

블록 내 움직임 정보를 이용한 다단계 움직임 예측 알고리즘

신동식*, 남대현*, 안재형*
*충북대학교 정보통신공학과
e-mail : dsshin98@hotmail.com

Multi-level Motion Estimation Algorithm Using Motion Information in Blocks

Dong-Shik Shin*, Dae-Hyun Nam*, Jae-Hyung Ahn*
*Dept. of Computer and Communication Engineering,
Chung-Buk National University

요 약

본 논문에서는 비디오 코딩을 위한 적응적 블록 정합 알고리즘을 제안한다. 제안 알고리즘에서는 블록내의 움직임 정도에 따라 다단계의 블록 레벨을 설정하고, 그 블록 레벨에 따른 각기 다른 다단계의 움직임 예측을 수행한다. 이는 움직임이 적은 영역에서의 불필요한 탐색과정을 제거하여 계산적 효율성을 증대하고, 움직임 정도가 큰 부분으로 갈수록 움직임 예측 과정을 심화 시켜 예측의 정확성을 증가시킨다. 본 제안된 방식을 가지고 실험한 결과 한 프레임 당 적은 수의 블록으로 고정된 크기의 블록을 가진 전역 탐색 블록 정합 알고리즘보다 적은 예측 에러를 발생시켜 1dB 정도의 PSNR 개선을 가져왔고 98% 정도의 연산량 절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

1. 서론

최근의 컴퓨터 기술의 발전과 고속의 네트워크 환경은 멀티미디어 데이터 통신을 가능하게 하고 있다. 이에 따른 멀티미디어 데이터의 표준화 작업과 압축 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에 하나가 동영상 압축이다. 동영상 압축은 동영상의 높은 시간적 상관관계의 특성을 이용한다. 따라서 프레임간의 시간적 중복성을 제거하는 움직임 예측은 동영상 압축의 가장 핵심적인 부분이다. 이 움직임 예측에는 간단하고 효과적인 방식인 블록 정합 알고리즘(block matching algorithm; BMA)[1]이 주로 사용된다. 이 방식은 이미 H.261/263, MPEG 에 채택되어져 있는 알고리즘이다. 블록 정합이라 함은 블록 내의 모든 화소들이 동일한 움직임을 갖는다는 가정 하에 이전 프레임의 탐색 영역 안에서 현재 프레임의 현재 블록과 가장 유사한 블록을 찾는 과정이다. 블록의 크기가 커지면 커질수록 더 적은 수의 움직임 벡터 전송으로 높은 압축률을 얻을 수 있지만 많은 예측 에러의 발생으로 화질은 떨어지게 된다.

전역 탐색 블록 정합 알고리즘(full search block matching algorithm; FS-BMA)은 탐색영역 내에서 탐색 블록을 화소 단위로 이동시키면서 전부 검사하는 방식으로 최적의 성능을 나타내는 블록 정합 알고리즘이다. 그러나 이 알고리즘의 많은 계산적 부담은 예측의 정확성은 다소 떨어지더라도 탐색 속도의 개선을 가져올 수 있는 three-step 탐색[2], Cross 탐색 알고리즘[3]과 같은 알고리즘들의 동기가 되어왔다. 반면 블록의 크기가 고정일 때 영상의 국부적인 변화에 따른 움직임을 효과적으로 반영하기 어렵기 때문에 이를 개선하기 위한 화질 개선 측면의 가변 블록 크기(variable block size)모델도 연구되어 왔다[4]. 이는 전역 탐색 블록 정합 알고리즘 보다 더 적은 예측 에러를 발생시키지만 부가적인 계산적 부담이 따른다.

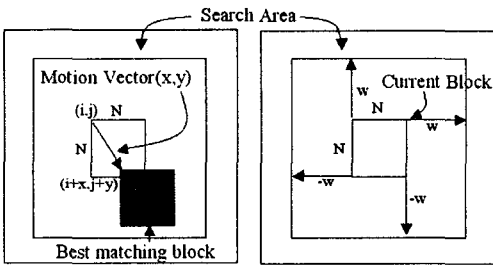
본 논문에서 제안하는 블록 정합 알고리즘은 블록 내의 움직임 정도에 따라 다단계의 블록 레벨을 설정하고, 그 블록 레벨에 따른 각기 다른 다단계의 움직임 예측을 수행한다. 이는 움직임이 적은 영역에서의 불필요한 탐색과정을 제거하여 계산적 효율성을 증대

하고, 움직임 정도가 큰 부분으로 갈수록 움직임 예측 과정을 심화시켜 예측의 정확성을 증가시키기 위함이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 블록 정합 알고리즘의 기본 개념을 설명하고, 3 장에서는 제안 알고리즘에 대해 설명한다. 4 장에서는 성능을 평가하며, 5 장에서 결론을 맺는다.

2. 블록 정합 알고리즘

블록 정합 알고리즘은 현재 프레임을 $N \times N$ 의 겹쳐지지 않는 블록으로 분할한 후, 분할된 각각의 블록에 대해 이전 프레임에서의 그 블록과 가장 유사한 블록을 찾아내어 움직임 벡터를 얻어내는 방법이다. 그림 1 은 두 프레임 사이의 블록 정합과정을 나타낸다. 두 프레임 사이에서 블록이 움직일 수 있는 최대 변위가 w 일 때, 이전 프레임에서 탐색 되어질 블록들은 $(N+2w) \times (N+2w)$ 크기의 탐색영역 안에 존재한다. 이때 블록 정합이 수행될 탐색위치의 수는 $(2w+1)^2$ 이다.



(a) Reference frame (b) Current frame
그림 1. 전역탐색 블록 정합 알고리즘

정합 블록 결정은 각각의 탐색 지점에서 식 (1)과 같은 두 블록 사이의 차분인 DBD(Displaced Block Difference)를 계산하여 이루어진다. 탐색영역 내의 후보 블록들 중 DBD 를 최소로 하는 블록을 정합된 블록으로 선택하고, 그 블록의 수직/수평방향의 변위 (x, y) 를 움직임 벡터(motion vector; MV)로 결정한다.

$$DBD(x, y) = \frac{1}{N \times N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |F_n(i, j) - F_{n-1}(i+x, j+y)| \quad (1)$$

$x, y \in [-w, -w+1, \dots, w-1, w]$

여기서 N 은 블록의 너비와 높이이다. F_n 은 현재 프레임에서 예측되어질 블록을 나타내고 F_{n-1} 은 이전 프레임에서 탐색영역 내에 있는 후보 블록이다.

3. 다단계 움직임 예측 알고리즘

각각의 블록에 대해 일관된 움직임 예측을 수행하는 것은 정합의 속도에서나 예측의 정확성에서나 효율적인 방식이 아니다. 빠른 시간 내에 정확한 움직임 추정을 하기 위해서는 블록내의 움직임 정보에 따른 적응적 예측 방식이 요구된다[5]. 본 논문에서 제안하는 블록 정합 알고리즘은 블록내의 움직임 정도에 따라 다단계의 블록 레벨을 설정하고 그 블록 레벨에 따른 적절한 움직임 예측 알고리즘을 적용하여 블록내의 움직임 정도에 따라 적응적 움직임 추정이 이루어지도록 한다. 그림 2 는 제안 알고리즘의 전체적인 구조와 각 단계별 탐색과정을 나타내고, 그림 3 은 Claire 와 Salesman 영상에서 블록내의 움직임 정도에 따라 블록 형성되는 모습을 나타낸다.

3.1 다단계 블록 설정

제안 알고리즘에서는 블록의 움직임 정도를 4 가지로 분류하여 그에 따른 블록의 크기가 설정되도록 한다. 우선, 32×32 의 $DBD(0,0)$ 를 계산한 후 식(2)를 통해 움직임의 유무를 판별하는 No-motion 블록 레벨을 거치게 된다[6]. 이를 통해 움직임이 있다고 판명된 후에는 움직임의 정도에 따라 또한 식(2)를 통해 Low-motion(32×32), Medium-motion(16×16), High-motion(8×8)의 블록 레벨을 거치게 된다.

$$\begin{cases} \text{if } DBD(i, j) \geq TH_{no-motion}, & \text{Split} \\ \text{otherwise,} & \text{Terminated} \end{cases} \quad (2)$$

3.2 다단계 움직임 추정

제안 알고리즘에서는 블록 레벨에 따라 각기 다른 방식의 움직임 추정을 수행한다. 이는 움직임 추정이 블록 내의 움직임 정도에 따라 탐색이 이루어지도록 하기 위함이다. 우선 Low-motion 블록 레벨에서는 블록의 움직임이 작기 때문에 그림 2 에서와 같이 1 단계의 탐색 과정이 이루어지고, Medium-motion 블록 레벨에서는 2 단계, High-motion 블록 레벨에서는 가장 움직임이 큰 것을 의미하기 때문에 3 단계의 탐색 알고리즘(three-step search algorithm; TSSA)이 적용된다.

3.3 최종 움직임 벡터

최종 움직임 벡터는 그림 2 에서와 같이 각 단계의 블록 레벨에서 얻어진 움직임 벡터의 합으로 얻어진다.

$$MV_{final} = MV_{S0} + MV_{S1} + MV_{S2} \quad (3)$$

이는 각 단계의 블록 레벨에서 얻어진 움직임 벡터를 하위 블록 레벨로 상속 시켰기 때문에 가능하다. 이는 작은 탐색영역 설정으로도 큰 움직임 벡터를 얻을 수 있도록 해준다. 그로 인해 제안 알고리즘은 최대 $(\pm 11, \pm 11)$ 의 움직임 벡터를 얻을 수 있다.

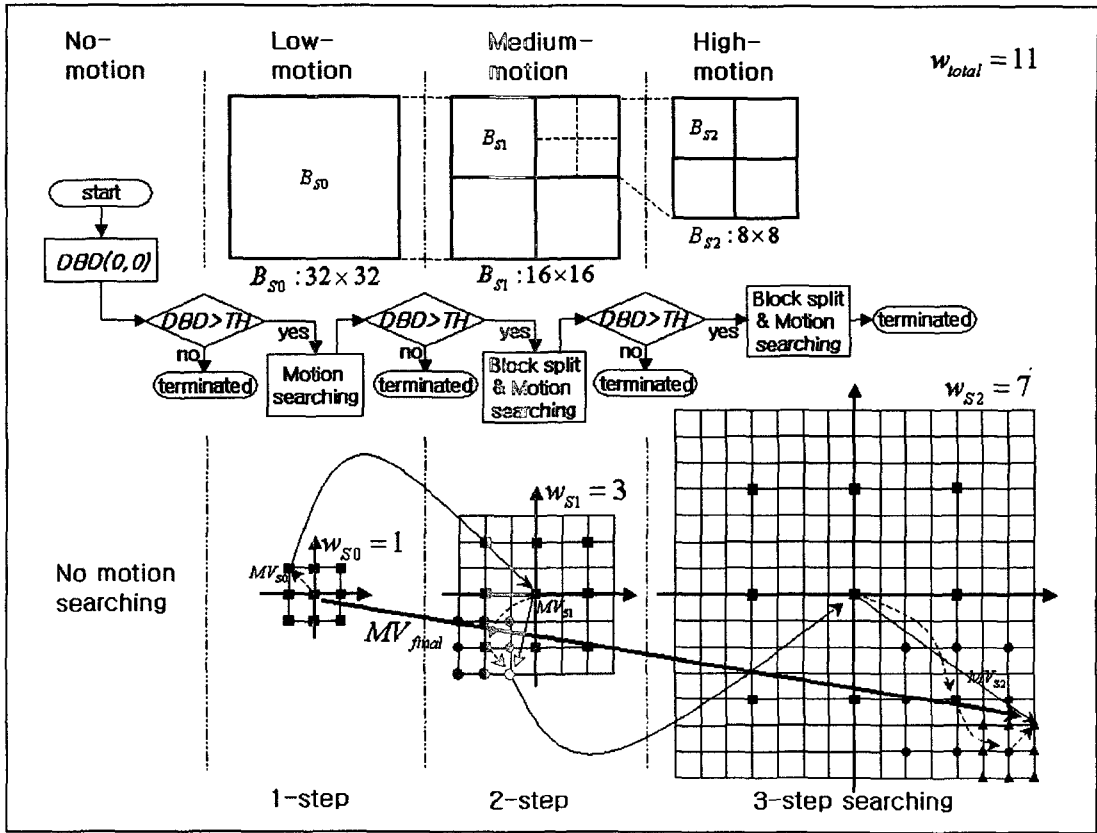
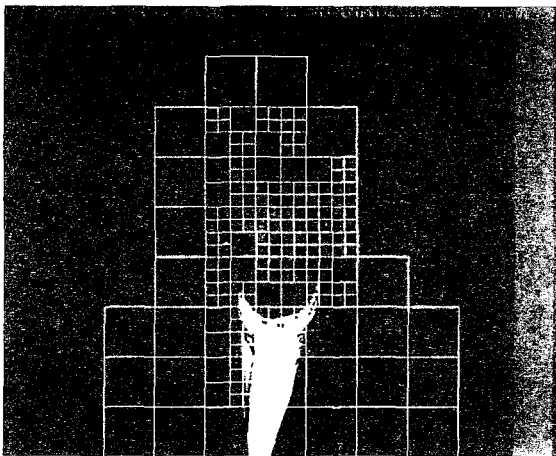
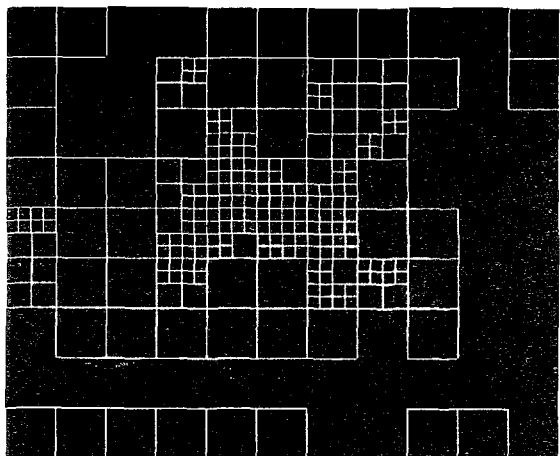


그림 2. 제안 알고리즘의 전체적인 구조 및 각 단계별 탐색 과정



(a) Claire



(b) Salesman

그림 3. Claire 와 Salesman 영상의 블록내의 움직임 정도에 따른 블록 형성

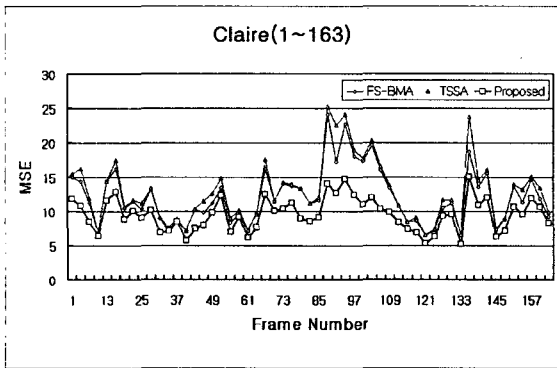
4. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 알고리즘의 성능평가를 위해 Claire 영상(CIF: 352× 288) 1 번부터 163 번 프레임과 Salesma-

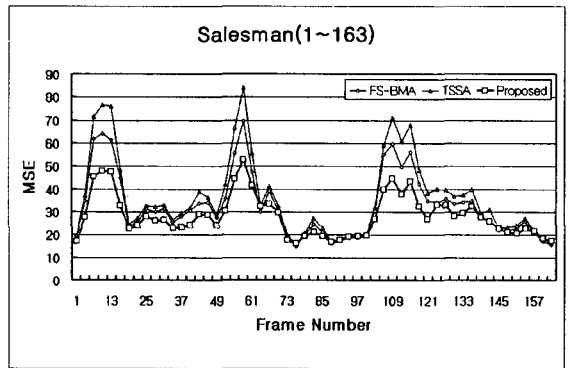
n 영상(CIF: 352× 288) 1 번부터 163 번 프레임을 사용하여 세 프레임 간격으로 예측을 실시하였다. 제안 알고리즘의 비교 알고리즘으로는 블록의 크기가 16×16 인 FS-BMA 와 TSSA 를 사용하였다.

Table 1. 알고리즘들의 성능비교

| | 알고리즘 | MSE/pixel | PSNR(dB) | 상대 연산수 | 블록수/Frame |
|-------------------|-----------------|-----------|----------|----------|-----------|
| Claire (CIF) | FS-BMA (w=11) | 12.19065 | 37.27054 | 1 | 396 |
| | TSSA (w=7) | 12.91967 | 37.01829 | 0.047259 | 396 |
| | Proposed (w=11) | 9.569194 | 38.32205 | 0.019502 | 264.2 |
| Salesman (CIF) | FS-BMA (w=11) | 32.91671 | 32.95664 | 1 | 396 |
| | TSSA (w=7) | 36.64634 | 32.49050 | 0.047259 | 396 |
| | Proposed (w=11) | 28.40958 | 33.59616 | 0.021523 | 298.4 |



(a) Claire



(b) Salesman

그림 4. Claire 와 Salesman 영상에 대한 MSE 비교

표 1 과 그림 4 에서 제안 알고리즘이 적은 수의 블록으로 TSSA 보다도 더 빠른 움직임 예측을 수행하고, 또한 FS-BMA 보다도 높은 PSNR 를 나타낸다는 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 블록내의 움직임 정보를 이용하여 다단계의 블록레벨을 설정하고 그에 따른 다단계의 움직임 추정 방식을 사용하여 움직임 정도에 따라 적응적인 예측을 수행할 수 있는 고속의 움직임 예측 알고리즘을 제안하였다. 기존의 일관된 예측을 수행하는 다른 알고리즘과는 달리 제안 알고리즘에서는 블록내의 움직임 정도에 따라 가변적인 블록의 크기와 탐색영역을 설정하고 TSSA 를 응용한 다단계 움직임 예측 방식을 적용하여 고속의 정합이 가능하도록 하였다. 그리고 블록의 상위 레벨에서 하위 레벨로의 움직임 벡터의 상속으로 작은 탐색영역 설정으로도 큰 움직임 벡터를 얻을 수 있게 하였다. 블록의 크기가 고정일 때 효율적으로 처리할 수 없는 영상의 국부적 많은 움직임에 대해서는 제안 알고리즘의 가변 블록 크기 적용으로 효과적으로 처리 될 수 있었다. 결국, FS-BMA 보다 적은 수의 블록을 가지고 98%정도의 연산량 절감과 1dB 정도의 PSNR 개선을 가져왔다.

참고문헌

- [1] J. R. Jain and A. K. Jain, "Displacement measurement and its application in interframe image coding," IEEE Trans. Communication, vol. COM-29, no. 12, pp. 1799-1808, December 1981
- [2] S. Kappagantula and K. R. Rao, "Motion compensated interframe image prediction," IEEE Trans. Communication, vol. COM-33, pp. 1011-1015, 1985
- [3] H. Gharavi and M. Mills, "Block matching motion estimation algorithms - new results," IEEE Trans. Circuits Syst., pp. 649-651, 1990
- [4] J. Zhang, M. O. Ahmad and M. N. S. swamy, "A New Variable Size Block Motion Compensation," Proceedings of the IEEE Int. Conf. on Image Processing, vol. 2, pp. 164-167, 1997
- [5] 신동식, 안재형, "비트패턴을 기반으로 한 고속의 적응적 가변 블록 움직임 예측 알고리즘," 한국 멀티미디어학회 논문지, 제 3 권, 4 호, pp. 372-379, 2000. 8.
- [6] H. S. Oh, C. H. Lee, H. K. Lee, and J. H. Jeon, "A new block-matching algorithm based on an adaptive search area adjustment using spatio-temporal correlation," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 45 no. 3, pp. 745-752, 1999