

예측 움직임 벡터를 이용한 Cross-diamond 탐색 알고리즘

권정은^o 최린

고려대학교

{liger11^o, lchio}@korea.ac.kr

Full Predictive Motion Vector-Cross Diamond Search Algorithm(FPMV-CDS)

JungEun Kwon^o, Lyn Choi

Korea University

요 약

기존의 탐색 알고리즘은 탐색 창 내의 원점에서 탐색을 시작한다. 하지만 영상은 일정한 방향으로 규칙적으로 움직이는 것이 많기 때문에 Frame_t의 움직임 벡터(MV)가 Frame_{t-1}의 움직임 벡터와 같을 가능성이 크다. 이를 참고하여 본 논문에서는 시작점을 원점뿐만 아니라 Frame_{t-1}의 MV까지도 예측 시작점으로 선택하여 탐색의 시작점을 다양화 하였다. 실험 결과 탐색 시작점을 다양화 함으로써 full search를 제외한 diamond search, hexagonal search, 4 step search등 기존의 탐색 알고리즘보다 30~80% 더 작은 SAD값을 구할 수 있었다.

1. 서 론

동영상의 압축은 시간적 중복성 제거, 공간적 중복성 제거, variable length coding(VLC)를 통한 여러 단계의 압축 과정을 통해 행해진다. 동영상 압축에서 시간적 중복성을 제거하는 부분이 압축률은 가장 높은 반면 계산량이 가장 많다.

시간적 중복성은 움직임 보상 및 추정에 의한 탐색을 통해 제거되는데 이 과정에서 시간적으로 이웃하는 이전 프레임 Frame_{t-1}(참조프레임)과 Frame_t(현재프레임)의 가장 일치하는 부분을 추정해서 MV와 오차 프레임을 구하게 된다.

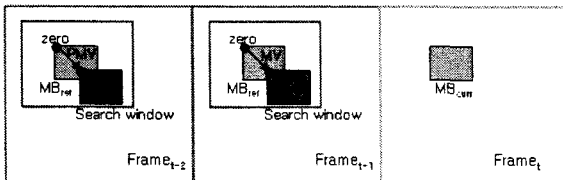


그림 1 움직임 탐색

그림 1에서 PMV(predictive motion vector)는 MB_{cur}과 같은 위치에 존재하는 MB_{ref}의 MV인데 이는 현재프레임에서 predictive MV로 사용된다. 그러므로

PMV는 predictive motion vector를 의미한다.

Zero(원점)은 참조프레임의 탐색창에서 MB_{cur}와 같은 위치의 좌표를 의미한다.

동영상의 움직임 탐색은 16X16 pixel의 매크로블록(MB) 단위로 수행되는데 프레임 전체를 탐색하는 것이 아니라 참조프레임의 현재 MB를 중심으로 7X7 또는 16X16의 픽셀만큼 더한 탐색 창을 만들어 탐색 창 내에서 탐색을 한다. 현재프레임과 참조프레임의 픽셀 값의 sum of absolute difference(SAD 혹은 sum of absolute error : SAE)를 계산했을 때 SAD가 가장 작은 탐색 점이 현재프레임과 참조 프레임의 가장 일치하는 점이 된다. 움직임 추정은 움직임을 보상한 후 탐색 창의 모든 지점의 SAD값을 비교하여 최소 점을 찾는 full search(FS)가 가장 효과적이지만 계산량이 너무 많기 때문에 four step search(4SS)[2], diamond search(DS)[3], hexagonal search (HS)[5], cross search(CS), cross-diamond search(CDS)[7] 등의 다양한 탐색 알고리즘들이 제안되었다.

본 논문에서는 탐색 점의 개수는 줄이면서 정확성을 좀 더 높이기 위한 방법으로 full predictive MV cross diamond search(FPMV-CDS) algorithm을 제안한다.

2. Basic Search Algorithm

7X7의 탐색창을 full search 하면 아래의 그림 2와 같이 원점을 중심으로 spiral 하게 탐색해 가면서 256번의 SAD 값을 계산해야 하기 때문에 계산의 복잡도가 매우 높음을 알 수 있다. 이러한 계산상의 복잡도를 줄이고자 고속 탐색 알고리즘을 사용하여 탐색을 수행하기도 하는데 이는 탐색 속도는 빠르지만 가장 일치하는 프레임을 찾는 정확성이 FS 보다 떨어지기 때문에 좀더 정확하고 빠른 탐색 알고리즘을 찾는 것이 중요하다. 이와 같은 정확성은 여러 가지 요소에 의해 상당히 달라질 수 있는데 그 중 탐색을 시작하는 시작점이 어디에 존재하느냐에 따라서 탐색 창 내에서의 최초 탐색 방향이 달라지게 된다. 즉 최초 탐색 지점이 잘 못 선택이 되면 전혀 다른 곳의 MV를 찾게 되어 SAD 값이 커지게 된다. 이와 같은 오류를 범하지 않기 위해서는 최초 탐색 시작점의 선택을 정확하게 해야 할 것이다.

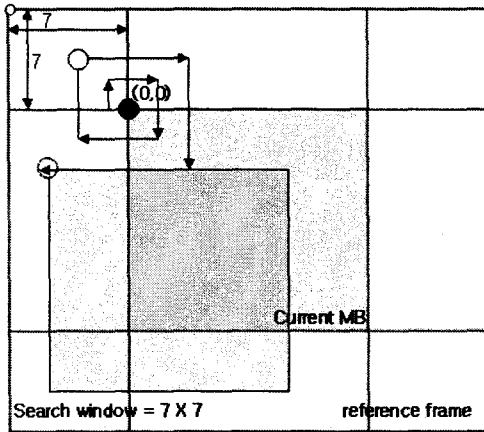


그림 2 full search

움직임이 크지 않은 동영상은 원점과 원점 주위에 대부분의 MV가 모여있을 가능성이 크기 때문에 FS나 DS, HS, 4SS등의 탐색 알고리즘들은 원점에서 탐색을 시작한다. 하지만 움직임의 방향이나 속도가 거의 비슷한 동영상의 경우 현재프레임의 MV가 PMV와 같을 가능성 또한 크기 때문에 원점뿐만 아니라 PMV도 시작점으로 고려를 하게 되면 좀 더 정확한 search를 할 수 있을 것이다. 아래의 그림은 7X7 탐색 창 내에서 MV가 존재할 수 있는 확률을 보여 주고 있다.

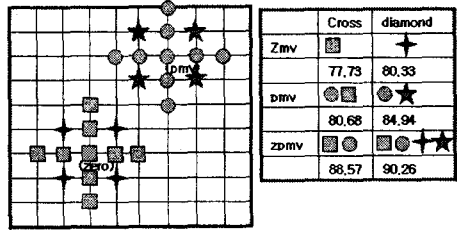


그림 3 탐색창에서 원점과 PMV의 cross-diamond 영역에 MV가 존재할 확률

그림 3를 보면 원점 주위의 cross 형태의 영역에 MV가 존재할 확률은 77.73%인데 PMV 주위의 cross 영역까지 포함한 영역에 MV가 존재할 확률은 88.57%로 10% 이상 높아진다. 반면 Cross 영역에 diamond 영역을 더 하면 확률은 조금 더 높아지지만 1~2%내외로 밖에 향상되지 않으므로 대각선 방향의 움직임보다 수직 수평 방향으로의 영상의 이동이 더 많음을 알 수 있다. 그림 2에서 ZMV, PMV 주위의 diamond 형태 영역에는 90% 이상의 MV가 존재하므로 ZMV, PMV cross diamond 탐색만으로도 비교적 정확하게 search할 수 있다. 그러므로 최초 시작점을 90%이상의 MV가 존재하는 cross 형태의 영역의 점들로 선택한다면 90%이상의 정확성을 가지는 탐색을 할 수 있을 것이다. 3장에서는 이와 같은 특성을 바탕으로 제안한 FPMV-CDS 알고리즘에 대해 설명 하도록 하겠다.

3. full Predictive motion vector-Cross Diamond Search Algorithm(FPMV-CDS)

본 논문에서 사용되는 기본 탐색 알고리즘은 large diamond search(LDS), small diamond search(SDS), cross search(CS)이다.

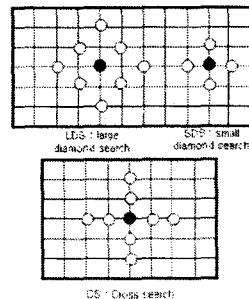


그림 4 기본 탐색 알고리즘

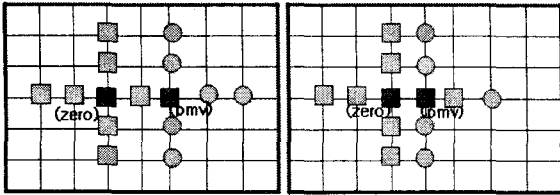


그림 5 탐색 시작점의 개수

시작점의 개수는 원점과 PMV가 전혀 일치 하지 않다면 18개로 diamond 탐색이나 Hexagonal 탐색 등의 알고리즘에 비해 탐색 점의 개수가 많다. 그러나 움직임이 많지 않은 동영상의 경우 PMV는 원점과 일치하거나 원점 주위의 cross 영역에 포함될 가능성이 크다. PMV가 원점이면 시작점의 개수는 18개에서 9개로 줄어 들고 PMV가 원점의 cross 영역에 그림 5와 같은 형태로 포함 이 된다면 시작점의 개수가 14 ~ 15개로 줄어들기 때문에 시작점을 PMV의 cross 영역까지 고려하더라도 전체 탐색 점의 개수는 크게 늘어나지 않는다.

FPMV 알고리즘은 원점에서부터 탐색을 시작하는 기존의 알고리즘과는 달리 원점과 원점 주위의 점들, 그리고 PMV 와 PMV 주위의 점들까지 후보 시작점으로 사용한다. FPMV-CDS 는 우선 탐색 창 의 원점을 중심으로 cross 탐색을 하고 PMV 를 중심으로 cross 탐색을 하여 이중 SAD 가 최소인 점을 찾는다. 이때 계산되는 원점과 PMV 를 포함한 18 개의 cross 탐색점들이 탐색을 최초로 시작하기 위한 후보점이 된다. 그리고 선택된 최소점을 시작점으로 설정하고 large diamond search (LSD)를 반복적으로 수행한다.

알고리즘을 step별로 설명 해 보면 다음과 같다.

Step1) 원점을 중심으로 하여 CS를 수행하고 PMV를 중심으로 CS를 한 번 더 수행 한 후 그 중에서 SAD가 최소인 지점을 구한다.

Step2) 최소 점이 구해진 곳에서 가장 가까운 center 주위의 $(\pm 1, \pm 1)$ 의 네 지점을 탐색한다. 그림 6와 같이 CS 탐색의 최소 점이 PMV주위의 cross 영역에 존재 한다면 최소 점의 가장 가까운 center는 PMV가 된다. 만약 cross영역의 최소 점이 step 2에서도 최소 점이던 탐색을 종료한다. 그렇지 않으면 step3으로 간다.

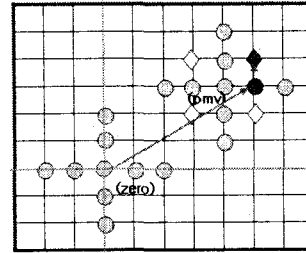


그림 6 원점과 PMV가 일치 하지 않을 경우의 탐색 시작점

Step3) LSD를 반복적으로 수행한다. 이때 최소 점이 탐색의 중심이면 step4)로 간다.

Step4) step3)에서 탐색된 최소 점을 중심으로 SDS를 수행한 후 탐색을 종료한다.

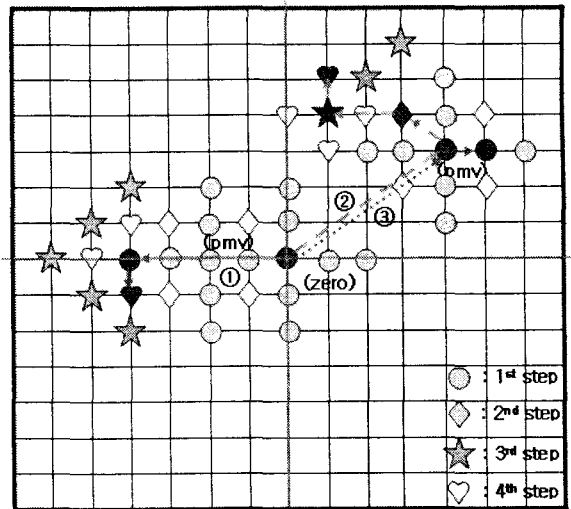


그림 7 FPMV-CDS 알고리즘

그림 7 에서 ①번 경로는 반복적으로 LSD를 수행하다가 LSD의 center가 최소 점인 경우 center를 중심으로 SDS를 수행 한 후 탐색을 종료하게 되는 경우이다. ②는 LSD를 반복적으로 끝까지 수행하여 탐색된 최소 점을 중심으로 SDS를 수행한 후 탐색을 종료하는 것을 설명한 그림이다. ③은 step2)를 설명한 그림이다.

4. 실험 결과

본 논문에서는 기존의 탐색 알고리즘과는 달리 full predictive motion vector를 이용하여 시작점을 다양화

하여 탐색의 정확성을 높일 수 있음을 확인 하였다. 실험에는 움직임 추정(motion estimation)만을 위한 모듈을 개발하여 사용하였으며 이는 움직임 보상이나 프레임재구성(frame reconstruction)등의 과정은 수행하지 않았다는 것을 우선 명시해 두도록 한다. 성능을 비교 할 탐색 알고리즘은은 diamond search (DS), Hexagonal search(HS), four step search(4SS), cross search(CS), full predictive MV cross diamond search(FPMV-CDS) 이다. Search window는 7X7 size 이며 실험에 사용된 동영상은 아래와 같이 CIF급 format이다.

표 1 동영상 format

	claire	flower	football	MissA	salesman	tennis
Format	352X288	352X240	360X240	352X288	360X288	360X240

표 2 SAD

SAD	FS	DS	HS	4ss	CS	FPMV-CDS
claire	260.87	261.33	266.30	261.92	261.24	261.44
flower	2203.83	2271.12	2464.52	2363.95	2267.09	2229.68
football	1692.22	1731.68	1767.09	1741.31	1723.90	1714.06
MissA	490.65	514.77	534.97	515.29	498.23	498.44
salesman	737.18	745.07	752.16	746.58	738.38	738.23
tennis	1243.09	1295.52	1377.51	1342.89	1294.78	1285.02
AVG	1104.63	1136.58	1197.09	1195.32	1191.77	1121.32

표 2는 SAD값을 비교한 것인데 FPMV-CDS가 1121.32로 SAD값이 가장 작다. 표 2에서 탐색의 시작점을 원점 뿐만 아니라 PMV, 그리고 원점과 PMV를 중심으로 한 cross 영역까지 포함하게 되면 다른 탐색 알고리즘에 비해 탐색 성능이 최고 5배까지 증가함을 의미한다.

표 3 탐색점 개수

SP number	FS	DS	HS	4ss	CS	FPMV-CDS
claire	256.00	12.41	10.41	15.93	12.53	9.38
flower	256.00	17.30	13.40	18.01	18.27	16.64
football	256.00	13.97	11.40	17.08	14.57	11.99
MissA	256.00	16.13	11.86	18.10	15.55	15.45
salesman	256.00	13.20	10.85	16.48	13.61	11.11
tennis	256.00	14.70	11.96	17.72	15.78	12.86
AVG	256.00	14.62	11.64	17.36	15.05	12.91

표 3은 탐색 점의 개수를 구한 것인데 HS가 11.64개로 가장 작다. FPMV-CDS는 HS보다 1.3개가 더 많지만 HS의 SAD가 1197.09이고 FPMV-CDS의 SAD가 1121.32로 FS의 1104.63에 비교했을 때 SAD값이 더 작으므로 상당히 효율적으로 search를 했음을 알 수 있다. 이는 PMV가 원점과 일치할 가능성이 크고 원점을 중심으로 한 cross 영역에 포함 될 가능성도 있기 때문에 실제적으로는 탐색점이 크게 증가하지 않게 된 것이

라 볼 수 있다.

표 4, 5에서 FPMV-CDS 알고리즘의 SAD 값이 최소이고 FS의 MV와 각 탐색 알고리즘의 MV와의 거리의 차도 최소이며 FS의 MV와 정확하게 일치할 확률은 최대임을 알 수 있다.

표 4 MV 거리차

Distance	FS	DS	HS	4ss	CS	FPMV-CDS
claire	0.00	0.11	0.13	0.11	0.10	0.10
flower	0.00	0.29	0.53	0.45	0.26	0.17
football	0.00	0.13	0.23	0.15	0.13	0.09
MissA	0.00	2.42	2.26	2.47	1.75	1.75
salesman	0.00	0.19	0.18	0.19	0.06	0.06
tennis	0.00	0.30	0.57	0.47	0.29	0.24
AVG	0.00	0.57	0.65	0.64	0.43	0.40

표 5 MV가 일치할 확률

Match %	FS	DS	HS	4ss	CS	FPMV-CDS
claire	100.00	97.68	96.28	97.47	97.87	97.77
flower	100.00	92.91	78.94	85.65	93.99	95.52
football	100.00	96.39	89.07	94.62	96.63	97.02
MissA	100.00	56.14	48.96	55.32	69.26	68.45
salesman	100.00	95.61	93.06	95.66	98.72	98.53
tennis	100.00	94.12	82.26	89.15	94.40	95.23
AVG	100.00	88.61	81.58	85.31	91.81	92.06

5. 결론

본 논문에서는 계산상의 복잡성을 줄이면서 좀 더 정확한 탐색을 할 수 있는 알고리즘으로 full Predictive motion vector-Cross Diamond Search Algorithm (FPMV-CDS)을 제안 하였으며 이는 PMV와 원점을 중심으로 한 cross 영역 주위에 MV가 존재할 확률이 높다는 특성을 기반으로 제안되었다.

실험 결과 탐색의 시작점을 원점과 PMV를 중심으로 한 cross 영역으로 다양화 함으로써 탐색 점의 개수는 12.91번으로 256개에서 1/20가량 줄인 반면 탐색의 정확성은 90%이상 높일 수 있었다.

참고 문헌

- [1] 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, no: 4, pp. 438-442, Aug. 1994.
- [2] L. M. Po and W. C. Ma, "A novel four-step

search algorithm for fast block motion estimation,"
IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 6, pp.
313-317, June 1996.

[3] S. Zhu and K. K. Ma, "A new diamond search
algorithm for fast block-matching motion estimation,"
in Proc. 1997 Int. Conf. Information, Communications
and Signal Processing (ICICS), vol. 1, Sep.9-12, pp.
292-296. , 1997

[4]A. M. Tourapis, O. C. Au, and M. L. Liou,
"Predictive Motion Vector Field Adaptive Search
Technique (PMVFAST)," to be presented in ISO/IEC
JTC1/SC29/WG11 MPEG2000, Noordwijkerhout, NL,
March'2000.

[5] C. Zhu, X. Lin, L. P. Chau, K. P. Lim, H. A. Ang,
and C. Y. Ong, "A novel hexagon-based search
algorithm for fast block motion estimation," in Proc.
IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing,
May 2001.

[6] Chun-Ho Cheung; Lai-Man Po; "A novel cross-
diamond search algorithm for fast block motion
estimation", Circuits and Systems for Video
Technology, IEEE Transactions on Volume
12, Issue 12, Page(s):1168 - 1177 ,Dec. 2002

[7] Tianwu Yang; Changqian Zhu; Qiang Peng;" A
controllable predictive cross-diamond fast search
algorithm for block matching motion estimation"
Parallel and Distributed Computing, Applications and
Technologies, 2003. PDCAT'2003. Proceedings of
the Fourth International Conference on Page(s):821 -
824 ,27-29 Aug. 2003

[8] Hoi-Ming Wong; Au, O.C.; Chi-Wang Ho; Shu-
Kei Yip;" Enhanced Predictive Motion Vector Field
Adaptive Search Technique (E-Pmvfast)- Based on
Future MV Prediction" ,Multimedia and Expo, 2005.
ICME 2005. IEEE International Conference on
Page(s):4 pp. 6-8 July 2005