

# 움직임추정을 위한 수정된 다이아몬드 지역탐색 알고리즘 (A Modified Diamond Zonal Search Algorithm for Motion Estimation)

곽 성근(Sung-Keun Kwak)<sup>1)</sup>

## 요약

본 논문은 블록 정합 움직임 추정을 위한 새로운 방식을 제안한다. 비디오 시퀀스의 현재 블록의 움직임 벡터와 이전 블록의 움직임 벡터는 시간적 상관성을 갖고 있다. 따라서 이전 움직임 정보를 이용할 수 있다면 현재 블록의 움직임 추정에 대한 성능을 높일 수 있고 또한 탐색 횟수를 줄임으로써 계산 복잡도를 크게 줄일 수 있다. 본 논문에서는 현재 프레임 블록의 인접 블록으로부터 예측된 움직임 정보를 구하여, 이를 탐색 원점으로 하여 수정된 다이아몬드 지역 레이더 패턴으로 블록 정합을 수행하는 블록 정합 움직임 추정 방식을 제안한다. 실험 결과 제안된 방식은 기존의 방식들에 비해 PSNR 값에 있어서 평균적으로 0.06~0.21[dB] 개선되고 속도면에서 우수한 결과를 나타내었다. 또한 기존의 다이아몬드 지역 탐색 알고리즈다 보다 탐색 속도면에서 9~32%의 성능 향상을 보이면서 화질면에서는 거의 균등하게 나타났다. 제안된 방식은 정량적인 결과뿐만 아니라 부호화후 복호화한 영상의 화질에 있어서도 다른 고속 탐색 알고리즈다 보다 월등히 우수한 화질을 제공한다.

## Abstract

The Paper introduces a new technique for block matching motion estimation. since the temporal correlation of a animation sequence between the motion vector of current block and the motion vector of previous block. In this paper, we propose the scene change detection algorithm for block matching using the temporal correlation of the animation sequence and the center-biased property of motion vectors.

The proposed algorithm determines the location of a better starting point for the search of an exact motion vector using the point of the smallest SAD(sum of absolute difference) value by the predicted motion vector from the same block of the previous frame and the predictor candidate point on each search region.

Simulation results show that the PSNR values are improved as high as 9~32% in terms of average number of search point per motion vector estimation and improved about 0.06~0.21dB on an average except the FS(full search) algorithm.

논문접수 : 2009. 11. 10.  
심사완료 : 2009. 12. 01.

1) 정회원 : 시립인천전문대학 디지털콘텐츠제작(애니메이션) 교수

본 논문은 2009학년도 시립인천전문대학 학술연구지원비에 의한 것임.

## 1. 서 론

비디오 영상 처리에 있어서 가장 큰 문제점은 데이터의 증가이다. 비디오 영상 내에 존재하는 중복된 데이터는 시간적 중복성, 공간적 중복성, 통계적 중복성을 이용하여 압축된다. 특히 시간적 중복성은 이전 프레임의 데이터를 이용하여 움직임 추정과 움직임 벡터에 의해서 보상된 영상과 원 영상과의 차신호를 부호화함으로써 높은 데이터 압축율을 가져온다.

움직임을 분석하기 위해 전통적으로 많이 사용하는 방법은 경사법을 이용하여 화소 단위로 움직임 벡터를 추출하는 화소 재귀적 알고리즘(PRA: Pel Recursive Algorithm)과 블록 단위로 동일한 움직임을 갖는다는 가정하에서 움직임 벡터를 추출하는 블록 정합 알고리즘(BMA: Block Matching Algorithm)이 있다. 현재 많은 비디오 코딩에서는 데이터 흐름의 규칙성과 계산의 복잡도, 하드웨어의 구현을 고려하여 블록 정합 알고리즘을 사용되고 있으며, 대표적인 알고리즘은 전역 탐색 블록 정합 알고리즘(FS: full search)이다. 이 방법은 영상을 모양과 크기가 동일한 사각형 블록으로 분할한 후 정합 척도를 탐색 영역 내의 블록들에 적용하여 움직임 벡터를 찾는다. 전역 탐색 블록 정합 알고리즘은 과정이 간단하고 예측 효율과 예측의 정확도를 고려할 때 전체적으로 좋은 특성을 가지며 하드웨어 구현이 용이하고 또한 탐색 영역의 내부 전체를 탐색하면서 가능한 모든 블록들에 대한 정합을 수행하므로 정합 오차가 가장 작은 움직임 벡터를 찾을 수 있지만 많은 계산량이 필요한 단점이 있다.

이러한 FS의 단점을 극복하기 위해 속도가 개선된 TSS(Three Step Search)[1], DS(Diamond Search), CDS(Cross Diamond Search)[2] 등의 다양한 고속 블록 정합 알고리즘(FBMA: Fast Block Matching Algorithm)이 개발되었다. 이들 속도 개선 알고리즘은 주로 탐색 영역 내에서 탐색할 위치의 포인터 개수를 감소시켜 계

산량의 감소를 유도하는 탐색 패턴을 사용한다. 탐색 패턴이란 블록 정합을 위해 각 탐색 단계에서 정합 기준값을 검사하는 탐색점들을 의미하며, 이 탐색점들 중에서 최소 정합 오차(BDM: Block Distortion Measure)를 가지는 위치를 중심으로 다음 단계의 움직임 탐색이 수행된다. 따라서 고속 블록 정합 움직임 탐색 방법에서 사용되는 탐색 패턴은 그 모양과 크기에 따라 탐색의 속도와 성능을 좌우하는 중요한 요소가 될 수 있다.

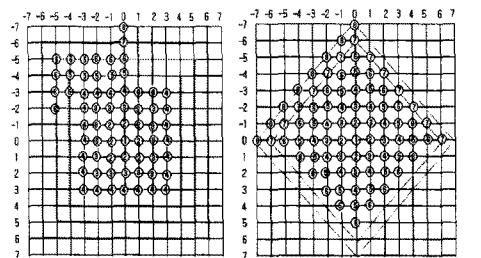
최근 많이 사용되는 탐색 패턴의 형태는 다이아몬드 패턴과 지역 탐색 패턴이 있다. 다이아몬드 탐색은 매 단계마다 적은 수의 탐색점을 사용하려는 반면에 지역 탐색은 다이아몬드 탐색점보다 많은 탐색점을 할당하여 정밀도를 높인다. 이러한 두 방법은 정밀도와 계산량의 관점에서 각각 상보점을 가진다. 즉, 화질을 유지하면서 속도를 크게 개선하기 힘든다.

따라서 본 논문에서는 최적의 탐색점을 찾기 위해 요구되는 계산량을 효과적으로 줄이기 위해 수정된 다이아몬드 지역 탐색 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 현재 매크로 블록의 움직임 벡터는 공간적으로 인접한 매크로 블록들이 비슷한 속도로 거의 같은 방향으로 움직인다는 점을 고려하여 예측 움직임 벡터로 탐색 원점을 이동시켜 정밀도를 높여 함축성 있게 계산량을 줄인다.

## 2. 기존의 알고리즘

우수한 성능을 가지는 Shan Zhu의 다이아몬드 탐색법과 A. Tourapis의 다이아몬드 지역 탐색법은 MPEG-2 표준으로 제안되었다[3].

다이아몬드 탐색(DS: Diamond Search)은 사각형의 격자가 있을 때 원형 영역 내에 있는 챔플된 탐색점의 위치에 따라 탐색 패턴을 결정하였다. 지역 탐색법은 [그림 1]과 같이 2가지 종류의 탐색 패턴을 사용하여 탐색을 수행하며, 각각 원형 지역 탐색법과 다이아몬드 지역 탐색이 있다.



(a) 원형 지역 탐색      (b) 다이아몬드 지역 탐색

그림 1 지역 탐색법의 2가지 탐색 패턴

여기서 다이아몬드 탐색은 매 단계마다 적은 수의 탐색점을 사용하는 반면에, 지역 탐색법(DZS: Diamond Zonal Search)은 매 단계에서 다이아몬드 탐색보다 많은 탐색점을 할당하여 정밀도를 높인다. 즉, DZS는 탐색 영역의 중심으로부터 다이아몬드 지역 패턴을 사용한다.

DZS 기법은 공간적인 상관관계를 적용하여 PSNR 및 시각적인 측면에서 좋은 결과를 보인다고 알려져 있다[3]. 그러나 이 기법은 정밀도에서는 좋은 결과를 보일 수 있으나, 탐색 영역의 중심에서부터 탐색이 이루어지기 때문에 속도면에서는 현저히 떨어진다.

### 3. 제안된 알고리즘

위와 같은 문제점을 해결하기 위해 영상의 움직임은 급격히 변화하기보다는 완만하게 변화한다는 연속성 제약 사항(motion continuity constraint)[4]에 근거하여 이전 프레임의 같은 위치에 있는 블록의 움직임 벡터를 참조하여 이전 프레임 시점에서 추출한 움직임 벡터로 현재 시점에서의 움직임 벡터의 위치를 예측하여 탐색 원점을 이동시켜 다이아몬드 지역 탐색을 수행하는 방법을 제안한다.

현재 블록의 움직임 벡터를 찾기 위하여 [그림 2]와 같이 이전 프레임의 같은 위치에 있는 블록  $MB_{past}$ 와 좌우상하의 인접 블록  $MB_0$ ,

$MB_1$ ,  $MB_2$ ,  $MB_3$ 들을 포함하여 식 (1)과 같이 5개의 평균 움직임 벡터를 현재 프레임 블록의 예측 움직임으로 이용한다.

$$MV_p = \frac{MV_{past} + MV_{left} + MV_{right} + MV_{up} + MV_{down}}{5} \quad (1)$$

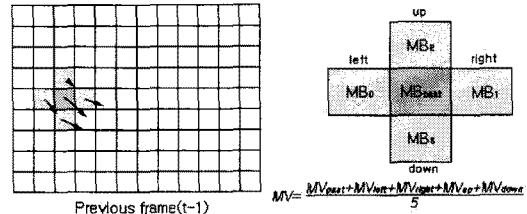


그림 2 참조하는 인접 블록으로 블록

그리고, 식 (1)에서 구한 예측된 움직임 벡터  $MV_p$ 로 [그림 3]의 (a)와 같이 탐색 원점을 이동시켜 이 점을 중심점으로 다이아몬드 지역 탐색법을 수행합니다. 이때 합축성 있게 계산량을 줄이기 위해 초기 종료를 위한 중간-정지 기법을 적용한다.

수정된 다이아몬드 지역 탐색은 예측된 움직임 벡터를 탐색 원점으로 하여 매 탐색 단계마다 검사되는 탐색 후보점은 4A개로 할당된다.

탐색 과정은 탐색 원점을 기준으로  $A=1$ 에서 지역 ①의 4개 탐색 후보점을 추가하여 최소 정합 오차를 계산하여 지역 ①의 최소 정합 오차가 탐색 원점의 정합 오차보다 작다면  $A \leftarrow A+1$  단계로 간다.  $A=2$ 에서 지역 ②의 탐색 후보점들을 추가하여 구한 최소 정합 오차가 지역 ①보다 작으면  $A=3$ 에서 지역 ③의 최소 정합 오차를 계산한다.  $A=4$ 에서 지역 ④의 최소 정합 오차가 ③의 최소 정합 오차보다 크면 탐색을 종료하고 ③의 최소 정합 오차를 움직임 벡터 최종해로 한다. 즉,  $A-1$  단계의 최소 정합 오차가  $A$  단계에서 검사된 탐색 후보점의 최소 정합 오차보다 작으면 탐색을 종료하고, 최소 정합 오차 점을 움직임 벡터로 한다. 만약  $A$  단계의 검사된 점들 중에 최소 정합

오차가 있다면, 최소 정합 오차점이 있는 방향으로  $A+1$  단계를 위한 탐색 후보점을 추가한다. 그리고 매 단계마다 추가된 점보다 이전 단계의 탐색 후보점이 최소 정합 오차면 수행을 종료한다.

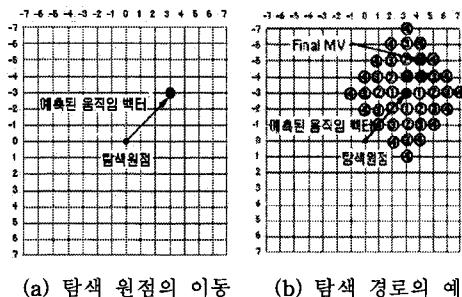


그림 3 제안한 움직임 벡터 추정 과정

제안된 알고리즘을 요약하면 다음과 같다.

- 1단계:** 현재 프레임 블록의 인접 블록들의 움직임 벡터 정보를 이용하여 예측된 움직임 벡터 값을 구하여 이 점으로 탐색 원점을 이동시킨다.
- 2단계:** 이동된 탐색 원점을 중심점으로 수평/수직 방향으로 1화소 간격에 위치하는 4개의 탐색 후보점에 대하여 최소 정합 오차를 계산한다. 중심점이 최소 정합 오차면 4단계로 가고, 그렇지 않으면 3단계로 간다.
- 3단계:** 패턴 적용 단계  $A$ 를 1 증가시키고  $A-1$  단계의 탐색 후보점들의 수평/수직 방향으로 1화소 간격에 탐색 후보점을 추가한다. 이 단계에서 추가된 점보다 이전 단계의 점이 최소 정합 오차면 4단계로 가고, 그렇지 않으면 3단계를 반복한다. 단, 탐색 영역( $w=\pm 7$ )을 벗어나는 모든 점들은 무시한다.
- 4단계:** 이전 단계에서 구한 최소 정합 오차 점이 움직임 벡터의 최종 해가 된다.

따라서 제안된 기법은 예측된 움직임 벡터를 초기점으로 탐색함으로써, 탐색 영역의 중심에서부터 탐색을 수행하는 DZS보다 탐색 대상 영역이 줄어들게 되어 움직임 추정에 대한 계산량이 상대적으로 많이 줄어들게 된다. 그리고 예측된 초기점을 중심으로 상대적으로 축소된 탐색 영역 내에서 추정을 행하게 되므로 DZS보다 효율적으로 움직임을 추정할 수 있으며, FS와 DZS와 유사한 화질을 갖는다는 장점이 있다. [그림 4]는 제안한 알고리즘의 순서를 간단히 나타낸 흐름도이다.

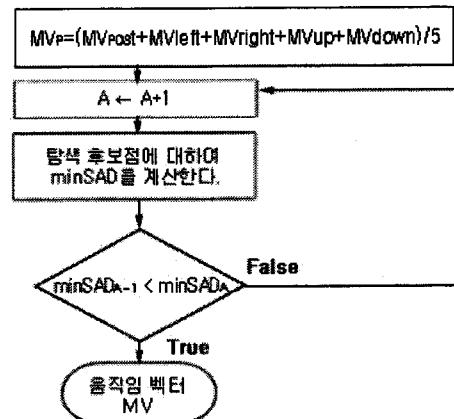


그림 4 제안한 알고리즘

#### 4. 실험 결과

제안된 기법의 성능을 평가하기 위하여 [그림 5]와 같은 CIF 형식의 4개 영상에 대해 각각 80 프레임씩을 대상으로 실험하였고, 비교 탐색 기법으로는 FS, DS, CDS와 DZS, 그리고 제안한 탐색 기법을 사용하였다.



그림 5 실험 영상

그리고 블록 정합의 정도를 평가하기 위해 대표적인 정합 기준인 평가 함수로서 PSNR과 탐색점의 개수를 이용하였고, 정합 오차 측정 함수로는 SAD(Sum of Absolute Difference)을 이용하였다.

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

$$SAD(i,j) = \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^N |I_t(k,l) - I_{t-1}(k+i, l+j)| \quad (3)$$

여기서 N은 영상의 가로와 세로의 각각의 크기이며,  $I_t(k,l)$ 은 원영상의 화면을 나타내고,  $I_{t-1}(k+i, l+j)$ 은 움직임 추정 화면을 나타낸다.

실험 영상에 대한 실험 결과는 <표 1>에 나타내었다. <표 1>은 각각의 실험 영상별로 기존의 탐색 기법과 제안하는 탐색 기법에 대한 평균 PSNR[dB]와 FS의 탐색회수를 1로 기준하여 각 기법의 상대적인 속도 향상에 대한 비교 결과를 나타낸다.

표 1 각 실험 영상에 대한 성능비교 평가함수

Sequence		Motion Estimation Algorithm				
		FS	DS	CDS	DZS	제안
Akiyo	PSNR	42.78	42.76	42.72	42.78	42.78
	SAD	0.603	0.604	0.604	0.603	0.603
	Speed Up	1	12	28	21	23
News	PSNR	38.23	38.15	38.11	38.20	38.21
	SAD	1.042	1.045	1.048	1.045	1.045
	Speed Up	1	16	30	23	25
Mother & Daughter	PSNR	33.46	33.17	32.67	33.28	33.31
	SAD	1.496	1.510	1.521	1.509	1.508
	Speed Up	1	13	26	19	24
Susie	PSNR	34.72	34.42	34.40	34.02	34.45
	SAD	2.665	2.744	2.741	2.787	2.728
	Speed Up	1	12	30	19	25
평균	PSNR	37.30	37.13	36.98	37.07	37.19
	SAD	1.542	1.476	1.479	1.486	1.471
	Speed Up	1	13.3	28.5	20.5	24.3

<표 1>에서와 같이 제안된 탐색 기법은 움직임 추정 속도면이나 움직임 추정 정확도면에서 기존의 기법보다 더 나은 성능을 보였다. 전반적으로 제안된 탐색 기법은 FS에 비해 탐색 속도면에서는 약 25배 정도의 성능 향상을 나타내면서도 PSNR 값은 4개의 실험 영상의 평균이 0.11[dB] 차이로 근접한 성능을 나타내었다. 그리고 속도면에서는 CDS가 가장 우수하게 나타났으나, PSNR 값이 제안된 기법보다 평균 0.21[dB] 정도 나쁘게 나타난 것은 일정한 고속 패턴 탐색으로 국부적 탐색에 의해 초기 수렴하는 최소화 문제에 빠지기 때문으로 예측의 정확성에서 효율적인 방식이 아님을 알 수 있었다.

또한 영상의 화질에 대한 성능 비교 평가 함수로 사용된 SAD의 실험 결과는 제안된 탐색 기법보다 약 25배 정도의 많은 탐색점을 사용하여 움직임 벡터를 예측하는 FS와 많은 차이가 나지 않는 것을 볼 수 있다. 제안된 탐색 기법은 비교 대상이 된 DZS와 CDS에 비해 근사한 움직임 예측 성능을 가지면서, 탐색 속도면에서는 우수한 성능 향상을 보였다.

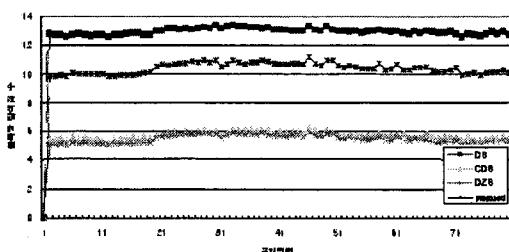


그림 6 Susie 영상의 블록당 평균 탐색점 수

[그림 6]에서는 실험에 사용된 Susie 영상에 대한 프레임별 블록당 평균 탐색점 수에 대한 그래프에서 나타나듯이 기존의 탐색 기법, 특히 직접적인 비교 대상인 CDS와 DZS에 비해 움직임 예측에 필요한 탐색점의 수가 현저하게 감소된 것을 볼 수 있다. 제안하는 탐색 기법은 시간적 상관성이 적은 영상에서도 CDS에 대해서는 약 33%, DZS에 대해서는 약 31% 정도의 탐색점 수의 감소를 나타내었다. 제안하는 방법이 기존의 탐색 기법에 비해 움직임 예측에 필요한 탐색점 수를 현저히 감소시킴으로써 속도면에서 높은 성능 향상을 보였다.

이상의 실험 결과에 의하면, PSNR 측면에서 FS를 제외한 모든 기법에 비해 제안된 방식이 가장 우수한 것으로 나타났다. 또한 다른 모든 기법에 비해 움직임 추정에 필요한 탐색점 수가 CDS와 유사하게 나타나 속도면에서 높은 향상을 보였으며, PSNR 값은 평균 0.06~0.21[dB] 개선되어 화질면에서도 안정된 예측 정확도를 얻을 수 있었다. 특히, 제안된 기법이 DZS와 비교할 때, PSNR 값은 평균 0.12[dB] 향상되었고 속도는 9~32% 향상되었다.

## 5. 결 론

제안한 알고리즘은 현재 프레임 블록의 인접 블록에 의해 장인한 매크로 블록 단위의 움직임 벡터를 생성하였으며, 이전 프레임으로부터 움직임 벡터의 위치를 예측하여 탐색 원점으로

수행함으로써 적은 탐색 수만으로도 화질면에서 FS에 근접한 성능을 나타내었다.

또한 제안된 기법은 FS를 제외한 다른 비교 기법에서도 속도면에서나 화질면에서도 우수한 성능을 보였다. 이 경우 움직임 예측면에서도 평균적으로 0.06~0.21[dB] 정도의 성능 향상을 보였다.

이러한 결과를 종합해 볼 때, 본 논문에서 제안한 알고리즘은 영상의 시간적인 특성을 이용함으로써 첫 번째 탐색 위치를 보다 정확하게 예측함으로써 다른 고속 탐색 알고리즘보다 압축 성능과 그 외의 부가적인 면에서 우수한 결과를 나타내었다. 따라서 제안된 기법에서 현재 프레임의 매크로 블록 탐색 영역을 재정의하여 탐색 패턴을 적응적으로 변화시킨다면 다른 고속 블록 정합 방법들보다 탐색점 수를 감소시키고, 우수한 보상 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] X Yi, N Ling, "Fast Pixel-Based Video Scene Change Detection", Circuits and Systems, IEEE International Symposium on, Vol.4, pp.3443-3446, May, 2005.
- [2] C. Zhu, X. Lin, L. P. Chau, "Hexagon-Based Search Pattern for Fast Block Motion Estimation", IEEE Transactions on Circuits & System for Video Tech., Vol. 12, No. 5, pp.349-355, May 2002.
- [3] A. Tourapis, O. Au, M. Liou, "An Advanced Zonal Block Based Algorithm for Motion Estimation", International Conf. on Image Processing, Vol. 2, pp.610-614, Oct., 1999.
- [4] W. A. C. Fernando, "Sudden Scene Change Detection in Compressed Video using Interpolated Macroblocks in B-frames", Multimedia Tools and Applications, Vol. 28, No.3, pp.301-320, May, 2006.
- [5] Goela, N., Wilson, K., Feng Niu, "An SVM Framework for Genre-Independent Scene Change Detection", Multimedia and Expo, 2007 IEEE International Conference on, pp.532-535, Jul., 2007
- [6] F. Moschetti, M. Kunt, "A Statistical Block-Matching Motion Estimation", IEEE

Transactions on Circuits & System for Video Tech., Vol. 13, No. 4, pp.417-431, Apr., 2003.

[7] Saez, E., Benavides, J. I., Guil, N., "Reliable real time scene change detection in MPEG compressed video", Multimedia and Expo, 2004. IEEE International Conference on, Vol. 1, pp.567-570, June, 2004.

곽 성 근



1980.2 연세대학교 대학원  
졸업(공학석사)  
2004.8 아주대학교 대학원  
컴퓨터공학과(공학박사)  
1980~현재 시립인천전문  
대학 디지털콘텐츠계열  
(애니메이션) 교수

관심분야: 동영상입출력, 컴퓨터그래픽스, 애니메이션