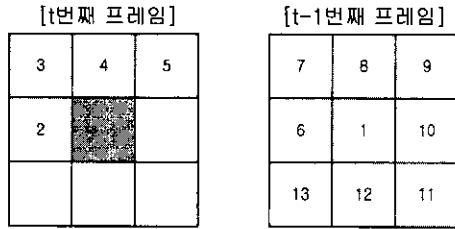


그림 1. 이웃블록과 움직임 벡터의 참조순서(■:현재 블록)

k 번째 이웃블록의 움직임 벡터가 속한 국소 해공간은 k 번째 이웃블록의 움직임 벡터 $d_i^{(k)} = (u_i^{(k)}, v_i^{(k)})$ 와 이 벡터가 속한 국소 해공간의 국소해 $d_c^{(k)} = (u_c^{(k)}, v_c^{(k)})$ 로부터 식(3)의 탐색 후보영역 $R_c^{(k)}$ 로 재정의된다. 이 때, $d_c^{(k)}$ 는 $d_i^{(k)}$ 를 시작점으로 블록기반 경사하강법에 의해 얻어진 국소 최소해를 나타낸다.

$$R_c^{(k)} = \{d: D(d, d_c^{(k)}) \leq D(d_i^{(k)}, d_c^{(k)}); \forall d = (u, v) \in R_s\} \quad (3)$$

식(3)에서 R_s 는 전체 탐색영역을 나타낸다. $D(\cdot, \cdot)$ 는 움직임 벡터간의 거리계산에 사용되며, 임의의 두 벡터를 $d_1 = (u_1, v_1)$, $d_2 = (u_2, v_2)$ 라 할 때, $D(\cdot, \cdot)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$D(d_1, d_2) = [(u_1 - u_2)^2 + (v_1 - v_2)^2]^{1/2} \quad (4)$$

표 1. 탐색 후보영역에 대한 국소 최소해로의 수렴율

sequence	N _{avg} (개)	N _c (개)	N _{nc} (개)	r _e (%)			
				π _{max}	π _c	π _{nc}	π _{min}
Garden	28.97	19.97	9.00	3.36	0.79%		
				4.69			
				0.96			
				0.23			
Claire	21.99	18.92	3.07	1.79	0.15%		
				1.12			
				0.16			
				0.03			
Tennis	43.08	21.60	21.48	8.74	1.64%		
				9.75			
				2.99			
				0.71			
Salesman	23.96	17.89	6.07	2.77	2.88%		
				2.32			
				0.97			
				0.69			

N_{avg}: 탐색 후보영역 내의 평균 탐색점 수

N_c: N_{avg} 중에서 탐색 후보영역 내의 국소 최소해로 수렴하는 탐색점 수

N_{nc}: N_{avg} 중에서 탐색 후보영역 내의 국소 최소해로 수렴하지 않는 탐색점 수

π_{max}: N_c 중에서 탐색 후보영역의 국소 최소해보다 큰 오차의 다른 국소해로 수렴하는 탐색점 수

π_c: N_c 중에서 다른 탐색 후보영역의 국소 최소해로 수렴하는 탐색점 수

π_{nc}: N_c 중에서 다른 탐색 후보영역의 국소 최소해로도 수렴하지 않는 탐색점 수

π_{min}: π_c 중에서 탐색 후보영역의 국소 최소해보다 작은 오차의 다른 국소해로 수렴하는 탐색점 수

표 1은 탐색 후보영역 내의 탐색점 가운데서 다른 국소 최소해로 수렴하여 잘못된 해를 찾을 오류율 r_e에 대한 실험결과를 보여준다. 오류율 r_e는 식(5)과 같이 정의된다.

$$r_e = \frac{n_{\min}}{N_{\text{avg}}} \times 100 (\%) \quad (5)$$

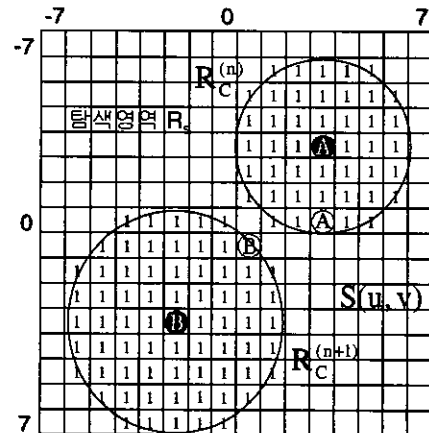
각 시퀀스에 대한 실험결과, 평균 오류율은 3% 미만으로 얻어졌으며, 이는 정의된 탐색 후보영역이 이웃 블록의 움직임 벡터가 속한 국소 해공간으로 사용될 수 있음을 보여준다.

2.2 탐색점 맵의 결정

탐색점 맵은 탐색 후보영역들을 표시하기 위해 사용된다. 다음 식은 탐색점 맵 $S(\cdot, \cdot)$ 에 표시된 식(3)의 탐색 후보영역 $R_c^{(k)}$ 를 나타낸다.

$$S(u, v) = 1, \text{ if } (u, v) \in R_c^{(k)} \text{ and } (u, v) \in R_s \quad (6)$$

그림 2는 탐색점 맵상에 표시된 두 탐색 후보영역 $R_c^{(k)}, R_c^{(k+1)}$ 을 보인 것이며, ㉠과 ㉡로 표시된 탐색점은 각 탐색 후보영역의 국소 최소해를 나타낸다. 각 탐색 후보영역에 대한 탐색이 끝나면, 영역 내의 모든 탐색점들은 탐색점 맵에서 '1'로 표시되어 이후의 탐색에서는 제외된다. 그러므로, 전체 탐색영역은 탐색 후보영역 단위로 탐색되어 움직임 벡터의 정확성을 높히면서도 탐색점을 증가시키지 않는 고속 탐색을 가능케 한다.



$$\text{㉠} : d_c^{(n)} = (u_c^{(n)}, v_c^{(n)}) \quad \text{㉡} : d_c^{(n+1)} = (u_c^{(n+1)}, v_c^{(n+1)})$$

$$\text{㉢} : d_i^{(n)} = (u_i^{(n)}, v_i^{(n)}) \quad \text{㉣} : d_i^{(n+1)} = (u_i^{(n+1)}, v_i^{(n+1)})$$

그림 2. 탐색점 맵 표시된 탐색 후보영역

III. 움직임 영역별 정합오차의 영향

블록 내에 서로 다른 움직임을 갖는 K'개의 영역을 각각 $r_1, r_2, \dots, r_{K'}$ 라 정의하고, 각 영역의 움직임 벡터를 각각 $(u_1^r, v_1^r), (u_2^r, v_2^r), \dots, (u_{K'}^r, v_{K'}^r)$ 라 두면, (m,n)번째 블록의 움직임 벡터 (u,v)에 대한 평균절대오차는 다음과 같이 움직임 영역별로 나타낼 수 있다.

$$MAE_{m,n}(u, v) = \frac{1}{K'} \sum_{k=1}^{K'} \left[\frac{1}{|r_k|} \sum_{(i,j) \in r_k} |I_{t-1}(mK+i+u_k^r, nK+j+v_k^r) - I_{t-1}(mK+i+u, nK+j+v)| \right] \quad (7)$$

$$r_t = r_1 \cup r_2 \cup \dots \cup r_{K'} \quad (8)$$

식(8)에서 r_t 는 전체 블록영역을 나타내며, $|r_k|$ 는 r_k 내의 화소수를 나타낸다. 따라서, 블록의 움직임 벡터는 블록 내의 움직임 영역 중에서 블록의 움직임 벡터와 다른 움직임을 갖는 영역에 대한 정합오차를 최소로 하는 벡터로 결정된다. 식(9)는 (m,n)번째 블록의 움직임 벡터와 같은 움직임을 갖는 영역을 r_B 라 할 때, $(u_{m,n}, v_{m,n})$ 가 블록의 움직임 벡터가 되기 위한 조건을 나타낸다.

$$\sum_{k=1}^{K'} \left[\sum_{(i,j) \in r_k} |I_{t-1}(mK+i+u_k^r, nK+j+v_k^r) - I_{t-1}(mK+i+u_{m,n}, nK+j+v_{m,n})| \right] \leq \sum_{k=1}^{K'} \left[\sum_{(i,j) \in r_k} |I_{t-1}(mK+i+u_k^r, nK+j+v_k^r) - I_{t-1}(mK+i+u_i^r, nK+j+v_i^r)| \right] \quad (9)$$

$$\forall t, t \neq B, 1 \leq t \leq K'$$

블록의 움직임 벡터에 대해 블록 내의 영역들은 식(10)과 같이 정합영역 r_{match} 과 비정합영역 $r_{nomatch}$ 으로 나눌 수 있다.

$$r_{match} = r_B$$

$$r_{nomatch} = r_t - r_B = r_1 \cup r_2 \cup \dots \cup r_{B-1} \cup r_{B+1} \cup \dots \cup r_{K'} \quad (10)$$

여기서, 식(9)를 만족시키는 움직임 벡터가 식(10)의 비정합 영역 $r_{nomatch}$ 에서 큰 정합오차를 가질 경우, 움직임 보상에 화질을 저하시키는 왜곡을 받

생시킨다.

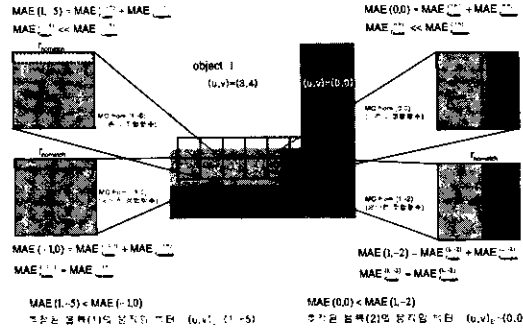


그림 3. 블록 전체의 정합오차에 대한 영역별 정합오차의 영향

그림 3은 전체 블록의 누적된 정합오차에 있어서 식(10)의 각 영역에 대한 정합오차를 보여준다. 추정된 블록의 움직임 벡터는 전역 탐색법에 의해 구한 것이다. 블록(1)의 경우, 추정된 블록의 움직임 벡터(1,-5)에 대해 블록 전체의 정합오차 $MAE(1,-5)$ 는 정합영역의 오차 $MAE(1,-5)$ 와 비정합영역의 오차 $MAE(1,-5)$ 로 표시된다. 이 때, 블록 전체의 정합오차에 대한 비정합영역에서의 오차는 매우 작기 때문에 $MAE(1,-5)$ 가 최소 정합오차로 결정된다. 그러나, 움직임 벡터 (1,-5)에 대한 비정합영역은 다른 움직임 영역에 속하기 때문에 움직임 보상에 왜곡으로 나타나게 된다. 그러므로, 움직임 보상에 왜곡을 줄이기 위해서는 추정된 움직임 벡터에 대한 영역별 정합오차를 고려할 필요가 있다.

IV. 제안한 정합함수

4.1 정합영역과 비정합영역의 결정

본 논문에서는 이웃블록의 움직임 벡터에 대한 정합오차로부터 블록 내의 화소를 분할한다. κ 개의 이웃블록에 대한 움직임 벡터를 각각 $(u_B^{(1)}, v_B^{(1)}), (u_B^{(2)}, v_B^{(2)}), \dots, (u_B^{(\kappa)}, v_B^{(\kappa)})$ 라 할 때, k번째 이웃블록의 움직임 벡터에 대해 (m,n)번째 블록 내의 화소 (i,j)에 대한 정합오차는 다음과 같다.

$$MCE_{m,n}^{(k)}(i, j) = |I_t(mK+i, nK+j) - I_{t-1}(mK+i+u_B^{(k)}, nK+j+v_B^{(k)})| \quad (11)$$

만약, 식(11)에서 (i,j)와 k번째 이웃블록이 같은 움직임을 가지면, 식(11)의 정합오차는 작은 값을 갖는다. 식(12)는 k번째 이웃블록과 같은 움직임을

갖는 블록 내의 영역 $r_{match}^{(k)}$ 을 정의한 식이다.

$$r_{match}^{(k)} = \{(i, j) : MCE_{m,n}^{(k)}(i, j) < T, (i, j) \in r_i\} \quad (12)$$

$$r_{nomatch}^{(k)} = r_i - r_{match}^{(k)}$$

식(12)에서 T 는 정합오차에 대한 문턱치를 나타낸다. 식(12)로부터 결정된 κ 개의 정합영역 $r_{match}^{(k)}$ 과 비정합영역 $r_{nomatch}^{(k)}$ 은 식(9)와 같이 각 움직임 벡터에 대한 영역별 정합오차를 구하기 위해 사용된다.

4.2 제안한 정합함수의 결정

식(9)에서와 같이 움직임 보상시의 왜곡은 잘못 추정된 움직임 벡터 $(u, v)_{m,n}$ 에 대해 식(12)의 $r_{nomatch}^{(k)}$ 영역에서 나타난다. 그러므로, 본 논문에서는 $r_{match}^{(k)}$ 와 $r_{nomatch}^{(k)}$ 영역에서의 평균 정합오차를 구하고, 영역간의 편차를 고려하는 새로운 정합함수를 제안함으로써 $r_{nomatch}^{(k)}$ 영역의 정합오차에 대한 영향을 고려하고자 한다. 본 논문에서 제안한 정합함수 (proposed new matching function : PNMF) $PNMF(\cdot)$ 는 다음과 같이 평균절대오차항과 정합오차에 대한 영역간 편차를 고려하는 항으로 정의된다.

$$PNMF_{m,n}(u, v) = MAE_{m,n}(u, v) + \lambda \Gamma_{m,n}^{\max}(u, v) \quad (13)$$

식(13)에서 우변의 $\Gamma_{m,n}^{\max}(u, v)$ 는 영역간 정합오차의 최대 편차로써 식(14)와 같다.

$$\Gamma_{m,n}^{\max}(u, v) = \max_{r} [\Gamma_{m,n}^{(k)}(u, v), 1 \leq k \leq \kappa] \quad (14)$$

$$\Gamma_{m,n}^{(k)}(u, v) = | \mu_{match}^{(k)}(u, v) - \mu_{nomatch}^{(k)}(u, v) | \quad (15)$$

식(15)에서 $\mu_{match}^{(k)}(u, v)$ 와 $\mu_{nomatch}^{(k)}(u, v)$ 는 각각 k 번째 이웃블록의 움직임 벡터로부터 얻어진 정합영역과 비정합영역에 대한 평균 정합오차를 나타내며, 식(16), 식(17)과 같이 주어진다.

$$\mu_{match}^{(k)}(u, v) = \frac{1}{|r_{match}^{(k)}|} \sum_{(i,j) \in r_{match}^{(k)}} |I_{\lambda}(i, j) - I_{\lambda-1}(i+u, j+v)| \quad (16)$$

$$\mu_{nomatch}^{(k)}(u, v) = \frac{1}{|r_{nomatch}^{(k)}|} \sum_{(i,j) \in r_{nomatch}^{(k)}} |I_{\lambda}(i, j) - I_{\lambda-1}(i+u, j+v)| \quad (17)$$

식(13)에서 λ 는 밝기에 대한 평균절대오차항과 정합오차의 영역간 편차항에 대한 비중을 조정하기 위한 파라미터이다. 본 논문에서 제안한 정합함수는

블록 내의 각 움직임 영역들에 대한 평균 정합오차를 고려하여 평균절대오차를 최소화하는 동시에 움직임 영역간의 정합오차의 편차를 최소화하는 움직임 벡터를 블록의 움직임 벡터로 결정함으로써 움직임 경계에서 추정된 움직임 벡터의 정확성을 높이고, 나아가 움직임 보상영상의 화질을 개선시키는 데 기여한다.

4.3 제안한 알고리즘의 움직임 추정과정

본 논문에서 제안한 정합함수와 다중 국소탐색에 의한 움직임 추정과정은 아래의 순서와 같다. 각 블록에 대한 초기화과정에서는 이웃블록으로부터 움직임 영역별 정합오차 계산에 필요한 $r_{match}^{(k)}$ 및 $r_{nomatch}^{(k)}$ 을 사전에 결정한다.

(i) κ 개의 이웃블록으로부터 $r_{match}^{(k)}$ 및 $r_{nomatch}^{(k)}$ 을 구한다. $k=1$ 로 설정한다.

(ii) 탐색점 맵을 초기화한다.

$$S(u, v) = 0, \forall (u, v) \in R,$$

(iii) k 번째 이웃블록의 움직임 벡터 $d_i^{(k)} = (u_i^{(k)}, v_i^{(k)})$

에 대해 $S(u_i^{(k)}, v_i^{(k)}) = 1$ 이면, (v) 과정으로 이동

하고, $S(u_i^{(k)}, v_i^{(k)}) = 0$ 이면, $d_i^{(k)} = (u_i^{(k)}, v_i^{(k)})$ 를

초기 탐색 시작점으로 하여 국소 최소해 $d_c^{(k)} = (u_c^{(k)}, v_c^{(k)})$ 를 찾는다. 그리고, 이전의 모든 k 에 대해 최소 정합오차를 갖는 국소 최소해를 저장한다.

(iv) $d_i^{(k)}$ 와 $d_c^{(k)}$ 로부터 식(3)의 탐색 후보영역 $R_c^{(k)}$ 를 구하고, 이를 탐색점 맵에 표시한다.

(v) $k=k+1$ 로 설정한다.

(vi) $k \leq \kappa$ 이면, (iii) 과정으로, $k > \kappa$ 이면, (vii) 과정으로 이동한다.

(vii) (iii)에서 저장된 최소 정합오차를 갖는 국소 최소해를 전역 최소해로 결정한다.

그럼 4는 단일 블록에 있어 제안한 탐색 알고리즘에 대한 흐름도를 나타낸 것이다.

V. 실험 결과

제안한 알고리즘의 검증을 위해 모의실험을 수행하였다. 사용된 영상은 ‘모의영상’, ‘Table Tennis’, 그리고 ‘Mobile and Calendar’ 시퀀스이며, 움직임 보상영상에 대한 프레임별 PSNR과 방문 화소수 (number of search point : NSP)에 대하여 제안한 방법과 전역 탐색법, 3SS, 4SS, BBGDS, 윤곽기반

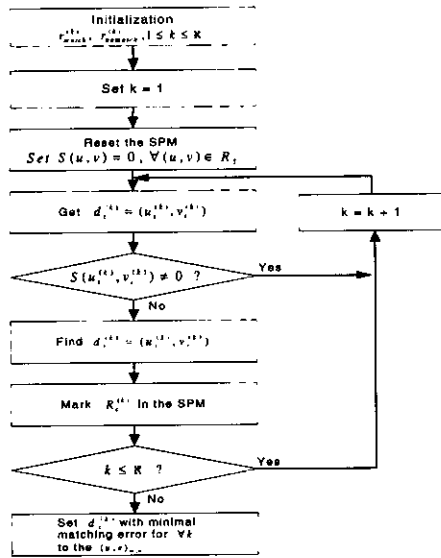


그림 4. 제안한 탐색 알고리즘에 대한 흐름도

정합법을 비교하여 평가하였다. PSNR 계산식은 식 (18), 식(19)와 같다.

$$PSNR[dB] = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (18)$$

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} [I_t(i, j) - \hat{I}_t(i, j)]^2 \quad (19)$$

식(19)에서 \hat{I}_t 는 움직임 보상영상을 나타낸다. 본 논문에서 사용된 식(12)의 T 와 식(13)의 λ 는 각각 1.0과 0.5이다. 그림 5는 '모의 영상'의 t 번째 프레임과 물체영역별 움직임을 나타낸 것으로 움직임 경계에서 서로 다른 움직임이 공존하는 것을 볼 수 있다.

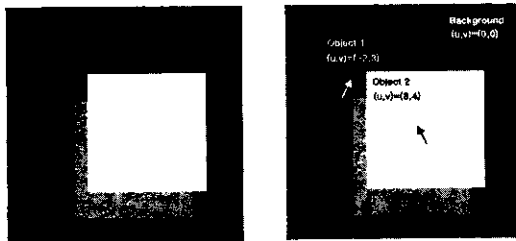


그림 5. '모의영상'의 t 번째 프레임과 물체영역별 움직임 벡터

그림 6은 '모의영상'에 대해 각 추정방법에 따른 움직임 보상영상을 나타낸 것이다. 전역 탐색법에 의한 (a)의 경우, 움직임 경계에서 나타난 왜곡은

기존의 정합오차가 갖는 문제점을 보여준다. (b)~(d)의 경우, 기존의 고속 탐색법에 대한 국소 최소해로의 고립과 기존의 정합함수가 갖는 문제점 때문에 왜곡이 더욱 심화된 것을 볼 수 있다. 이와는 반대로, (e)와 (f)에서는 왜곡이 크게 감소된 것을 볼 수 있다. 또한, 표 2의 PSNR과 방문 화소수에 대한 비교결과, 제안한 방법은 다중 국소 탐색에 의해 적은 탐색으로도 개선된 PSNR을 얻을 수 있음 을 확인할 수 있다.

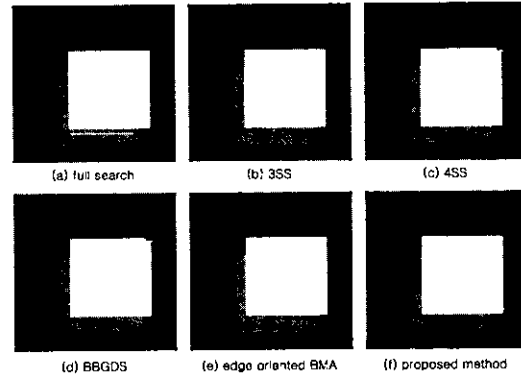


그림 6. '모의영상'에 대한 방법별 움직임 보상영상

표 2. '모의영상'에 대한 방법별 평균 PSNR[dB]과 NSP비교

Methods	Average PSNR[dB] for Methods	Average NSP per block
FS	33.92	225
3SS	31.02	25
4SS	30.08	19.79
BBGDS	28.46	11.29
EOBMA	35.36	225
Proposed	35.24	13.71

그림 7은 'Table tennis' 시퀀스에 대해 각 방법에 의해 얻어진 PSNR을 프레임별로 나타낸 것이다. 제안한 방법에 의한 결과, PSNR은 전역 탐색법에 의한 결과와 비슷하게 나타났으며, 기존의 방법인 3SS, 4SS, BBGDS, 윤곽기반 정합법에 의한 PSNR 보다는 전체 프레임에 걸쳐 우수한 것으로 확인되었다. 그림 8은 'Table tennis' 시퀀스에 대한 평균 방문 화소수를 프레임별로 표시한 그래프이다. 제안한 방법에 대한 NSP는 전역 최소해를 찾기 위한 다중 국소 탐색 때문에 프레임에 따라 다소 유동적이지만, 4SS보다는 전체적으로 적은 NSP를 가지며, BBGDS와는 평균적으로 비슷한 NSP를 갖는다. 그러나, PSNR이 유사한 전역 탐색법보다는 매우 낮은

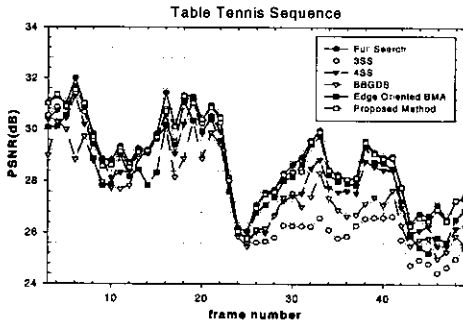


그림 7. 'Table tennis' 시퀀스에 대한 프레임별 PSNR[dB]

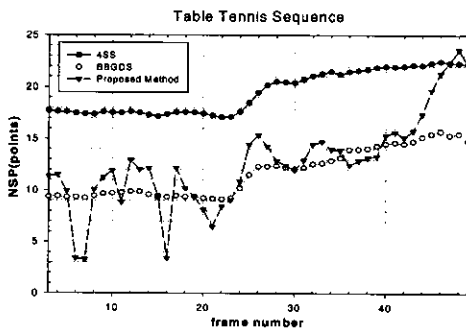


그림 8. 'Table tennis' 시퀀스에 대한 프레임별 NSP[개]

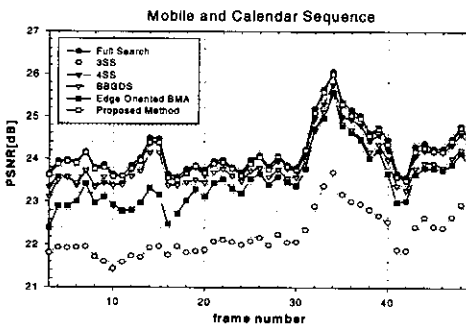


그림 9. 'Mobile and Calendar' 시퀀스에 대한 PSNR[dB]

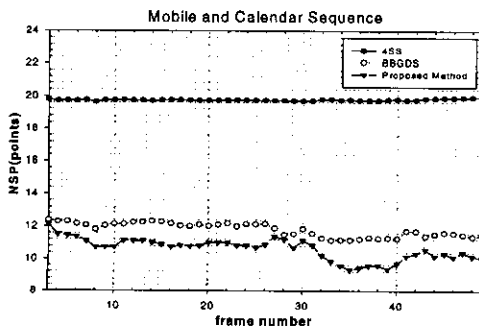


그림 10. 'Mobile and Calendar' 시퀀스에 대한 NSP[개]

NSP를 갖는다.

그림 9와 그림 10은 'Mobile and Calendar' 시퀀스에 대한 프레임 별 PSNR과 NSP를 나타낸 그래프이다.

앞서 'Table tennis' 시퀀스에 대한 결과와 마찬가지로 제안한 방법이 PSNR에 있어서 기존의 방법에 의한 결과보다 높게 나타난 것을 알 수 있으며, NSP에서는 전체 프레임에 걸쳐 BBGDS보다 더 적은 것으로 나타났다.

표 3. 영상별 각 방법에 대한 평균 PSNR 비교[dB]

Average PSNR[dB] for Methods					
Methods	Table tennis	Football	Mobile and Calendar	Salesman	Garden
FS	28.93	26.03	24.20	35.23	24.69
3SS	27.64	25.38	22.23	35.03	23.86
4SS	28.24	25.68	24.03	35.09	24.15
BBGDS	27.64	25.54	23.84	35.14	23.76
EOBMA	28.33	25.73	23.51	34.74	24.47
Proposed	28.80	25.98	24.14	35.10	24.68

표 4. 영상별 각 방법에 대한 평균방문횟수(NSP) 비교

Average number of Search Points per block					
Methods	Table tennis	Football	Mobile and Calendar	Salesman	Garden
FS	225	225	255	255	255
3SS	25	25	25	25	25
4SS	19.5	18.1	19.8	17.4	20.4
BBGDS	11.7	10.2	11.8	9.6	13.6
EOBMA	225	255	255	255	255
Proposed	12.7	11.7	10.6	4.7	11.4

표 3과 표 4는 다른 시퀀스에 대한 실험결과, 평균 PSNR과 NSP를 비교한 것이다. 앞서 표시한 그래프와 같이 제안한 방법에 의한 결과, PSNR은 전역 탐색법에 의한 결과와 비슷했으며, 기존의 방법보다는 우수한 것으로 확인되었다. 또한, NSP는 'Table tennis'의 경우, BBGDS보다 약간 많았지만, 움직임이 적은 'Salesman'과 'Garden'의 경우는 BBGDS보다 작게 나타나 전반적으로 방문 화소수가 줄어들었음을 알 수 있다. 그림 11은 화질비교를 위해 'Table tennis' 시퀀스에 대해 각 방법별로 얻어낸 움직임 보상영상을 보여준다. (a)~(d)와 같이 기존의 방법인 전역 탐색법, 3SS, 4SS, BBGDS의 경우, 배트(bat)영역 및 공(ball)영역과 같은 움직임 경계에서 왜곡이 관찰된다. 그러나, (f)와 같이 제안

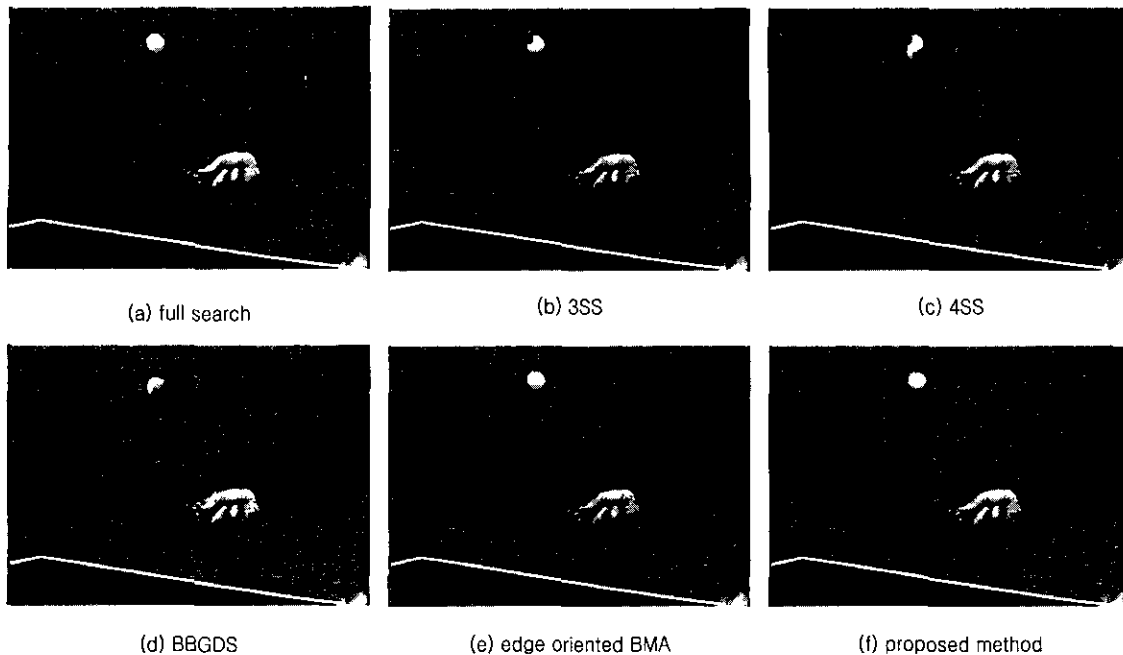


그림 11. 'Table tennis' 시퀀스에 대한 각 방법별 움직임 보상 결과영상

한 방법에 의한 보상영상에서는 이 영역에서의 왜곡이 크게 줄어든 것을 볼 수 있다. 그러므로, 움직임 경계에서의 보상왜곡을 줄이기 위해서는 추정된 움직임 벡터에 대한 영역별 정합오차분포를 정합함수 계산시에 이용하는 것이 효과적임을 알 수 있다.

VI. 결론

본 논문에서는 탐색점의 수를 줄이는 동시에 국소 최소해로의 고립을 피하기 위하여 탐색 후보영역을 적용한 다중 국소 탐색법을 제안하였다. 또한, 움직임 경계에서 움직임 벡터의 정확성과 블록화 현상을 줄이기 위해 블록 내 화소들을 움직임 벡터의 시공간적 상관성을 이용하여 움직임 영역별로 분할한 후, 영역간 평균 정합오차의 최소편차를 고려하는 새로운 정합함수를 정의함으로써 최적의 움직임 벡터를 추정하기 위한 방법을 제안하였다. 제안한 방법에 대한 실험결과, 탐색영역에 대한 방문 화소수를 크게 줄일 수 있었으며, 움직임 경계영역에서 추정된 움직임 벡터의 정확성을 증대시켜 움직임 보상영상에 대한 시각적인 화질을 개선시킬 수 있었다.

참고 문헌

- [1] ISO/IEC 11172-2(MPEG-1 Video), "Information Technology-Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at up to about 1.5 Mb/s: Video," 1993.
- [2] ISO/IEC 13818-2 | ITU-T H.262((MPEG-2 Video), "Information Technology- Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Video," 1995.
- [3] ITU-T Recommendation H.261, "Video codec for audiovisual services at P×64 k bits," *ITU-T*, Mar. 1993.
- [4] ITU-T DRAFT H.263, "Video coding for Low bitrate communication ITU-T," Dec. 1995.
- [5] Her-Ming Jong, Liang-Gee Chen, and Tzi-Dar Chiueh, "Accuracy Improvement and Cost Reduction of 3-Step Search Block Matching Algorithm for Video Coding", *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Tech.*, vol. 4, no. 1, pp. 88-90, Feb. 1994.
- [6] L. M. Po and W. C. Ma, "A novel four-step search algorithm for fast block motion estimation," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Tech.*, vol. 6, no. 3, pp. 313-317, Jun. 1996.

[7] Lurmg-Kuo Liu and Ephraim Feig, "A Block-Based Gradient Descent Search Algorithm for Block Motion Estimation in Video Coding," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Tech.*, vol. 6, no. 4, pp. 419-422, Aug. 1996.

[8] Man F. So and Angus Wu, "Four-step Genetic Search For Block Motion Estimation," *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, ICASSP'98*, vol. 3, May 1998.

[9] P. Anandan, "A Unified Perspective on Computational Techniques for the Measurement of Visual Motion," *International Conference on Computer Vision*, London, UK, pp. 219-230, 1987.

[10] C. Auyeung, J. KosMach, M. Orchard, and T. Kalafatis, "Overlapped Block Motion Compensation," *Proc. SPIE, Visual Commun. Image Process.*, Boston, MA, vol. 1818, pp. 561-571, 1992.

[11] M. H. Chan, Y. B. Yu, and A. G. Constantinides, "Variable Size Block Matching Motion Compensation with Applications to Video Coding," *IEE Proc. I*, vol. 137, no. 4, pp. 205-212, 1990.

[12] Y. L. Chan and W. C. Siu, "Edge Oriented Block Motion Estimation for Video Coding," *IEE Proc. Vis. Image Process.*, vol. 144, no. 3, pp. 136-144, Jun. 1990.

[13] C. K. Cheung, "Fast motion estimation techniques for video compression," *M. Phil. Dissertation*, CityU Image Processing Lab, Department of Electronic Engineering, City University of Hong Kong, Jul. 1998.

[14] Jyi-Chang Tsai, Chaur-Heh Hsieh, Shiu-Ku Weng, and Mao-Fu Lai, "Block-matching motion estimation using correlation search algorithm," *Signal Processing: Image Communication*, 1998.

조 영 창(Young-chang Cho)

정회원



1994년 8월 : 영남대학교
전기공학과 공학사
1996년 8월 : 영남대학교 대학원
전자공학과 공학석사
2001년 8월 : 영남대학교 대학원
전자공학과 공학박사

1999년 3월~현재 : 경운대학교 정보통신공학과 교수
<주관심분야> 비디오 코딩, 움직임 추정, 동영상 복원

이 태 흥(Tai-hong Yi)

정회원



1975년 2월 : 서울대학교
공업교육학과
전자공학전공 졸업
1976년 5월~1979년 10월 :
동양정밀(주)
중앙연구소 책임연구원

1980년 2월 : 서울대학교 대학원 공업교육학과
전자공학전공 공학석사
1980년 1월~1981년 2월 : 금성전기(주) 기술연구소
기좌
1981년 3월~현재 : 영남대학교 전기전자공학부 교수
1996년 10월~1997년 10월 : 한국통신학회
대구·경북 지부장
1997년 2월 : 서울대학교 대학원 전자공학과 공학박사
<주관심 분야> 신호처리, 영상처리