

인접 탐색점을 이용한 블록 움직임 추정의 성능 향상을 위한 연구

김 태 주, 진 화 훈, 김 용 옥, 허 도 근

원광 대학교 전자공학과

전화 : (0653) 850-6742 / 팩스 : (0653) 857-3999

A study on Improvement of the performance of Block Motion Estimation Using Neighboring Search Point

Tae Joo Kim, Hwa Hun Jin, Yong Wook Kim, Do Geun Huh

School of Electronics Engineering Wonkwang University

E-mail : hole70@hanmail.net

Abstract

Motion Estimation/Compensation(ME/MC) is one of the efficient interframe coding techniques for its ability to reduce the high redundancy between successive frames of an image sequence. Calculating the blocking matching takes most of the encoding time. In this paper a new fast block matching algorithm(BMA) is developed for motion estimation and for reduction of the computation time to search motion vectors. The feature of the new algorithm comes from the center-biased checking concept and the trend of pixel movements. At first, Motion Vector(MV) is searched in ± 1 of search area and then the motion estimation is exploited in the rest block. The ASP and MSE of the proposed search algorithm show good performance.

I. 서론

정보통신과 컴퓨터 기술의 비약적인 발전으로 인해 산업사회에서 지식과 정보가 부가가치 창출의 근원이 되는 정보사회로 이행되고 있으며 영상, 음성 등의 다양한 멀티미디어에 대한 연구개발이 다방면에서 활발

하게 진행되고 있으며 그 중 정보량이 가장 많은 동영상 정보는 효율적인 저장과 실시간 전송을 위해서 고압축 부호화가 필수적이며 이를 위한 국제적인 표준이 ITU-T/LBC의 H.26x와 ISO/IEC의 MPEG를 중심으로 진행되고 있다[1].

동영상의 실시간 전송을 위해서는 동영상 내에 존재하는 중복성들을 제거하여 높은 압축 효율을 얻어야 한다. 동영상 정보에서 가장 많이 존재하는 시간적인 중복성을 제거하기 위해 현재 프레임과 이전 프레임의 정보를 이용하여 움직임 추정 및 보상(Motion Estimation/Compensation)을 수행하고 이를 통해 얻어진 움직임 벡터(Motion Vector)에 의해 보상된 영상과 현재 프레임의 영상의 차를 부호화하여 전송한다. 이 방법은 높은 동영상 압축을 얻지만 많은 계산량으로 인해 성능이 저하되는 단점이 있다.

동영상으로부터 MV를 추정하기 위한 여러 방법 중 블록정합 방식(Block Matching Algorithm)은 움직임 추정 방법이 간단하고 예측 효율과 추정의 정확도 등을 고려했을 때 전체적으로 좋은 특성을 보인다. BMA를 위한 방법 중 전역 탐색 기법(Full Search Method : FSM)은 많은 계산량을 필요로 하기 때문에 실시간 특성을 얻기 어렵다는 문제점의 보완책으로 몇 개의 방향성을 지닌 탐색점을 선택해서 MV를 고속으로 추정해야 한다. 이것은 블록간의 최소 오차를 보이는 곳에서 멀어질수록 단조 증가한다는 가정을 기반으로 한다. 탐색점을 이용하는 고속 BMA로는 3단계 탐색 기

법(Three Step Search : TSS)[2], 새로운 3단계 탐색 기법(New Three Step Search : NTSS)[3], 4단계 탐색 알고리즘(Four Step Search : FSS)[4]등이 있다. 고속 BMA는 FSM보다 계산량을 효과적으로 줄일 수 있지만, 국부 최소 위치를 움직임 벡터로 추정하는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 최소 국부에 빠지는 고속 BMA의 단점을 보완하기 위하여 동영상에 존재하는 MV들이 원점 MV(0,0) 부근에 집중적으로 분포하는 점을 이용하여 2차 움직임 탐색 기법을 통해 MV를 추정하고 MV 추정에 필요한 계산량을 줄인다[5]. 1차 탐색에서는 원점을 중심으로 인접 탐색점들에 대해 ME를 수행하여 MV를 구해 계산량을 줄이고 2차 탐색에서는 1차 탐색에서는 찾지 못한 MV들을 이웃 탐색점간의 관계성을 이용한 3단계 탐색 기법을 이용하여 찾는다[6].

II. 움직임 추정을 위한 블록정합 방식

BMA는 MV를 추정함에 있어서 일정 크기로 분할된 동일한 블록(Macro Block : MB) 내에 위치한 모든 픽셀은 같은 방향과 같은 크기의 MV를 갖는다는 것을 가정으로 분할된 블록을 이전 프레임의 탐색영역에 존재하는 블록들과 정합시켜 최대의 상관도를 갖는 블록을 찾아 이 때의 좌표를 MV로 결정하여 이전 영상에 설정된 탐색 영역의 어느 블록이 현재 프레임의 정해진 블록으로 이동했는가를 찾는 방법이다. 이 때 서로 정합될 수 있는 두 블록사이의 상관도를 평가하는 정합기준으로 MSE(Mean Squared Error)와 MAD(Mean Absolute Difference)를 사용하며 정합될 수 있는 블록 내 모든 화소에 대해 오차를 구하고 그 중 가장 작은 오차를 갖는 탐색점을 MV로 결정한다.[7]

MB의 크기를 $B \times B$, 현재 프레임의 MB를 $C[p, q]$ 라고 하고 현재 프레임의 MB를 기준으로 최대 움직임 범위 D 에서 $-D \leq x < D$, $-D \leq y < D$ 인 탐색 영역 내에 존재하는 이전 프레임의 MB를 $P[p+x, q+y]$ 라 할 때 탐색점 (x, y) 에 대한 MAD와 MSE는 다음과 같다.

$$MAD = \frac{1}{B^2} \sum_{p=0}^{B-1} \sum_{q=0}^{B-1} |C[p, q] - P[p+x, q+y]| \quad (1)$$

$$MSE = \frac{1}{B^2} \sum_{p=0}^{B-1} \sum_{q=0}^{B-1} (C[p, q] - P[p+x, q+y])^2 \quad (2)$$

MAD는 MSE와 비교하여 하드웨어 구현이 용이하고 계산량이 적지만 MSE 만큼 정확한 움직임 추정을 하기는 어렵다. 이런 특성 때문에 블록정합 방식에서

계산시간의 감소를 위해서는 MAD를, 전체 화질 평가를 위해서는 MSE를 주로 사용한다.

III. 제안된 움직임 탐색 기법

동영상 정보는 시간적으로 연속하는 프레임간의 움직임에 많은 시간 중복성을 가지고 있으며 프레임 내에서도 이웃 블록간의 움직임에 많은 상관 관계를 가지고 있으며 H.263의 대상인 영상전화나 영상회의는 움직임이 전체적으로 완만하고 비교적 느리다. 이는 대부분의 움직임 벡터가 원점 부근에 집중되어 존재함을 의미한다.

제안된 1차 탐색 기법은 원점을 중심으로 인접한 탐색점들을 포함하는 3×3 범위 내의 모든 탐색점에 대하여 각각의 MAD를 비교하여 최소가 되는 MAD를 찾고 그 값을 MB의 활동도를 나타내는 임계값 T 와 비교하여 임계값 이하이면 MV로 결정한다. 이때 기준이 되는 임계값은 MB의 평균 μ 를 이용하여 구할 수 있다.

$$\mu = \sum_{p=0}^{15} \sum_{q=0}^{15} C[p, q] / 256 \quad (3)$$

$$T = \sum_{p=0}^{15} \sum_{q=0}^{15} |C[p, q] / 256| \quad (4)$$

1차 탐색에서 구한 최소 MAD가 임계값보다 큰 경우 이웃하는 탐색점과의 관계성을 이용한 3단계 탐색 기법을 통해 2차 탐색을 수행한다. 제안된 방법은 MV가 원점부근에 집중하는 특성을 근거로 하여 그림 1과 같이 ± 4 의 거리를 갖는 8개의 탐색점에 대해 이웃하는 탐색점과의 관계성을 이용하여 움직임의 방향을 결정한다.

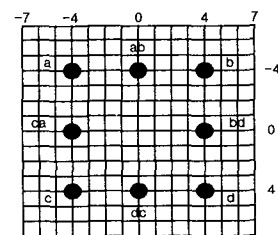


그림 1. 움직임 방향을 결정하기 위한 탐색점

1단계 탐색 과정에서 탐색점 a, b, c, d 중 하나가 최소 MAD를 갖는 경우 이웃 탐색점과의 관계성을 이용하여 2단계 탐색 과정을 수행한다. 탐색점 a를 중심

으로 $|MAD(a) - MAD(b)| > |MAD(a) - MAD(c)|$ 이면 $MAD(ab) > MAD(ca)$ 의 관계이고 이는 탐색점 b, c, d를 중심으로 할 때도 성립한다.

탐색점 a가 최소 MAD를 갖는 경우 다음의 경우에 따라 MV의 방향 성분을 추정한다.

$$|MAD(a) - MAD(b)| = |MAD(a) - MAD(c)| \quad (5)$$

$$|MAD(a) - MAD(b)| > |MAD(a) - MAD(c)| \quad (6)$$

$$|MAD(a) - MAD(b)| < |MAD(a) - MAD(c)| \quad (7)$$

식 (5)의 경우, 탐색점 a를 중심으로 ± 1 의 추정 거리를 갖는 8개의 탐색점을 설정하여 최소 MAD값을 갖는 탐색점의 변위값을 MV로 결정한다. 식 (6)의 경우에는 탐색점 ca를 탐색점으로 하여 식 (8), (9), (10)처럼 탐색점 a와의 관계에 따라 2단계 탐색을 수행한다.

$$MAD(a) = MAD(ca) \quad (8)$$

$$MAD(a) > MAD(ca) \quad (9)$$

$$MAD(a) < MAD(ca) \quad (10)$$

식 (8)의 경우 탐색점 ca를 중심으로 ± 1 의 추정 거리를 갖는 8개의 탐색점들을 설정하여 최소 MAD를 갖는 탐색점을 MV의 변위로 결정한다. 식 (8)의 경우 탐색점 ac를 중심으로 변위 ± 2 를 갖는 4개의 탐색점을 설정하여 1단계와 동일한 탐색을 수행한다. 식 (10)을 만족하는 경우 탐색점 a를 중심으로 하는 2단계 탐색을 수행한다. 이는 식 (7)를 만족하는 경우는 탐색점 ab에 대해 동일한 2단계 탐색 과정을 수행한다.

3단계 탐색 과정은 2단계에서 구해진 탐색점에 대해 ± 1 의 추정거리를 갖는 8개의 탐색점을 설정하여 최소 MAD값을 갖는 변위를 MV로 설정한다.

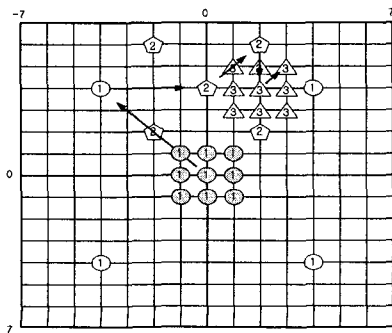


그림 2. 움직임 추정 과정

IV. 실험 및 고찰

본 논문에서 제안한 2차 움직임 탐색 기법의 성능 평가를 위해 Carphone, Foreman, Mom & Daughter, Susie 영상의 각 100 프레임을 대상으로 실험한다. 움직임 추정을 위한 각 블록의 크기는 16×16 MB로 고정하며 최대 움직임 탐색 영역은 원점을 기준으로 ± 7 이 되도록 하고 MAD를 정합기준으로 사용하였다. 기존 탐색 방법과의 비교를 위하여 가장 정확한 움직임 추정을 하는 FSM, 고속 BMA인 TSS와 FSS를 대상으로 비교한다. 계산량의 비교와 움직임 추정된 영상의 정확성 평가를 위해 각각 평균 탐색점 수(Average Search Point : ASP)와 MSE를 기준으로 삼는다.

표 1은 제안된 탐색 기법과 기존 탐색 기법들과의 계산량 비교를 위해 ASP를 구한 결과이다. 제안된 방법은 FSM이나 3SS, 4SS에 비하여 계산량을 효과적으로 감소시킬 수 있다.

표 1. 각 영상에 대한 ASP 비교[개]

	Carphone	Foreman	M & D	Susie
FSM	225	225	225	225
3SS	25	25	25	25
4SS	17.0249	17.2818	17.0039	17.1893
제안방법	13.6019	13.6512	13.2085	13.5189

표 2는 제안된 방법의 움직임 추정의 정확성을 기존 탐색 기법들과 비교하기 위하여 움직임 추정된 각 영상들에 대한 MSE를 비교한 것이다.

표 2. 각 영상에 대한 평균 MSE 비교

	Carphone	Foreman	M & D	Susie
FSM	42.8561	62.8416	16.1732	23.2473
3SS	46.0050	70.0507	16.5407	24.2838
4SS	45.4566	68.3010	16.6307	24.3498
제안방법	46.8458	69.1470	16.8982	28.5983

표 1과 표 2로부터 제안된 방법은 ME/MC를 통한 MV의 추정이 갖는 많은 연산량에 의한 성능 감소를 줄이고 기존의 탐색 방법과 비슷한 MSE를 보임으로 추정에 사용되는 연산량의 감소에 따른 정확성의 감소 없이 정확한 추정이 가능함을 알 수 있다.

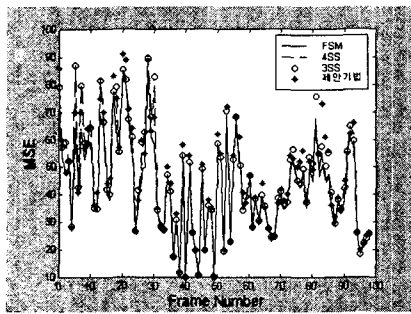
그림 2는 제안된 탐색 기법과 기존 탐색 기법에 대하여 각 영상의 프레임 변화에 따른 MSE의 변화량을 나타낸 것이다.

V. 결 론

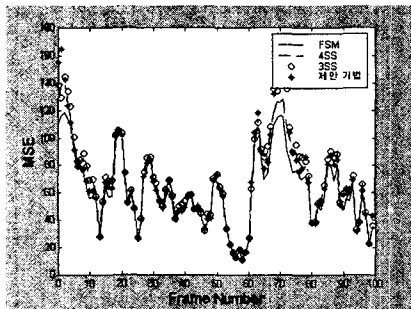
본 논문에서 제안한 2차 움직임 탐색 기법은 동영상에 존재하는 MV의 대부분이 원점 MV(0,0)에 존재하는 사실에 근거하여 1차 탐색을 실행한 결과 MV의 약 70%가 1차 탐색동안 9개의 탐색점에서 발견되었다. 또한 1차 탐색에서 찾을 수 없는 MV를 이웃하는 탐색점과의 관계성으로 MV의 방향을 결정할 수 있다는 사실에 근거하여 3단계로 MV를 찾는 2차 탐색은 기존의 고속 BMA인 TSS와 FSS가 극부 최소에 빠질 수 있다는 단점을 보완할 수 있었다. 따라서 본 논문에서 제안된 방법은 실시간 처리를 위하여 고속의 움직임 추정을 필요로 하는 동영상 응용 서비스에 적합한 움직임 탐색 기법이다.

참 고 문 헌

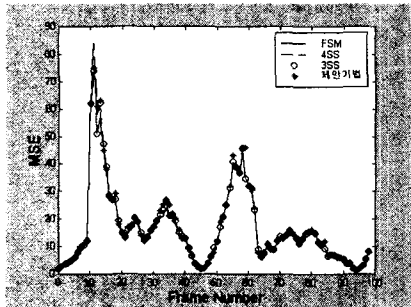
- [1] ITU-T Recommendation H.263, "Video Coding for Low Bitrate Communication," Mar. 1996.
- [2] T. Koga, K. Linma, A. Hirano, Y. Iijima, and T. Ishiguro, "Motion-Compensated Interframe Coding for Video Conferencing," Proc. NTC81, pp. G5.3.1~G5.3.5, Nov. 1981.
- [3] Renxiang Li, Bing Zeng, and Ming L. Liou, "A New Three-Step Search Algorithm for Block Motion Estimation," IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology, vol. 4, no. 4, pp. 438~442, Aug. 1994.
- [4] Renxiang Li, Bing Zeng, and Ming L. Liou, "A New Three-Step Search Algorithm for Block Motion Estimation," IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology, vol. 4, no. 4, pp. 438~442, Aug. 1994.
- [5] 이용식, 정상연, 서윤학, 김용욱, 심우성, 허도근, "고속 움직임 추정을 위한 2계층 탐색 알고리즘에 관한 연구," 한국통신학회 하계 종합 학술 발표회 논문집, vol. 17, no. 1, pp. 627~631, 1998.
- [6] 이용식, 심우성, 허도근, "최소 탐색점을 갖는 새로운 3단계 움직임 탐색 기법에 관한 연구", 한국통신학회 논문지, vol. 24, no. 11A, pp.1722~1728
- [7] Borko Furht, Joshua Greenberg, Raymond Westwater, "Motion Estimation Algorithms for Video Compression," KAP, 1997.



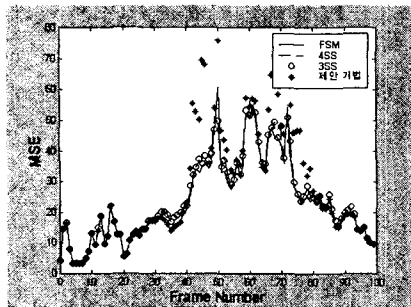
(a) Carphone



(b) Foreman



(c) Mom & Daughter



(d) Susie

그림 2. 탐색 기법에 따른 영상의 MSE 변화