

시간적 상관성을 이용한 적응적 블록 정합 알고리즘

윤효순*, 이귀상
전남대학교 전산학과
e-mail:estheryoon@hotmail.ac.kr

An Adaptive Block Matching Algorithm based on Temporal Correlation

Hyo-Sun Yoon*, Guee-Sang Lee
Dept of Computer Science, Chonnam National University

요약

영상 압축 분야에서 데이터의 압축이 필수적인데, 이때 가장 많은 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 보상 기법은 비디오 영상압축에서 중요한 역할을 하지만 많은 계산량으로 인하여 실시간 응용 및 고해상도 응용에 많은 어려움을 가지고 있다. 만일 움직임 추정을 하기 전에 블록의 움직임을 예측할 수 있다면 이를 바탕으로 탐색 영역에서 초기 탐색점의 위치 및 탐색 패턴을 결정할 수 있다. 본 논문에서는 움직임의 높은 시간적 상관성을 이용하여 초기 탐색점의 위치와 탐색 패턴을 결정함으로써 적응적으로 움직임 추정하는 새로운 기법을 제안하고 성능을 평가한다. 실험을 통하여 제안된 알고리즘은 계산량의 감소에 있어서 높은 성능 향상을 보였다.

1. 서론

정보통신의 발달로 동영상 처리에 대한 요구가 증가 되었는데 이에 따른 가장 큰 문제점은 데이터 증가이다. 동영상 내에 존재하는 중복된 데이터는 시간적 중복성, 공간적 중복성, 통계적 중복성을 이용하여 압축된다. 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: ME)기법으로는 크게 블록단위로 동일한 움직임을 갖는다는 가정하에서 움직임 정보를 찾는 블록 정합 알고리즘(Block Matching Algorithm : BMA)과 경

사법을 이용하여 화소 단위로 움직임을 추정하는 화소 재귀적 알고리즘(Pel Recursive Algorithm : PRA)으로 나눌수 있다. 현재 많은 비디오 코딩에서는 데이터 흐름의 규칙성, 계산의 복잡도, 하드웨어 구현을 고려하여 BMA를 많이 사용하고 있다. 가장 간단한 BMA로는 전역 탐색 기법(Full Search: FS)이 있는데 이 기법에서는 움직임 추정을 할 때 탐색 범위내의 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 Matcing Algorithm:FBMA)들이 개발되었는데 대표적인 고속 블록 정합 기법들에는 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], 4단

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

계 탐색(Four Step Search:FSS)[4], 다이아몬드 탐색(Diamond Search:DS)[5][6] 그리고 2단계 탐색(2 Step Search)[7][8]등이 있다. 그리고 동영상에 내포하고 있는 움직임의 특성, 즉 시간적 상관성을 바탕으로 이전에 구해진 움직임 정보를 다음 프레임의 움직임 벡터를 구하기 위한 초기값으로 설정하는 기법들이 있다[9][10]. 이전 프레임의 움직임 정보를 이용하면 적은 탐색점으로 양호한 움직임 보상된 결과를 얻을 수 있다. 위에서 나열한 기법들은 동영상의 구성요소에 상관없이, 즉 움직임이 없는 배경으로부터 움직이는 물체에 이르기까지 동일한 탐색기법을 사용하여 움직임 추정을 하기 때문에 움직임 벡터 추정시 많은 탐색점들을 사용하는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 연속적인 프레임 사이에 존재하는 시간적 상관성을 바탕으로 초기 탐색점 위치를 결정하고 움직임 특성에 맞는 적응적인 탐색 패턴을 사용하여 움직임 추정을 하는 새로운 기법을 제안한다.

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

2. 기존의 움직임 추정(Motion Estimation)

동영상의 시간적 중복성을 제거하기 위해서 움직임 보상기법이 널리 사용된다. 이를 위한 움직임 추정 기법은 영상의 각 단위로 블록 또는 화소단위로 적용된다. 이 중 계산적 복잡도 및 하드웨어 구현에 있어서 용이한 블록 단위의 움직임 추정 기법이 널리 사용되고 있다. BMA는 영상의 한 프레임을 여러개의 동일한 크기의 블록으로 나누고 이들의 각 블록에 대하여 참조 프레임(Reference Frame)의 탐색 영역 내에서 정합 오차가 가장 작은 블록을 찾는다. 이때 현재 프레임(Current Frame)의 한 블록과 이전 프레임 내에서 가장 정합이 잘 되는 블록간의 위치차이를 MV라고 한다[11]. MV를 추정하기 위하여 많은 FBMA기법들이 제안되었는데 그 중에서 DS가 화질면에서나 속도면에서 가장 좋은 성능을 보였다. 본 논문에서는 기존의 DS를 개선한 수정된 DS기법을 사용하여 움직임 추정을 하였다. 수정된 다이아몬드 기법은 일반적으로 영상의 움직임 벡터들이 그림2와 같이 탐색 영역 원점을 중심으로 반경 2 pixel 이내에 분포할 확률이 약 56.72% -

-98.70%[5][6]이라는 사실을 이용하여 초기 탐색점들을 배치하여 움직임 추정을 수행하였는데 화질면에서와 속도면에서 기존의 DS보다 더 나은 성능을 보였다. 수정된 DS는 다음과 같은 알고리즘을 수행하여 MV를 추정한다.

알고리즘1:수정된 다이아몬드 기법(Modified DS)

- 1 단계 : 그림 1의 (A)와 같이, 탐색 영역의 원점을 중심으로 13개의 탐색 점들을 배치한 후 각각의 탐색 점들에 대하여 블록 정합을 수행하여 최소 블록 정합 오차 (Minimum Block Distortion : MBD)를 가진 점을 결정한다. 만약 MBD를 가진점의 위치가 그림1의 (B)와 같이 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 그림1의 (C)와 같이 8 개의 추가 탐색점들을 배치하고, MBD를 가진점이 대각선 방향에 있는 경우 그림1의 (D)와 같이 5 개의 추가 탐색점들을 배치하여 새로운 다이아몬드 패턴을 만든다.
- 3 단계 : MBD를 가진 점의 위치가 그림1의 (B)와 같이 다이아몬드 패턴 중심에 있는 5개의 점 중 하나가 될 때까지 위의 단계를 반복 수행하여 MV를 추정한다.

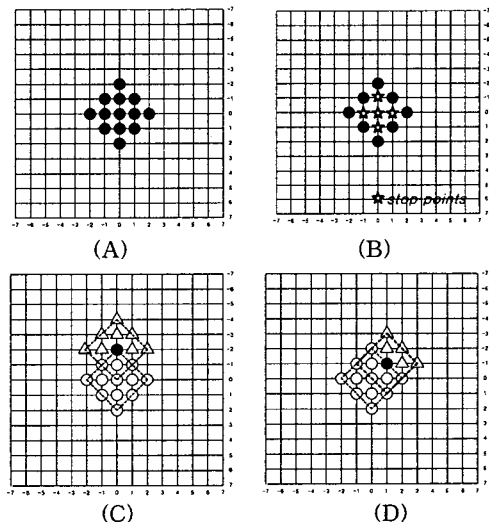


그림 1 . Modified Diamond Search Algorithm

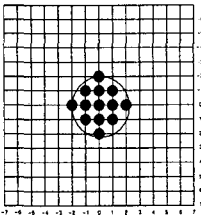
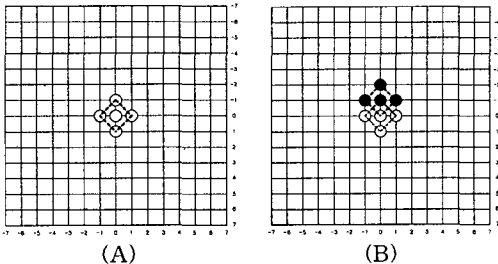


그림 2. 움직임 벡터 분포

3. 시간적 상관성을 이용한 적응적 블록 정합기법

동영상에서 인접 프레임간의 시간 간격은 매우 짧기 때문에 단위 프레임 시간당 움직임의 크기의 변화량은 적은 범위로 제안된다고 볼 수 있다. 즉 연속하는 두 프레임간의 움직임에 많은 시간적 중복성을 가지고 있으므로 이전 프레임의 움직임 정보를 현재 프레임의 동일한 위치 매크로 블록의 탐색 시작점으로 사용함으로써 적은 탐색점을 사용하여 양호한 보상된 결과를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 이전의 시간적 움직임 정보를 이용하여 초기 탐색점을 설정하고 움직임의 특성에 맞게 적응적으로 움직임 패턴을 사용한 새로운 움직임 탐색 기법을 제안하였다.

제안된 알고리즘에서는 이전 프레임의 MV가 (0,0) 일 경우 현재 프레임의 동일한 위치 매크로 블록의 탐색의 원점을 중심으로 그림3와 같이 작은 다이아몬드 패턴을 사용하여 움직임 추정을 하였고, 이전 프레임의 MV가 (0,0)이 아닌 경우 현재 프레임의 탐색 원점의 위치를 이전 프레임의 MV로 이동시킨 후, 그림2에 나타나 있는 수정된 다이아몬드 기법을 이용하여 움직임 추정을 한다.



(A)

(B)

그림 3 Small Diamond Search Algorithm

제안된 기법은 이전 프레임에서의 MV값에 따라 A 또는 B를 수행하여 MV를 추정한다.

알고리즘 2 : 시간적 상관성을 이용한 적응적 블록 정합 알고리즘

A. 이전 프레임의 MV가 (0,0)인 경우

1 단계 : 그림 3의 (A)와 같이, 탐색 영역의 원점을 중심으로 5개의 탐색 점들을 배치한 후 각각의 탐색 점들에 대하여 블록 정합을 수행하여 MBD를 가진 점을 결정한다. 만약 MBD를 가진점의 위치가 다이아몬드 패턴 중심에 있는 점이라면 이 점을 MV로 추정하고 탐색을 마치고, 그렇지 않는 경우 2 단계를 수행한다.

2 단계 : MBD를 가진점이 다이아몬드 패턴 중심에 있는 점이 아닌 경우, 그림3의 (B)와 같이 3개의 추가 탐색점들을 배치하여 새로운 다이아몬드 패턴을 만든다.

3 단계 : MBD를 가진 점의 위치가 다이아몬드 패턴 중심에 있는 점이 될 때까지 위의 단계를 반복 수행하여 MV를 추정한다.

B. 이전 프레임의 MV가 (0,0)이 아닌 경우

1 단계 : 탐색 원점을 이전 프레임 동일한 위치 매크로 블록의 MV만큼 이동시키고, 옮겨진 점을 새로운 탐색 영역의 원점으로 한다.

2 단계 : 수정된 다이아몬드 기법을 사용하여 MV를 추정한다.

4. 실험결과

제안된 기법의 성능을 평가하기 위하여 실험 영상으로 QCIF인 Suzie, Foreman, Mother and Daughter, Carphone, Akiyo 그리고 Claire 영상의 각각 100 프레임을 대상으로 하여 실험하였고 비교 탐색 기법으로는 FS, 2SS, TSS, NTSS, FSS, DS들을 사용하였다.

성능 비교 평가 함수로는 PSNR과 탐색점의 갯수를 이용하였고 정합 오차 측정 함수로는 SAD(Sum of Absolute Difference)를 이용하였다.

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

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

$|x|, |y| \leq seek\ distance$

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

각 영상에 대한 실험 결과를 [표1], [표2]와 같다. [표1]은 각 실험 영상에 대한 PSNR(dB)의 평균이고, [표2]는 각 실험 영상에서 각 블록의 움직임 벡

터 추정 시 사용되는 평균 탐색점 수이다. 실험을 통하여 제안된 탐색 기법은 화질면에서는 기존의 기법들과 비슷하였지만, 속도면에서 높은 성능 향상을 보여 주었다.

5. 결론

본 논문에서는 동영상에 내포하고 있는 시간적인 상관성을 바탕으로하여 적응적으로 탐색 원점과 탐색 패턴을 바꾸는 새로운 탐색 기법을 제안하였다. 실험을 통하여 알수 있듯이 제안된 기법은 움직임 추정에 필요한 탐색점수를 줄임으로서 속도면에서 높은 성능 향상을 보였고 화질면에서도 우수한 성능을 보였다. 움직임 추정시 움직임 벡터의 시간적 상관성 뿐만 아니라 공간적 상관성을 이용하여 현재 프레임의 매크로 블록 탐색 원점을 예측하고 본 논문에서 제안한 탐색 기법을 사용하여 움직임 추정을 한다면 보다 빠르게 움직임 벡터를 찾을 수 있을 것이고 우수한 보상된 결과를 얻을 수 있을 것이라 기대된다.

표 1. 각 실험영상에 대한 평균 PSNR

실험 영상 및 탐색 방법	F S	2SS	TSS	NTSS	FSS	DS	제안된 기법
Carphone	32.0677	31.989	31.926	32.085	31.936	31.956	32.0676
Akiyo	36.108	36.091	36.069	36.092	36.089	36.084	36.091
M & D	32.575	32.565	32.513	32.566	32.570	32.572	32.561
Suzie	33.604	33.598	33.409	33.549	33.485	33.454	33.468
Foreman	30.600	30.530	30.336	30.492	30.510	30.488	30.475
Claire	35.781	35.819	35.733	35.817	35.723	35.737	35.607

표 2. 움직임 벡터 추정시 사용되는 평균 탐색점 수

실험 영상 및 탐색 방법	F S	2SS	TSS	NTSS	FSS	DS	제안된 기법
Carphone	255	49	25	18.61	17.63	14.086	8.175
Akiyo	255	49	25	17.07	17.003	13.01	5.104
M & D	255	49	25	17.475	17.17	13.31	6.006
Suzie	255	49	25	19.08	17.88	14.48	7.57
Foreman	255	49	25	19.178	19.17	14.67	8.99
Claire	255	49	25	17.21	17.047	13.09	5.248

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 measure-ment 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]Jae Yeal Nam, Jae Soo Seo and Jin Suk Kwak "New block-matching algorithm for motion estimation based on predictive direction information" Visual Communications and Image Processing 2000,Proc. SPIE Vol 4067. pp1212-1220
 [10]Alexis M. Tourapis, Goubin Shen, Ming L.Liou, Oscar C. Au , Ishfaq Ahmad " A New Predictive Diamond Search Algorithm for Block Based Motion Estimation" Visual Communications and Image Processing 2000, Proc. SPIE Vol 4067. pp1365-1373.
 [11]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