십자와 육각패턴을 이용한 고속 블록 정합 동작 예측 기법

박 인 영† · 남 현 우†† · 위 영 철††† · 김 하 진†††

요 약

본 논문에서는 십자패턴과 육각패턴을 이용한 고속 블록 정합 동작 예측 기법을 제안한다. 블록 기반 탐색에서 전역 탐색방법이 가장 좋은 동작벡터를 찾지만, 탐색영역 내의 모든 점을 검색하기 때문에 많은 시간을 필요로 하게 된다. 본 방법은 대부분의 동영상에서 동작벡터가 블록의 중심 부근에 집중적으로 분포함을 착안하여 십자패턴으로 중앙을 우선 탐색한 다음 움직임이 큰 동작벡터를 육각패턴을 사용하여 찾는다. 실험결과, 본 방법은 기존의 탐색방법들보다 화질과 탐색시간에서 대부분의 경우에 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

A New Cross and Hexagonal Search Algorithm for Fast Block Matching Motion Estimation

In-Young Park† · Hyeon-Woo Nam†† · Youngcheul Wee††† · Ha-Jine Kimn†††

ABSTRACT

In this paper, we propose a fast block-matching motion estimation method using the cross pattern and the hexagonal pattern. For the block-matching motion estimation method, full search finds the best motion estimation, but it requires huge search time because it has to check every search point within the search window. The proposed method makes use of the fact that most of motion vectors lie near the center of block. The proposed method first uses the cross pattern to search near the center of block, and then uses the hexagonal pattern to search larger motion vectors. Experimental results show that our method is better than recently proposed search algorithms in terms of mean-square error performance and required search time.

키워드 : 십자패턴(Cross Pattern), 육각패턴(Hexagonal Pattern), 동작 예측(Motion Estimation)

1. 서 론

최근 동영상 응용분야의 확대와 함께 동영상 전송 및 저장을 효율적으로 하기 위한 방법으로 동영상 압축에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 동영상 압축에서 가장 핵심이 되는 부분은 동영상을 이루는 연속적인 프레임들 사이에 존재하는 시간적 중복을 동작 예측을 통해 배제하는 것이다. 동작 예측은 현재 프레임과 참조 프레임 사이의 객체의 변위 즉, 동작벡터를 찾는 방법이다. 동작 예측 방법은 화소단위의 화소 재귀적 예측 방법과 블록 단위의 블록 정합 예측 방법이 있으며, 블록 단위의 정합법이 구현상의 장점으로 인해 널리 사용되고 있다. 블록 정합 방법은 현재 프레임을 일정한 크기를 가지는 블록으로 분할하고 각 블록에 대해 참조 프레임에서 정합 오차가 가장 작은 블록을 찾는다.

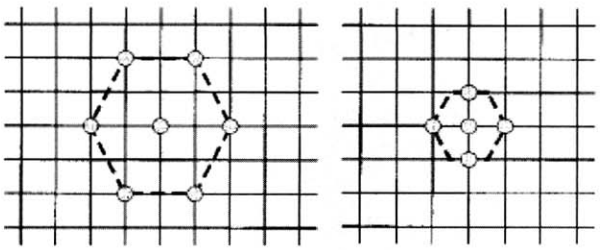
다양한 블록 정합 기법 중 전역 탐색은 미리 지정된 탐색영역 내의 모든 탐색 점에 대하여 블록 정합을 실시하여 최적의 위치를 찾는 방법으로써 알고리즘 구현상의 간편함과 정확한 결과를 얻을 수 있지만 많은 계산 량이 필요하기 때문에 대부분의 경우 탐색속도에서 문제점을 가진다. 이러한 전역 탐색의 단점을 개선하는 다양한 고속 블록 정합 기법들이 발표되었다[1-5]. 이들 속도 개선 알고리즘들은 주로 예측에 의하여 탐색 점의 수를 감소시켜 계산 시간의 감소를 유도한다.

본 논문에서는 확률적으로 탐색영역의 중심 부근에 많은 동작벡터가 분포함을 착안하여 십자패턴으로 중심 부근을 우선 탐색하고 나머지 움직임이 비교적 큰 동작벡터는 육각패턴을 이용하는 방법을 제안한다.

2. 기존의 동작 예측 기법

고속 블록 정합 기법으로 3단계 탐색(TSS : Three Step Search)[1], 새로운 3단계 탐색(NTSS : New Three Step Search)[2], 다이아몬드 탐색(DS : Diamond Search)[3], 크로스-다이아몬드 탐색(CDS : Cross-Diamond Search)[4], 그리고 육각패턴 기반 탐색(HEXBS : Hexagonal-Based Search)[5] 등이 있다. TSS[1]는 3단계로 범위를 좁혀나가면서 유사한 블록을 탐색하는 방법이고, NTSS[2]는 TSS[1]의 첫 번째 탐색 단계에 중심점과 인접한 8개의 탐색 점을 추가하여 탐색하는 방법이다. DS[3]와 CDS[4]는 다이아몬드 패턴을 이용하였고, HEXBS[5]는 육각패턴을 이용한 방법이다.

† 준 회 원 : 아주대학교 대학원 정보통신공학과
†† 정 회 원 : 시립인천전문대학 교수
††† 정 회 원 : 아주대학교 정보통신대학 교수
논문접수 : 2003년 8월 11일, 심사완료 : 2003년 11월 17일

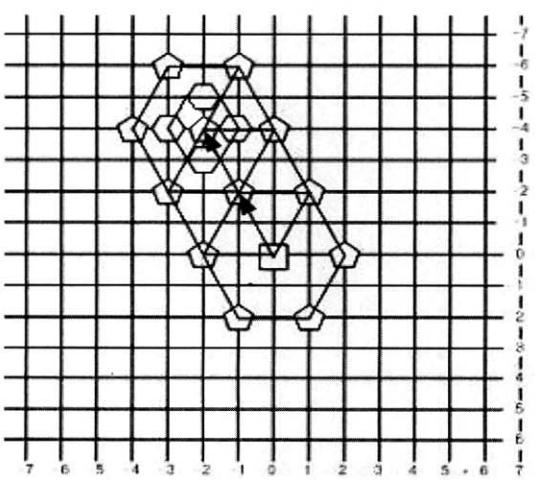


(a) 큰 육각패턴 (b) 작은 육각패턴

(그림 1) 육각패턴 기반 탐색의 탐색패턴

HEXBS[5]에서 초기 탐색패턴은 (그림 1)(a)와 같이 탐색영역의 중심점과 수평방향의 두 점 (−2,0), (+2,0)을 포함하는 7개의 점으로 구성된다. 초기 탐색패턴에서 최소 BDM (Block Distortion Measure) 값을 가지는 점을 탐색하여 만일 최소 BDM 점이 (그림 1)(a)의 중심이면, 그 점을 중심으로 (그림 1)(b)와 같은 작은 육각패턴을 구성한다. 작은 육각패턴에서 최소 BDM 점을 최종 동작벡터로 결정하게 된다. 만일 최소 BDM 점이 (그림 1)(a)의 중심이 아니면 중심점이 최소 BDM 점이 될 때까지 구해진 최소 BDM 점을 중심으로 하는 큰 육각패턴을 구성하여 탐색을 반복한다.

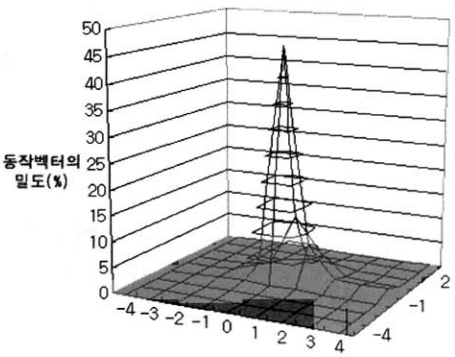
HEXBS[5]는 움직임이 많은 경우(동작벡터가 큰 경우)에도 탐색 속도가 비교적 빠른 장점을 가지고 있으나 큰 탐색패턴의 구성으로 이동이 빠른 반면에 최적 점을 건너뛰는 경우가 많이 생기게 된다. 따라서 화질(PSNR)은 일반적으로 다른 방법에 비하여 다소 떨어지는 단점을 가지고 있다.



(그림 2) 육각패턴 기반 탐색의 탐색경로

3. 제안하는 동작 예측 기법

동작 예측 기법에 있어서 탐색패턴은 탐색시간과 화질에 중요한 영향을 미치는 요소이다. 탐색패턴의 성능은 탐색영역 내에 존재하는 동작벡터의 분포와 밀접한 관계를 가지므로 다양한 동영상에서의 동작벡터의 분포에 적합한 탐색패턴은 탐색 성능 향상에 직결된다. 동영상들의 동작벡터의 분포를 살펴보면((그림 3) 참조), 탐색영역의 중심 부근에 집중적으로 동작벡터가 분포하므로 일반적인 탐색패턴을 적용하기 이전에 중심점 부근에 있는 동작벡터를 빠른 시간에 탐색할 수 있는 패턴을 우선 적용하면 좋은 화질을 유지하면서 탐색시간을 현저히 줄일 수 있을 것이다.

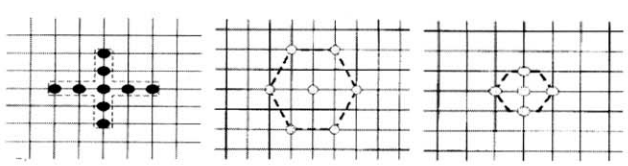


(그림 3) 실험 동영상의 동작벡터 분포도

<표 1>과 같이 탐색영역의 십자패턴 부분에 동작벡터가 분포할 확률은 약 72%이다. 즉 대부분의 동작벡터가 십자패턴 부분에서 발견될 확률이 높다는 것이다. 본 논문에서는 동영상에 존재하는 동작벡터의 확률적 분포를 바탕으로 십자패턴을 이용하여 중앙 부근을 적은 탐색 점으로 우선 탐색한 후 육각패턴을 사용하여 비교적 큰 동작벡터를 빠른 속도로 찾는 알고리즘을 제안한다.

〈표 1〉 실험 동영상들의 동작벡터 분포

축	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
-4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-2	0.000	0.001	0.002	0.001	**0.000**	0.000	0.000	0.000	0.000
-1	0.000	0.001	0.005	0.006	**0.004**	0.004	0.001	0.000	0.000
0	0.002	0.003	**0.006**	**0.023**	**0.459**	**0.079**	**0.017**	0.014	0.014
1	0.000	0.001	0.002	0.012	**0.112**	0.048	0.005	0.003	0.001
2	0.000	0.000	0.001	0.003	**0.012**	0.010	0.001	0.001	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004	0.002	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000



(a) 십자패턴 (b) 큰 육각패턴 (c) 작은 육각패턴

(그림 4) 제안하는 탐색패턴

제안하는 방법에 사용되는 탐색패턴들을 (그림 4)와 같다. (그림 4)(a)는 탐색영역의 중심 부근에 분포하는 동작벡터의 탐색을 위한 십자패턴이다. (그림 4)(b)와 (그림 4)(c)는 각각 육각패턴 탐색에 사용되는 큰 육각패턴과 작은 육

각패턴이다. 제안하는 방법에서 사용되는 십자패턴 탐색방법은 크로스-다이아몬드 탐색[4]에서 사용된 것과 유사하고 육각패턴의 탐색방법은 육각패턴 기반 탐색[5]에서 사용된 것과 유사하다.

단계 1 : (그림 4)(a)와 같은 십자패턴 각 점(9개)의 BDM을 계산하여 최소 BDM 점이 중심점이면 이 점을 동작벡터로 결정하고 탐색을 종료한다.

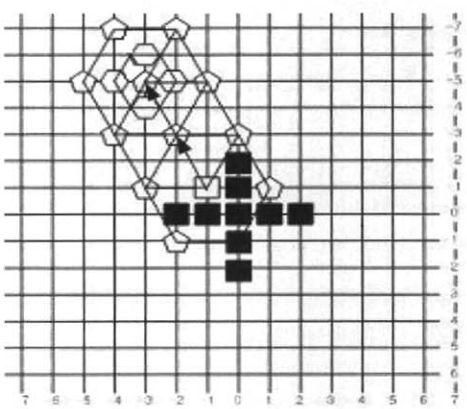
단계 2 : 9개 점 중에서 최소 BDM을 가지는 점 P가 중심점이 아니면 $(-1,-1)$, $(-1,1)$, $(1,-1)$, $(1,1)$ 좌표의 4개의 중에서 점 P에 가까운 2개의 점이 후보 점으로 추가된다. 여기서, 최소 BDM 점이 $(-1,0)$, $(1,0)$, $(0,-1)$, $(1,0)$ 중의 하나이면 그 점을 동작벡터로 결정하고 탐색을 종료한다.

단계 3 : 이전 단계에서 계산된 최소 BDM 점을 중심점으로 하는 (그림 4)(b)와 같은 큰 육각패턴을 구성한다. 큰 육각패턴의 중심점에서 최소 BDM이 발견될 때까지 단계 3을 반복한다. 큰 육각패턴의 중심점에서 최소 BDM 점이 발견되면 단계 4로 진행한다.

단계 4 : 이전 단계에서 구해진 최소 BDM 점을 중심으로 하는 (그림 4)(c)와 같은 작은 육각패턴을 구성한다. 작은 육각패턴에서는 구해진 최소 BDM 점을 동작벡터로 결정하고 탐색을 종료한다.

(제안 알고리즘) 십자와 육각패턴을 사용하는 고속 블록 정합 기법

(그림 5)는 제안하는 알고리즘이 $(-3,-5)$에 존재하는 동작벡터를 탐색하는 과정을 보이고 있다.



(그림 5) 제안탐색기법의 탐색경로

4. 실험 결과

MPEG-2 Encoder[6]에 제안하는 방법을 적용하여 Akiyo, Stefan, Foreman, News 동영상 각 100프레임에 대하여 블록 정합을 수행하였다. FS, TSS[1], DS[3], CDS[4], HEXBS[5]의 다섯 가지 블록 정합 기법이 제안하는 방법과 비교·분석되었다.

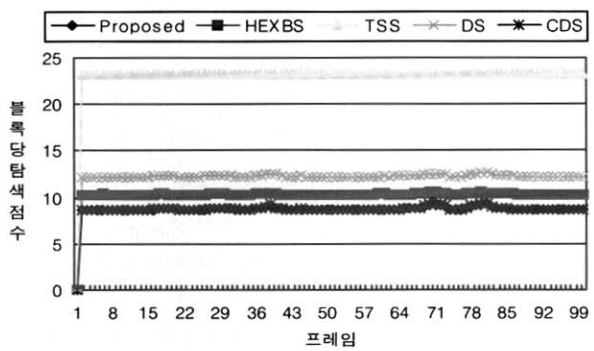
기존의 3단계 탐색[1]과 비교하여 볼 때, Stefan을 제외한 모든 동영상의 경우에서 PSNR과 탐색 점의 수가 향상되었다. Stefan의 경우 PSNR이 0.046dB 감소했지만, 탐색 점의 수가 블록 당 7.873개 줄어들었다. 따라서 전반적으로 3단계 탐색[1]에 비해 좋은 성능을 보이고 있다.

〈표 2〉 실험결과 : 각 동영상별 평균 PSNR

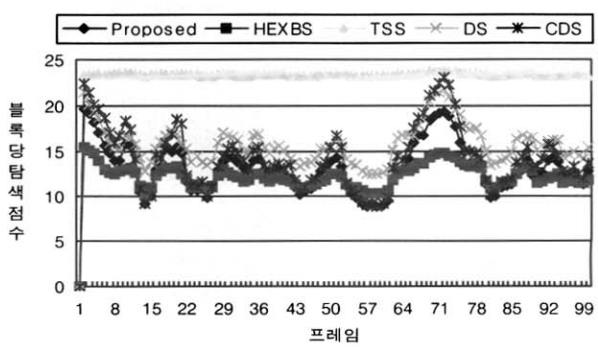
동영상	Akiyo	Stefan	Foreman	News
FS	45.343	31.248	34.606	42.593
TSS	45.319	30.602	34.083	42.534
DS	45.322	30.620	34.392	42.547
CDS	45.318	30.607	34.471	42.558
HEXBS	45.323	30.526	33.966	42.484
Proposed	**45.324**	**30.554**	**34.420**	**42.563**

〈표 3〉 실험결과 : 각 동영상별 블록 당 탐색 점 수

동영상	Akiyo	Stefan	Foreman	News
FS	869.333	869.333	869.333	869.333
TSS	23.212	23.300	23.369	23.213
DS	12.285	17.773	15.815	12.657
CDS	8.738	16.975	14.369	9.373
HEXBS	10.346	13.697	12.298	10.577
Proposed	**8.719**	**15.427**	**13.179**	**9.220**



(그림 6) Akiyo 영상의 프레임별 블록 당 탐색 점 수



(그림 7) Foreman 영상의 프레임별 블록 당 탐색 점 수

기존의 다이아몬드 탐색[3]과 비교하여 볼 때, Stefan을 제외한 모든 동영상의 경우에서 PSNR과 탐색 점의 수가 향상되었다. Stefan의 경우 PSNR이 0.066dB 감소했지만, 탐색 점의 수가 블록 당 2.346개 줄어들었다. 따라서 전반적으로 다이아몬드 탐색[3]에 비해 좋은 성능을 보이고 있다.

기존의 크로스-다이아몬드 탐색[4]과 비교하여 볼 때, 움직임이 적은 동영상(Akiyo, News)에서는 PSNR과 탐색 점의 수 모두 월등한 성능을 보였고, 움직임이 큰 동영상

(Stefan, Foreman)의 경우 PSNR이 각각 0.051dB, 0.053dB 감소하지만, 탐색 점의 수가 블록 당 각각 1.19개, 1.548개 감소하기 때문에 전반적으로 크로스-다이아몬드 탐색[4]에 비해 좋은 성능을 보이고 있다.

기존의 육각패턴 기반 탐색[5]과 비교하여 볼 때, 움직임이 적은 동영상에서는 PSNR과 탐색 점의 수 모두 월등한 성능을 보였고, 움직임이 큰 동영상의 경우 탐색 점의 수가 블록 당 각각 0.881개, 1.73개 증가하지만, PSNR이 각각 0.028dB, 0.454dB 증가하기 때문에 전반적으로 육각패턴 기반 탐색[5]에 비해 좋은 성능을 보이고 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 탐색영역의 중심 부근에 확률적으로 많은 동작벡터가 있다는 점을 이용하는 새로운 고속 블록 정합 기법을 제안하였다. 제안하는 방법은 십자패턴을 이용하여 탐색영역의 중심 부근에 존재하는 동작벡터의 탐색을 우선적으로 수행한다. 십자패턴에는 두 가지 종료 조건을 두어서 중심 부근에 존재하는 동작벡터를 빠르게 찾아낼 수가 있다. 십자패턴을 적용한 후에는 육각패턴을 이용하여 움직임이 큰 동작벡터를 찾아내게 된다.

실험 결과 제안하는 방법이 움직임이 적은 동영상(Akiyo, News)의 경우에는 탐색 점의 수가 현저히 감소되어 높은 속도 향상을 나타냈다. 움직임이 큰 동영상(Stefan, Foreman)에서는 다이아몬드 탐색[3], 크로스-다이아몬드 탐색[4]과 비교할 경우에 제안하는 방법에서 PSNR이 소폭 감소되는 경우가 발생하였으나 탐색 점의 수가 감소하였고, 육각패턴 기반 탐색[5]과 비교할 경우에 제안하는 방법에서 탐색 점의 수가 소폭 증가되는 경우가 발생하였으나 PSNR이 상승되었다.

결론적으로 본 논문에서 제안하는 탐색방법은 기존에 발표되었던 탐색방법에 비해 화질과 탐색속도에서 전반적으로 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

참 고 문 헌

[1] T. Koga, K. Iinuma, A. Hirano, Y. Iijima and T. Ishiguro, "Motion compensated interframe coding for video conferencing," Proc. National Telecommunication Conf., pp.G5.3.1-G5.3.5, Nov., 1981.

[2] R. Li, B. Zeng and M. L. Liou, "A new three-step search algorithm for block motion estimation," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol.4, pp.438-443, Aug., 1994.

[3] S. Zhu, K. K. Kuang Ma, "A New Diamond Search Algorithm for Fast Block Matching Motion Estimation," IEEE Trans. Image Processing, Vol.9, pp287-290, Feb., 2000.

[4] C. H. Cheung, L. M. Po, "A novel cross-diamond search algorithm for fast block motion estimation," circuits and systems for video technology, pp.1168-1177, Dec., 2002.

[5] C. Zhu, X. Lin, L. P. Chau, "Hexagon-Based Search Pattern for Fast Block Motion Estimation," circuits and systems for video technology, pp.349-355, May, 2002.

[6] ftp://mm-ftp.cs.berkeley.edu/pub/multimedia/mpeg2/software/.

박 인 영

e-mail : parkiy7@orgio.net
2001년 단국대학교 전자계산학과(학사)
2003년 아주대학교 정보통신전문대학원 정보통신공학과(공학석사)
2003년~현재 미공군 오산비행장 근무
관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 영상처리

남 현 우

e-mail : manner@ajou.ac.kr
1993년 아주대학교 공과대학 전자계산학과(학사)
1996년 아주대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
1999년 아주대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사 수료
2003년~현재 (주)이테크 기술이사
2000년~현재 시립인천전문대학 강사
관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 영상처리, 멀티미디어 등

위 영 철

e-mail : ycwee@ajou.ac.kr
1980년 연세대학교 수학과(학사)
1982년 미국 SUNY at Albany Computer Science Department(학사)
1984년 미국 SUNY at Albany Computer Science Department(공학석사)
1989년 미국 SUNY at Albany Computer Science Department (공학박사)
1990년~1995년 삼성종합기술원 수석연구원
1995년~1998년 현대전자 부장
1998년~현재 아주대학교 정보통신대학 조교수
관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 영상처리, 알고리즘 등

김 하 진

e-mail : hjkimn@ajou.ac.kr
1962년 서울대학교 문리과대학 수학과(학사)
1978년 프랑스 Grenoble 1대학교 대학원 응용수학과(이학석사)
1980년 프랑스 Saint-Etienne 대학교 대학원 응용수학과(이학박사)
1991년~1992년 한국정보과학회 회장
1992년~현재 국제정보올림피아드 추진위원장
1992년~현재 ISO/IEC JTC1/SC24(그래픽스 표준화) 국내 위원회 위원장
1974년~현재 아주대학교 정보통신대학 교수
관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 영상처리, 응용수학 등