

고속 블록 정합 움직임 추정을 위한 수정된 다이아몬드 기법

윤 효순 * 손 남례 이귀상
전남대학교 전산학과

A Modified Diamond Search Algorithm for Fast Block Matching Motion Estimation

Hyosun Yoon * Namrye Son Guesang Lee
Department of Computer Science, Chonnam National University

Email : estheryoon@hotmail.com

요약

영상 압축 분야에서는 데이터 압축이 필수적인데, 이 때 가장 많은 데이터 중복성을 가지고 있는 시간적 중복성은 이전 프레임의 데이터를 이용하여 움직임 추정과 움직임 보상을 수행하고 추정된 움직임 벡터에 의해서 보상된 영상과 원 영상과의 차 신호를 부호화하여 데이터를 압축한다. 움직임 추정과 움직임 보상기법은 비디오 영상압축에서 중요한 역할을 하지만 많은 계산량으로 인하여 실시간 응용이나 고해상도 응용에 많은 어려움을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 여러 가지 고속정합 알고리즘들과 하드웨어 기법들이 개발되었다. 특히 다이아몬드 탐색 기법은 계산량도 줄이고 안정된 복원 영상 화질을 유지하고 있다. 본 논문에서는 기존의 다이아몬드 탐색 기법의 문제점을 개선한 수정된 다이아몬드 탐색 기법을 제안하고 성능을 평가한다. 실험에 의하여 제안된 기법은 기존의 다이아몬드 탐색 기법과 비교하여 화질 면에서나 속도 면에서 모두 좋은 결과를 가져왔다.

1. 서론

정보통신의 발달로 동영상 처리에 대한 요구가 증가하게 되었는데 이에 따른 가장 큰 문제점은 데이터 증가이다. 동영상 내에 존재하는 중복된 데이터는 시간적 중복성, 공간적 중복성, 통계적 중복성을 이용하여 압축

된다. 특히 동영상에서 가장 많은 데이터 중복성을 가지고 있는 시간적 중복성은 이전 프레임의 데이터를 이용하여 움직임 추정과 움직임 보상을 수행하고 이 때 추정된 움직임 벡터(Motion Vector : MV)의해서 보상된 영상과 원 영상과의 차 신호를 부호화 함으로써 높은 데이터 압축률을 가져온다.

일반적으로 알려진 움직임 추정(Motion Estimation)기법으로는 크게 블록단위로 동일한 움직임을 갖는다는 가정하에서 움직임 정보를 찾는 블록 정합 알고리즘 (Block Matching Algorithm : BMA)과 경사법을 이용하여 화소 단위로 움직임을 추정하는 화소 재귀적 알고리즘 (Pel Recursive Algorithm : PRA)으로 나눌 수 있다. 현재 많은 비디오 코딩에서는 데이터 흐름의 규칙성, 계산의 복잡도, 하드웨어 구현을 고려하여 블록 정합 기법을 많이 사용하고 있다. 가장 간단한 BMA로는 전역 탐색 기법(Full search: FS)이 있는데 이 기법에서는 움직임 추정을 할 때 탐색 범위 내의 가능한 모든 블록들을 조사하여 움직임 벡터를 찾는다. FS는 범위 내에서 가장 적합한 움직임 벡터를 구할 수 있지만 계산량이 많으므로 실시간 비디오 코딩 응용 분야 및 소프트웨어 구현에 많은 어려움을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 여러 가지 고속 블록 정합 기법(Fast Block Matching Algorithm : FBMA)들이 개발되었는데 대표적인 고속 블록 정합 기법들에는 3단계 탐색(Three Step Search : TSS)[1], 새로운 삼단계 탐색(New Three Step Search : NTSS)[2], 2차원 로그형 탐색(2-Dimension

* 본 연구는 정보통신부 2001년 대학기초 연구사업 지원 (2001-102-2)에 의하여 수행되었음.

LOGarithmic search :2DLOG)[3], 4단계 탐색(Four Step Search :FSS)[4], 다이아몬드 탐색(Diamond Search: DS)[5-6], 그리고 2단계 탐색 (2 Step Search : 2SS) [7-8] 등이 있다.

TSS는 넓은 영역에 걸쳐 몇 개의 탐색 점을 조사한 후 점차 범위를 좁혀 나가는 방식이고, NTSS는 움직임 벡터가 탐색영역의 중심에 분포한다는 사실을 이용하여 TSS를 보완한 알고리즘이고, FSS는 NTSS의 계산량을 보완한 알고리즘이다. 그리고 2DLOG는 대부분의 움직임이 상하좌우 방향으로 일어난다는 사실을 이용한 알고리즘이고 DS는 움직임 벡터의 분포가 다이아몬드 형태라는 사실을 이용한 알고리즘이다.

움직임 벡터가 일반적으로 탐색 영역의 중심에 치우쳐 존재한다는 가정하에 DS는 영상의 움직임이 크고작음에 무관하게 안정적인 결과를 보여주지만, 탐색점 추가시 탐색영역의 중심에 있는 탐색점들을 정합 에러 계산에서 제외시킴으로 적합한 움직임 벡터를 찾는 데 많은 탐색점들을 사용하는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 제안한 수정된 DS(Modified DS)는 탐색점들을 적절히 배치함으로써 수행시간을 단축시켰고 화질면에서도 기존의 DS 보다 더 나은 성능을 보였다. 본 논문의 구성은 다음과 같이, 2장에서는 DS에 대하여 살펴보고, 3장에서는 제안된 알고리즘을 기술하였다. 그리고 4장에서는 기존의 다른 알고리즘들과 성능을 비교한 후, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 다이아몬드 탐색 기법

BMA는 블록단위로 탐색 영역 내에서 블록 정합 기준에 의하여 차이가 가장 작은 블록을 찾고 이 블록의 가로, 세로 변위를 MV로 추정하는 알고리즘이다[9]. BMA는 영상의 한 프레임을 여러개의 동일한 크기의 블록으로 나누고 이들의 각 블록에 대하여 참조 프레임(Reference Frame)의 탐색 영역(Search Area)내에서 정합 오차가 가장 작은 블록을 찾는다. 이 때 현재 프레임(Current Frame)의 한 블록과 이전 프레임 내에서 가장 정합이 잘 되는 블록간의 위치 차이를 MV라고 한다. MV를 추정하기 위하여 많은 FBMA 기법들이 제안되었는데 그 중에서 DS가 화질 면에서나 속도면에서 가장 좋은 성능을 보이는데, DS는 다음과 같은 알고리즘을 수행하여 MV를 추정한다.

알고리즘1 :다이아몬드 탐색 기법(DS)

1 단계 : 그림1의 (A) 처럼, 탐색 영역의 원점을 중심으로 9개의 탐색 점들을 배치한 후 각각의 탐색 점들에 대하여 블록 정합을 수행하여 최소

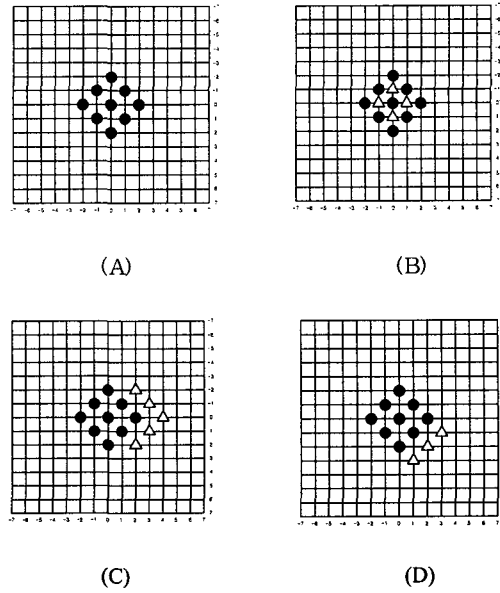


그림 1. 다이아몬드 탐색 (DS) 알고리즘

블록 정합 오차(Minimum Block Distortion : MBD)를 가지고 있는 점을 결정한다. 만약 MBD를 가진점의 위치가 다이아몬드 패턴 중심인 경우 2 단계를 수행하고 그렇지 않는 경우에는 3 단계를 수행한다.

- 2 단계 : 그림1의 (B)처럼 4개의 추가 탐색 점들을 배치한 후 이 점들에 대해 블록 정합을 수행하여 MBD를 가진점을 결정한다. 이 때 MBD인 점의 변위를 MV로 추정하고 탐색을 마친다.
- 3 단계 : MBD를 가진점이 다이아몬드 패턴 중심점을 중심으로 상, 하, 좌, 우에 있는 경우는 그림1의 (C)처럼 5 개의 추가 탐색 점들을 배치하고, MBD를 가진점이 대각선 방향에 있는 경우 그림1의 (D)처럼 3 개의 추가 탐색 점들을 배치하여 새로운 다이아몬드 패턴을 만든다.
- 4 단계 : MBD를 가진 점의 위치가 다이아몬드 패턴의 중심점이 될 때까지 위의 단계를 반복 수행하여 움직임 벡터를 추정한다.

3. 제안한 탐색기법

기존의 DS는 MV의 분포가 다이아몬드 형태라는 사실과 일반적으로 MV가 탐색 영역의 중심에 치우쳐 존재한다[10-11]는 사실을 이용하는 기법으로 영상의 움직임과 무관하게 안정적인 결과를 보여주고 있다. 그러나 기존 DS의 탐색 패턴은 탐색점 추가시 탐색 영역의 중심에 있는 일부의 탐색점들을 정합 에러 계산에서 제외시킴으로써 적합한 MV를 찾는 데 많은 탐색점들을

사용하는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서 제안한 Modified DS는 일반적으로 영상의 움직임 벡터들이 그림2 처럼 탐색영역 원점을 중심으로 반경 2 pixels 이내에 분포할 확률이 약 56.72% - 98.70 %이다[5-6]라는 사실을 이용하여 초기 탐색점들을 배치하였고 움직임 추정시 추가 탐색점들을 적절히 배치함으로써 움직임 추정을 보다 정확하게 수행하여 화질면에서와 수행 시간면에서도 기존의 DS보다 더 나은 성능을 보였다.

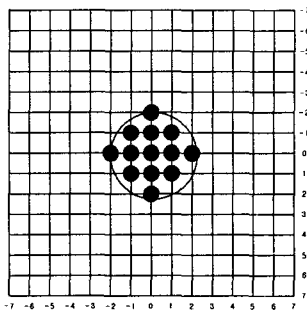


그림 2. 움직임 벡터의 분포

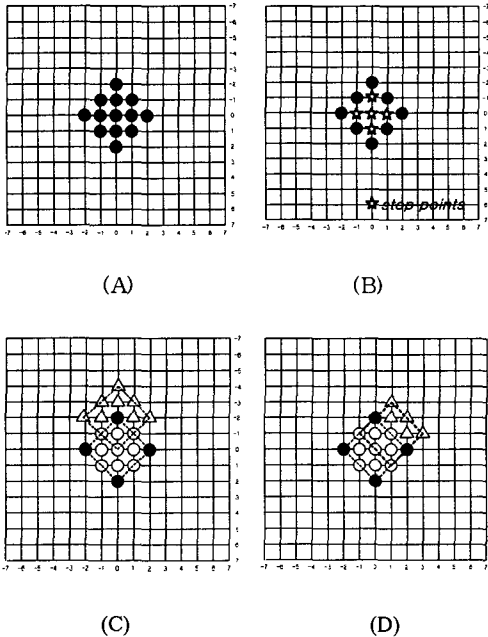


그림 3. 수정된 다이아몬드 탐색 알고리즘
Modified DS는 다음과 같은 알고리즘을 수행하여 MV를 추정한다.

알고리즘2: 수정된 다이아몬드 탐색 기법(Modified DS)

1 단계 : 그림 3의 (A)처럼, 탐색 영역의 원점을 중심으로 13개의 탐색 점들을 배치한 후 각각의 탐색 점들에 대하여 블록 정합을 수행하여 MBD를 가진 점을 결정한다. 만약 MBD를 가진점의 위

치가 그림3의 (B)처럼 다이아몬드 패턴 중심에 있는 5개의 점 중 하나라면 이 점을 MV로 추정하고 탐색을 마치고 그렇지 않는 경우 2 단계를 수행한다.

2 단계 : MBD를 가진점이 다이아몬드 패턴 중심점을 중심으로 상, 하, 좌, 우에 있는 경우는 그림3의 (C)처럼 8 개의 추가 탐색점들을 배치하고, MBD를 가진점이 대각선 방향에 있는 경우 그림3의 (D)처럼 5 개의 추가 탐색점들을 배치하여 새로운 다이아몬드 패턴을 만든다.

3 단계 : MBD를 가진 점의 위치가 그림3의 (B)처럼 다이아몬드 패턴 중심에 있는 5개의 점 중 하나가 될 때까지 위의 단계를 반복 수행하여 MV를 추정한다.

4. 실험결과

Modified DS의 성능을 평가하기 위하여 실험 영상으로는 QCIF인 Suzie, Foreman, Mother and Daughter, Carphone, Salesman, Akiyo 그리고 Claire 영상을 사용 하였다. 성능 비교 평가 함수로는 PSNR과 탐색점의 갯수를 이용하였고 정합 오차 측정 함수로는 SAD(Sum of Absolute Difference)를 이용하였다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{\frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [S_{t-1}(m,n) - S_t(m,n)]^2}$$

$$SAD_{x \times y}(x,y) = \sum_{i=1}^X \sum_{j=1}^Y |Original - Previous|$$

$|x|, |y| \leq \text{"seek distance"}$

여기에서 M,N은 영상의 가로와 세로의 크기이고 $SAD_{x \times y}(x,y)$ 중 최소값을 갖는 SAD에 해당되는 위치인 (x,y)가 MV가 된다.

각 영상에 대한 실험 결과를 표1, 표2에 나타냈는데, 제안된 방법 방법이 FS, 2SS, TSS, NTSS, FSS, DS기법들과 비교되었다. 표1에는 각 실험 영상에 대한 PSNR(dB)의 평균을 나타내었고, 표 2에는 각 실험 영상에 대한 평균 탐색점 수 나타내었다. 실험을 통하여 제안된 탐색 기법은 FS 기법을 제외한 다른 FBMA 기법들보다 화질, 속도 면에서 좋은 결과를 보여 주었다.

5. 결론

본 논문에서는 기존 다이아몬드 탐색 기법의 초기 탐색 패턴 및 추가 탐색점들의 배치를 적절히 바꿈으로 수정된 다이아몬드 탐색 기법을 제안하였다. 실험을 통하여 알수 있듯이 제안된 알고리즘은 움직임 추정에 필요한 탐색점수를 줄임으로서 속도를 개선하였고, 화질면에서도 우수한 성능을 보였다. 움직임 추정시 움직임 벡터

의 시간적, 공간적 상관성을 이용하여 현재 프레임 매크로 블록의 움직임 벡터를 이전 프레임 동일한 위치의 매크로 블록의 움직임 벡터로 예측하고 예측된 움직임 벡터로 탐색영역의 원점을 이동시킨 후, 본 논문에서 제안한 탐색 기법을 사용하여 움직임 추정을 한다면 보다 빠르게 움직임 벡터를 찾을 수 있을거라 기대된다.

표 1. Average PSNR of Test Image Sequences

실험 영상 및 탐색 방법	FS	2SS	TSS	NTSS	FSS	DS	Modified DS
Suzie	33.771	33.743	33.491	33.673	33.678	33.648	33.683
Foreman	31.065	30.848	30.425	30.745	30.736	30.785	30.811
M & D	32.594	32.591	32.551	32.587	32.589	32.593	32.6
Carphone	32.239	32.2	31.984	32.136	32.104	32.14	32.154
Salesman	38.95	38.949	38.85	38.868	38.929	38.938	38.939
Akiyo	41.087	40.77	40.768	40.814	40.807	40.801	40.814
Claire	35.8537	35.8536	35.727	35.847	35.708	35.729	35.768
평균 탐색점 수	35.079	34.993	34.822	34.952	34.935	34.947	34.967

표 2. Average Searching Points of Test Image Sequences

실험 영상 및 탐색 방법	FS	2SS	TSS	NTSS	FSS	DS	Modified DS
Suzie	255	49	25	18.88	17.79	14.3	14.54
Foreman	255	49	25	18.89	17.92	14.41	14.03
M & D	255	49	25	17.32	17.13	13.23	13.23
Carphone	255	49	25	18.44	17.55	13.97	14.03
Salesman	255	49	25	17.11	17.03	13.05	13.06
Akiyo	255	49	25	17.02	17.01	13.01	13.00
Claire	255	49	25	17.06	17.01	13.02	13.01
평균 탐색점 수	255	49	25	17.81	17.34	13.57	13.55

참고문헌

[1]T.Koga, K.linuma, A.Hirano, Y.Ishiguro "Motion compensated interframe coding for Video Conference", Proc. NTC81, PP.G5.3.1-5.3.5, Nov. 1981.
 [2]R.Li, B.Zeng and M.L.Liou "A New Three Step Search Algorithm for Block Motion Estimation" IEEE Trans. on Circuits and System for Video Technology Vol. 4 No. 4 pp. 438-441, Aug. 1994.
 [3]J.R.Jain and A.K.Jain, "Displacement measurement and its application in Interframe image Coding", IEEE Trans. on Communications, Vol. 29 No. 12 pp.1779-1808 Dec. 1981.
 [4] L.M.Po and W.C.Ma, "A Novel Four Search Algorithm for Block Motion Estimation " IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology Vol 6. pp. 313-317, June 1996.
 [5] J.Y. Tham, S .Ranganath and A.A.Kassim, "A Novel Unrestricted Center-Biased Diamond Search Algorithm for Block Motion Estimation "IEEE Transactions on Circuits

and Systems for Viedo Technology. Vol.8 . pp 369 377 ,Aug .1998 .

[6]S.Zhu and K.K.Ma "A New Diamond Search Algorithm for Fast Block Matching Motion " IEEE Transaction on Image Processing Vol.9 No.2 pp 287-290. Feb.2000

[7]Yuk Ying Chung ,Neil W.Bergmann "Fast Search Block Matching Motion Estimation Algorithm using FPGA Visual Communications and Image Processing 2000. Proc. SPIE Vol 4067 . pp 913-921.

[8]Danian Gong , Yun He " Fast Motion Estimation Algorithm using Horizontal and Multi-grid Search Strategy "Picture Coding Symposium 2001. pp 362- 365

[9]M.J.Chen,L.G.Chen,T.D.Chiueh and Y.P.Lee "A new block matching criterion for motion estimation and its implementation" IEEE Transactions on Circuits and Systems for Viedo Technology. Vol.5 . pp 231-236, Jun.1995

[10] Dong-Keun Lim, Yo-Sang Ho "A Fast Matching Motion Estimation Algorithm using Optimal Search Patterns"Visual Communications and Image Processing 2001. Proc. SPIE Vol 4310 . pp 767- 775

[11]Jo Yew Tham, Surendra Ranganath, and Ashraf Ali Kassim "A Novel Algorithm for Block Motion Estimation" . IEEE Transaction on Circuit and Systems for Video Technology, Vol 8. No 4 , August 1988 .