제 18 회 한국정보처리학회 추계학술발표대회 논문집 제 9 권 제 2 호 (2002.11)

육각 패턴을 이용한 블록 기반 움직임 예측 방법

한규서, 전병태, 이재연, 정연구
한국전자통신연구원 영상정보처리연구팀
e-mail : kyuseo@etri.re.kr

A Hexagonal Pattern Search Algorithm for Block Motion Estimation

Kyuseo Han, Byungtae Jeon, Jaeyoun Lee, Youngu Jeong
Image Information Processing Team,
Electronics and Telecommunication Research Institute

요 약

본 논문에서는 비디오 압축에 이용되는 블록 기반 움직임 예측을 위하여 육각 패턴을 이용한 블록 정합 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 기존의 3x3 패턴을 이용한 BBGDS 알고리즘과 유사하게 계산 속도의 향상과 더불어 좀 더 강인한 움직임 예측을 할 수 있도록 패턴을 설계하였다. 제안하는 알고리즘을 바탕으로 적은 양의 탐색점(Search Point)을 이용하면서 확장된 탐색 영역(Search Area)을 이용할 수 있다. 제안한 알고리즘의 성능과 계산 속도의 향상이 실험 결과로 보여진다.

1. 서론

일반적으로 비디오 영상내의 프레임간의 높은 상관관계를 이용하여 프레임간의 시간적 여분을 감소시켜 압축 효율을 증가시키는 것이 가능하다. 이러한 면을 고려하여 비디오 영상 압축에 있어 움직임 예측(Motion estimation)을 이용하여 영상 압축 효율을 높이고 있다. 여러 움직임 예측 방법중 영상내의 일정한 크기의 블록을 설정하여 이를 프레임 영상간에서 찾아내는 블록 정합법(Block Matching)이 대중적으로 사용되고 있다. 블록 정합법은 현재 프레임을 다수개의 일정한 크기를 가지는 블록으로 분할하여 각 블록당 이전 프레임 영상내에서 가장 정확하게 일치하는 블록을 찾아내는 방법으로 일반적으로 비교하고자 하는 블록과 비교 대상 블록간의 차이값을 계산하는 목적함수(Object Function)의 값을 최소화하는 절차를 이용한다.

다양한 블록 정합법 중 전역 탐색(Full Search)법이 구현상의 간편함과 정확한 결과를 얻을 수 있다는 장점 때문에 실제로 가장 많이 사용하고 있다. 전역 탐색법은 미리 지정된 탐색 영역내의 모든 탐색 위치에 대하여 블록 정합을 실시하여 최적의 위치를 찾는 것으로 블록 정합법 중 최선의 결과를 얻을 수 있으나 많은 계산량이 필요하여 속도면에서의 단점이 존재한다. 이러한 전역 탐색법의 단점을 극복하기 위하여 속도가 개선된 다양한 블록 정합법이 발표되었으며 이들의 종류로는 3 단계 탐색(TSS)[1], 2-D 로그 탐색(LOGS)[2], 변형 3 단계 탐색[3], 다이아몬드 탐색(DS)[4], 블록 기반 기울기 감소 탐색(BBGDS)[5]등이 있다. 이들 속도 개선 알고리즘은 주로 탐색 영역내에서 탐색할 위치의 개수를 감소시켜 계산량의 감소를 유도하며 실제적으로 영상 회의와 같이 저비트율을 사용할 수 있는 영역에서 사용되어지고 있다. 또한 언급한 속도 개선 알고리즘들은 비디오 프레임 영상이 부드럽게 변화하며 변화가 일어나는 곳이 탐색 영역의 중앙에 대부분 위치하고 있다는 가정하에 개발된 것으로 영상 회의와 같이 영상 내용이 사람의 얼굴과 상반신이 주로 구성되어 있는 비디오 영상에서는 언급한 가정이 성립될 수 있다. 그러나 최근 카메라 기술 발달에 따라 획득할 수 있는 비디오 영상의

수가 증가하며 이에 따라 영상 내에 빠른 움직임을 가질 수 있게 되어 언급한 가정은 적용될 수 없다. 또한 일반적으로도 언급한 가정은 실제적인 영상내의 변화와 일치하지 않는다.

본 논문에서는 위와 같은 가정하에서 개발된 속도 개선 알고리즘들의 단점을 극복하기 위하여 육각 패턴을 이용한 블록 정합법으로 구성된 움직임 예측 방법을 제안한다. 제안한 알고리즘은 육각 패턴을 이용하여 탐색 영역내에서 주어진 목적 함수가 최소값을 가지는 블록의 위치를 탐색하게 된다. 본 논문에서는 목적 함수로 블록간의 최소 유사도를 이용한다. 다음 2 절에서는 제안하는 육각 패턴 알고리즘의 절차에 대하여 설명한다. 3 절에서는 실험 결과를 바탕으로 제안한 알고리즘의 특징에 대하여 설명한다.

2. 육각 패턴을 이용한 블록 정합 알고리즘

그림 1.에 제안한 알고리즘에서 사용되는 탐색 패턴 및 탐색 절차를 나타내었다. 제안한 육각 탐색 패턴을 이용하여 탐색 영역내에서의 패턴과 겹쳐지는 위치에서 형성된 블록과 비교 블록간의 유사 정도를 계산한다. 제안한 알고리즘은 육각 탐색 패턴의 0 번 위치를 탐색 영역의 중앙점에 위치하는 것을 시작으로 진행된다. 탐색 절차는 아래와 같다.

(1) 육각 탐색 패턴상의 8 개의 위치에서 발생하는 블록을 대상으로 비교 블록과의 유사도를 계산한다.

(2) 그림 1.에서 나타낸 바와 같이 육각 패턴의 0 번 혹은 1 번 위치에서 최소 유사도가 발생할 경우 탐색 절차는 종료되며 움직임 벡터의 값은 최소 유사도가 발생한 위치와 탐색 영역의 중앙점과의 변위로 결정된다. 육각 패턴의 다른 위치에서 최소 유사도가 발생할 경우 (3)번 절차로 이동한다.

(3) 최소 유사도가 발생한 위치에 따라 a. 혹은 b. 절차를 실행한다.

   a. 그림 1.과 같이 2,3,4 번 위치에서 발생할 경우 해당 위치를 다음 탐색 단계를 위한 패턴의 중심 위치로 지정하고 (4)번 절차로 이동한다.

   b. 5,6,7 번 위치에서 최소 유사도가 발생할 경우 해당 위치에서 수평 방향으로 +1 이동한 위치에 다음 탐색 단계를 위한 패턴의 중심 위치로 지정하고 (4)번 절차로 이동한다..

(4) 패턴내의 계산 결과를 모두 삭제하고 (1)번 절차로 이동한다.

그림 1.에서 보듯이 제안하는 육각 패턴은 수평 방향으로 확장된 탐색 영역을 가지고 있으며 이는 기존의 BBGDS 와 비교하여 동일 탐색 단계내에서 좀 더 넓은 영역을 탐색할 수 있다는 특징을 가지고 있다.

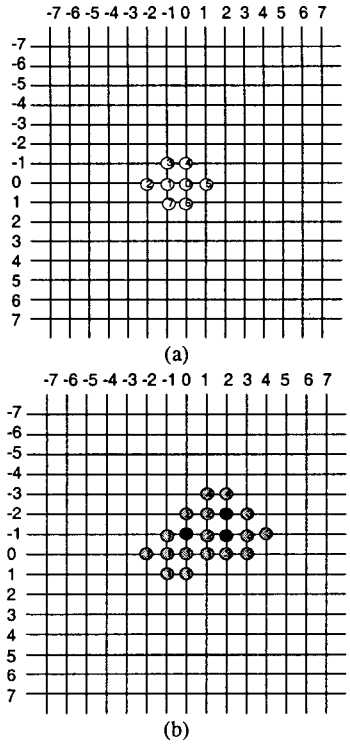


그림 1. (a) 제안하는 육각 패턴과 각 위치, (b) 제안한 패턴을 이용한 탐색 과정, 움직임 벡터(2,-2)로 결정되어짐

3.실험 결과

실험 영상으로 "Garden", "Football", "Foreman", "Student" 등 4 개의 CIF 비디오 영상이 사용되었다. 처음 3 개의 영상은 MPEG-2, H.263 등의 테스트 영상으로 이용되었으며 마지막 하나의 영상은 MPEG-4 테스트 영상으로 사용되고 있다. 움직임 예측에 사용되는 블록의 크기는 16x16 이며, 탐색 영역의 크기는 ±11 화소로 구성하였다. 알고리즘의 구현은 공개된 MPEG-2 부호화기[6]을 이용하였으며 Pentium IV 14.Ghz 와 512MB 메모리가 장착된 컴퓨터상에서 실험을 행하였다. 본 실험에서는 2 장에서 설명한 바와 같이 블록 정합에 사용할 목적 함수인 최소 유사도 계산에 평균 절대차(MAD)를 이용하였다. 주어진 블록에 대하여 기준 블록과 비교 대상 블록간의 MAD 값은 식 (1)과 같이 계산되어 진다.

$$MAD(u,v) = \sum_{i=0}^{16}\sum_{j=0}^{16} \left| I_t(i,j) - I_{t+1}(i+u, j+v) \right| \quad (1)$$

여기서, (u,v)는 탐색 영역내의 블록의 위치를 나타내며 (i,j)는 블록내 화소의 위치를 나타낸다.

표 1. 제안한 알고리즘과 비교 알고리즘간의 성능 및 속도 비교

Algorithm	Garden		Football		Foreman		Student	
	MSE	Complexity	MSE	Complexity	MSE	Complexity	MSE	Complexity
FS	187.3	100%	114.9	100%	13.8	100%	9.2	100%
TSS	248.5	60.8%	134.8	58.8%	19	65.1%	18.1	75.9%
BBGDS	357	56.5%	135.4	56.8%	19.6	62.1%	9.7	72.2%
HPS	278	63%	127.2	62.7%	16.6	68.1%	9.9	74%

각 실험 비디오 영상내의 150 프레임을 사용하였으며 각 알고리즘 성능 평가를 위하여 움직임 예측 결과로 나온 영상과 원 영상간의 평균 자승 오차(Mean Square Error)를 이용하였으며 150 프레임을 처리하는 시간을 각 알고리즘의 계산 복잡도를 측정하는데 사용하였다.

제안한 알고리즘과 기존의 알고리즘의 성능을 비교하기 위하여 기존의 블록 정합 알고리즘 중 전역 탐색(FS), 3 단계 탐색(TSS), 블록 기반 기울기 감소 탐색(BBGDS)를 선택하여 실험 대상에 포함하였다. 각 알고리즘의 계산 복잡도는 전역 탐색 알고리즘의 결과를 기준으로 평준화하였다. 표 1.에 실험결과를 요약하였다.

표 1.에서 볼 수 있듯이 모든 실험 비디오 영상에 대하여 BBGDS 와 제안하는 알고리즘이 TSS 에 비하여 높은 성능을 나타내고 있다. 특히 "foreman" 영상의 경우 제안하는 알고리즘의 성능이 전역 탐색의 성능에 가장 유사하게 접근하였다.

그러나 "Student" 영상의 경우 BBGDS 의 결과가 제안하는 알고리즘의 결과보다 높은 성능을 나타내었다. 이와 같은 실험 결과로부터 제안하는 알고리즘은 카메라 움직임이 많은 비디오 영상이나 "flower" 영상에 대한 실험 결과로부터 텍스쳐 영상과 같은 내용이 있는 비디오 영상에 대하여 좀 더 강인한 성능을 보이고 있다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 육각 패턴을 이용하여 속도 및 성능 개선을 목적으로 하는 블록 기반 움직임 예측 알고리즘을 제안하였다. 실험 결과로부터 제안한 알고리즘이 기존의 TSS, BBGDS 와 비교하여 좀 더 향상된 성능을 보여 주었으며 특히 텍스쳐와 같은 영상이나 카메라 움직임이 많은 영상에서 강인한 결과를 나타내었다.

참고문헌

[1] Koga,T. et all "Motion compensated interframe coding for video conferencing", NTC 81, winter 1981, C9.6.1-9.6.5

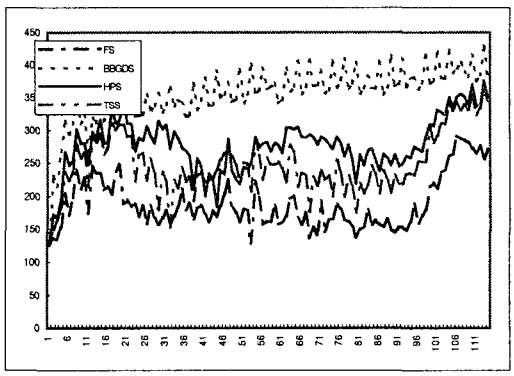
[2] Jain, J.R and Jain, A.K. "Displacement measurement and it's application in interframe coding", IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol., Vol.4, 1799-1808, July 1981

[3] Li, R., Zeng. B. and Liou, M.L. "A new three-step search algorithm for block motion estimation", IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 4, pp.438-442, Aug. 1994

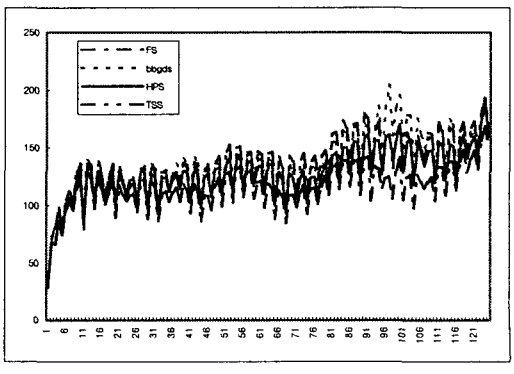
[4] Tham, J.Y. et all "A novel unrestricted center-biased diamond search algorithm for block motion estimation.",IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 8, pp.369-377, Aug. 1988

[5] Liu, L.K and Feig, E." A block-based gradient descent search algorithm for block motion estimation in video coding", IEEE Trans. Circuits syst. Video Technol., Vol. 6, pp.419-421, Aug. 1996

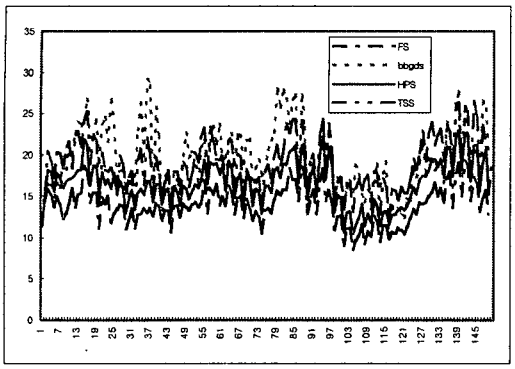
[6] ftp://mm-ftp.cs.berkeley.edu/pub/multimedia/mpeg2/software/



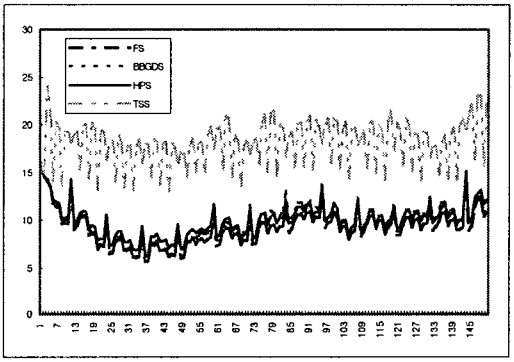
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 2. 각 실험 영상에 대하여 알고리즘의 성능(MSE) 비교;
(a) Garden, (b) Football, (c) Foreman, (d) Student