

# 시간적-공간적 상관성을 이용한 저 복잡도 움직임 추정

## (Low Complexity Motion Estimation Based on Spatio-Temporal Correlations)

윤 효 순 <sup>†</sup>   김 미 영 <sup>\*\*</sup>   이 귀 상 <sup>\*\*\*</sup>  
 (Hyo-Sun Yoon)   (Mi-Young Kim)   (Guee-Sang Lee)

**요 약** 움직임 추정은 동영상내에 존재하는 중복된 데이터를 제거하기 때문에 비디오 영상 압축에서 중요한 역할을 하지만 높은 계산 복잡도로 인하여 실시간 영상 전송에 많은 어려움을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 낮은 계산 복잡도를 지닌 움직임 추정 기법들이 필요한데, 본 논문에서는 현재 블록과 높은 시간적, 공간적 상관성을 가지고 있는 블록들의 움직임 벡터들, 즉 참조 프레임에서 동일한 위치에 있는 블록의 움직임 벡터와 현재 프레임에서 현재 블록의 이웃에 있는 블록들의 움직임 벡터들을 이용하여 현재 블록의 탐색 시작점과 탐색 패턴을 적응적으로 결정하여 움직임 벡터를 추정하는 움직임 추정 기법을 제안한다. 실험을 통하여, 제안된 기법을 낮은 계산 복잡도를 지닌 움직임 벡터 필드 적응적 탐색 기법 (Motion Vector Field Adaptive Search Technique : MVFAST)과 예측된 움직임 벡터 필드 적응적 탐색 기법(Predictive Motion Vector Field Adaptive Search Technique : PMVFAST)과 비교하였을 경우, 제안된 기법은 약 0.01~0.3 (dB) 정도의 화질 향상과 낮은 계산 복잡도로 인하여 약 1.12~1.33 배의 속도 향상을 보였다.

**키워드** : 움직임 추정, 시간적 상관성, 공간적 상관성, 움직임 벡터, 블록 정합 기법

**Abstract** Motion Estimation(ME) has been developed to reduce temporal redundancy in digital video signals and increase data compression ratio. ME is an important part of video encoding systems, since it can significantly affect the output quality of encoded sequences. However, ME requires high computational complexity, it is difficult to apply to real time video transmission. For this reason, motion estimation algorithms with low computational complexity are viable solutions. In this paper, we present an efficient method with low computational complexity based on spatial and temporal correlations of motion vectors. The proposed method uses temporally and spatially correlated motion information, the motion vector of the block with the same coordinate in the reference frame and the motion vectors of neighboring blocks around the current block in the current frame, to decide the search pattern and the location of search starting point adaptively. Experiments show that the image quality improvement of the proposed method over MVFAST (Motion Vector Field Adaptive Search Technique) and PMVFAST (Predictive Motion Vector Field Adaptive Search Technique) is 0.01~0.3(dB) better and the speedup improvement is about 1.12~1.33 times faster which resulted from lower computational complexity.

**Key words** : Motion Estimation, Motion Vector, Block Matching Algorithm, Temporal Correlation, Spatial Correlation

· 본 연구는 한국과학재단 목적 기초(과제번호: R05-2003-000-11345-0) 지원으로 수행되었음

† 학생회원 : 전남대학교 전산학과

ebtheryoon@hotmail.com

\*\* 비 회 원 : 전남도립남도대학 컴퓨터정보통신과 교수

kimmee@namdo.ac.kr

\*\*\* 종신회원 : 전남대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

gslee@chonnam.ac.kr

논문접수 : 2003년 1월 16일

심사완료 : 2004년 7월 15일

## 1. 서 론

H.26X와 MPEG-1/2/4 같은 국제 영상 압축 표준안들은 블록 정합 알고리즘(Block Matching Algorithm: BMA)을 기반으로 하는 움직임 추정 기법을 사용하여 동영상내에 존재하는 중복된 데이터를 제거함으로써 데이터를 압축한다.

블록 정합 기법(BMA)은 영상의 한 프레임을 동일한 블록으로 나누고, 이들의 각 블록에 대하여 참조 프레임의 탐색 영역 내에서 정합 오차가 가장 작은 블록을 찾는 기법으로, 현재 프레임의 한 블록과 참조 프레임 내에서 가장 정합이 잘되는 블록간의 위치 차이를 움직임 벡터라 한다. 전역 탐색 기법은 가장 간단한 블록 정합 기법으로, 움직임 벡터 추정 시 참조 프레임의 탐색 범위 내에 있는 모든 픽셀들을 조사하여 움직임 벡터를 찾는다.

전역 탐색 기법은 탐색 범위내에서 가장 적합한 움직임 벡터를 구할 수 있지만 높은 계산 복잡도로 인하여 실시간 구현과 실시간 영상 전송에 어려움을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 낮은 계산 복잡도를 지닌 고속 블록 정합 기법(Fast Block Matching Algorithm: FBMA)들이 개발되었는데, 대표적인 기법들로는 3단계 탐색(Three Step Search: TSS)[1], 새로운 3단계 탐색(New Three Step Search: NTSS)[2], 2차원 로그형 탐색(2 Dimension LOGarithmic search: 2DLOG)[3], 4단계 탐색(Four Step Search: FSS)[4], 다이아몬드 탐색(Diamond Search: DS)[5], 2단계 탐색(2 Step Search: 2SS)[6] 그리고 육각형 탐색(Hexagon-based Search: HEXBS)[7] 등이 있다.

위에 나열된 기법들은[1-7] 현재 블록의 움직임과 무관하게 고정된 탐색 패턴을 사용하여 고정된 탐색 원점에서부터 움직임 추정을 하기 때문에 움직임 벡터 추정 시 많은 탐색 점들을 필요로 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 즉 계산 복잡도를 더욱 낮추어 움직임 벡터 추정 속도를 빠르게 하기 위하여 움직임 벡터들간에 존재하는 시간적 또는 공간적 상관성 이용하여 탐색 시작점이나 탐색 패턴을 적응적으로 결정하는 기법들이[8-12] 제안되었다.

본 논문에서는 연속된 프레임사이에 존재하는 움직임 벡터들의 시간적 상관성과 한 프레임내에 존재하는 움직임 벡터들의 공간적 상관성을 이용하여, 현재 블록의 움직임을 예측하고, 예측된 움직임의 크기에 따라 현재 블록의 탐색 시작점과 탐색 패턴을 적응적으로 결정하는 고속 움직임 추정 기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 움직임 추정 기법들에 대하여 설명하고, 3장에서는 제안된 기법을 기술하였다. 그리고 4장에서는 기존 기법들과 성능을 비교한 후, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 기존의 움직임 추정(Motion Estimation)기법

움직임 추정 기법은 블록 또는 화소 단위로 움직임 벡터를 추정하는데 이들 중 계산 복잡도 및 하드웨어 구현에 있어서 용이한 블록 단위의 움직임 추정 즉, 블

록 정합 기법이 널리 사용된다. 블록 정합 기법은 두 가지 전제 조건을 가지고 있는데, 동일한 블록내의 화소들은 동일한 움직임을 갖는다는 것과 블록들은 수평, 수직으로만 움직인다는 것이다. 전역 탐색 기법은 가장 간단한 블록 정합 기법으로 움직임 벡터 추정 시 탐색 범위내의 모든 픽셀들을 조사하므로 가장 적합한 움직임 벡터를 구할 수 있지만 높은 계산 복잡도로 인하여 실시간 구현과 실시간 영상 전송을 어렵게 한다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 약간의 영상 화질 저하를 감수하고 계산 복잡도를 현저히 줄일 수 있는 많은 고속 블록 정합 기법들이 제안되었는데, 3단계 탐색 기법[1]은 넓은 영역에 걸쳐 몇 개의 탐색 점들을 조사한 후 점차 탐색 변위를 좁혀 나가는 기법이고, 새로운 3단계 탐색 기법[2]은 움직임 벡터가 탐색 영역의 중심에 분포한다는 사실을 이용하여 3단계 탐색 기법을 보완한 기법이며, 2차원 로그형 탐색 기법[3]은 대부분의 움직임이 상하좌우 방향으로 일어난다는 사실을 이용한 기법이다. 그리고 4단계 탐색 기법[4]은 새로운 3단계 탐색 기법의 계산량을 보완한 기법으로 탐색의 마지막 단계에서만 탐색 변위가 이전 단계의 탐색 변위의 절반으로 줄어든다.

다이아몬드 탐색 기법[5]은 움직임 벡터의 분포의 형태가 다이아몬드라는 사실과 움직임 벡터가 탐색 영역의 중심에 분포한다는 사실들을 이용한 기법이고 육각형 탐색 기법[7]은 탐색 점들간의 거리를 일정하게 하여 만든 육각형 탐색 패턴을 사용하는 기법이다.

위에 나열된 움직임 추정 기법들은 현재 블록에 대한 움직임 정보를 가지고 있지 않기 때문에, 현재 블록이 움직임이 없는 배경 영역이든지 또는 움직임이 많은 물체 영역이든지 무관하게 항상 고정된 탐색 패턴을 사용하여 고정된 탐색 원점에서부터 움직임 추정을 하므로 움직임 벡터 추정 시 많은 탐색 점들을 필요로 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 즉 계산 복잡도를 더욱 낮추어 움직임 벡터 추정 속도를 빠르게 하기 위하여 현재 블록의 움직임을 예측하고 예측된 움직임에 따라 현재 블록의 탐색 패턴과 탐색 시작점을 적응적으로 결정하는 기법들이[8-12] 제안되었다. 이러한 기법들은 현재 블록의 움직임을 예측하기 위하여 움직임 벡터들간에 존재하는 시간적 상관성 또는 공간적 상관성을 이용한다.

먼저, 공간적 상관성을 이용한 [8]은 현재 블록의 이웃에 있는 블록들의 움직임 벡터의 다수결에 따라 현재 블록의 탐색 패턴을 결정하고, 이들의 중간값 움직임 벡터를 탐색의 시작점으로 결정하여 움직임 벡터를 추정하고, [9]는 현재 블록의 이웃에 있는 블록들의 움직임 벡터들간의 거리와 임계치를 이용하여 현재 블록의 탐

색 시작점을 결정한 후, 여러 가지 탐색 기법을 적용하여 움직임 벡터를 추정한다. 그리고 움직임 벡터들간에 존재하는 시간적 상관성을 이용한 [10]은 참조 프레임에서 동일한 위치에 있는 블록의 움직임 벡터를 이용하여 현재 블록의 움직임을 예측하고, 예측된 움직임의 크기에 따라 현재 블록의 탐색 시작점과 탐색 패턴이 적용적으로 결정한다. 공간적 상관성을 이용한 기법들 중 움직임 벡터 필드 적응적 탐색 기법(Motion Vector Field Adaptive Search Technique : MVFAST)[11]은 현재 프레임에서 현재 블록의 이웃에 있는 블록들의 움직임 벡터들의 크기와 블록 정합 오차값을 이용하여 현재 블록의 탐색 시작점과 탐색 패턴을 적용적으로 결정하여 움직임 벡터를 추정한다.

시간적 상관성과 공간적 상관성을 모두 사용하는 예측된 움직임 벡터 필드 적응적 탐색 기법(Predictive Motion Vector Field Adaptive Search Technique : PMVFAST)[12]은 MVFAST을 개선한 기법으로 참조 프레임에서 동일한 위치에 있는 블록의 움직임 벡터와 현재 프레임에서 현재 블록의 이웃에 있는 블록들의 움직임 벡터들을 이용하여 현재 블록의 움직임을 예측한 후 움직임 벡터를 추정 한다. PMVFAST는 MVFAST 비해 영상 화질과 움직임 벡터 추정 속도 면에서 좋은 성능을 보이지만, 초기에 움직임 추정을 마치기 위하여 다양한 임계치들과 조건들을 사용하므로 알고리즘이 복잡하다. PMVFAST가 가지고 있는 문제점들을, 즉 초기에 움직임 추정을 마치기 위한 임계치들과 조건들 그리고 알고리즘 복잡도, 해결하기 위한 보다 단순한 움직임 추정 기법이 필요하다.

**3. 제안 기법 : 시간적·공간적 상관성을 이용한 저 복잡도 움직임 추정 기법**

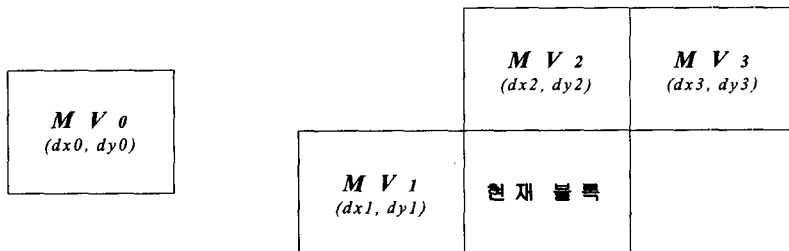
동영상에서 인접 프레임간의 시간 간격이 매우 짧기

때문에 프레임들 사이에는 높은 시간적 상관성이 존재하고, 한 프레임 내에서는 높은 공간적 상관성이 존재한다. 즉 현재 프레임의 현재 블록의 움직임은 참조 프레임 내에서 동일한 위치에 있는 블록의 움직임과 현재 프레임의 현재 블록의 이웃에 있는 블록들의 움직임과 매우 유사하다. 그러므로 움직임 벡터들 사이에 존재하는 시·공간적 상관성을 이용하여 현재 블록의 움직임을 예측하고 예측된 움직임 크기에 따라 현재 블록의 탐색 시작점과 탐색 패턴을 결정하여 움직임 벡터를 추정하면 보다 적은 탐색 점들을 사용하여 움직임 벡터 추정할 수 있다.

움직임이 작거나 움직임 벡터들간에 시간적 상관성이 많이 존재하는 영상에서는, 움직임 벡터 추정 시 시간적 상관성을 이용하는 기법들이 영상 화질과 움직임 벡터 추정 속도면에서 좋은 결과를 나타내지만, 움직임이 많은 영상이나 프레임사이에 시간적 상관성이 적은 영상에서의 현재 블록은 시간적 상관성보다 공간적 상관성의 영향을 더 많이 받기 때문에, 공간적 상관성을 이용하여 현재 블록의 탐색 시작점과 탐색 패턴을 결정하는 기법들이 영상 화질이나 움직임 벡터 추정 속도면에서 좋은 결과를 나타낸다.

본 논문에서 제안한 움직임 추정 기법은 현재 프레임의 현재 블록이 시간적 상관성과 공간적 상관성 중 어느 쪽의 영향을 더 받는지 알 수 없기 때문에, 움직임 벡터들간에 존재하는 시·공간적 상관성을 모두 이용하여 현재 블록의 움직임을 예측하고, 예측된 움직임 크기에 따라 탐색 시작점과 탐색 패턴을 적용적으로 결정하여 움직임 벡터를 추정한다. 그리고 초기에 움직임 추정을 마치기 위하여 단순한 임계치를 사용하여 움직임 추정 속도를 빠르게 하였다.

제안된 기법은 그림 1과 같이 참조 프레임에서 동일한 위치에 있는 블록의 움직임 벡터와 현재 프레임에서



- $MV_0$ : 참조 프레임에서 현재 블록과 동일한 위치에 있는 블록의 움직임 벡터
- $MV_1$ : 현재 프레임에서 현재 블록의 왼쪽에 있는 블록의 움직임 벡터
- $MV_2$ : 현재 프레임에서 현재 블록의 위쪽에 있는 블록의 움직임 벡터
- $MV_3$ : 현재 프레임에서 현재 블록의 위-오른쪽에 있는 블록의 움직임 벡터

그림 1 시간적·공간적 정보를 위한 블록들

현재 블록의 이웃 블록들의 움직임 벡터들을 이용하여 현재 블록의 움직임을 예측한다. 즉, 예측된 현재 블록의 움직임  $(P_x, P_y)$ 는 식 (1)에 의하여 결정된다.

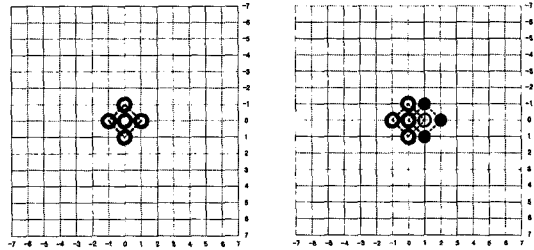
$$P_x = \lfloor dx_0 * a + Median(dx_1, dx_2, dx_3) * \beta \rfloor$$

$$P_y = \lfloor dy_0 * a + Median(dy_1, dy_2, dy_3) * \beta \rfloor \quad (1)$$

위의 식 (1)에서  $a$ 와  $\beta$ 의 가중치를 조절해가면서 실험하였는데  $a=1$ 이고  $\beta=0$ 인 경우, 즉 시간적 상관성만 이용하였을 경우, 참조 프레임에서 동일한 위치에 있는 블록의 움직임 벡터  $MV_0$ 만 사용하여 현재 블록의 움직임을 예측하였고,  $a=0$ 이고  $\beta=1$ 인 경우, 즉 공간적 상관성만 이용하였을 경우, 현재 프레임에서 현재 블록의 이웃 블록들의 움직임 벡터  $MV_1, MV_2, MV_3$  등의 중간값 움직임 벡터를 이용하여 현재 블록의 움직임을 예측하였다. 그리고  $a, \beta$ 에 각각 0.5 가중치를 주고, 즉 시간적, 공간적 상관성에 같은 가중치를 주어 현재 블록의 움직임을 예측하였다. 위의 세 가지 경우의 실험 결과는 표 1에 나타나 있는데, 영상 화질과 움직임 벡터 추정 속도를 모두 고려하였을 때 시·공간적 상관성을 모두 이용한 경우 좋은 성능을 보였다.

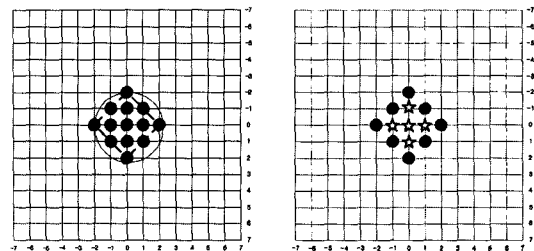
본 논문에서 제안한 움직임 추정 기법은  $a, \beta$ 에 각각 0.5 가중치를 주어 현재 블록의 움직임을 예측한 후, 예측된 현재 블록의 움직임  $(P_x, P_y)$ 을 사용하여 탐색의 시작점과 탐색 패턴을 결정한다.  $P_x$ 와  $P_y$ 의 절대값이 모두 3 보다 작은 경우, 즉 현재 블록의 움직임이 작을 확률이 높기 때문에,  $(P_x, P_y)$ 을 새로운 탐색 시작점으로 결정한 후, 그림 2와 같은 작은 다이아몬드 탐색 패턴 [13]을 이용하여 움직임을 추정한다. 그렇지 않은 경우,  $(P_x, P_y)$ 를 새로운 탐색 시작점으로 결정한 후, 그림 3과 같은 수정된 다이아몬드 탐색 패턴(Modified Diamond Search Pattern :MDSP)[14]을 사용하여 현재 블록의 움직임 벡터를 추정한다.

즉, 본 논문에서 제안한 움직임 추정 기법에서는 예측된 현재 블록의 움직임  $(P_x, P_y)$ 을 이용하여 작은 다이

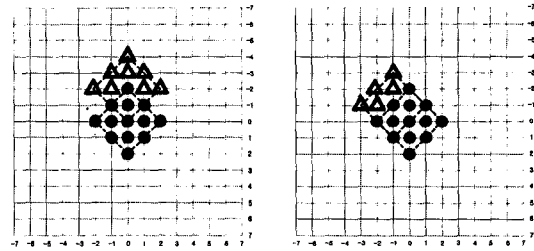


(a) 초기 탐색점 (b) 추가 탐색점

그림 2 작은 다이아몬드 탐색 패턴



(a) (b)



(c) (d)

- (a) 초기 탐색점
- (b) 마지막 단계
- (c) 최소 블록 오차를 가진 점의 위치가 상,하,좌,우 방향에 있는 경우 추가 탐색점의 위치
- (d) 최소 블록 오차를 가진 점의 위치가 대각선 방향에 있는 경우 추가 탐색점의 위치

그림 3 수정된 다이아몬드 탐색 패턴

표 1 시·공간적 상관성을 이용하였을 때의 실험비교

	PSNR			평균 탐색점 수		
	시간적상관성만 이용한 경우 $\alpha=1, \beta=0$	공간적상관성만 이용한 경우 $\alpha=0, \beta=1$	시·공간적상관성만 이용한 경우 $\alpha=0.5, \beta=0.5$	시간적상관성만 이용한 경우 $\alpha=1, \beta=0$	공간적상관성만 이용한 경우 $\alpha=0, \beta=1$	시·공간적상관성만 이용한 경우 $\alpha=0.5, \beta=0.5$
Akiyo	34.48	34.5	34.5	2.89	2.89	2.9
Claire	34.9	34.94	34.95	4.81	3.92	4.4
Carphone	30.28	30.61	30.71	7.74	6.63	6.6
Foreman	28.88	29.05	29.05	6.69	6.46	6.3
M & D	31.22	31.49	31.47	4.54	4.5	4.6
Salesman	32.66	32.68	32.69	4.2	4.24	4.9
Stefan	23.36	23.39	23.65	8.03	7.89	7.3
Table	24.25	25.59	25.69	8.9	8.3	7.5

아몬드 탐색 패턴과 수정된 다이아몬드 탐색 패턴 중 하나를 현재 블록의 탐색 패턴으로 결정하는데,  $P_x$ 와  $P_y$ 의 절대값이 모두 3 보다 작은 경우, 즉 탐색 원점을 중심으로  $-2 \sim +2$  이내에 움직임 벡터가 있을 확률이 높기 때문에 작은 다이아몬드 탐색 패턴을 사용하여 움직임 벡터를 추정하고 그렇지 않는 경우, 수정된 다이아몬드 탐색 패턴을 사용하여 움직임 벡터를 추정한다.

MDSP는 일반적으로 영상의 움직임 벡터들이 탐색 영역 원점을 중심으로 반경 2 pixels 이내에 분포할 확률이 약 56.72%-98.70[5]라는 사실을 이용하여 그림 3의 (a)와 같이 초기 탐색 점들을 배치한 패턴으로, 다이아몬드 탐색 패턴이 가지고 있는 문제점, 즉 탐색 영역의 중심에 있는 일부의 탐색 점들을 블록 정합 오차 계산에서 제외시킴으로서 일부의 영상에서 적합한 움직임 벡터를 찾지 못하는 경우가 발생하는데, 수정된 다이아몬드 탐색 패턴은 추가 탐색 점들을 적절히 배치함으로써 움직임 벡터 추정을 보다 정확하게 할 수 있다.

그림 4는 제안한 기법의 순서도로, 제안된 기법은 현재 프레임의 현재 블록과 시·공간적 상관성을 가지고 있는 블록들의 움직임 벡터들을 이용하여, 현재 블록의 움직임을 예측한 후, 예측된 현재 블록의 움직임  $(P_x, P_y)$ 의 크기에 따라 움직임 벡터 추정 방법을 결정한다.  $(P_x, P_y)$ 의 블록 정합 오차가 임계치 보다 작으면  $(P_x, P_y)$ 을 움직임 벡터로 추정하고 움직임 벡터 추정을 마치고, 그렇지 않는 경우  $P_x$ 와  $P_y$ 의 절대값 크기에 따라 탐색 패턴을 적응적으로 결정하여 움직임 벡터를 추정한다. 제안된 기법은 다음과 같은 단계를 수행하여 움직임 벡터를 추정한다.

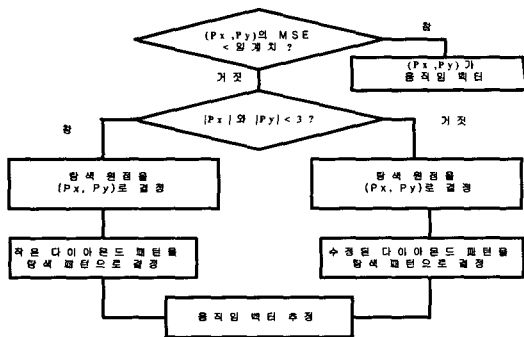


그림 4 제안된 기법의 순서도

**제안 기법 : 시간적·공간적 상관성을 이용한 움직임 추정 기법**

**1단계 : 탐색 시작점과 탐색 기법 결정**

그림 1과 같이 참조 프레임에서 동일한 위치에 있는 블록의 움직임 벡터와 현재 프레임에서 현재 블록의 이

웃 블록들의 움직임 벡터들의 중간값 움직임 벡터에 각각 0.5 가중치를 준 다음, 식 (1)을 이용하여 예측된 현재 블록의 움직임  $(P_x, P_y)$ 을 계산하고,  $(P_x, P_y)$ 에서의 블록 정합 오차가 임계치 보다 작으면  $(P_x, P_y)$ 을 움직임 벡터로 추정하고 탐색을 마친다. 그렇지 않는 경우,  $(P_x, P_y)$ 을 새로운 탐색 시작점으로 결정한 후,  $P_x$ 와  $P_y$ 의 절대값이 모두 3보다 작은 경우 2단계를 수행하고, 그렇지 않는 경우 3단계를 수행한다.

**2단계 : 작은 다이아몬드 탐색 패턴 수행**

①단계 : 새로운 탐색 시작점  $(P_x, P_y)$ 을 중심으로, 그림 2의 (a)와 같이, 5개의 탐색 점들을 배치한 후 각각의 탐색 점들에 대하여 블록 정합을 수행하여 최소 블록 정합 오차를 가진 점을 결정한다. 만약 최소 블록 정합 오차를 가진 점의 위치가 작은 다이아몬드 패턴의 중심에 있는 점이라면 이 점을 움직임 벡터로 추정하고 탐색을 마친다. 그렇지 않는 경우 ②단계를 수행한다.

②단계 : 최소 블록 정합 오차를 가진 점의 위치가 작은 다이아몬드 패턴 중심에 있는 점이 아닌 경우, 그림 2의 (b)와 같이 3개의 추가 탐색 점들을 배치하여 새로운 작은 다이아몬드 패턴을 만든다.

③단계 : 최소 블록 정합 오차를 가진 점의 위치가 작은 다이아몬드 패턴의 중심에 있는 점이 될 때까지 위의 단계를 반복 수행하여 움직임 벡터를 추정한다.

**3단계 : 수정된 다이아몬드 탐색 패턴 수행**

①단계 : 새로운 탐색 시작점  $(P_x, P_y)$ 을 중심으로, 그림 3의 (a)와 같이, 탐색 영역의 원점을 중심으로 13개의 탐색 점들을 배치한 후 각각의 탐색 점들에 대하여 블록 정합을 수행하여 최소 블록 정합 오차를 가진 점을 결정한다. 만약 최소 블록 정합 오차를 가진 점의 위치가 그림 3의 (b)와 같이 패턴 중심에 있는 5개의 점 중 하나라면 이 점을 움직임 벡터로 추정하고 탐색을 마치고, 그렇지 않는 경우 ②단계를 수행 한다.

②단계 : 최소 블록 정합 오차를 가진 점이 수정된 다이아몬드 패턴을 중심으로 상, 하, 좌, 우에 있는 경우, 그림 3의 (c)와 같이 추가 탐색 점들을 배치한다. 그리고 최소 블록 오차를 가진 점이 수정된 다이아몬드 패턴을 중심으로 대각선 방향에 있는 경우, 그림 3의 (d)와 같이 추가 탐색 점들을 배치하여 새로운 수정된 다이아몬드 패턴을 만든다.

③단계 : 최소 블록 정합 오차를 가진 점의 위치가 그림 3의 (b)와 같이 패턴 중심에 있는 5개의 점 중 하나가 될 때까지 위의 단계를 반복 수행하여 움직임 벡터를 추정한다.

**4. 실험 결과**

제안된 기법의 성능을 평가하기 위하여 실험 영상으

로는 QCIF인 Akiyo, Carphone, Claire, Foreman, Mother and Daughter, Salesman, Stefan 그리고 Table 영상의 각각 150 프레임을 사용하였고, 비교 탐색 기법으로는 전역 탐색 기법(FS), 새로운 삼단계 탐색 기법(NTSS), 2단계 탐색 기법(2SS), 4단계 탐색 기법(FSS), 다이아몬드 탐색 기법(DS), 육각형 탐색 기법(HEXBS), 수정된 다이아몬드 탐색 패턴을 사용한 수정된 다이아몬드 탐색 기법(Modified Diamond Search :MDS), 시간적 상관성을 이용한 기법(TEMPORAL), 공간적 상관성을 이용한 기법인 움직임 벡터 필드 적응적 탐색 기법(MVFAST) 그리고 시·공간적 상관성을 모두 이용한 기법인 예측된 움직임 벡터 필드 적응적 탐색 기법(PMVFAST)들을 사용하였다.

성능 비교 합수로는 영상 화질의 품질을 평가하기 위하여 PSNR(Peak Signal-to-noise Ratio)을 사용하였는데, PSNR은 다음과 같이 정의되었다.

$$MSE = \left(\frac{1}{MN}\right) \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [x(m, n) - \hat{x}(m, n)]^2 \quad (2)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (3)$$

위의 식 (2)에서 M, N은 영상의 가로와 세로의 크기이고,  $x(m, n)$ 는 원 영상화면을 나타내고,  $\hat{x}(m, n)$ 는 움직임 보상 예측된 화면을 나타낸다. 각 영상에 대한 실험 결과를 표 2, 표 3에 나타냈는데, 표 2에는 각 실험 영상에 대한 PSNR(dB)을 나타내었고, 표 3에는 각 실험 영상에서 각 블록의 움직임 벡터 추정 시 사용되는 평균 탐색점 수를 나타내었다.

제안된 기법은 움직임 벡터 추정 속도 면이나 영상 화질 면에서 기존 기법들 보다 더 나은 성능을 보였는데, 표 2, 표 3에 나타나 있는 것과 같이 제안된 기법을 다이아몬드 탐색 기법과 비교한 경우, 제안 기법은 Akiyo, Claire, Mother and Daughter, Salesman과 같은 움직임이 거의 없거나 작은 영상에서는 0.1(dB) 정도의 화질 향상과 약 3~4배의 움직임 추정 속도 향상, Foreman, Carphone, Stefan, Table과 같은 움직임이 큰 영상에서는 0.5(dB) 정도 화질이 향상과 약 2.5배의 움직임 추정 속도 향상을 보였다. 제안된 기법을 수정된 다이아몬드 탐색 기법과 비교한 경우, 제안 기법은 Akiyo, Claire, Mother and Daughter, Salesman과 같은 영상에서는 거의 비슷한 영상 화질과 약 4배의 움직임 추정 속도 향상, Foreman, Carphone, Stefan, Table과 같은 영상에서는 영상에 따라 화질 저하 또는 화질 향상을 보였고 약 2.5배의 움직임 추정 속도 향상을 보였다.

그리고 시간적 상관성 이용한 기법 TMEPORAL, 공간적 상관성을 이용한 기법 MVFAST, 시·공간적 상관성을 이용한 기법 PMVFAST을 제안 기법과 각각 비교한 경우, 0.01~0.4(dB) 정도 화질 향상과 1.1~1.3배의 속도 향상을 보였다. 이 3가지 기법 중 움직임 벡터 추정 속도면과 영상 화질면에 있어서 가장 좋은 성능을 보이는 PMVFAST를 제안된 기법과 비교한 경우, PMVFAST는 제안된 기법에 비해 초기에 움직임 벡터 추정을 마치기 위하여 다양한 임계치들과 조건들을 사

표 2 각 실험 영상의 PSNR

	FS	2SS	NTSS	FSS	DS	HEXBS	MDS	TEMPORAL	MVFAST	PMVFAST	제안
Akiyo	34.5	34.48	34.38	34.33	34.39	34.3	34.49	34.5	34.39	34.49	34.5
Claire	35.05	35.01	34.91	34.74	34.85	34.7	34.99	34.88	34.92	34.84	34.95
Carphone	30.88	30.77	30.74	30.15	30.48	30.07	30.79	30.3	30.68	30.7	30.71
Foreman	29.54	29.24	28.19	28.22	28.66	28.01	29.19	28.92	29	29	29.05
M & D	31.52	31.51	31.47	31.34	31.42	31.37	31.5	31.49	31.47	31.47	31.47
Salesman	32.7	32.7	32.69	32.53	32.62	32.51	32.69	32.69	32.67	32.67	32.69
Stefan	23.88	23.85	22.24	22.62	22.77	22.59	23.3	23.16	23.36	23.45	23.65
Table	26.5	26.27	25.6	24.81	25.67	24.90	26	25.70	25.59	25.63	25.69

표 3 각 실험 영상의 평균 탐색점 수

	FS	2SS	NTSS	FSS	DS	HEXBS	MDS	TEMPORAL	MVFAST	PMVFAST	제안
Akiyo	961	255	17.05	17	13.02	11.0	13.01	5.0	5.05	2.9	2.9
Claire	961	255	17.2	17.08	13.1	11.0	13.18	5.2	5.3	4.5	4.4
Carphone	961	255	18.6	17.8	14.4	11.7	14.62	6.8	8.4	7.7	6.6
Foreman	961	255	19.3	18.6	15.4	11.9	14.89	7.2	8.9	7.8	6.3
M & D	961	255	17.3	17.1	13.2	11.1	13.27	5.4	5.6	4.7	4.6
Salesman	961	255	17.1	17.0	13	11.0	13.08	5.1	5.3	5.3	4.9
Stefan	961	255	20.0	18.9	16.2	12.9	17.09	8.9	10.8	8.9	7.3
Table	961	255	19.7	18.7	15.5	12.5	16.07	8.2	10.4	8.5	7.5

용할 뿐만 아니라 알고리즘 복잡도면 있어서 훨씬 복잡하다. 2SS는 제안된 기법보다 좋은 영상 화질을 보였는데, 이는 표 3에 나타나 있는 것과 같이 높은 계산 복잡도로 인하여, 즉 움직임 벡터 추정 시 약 40~80 배 이상의 탐색 점들을 사용하여 움직임 벡터를 추정하기 때문이다.

실험을 통하여, 제안된 기법은 기존 기법들보다 낮은 계산 복잡도로 인하여 적은 수의 탐색 점들을 사용하여 움직임 벡터를 추정하므로 움직임 벡터 추정 속도면에서 성능 향상을 보였을 뿐만 아니라 영상 화질면에 있어서도 성능 향상을 보였다.

## 5. 결론

본 논문에서는 동영상에 존재하는 움직임 벡터들간의 시·공간적 상관성을 이용하여, 현재 프레임에서 현재 블록의 움직임을 예측한 후, 예측된 움직임 크기에 따라 탐색 시작점과 탐색 패턴을 적응적으로 결정하는 움직임 추정 기법을 제안하였다. 실험을 통하여 알 수 있듯이, 움직임 벡터 추정 속도와 영상 화질을 모두 고려하였을 때 기존 기법들 중 가장 좋은 성능을 나타내는 PMVFAST를 제안 기법과 비교한 경우, 제안기법은 알고리즘 복잡도면에서나 초기 움직임 추정을 마치는데 사용되는 임계치들과 조건에 있어서 단순할 뿐만 아니라 낮은 계산 복잡도로 인하여 약 1.12배의 속도 향상과 0.01~0.06 (dB) 정도의 화질 향상을 보였다.

## 참고 문헌

- [1] T. Koga, K. Iinuma, Y. Hirano, Y. Iijim, T. Ishiguro, "Motion compensated interframe coding for video conference," In Proc. Nat. Telecommun. Conf., pp. C9.6.1-9.6.5, 1981.
- [2] L. Renxiang, Z. Bing, M. L. Liou, "A new three step search algorithm for block motion estimation," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 4, No. 4, pp. 438-442, 1994.
- [3] J. R. Jain and A. K. Jain, M, "Displacement measurement and its application in Interframe image coding," IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-29, pp. 1779-1808, 1981.
- [4] P. Lai-Man., M. Wing-Chung, "A novel four-step search algorithm for fast block motion estimation," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 6, No. 3, pp. 313-317, 1996.
- [5] J. Y. Tham, S. Ranganath, A. A. Kassim, "A novel unrestricted center-biased diamond search algorithm for block motion estimation," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video

Technology, Vol. 8, No. 4, pp. 369-377, 1998.

- [6] C. Yuk-Ying, W. B. Neil, "Fast search block-matching motion estimation algorithm using FPGA," Visual Communication and Image Processing 2000. Proc. SPIE, Vol. 4067, pp. 913-922, 2000.
- [7] Ce Zhu, Xiao Lin and Lap-Pui Chau, "Hexagon-based search pattern for fast block motion estimation," IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 12, No. 5, pp. 349-355, 2002.
- [8] Deepak S. Turaga and Tsuhan Chen, "Estimation and mode decision for spatially correlated motion sequences," IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 11, No. 10, pp. 1098-1107, 2001.
- [9] Jie-Bin Xu, Lai-Man Po and Chok-Kwan Cheung, "Adaptive motion tracking block matching for video coding," IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 9, No. 7, pp. 1025-1109, 1999.
- [10] Hyosun Yoon, Guesang Lee, "Motion estimation based on temporal correlations," Lecture Notes in Computer Science 2510, pp. 75-83, 2002.
- [11] Prabhudev Irappa Hosur, Kai-Kuang Ma, "Report on performance of fast motion using motion vector field adaptive search technique," ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11 M5453, 1999.
- [12] "Optimization model version 1.0," ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11 MPEG2000/N3324, 2000.
- [13] C. Guy, G. Michael, K Faouzi, "Efficient motion vector estimation and coding for H.263-based very low bit rate video compression," ITU-T SG 16, Q15-A-45, 1997.
- [14] Hyosun Yoon, Guesang Lee, "A modified diamond search algorithm for fast block-matching motion estimation," Proceeding of the 2001 Korean Signal Processing Conference, Vol. 14, No. 1, pp. 393-396, 2001.



윤 효 순

1993년 호남대학교 전산통계학과 이학사  
2002년 전남대학교 전산학과 이학석사  
현재 전남대학교 전산학과 박사과정. 관  
심분야는 영상 압축, 영상 복원, 멀티미  
디어 통신



김 미 영

1983년 전남대학교 전산통계학과 이학사  
1985년 이화여자대학교 대학원 이학석사  
1997년 전남대학교 전산통계학과 이학박사. 1986년~1997년 목포과학대학 전산계산과 부교수. 1998년~현재 전남도립남도대학 컴퓨터정보통신과 교수. 관심분야

는 멀티미디어 통신, 화상처리, 정보검색, CAD/VLSI



이 귀 상

1980년 서울대학교 전기공학과 학사  
1982년 서울대학교 전기계산기 공학과 석사. 1982년 금성통신 연구소 근무  
1991년 Pennsylvania 주립대학 이학박사. 1984년~현재 전남대학교 전자 컴퓨터 정보통신 공학부 교수. 관심분야는 멀

티미디어 통신, 영상처리 및 복원, 논리합성, VLSI/CAD