

# Dynamic Coarse-to-Fine Control Strategy를 이용한 계층적 블록정합 알고리즘

이중재<sup>0</sup>    장석우    최형일  
송실대학교 컴퓨터학과

{ljjhop, swjang }@vision.soongsil.ac.kr    hic@computing.soongsil.ac.kr

## A Hierarchical Block Matching Algorithm Using Dynamic Coarse-to-Fine Control Strategy

Joong-Jae Lee<sup>0</sup>    Seok-Woo Jang    Hyung-Il Choi  
Department of Computing, SoongSil University

### 요 약

비디오 데이터가 포함하고 있는 카메라와 이동물체의 동작정보를 추출하기 위한 대표적인 방법으로 동작벡터 추출알고리즘이 있다. 본 논문에서는 영상 내에 밝기 값 분포가 균일한 영역이 존재할 때 부정확한 정합 결과를 보이는 기존 알고리즘의 문제점과 이를 개선할 수 있는 계층적 블록정합 알고리즘의 정합 오류 전파가능성, 높은 시간복잡도 문제를 동시에 해결할 수 있는 블록정합 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 Coarse-to-Fine 방식의 탐색방법과 Dynamic Control Strategy를 결합한 것으로서 정합할 블록의 상황에 따라 탐색 레이어를 동적으로 변경 시키는 방법을 사용한다. 본 알고리즘은 크게 두 단계로 나뉘어 있는데 탐색 레이어를 결정하는 Control 변경 결정 단계와 정합도 측정함수를 통해 블록에 대한 정합 정확도를 측정하는 단계로 구성이 된다.

### 1. 서 론

블록정합 알고리즘은 비디오 데이터내의 동작정보를 추출하기 위해 사용되는 기본적인면서도 중요한 기술이다. 여기서 동작정보는 구체적으로 카메라동작에 따른 배경영역의 움직임과 이동물체의 움직임으로 구분할 수 있다. 블록정합 알고리즘을 적용해 얻어진 동작벡터를 분석함으로써 비디오 영상내의 동작정보를 추출한다. 블록정합 알고리즘의 종류에는 일반적으로 많이 사용하는 전역 탐색 알고리즘(FSBMA: Full Search BMA) [1], 전역 탐색의 단점인 높은 시간적 복잡도를 줄이기 위해 만들어진 3 단계 탐색 알고리즘(TSS: Three Step Search) [2]과 탐색 공간을 적절하게 조절해 나가는 적응적 전역탐색 알고리즘(AFSEMA: Adaptive FSEMA) [3] 등이 있다. 그리고 입력영상에 대한 다해상도 영상을 저해상도 레이어에서 고해상도 레이어 방향으로 연속적인 동작벡터 세련화 방법을 사용하는 계층적 블록정합 알고리즘(HBMA: Hierarchical BMA) [4]이 있다.

그런데 기존의 블록정합 알고리즘은 입력영상에서 균일한 밝기 값 분포를 갖는 영역에 대해서 부정확한 정합을 보일 가능성이 있다. 이것은 탐색 블록의 밝기 값을 기반으로 탐색 영역 내에서 밝기 값의 차이가 최소인 블록을 최종적으로 정합된 블록으로 선택하는 방법의 문제점 때문이다. 이런 점에서 볼 때 만약 탐색 영역내의 밝기 값의 분포가 균일하다면 정합된 블록의 신뢰도는 떨어지게 된다. 또한 계층적 정합 알고리즘은 상위 레이어에서 부정확한 정합으로 발생된 오류가 하위 레이어로 계속해서 전파되는 문제점과 모든 레이어에 대해 동작벡터를 세련화하는 방식 때문에 시간복잡도가

크다는 문제점을 동시에 가지고 있다.

본 논문에서는 앞서 지적한 문제점을 해결하기 위해 블록과 탐색영역의 상황에 따라 탐색 레이어를 동적으로 결정하는 블록정합 알고리즘을 제안한다.

제안하는 알고리즘은 크게 두 단계로 구성된다. 첫째, 탐색 레이어를 결정하는 탐색 control의 이동방향을 결정한다. 이것은 탐색 영역의 밝기 값 분포와 블록과 탐색영역의 밝기 값 분포의 차이를 조사하여 적절한 탐색 레이어를 결정 후 정합을 시도하는 것을 말한다. 만일 밝기 값의 분포가 균일하다면 탐색 레이어를 상위 레이어로 변경한 뒤 더 넓은 영역에 대해서 블록정합을 시도해서 보다 정확한 정합결과를 얻어낸다

둘째, 블록정합도를 계산한다. 탐색 레이어가 결정되면 그 레이어에서 블록정합을 시도하게 된다. 이때 블록정합도를 계산해서 정확한 정합으로 판단되면 그 블록에 대한 탐색을 마치고 다음 블록에 대해 정합을 시도하게 된다.

제안하는 알고리즘을 통한 기대효과는 다음과 같다. 블록의 상황에 따라 탐색 레이어를 동적으로 결정함으로써 밝기 값의 분포가 균일한 영역에서 부정확한 정합결과를 보이는 기존 방법의 단점을 보완할 수 있다. 그리고 모든 레이어에 대해 정합을 시도하는 대신 블록정합도에 따라 탐색 레이어 수를 감소시킬 수 있으므로 시간 복잡도를 줄이는 동시에 상위 레이어로부터 하위레이어 방향으로 전파되는 정합오류도 방지할 수 있다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안한 알고리즘을 설명하고 3장에서는 제안한 알고리즘의 Control strategy를 기존의 방법과 비교한다. 4장에서는 실

험결과에 대해서 기술하며 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. Dynamic Coarse-to-Fine Control Strategy

본 논문에서 제안한 블록정합 알고리즘은 기존의 계층적 블록정합 알고리즘에서 사용하는 Coarse-to-Fine 방식과 control를 동적으로 변경시키는 Dynamic Control Strategy를 결합한 것이다. 이때 dynamic control의 의미는 영상의 공간적 해상도를 각 블록의 상황에 따라 동적으로 변경함을 말한다.

2.1 Control 변경 결정함수

저해상도 영상에서 고해상도 영상으로 탐색 control을 이동시키는 기존의 계층적 블록정합 알고리즘에 비해서 본 논문에서는 탐색 control을 동적으로 변경시켜 정합을 시도한다. Control 변경을 결정하는데 사용한 특징으로는 탐색 영역의 밝기 값 분포와 정합할 블록과 탐색 영역의 밝기 값 분포의 차를 사용한다. 이것은 탐색영역의 밝기 값 분포가 균일한지를 알아보는 특징으로서 밝기 값 분포가 균일한 영역에 대해서는 탐색 영역을 확장시켜 정합을 시도하게 되고 이런 효과를 얻기 위해 탐색 레이어를 상위 레이어로 이동시킨다. 이렇게 탐색 레이어를 조절함으로써 밝기 값 분포가 균일한 영역에서 부정확한 정합결과를 보이는 기존 방법의 문제점을 해결할 수 있다. 탐색 control 변경을 결정하는 함수는 식 (1)과 같다.

$$J(\alpha, \beta) = 1 - \{ \alpha \cdot CDM_{SW}(B_i) + \beta \cdot CDM_{IDAD}(B_i) \} \quad (1)$$

where  $0 \leq \alpha, \beta \leq 1, \alpha + \beta = 1, 0 \leq J(\alpha, \beta) \leq 1$

$$CDM_{SW}(B_i) = \frac{\sigma(SW(B_i))}{\sigma_{max}}$$

$$CDM_{IDAD}(B_i) = \left| \frac{CDM_{Block}(B_i) - CDM_{SW}(B_i)}{\sigma_{max}} \right|$$

$$= \left| \frac{\sigma(B_i)}{\sigma_{max}} - \frac{\sigma(SW(B_i))}{\sigma_{max}} \right|$$

식 (1)에서  $CDM_{SW}(B_i)$ 는 i번째 블록에 대해 정규화된 탐색 영역내의 밝기 값 분포를 나타내며  $CDM_{IDAD}(B_i)$ 는 i번째 블록에 대해 블록과 탐색영역 각각의 밝기 값 분포의 차이를 정규화한 값이다.  $\alpha, \beta$ 는 각각의 특징이 결정함수에 기여하는 정도에 따른 가중치이다.

식 (1)에서 정의한 결정함수는 0에서 1사이의 값을 가지며 결정함수 값에 따른 해석은 식 (2)와 같다.

$$Control\ direction = \begin{cases} Down & \text{if } 0 \leq J(\alpha, \beta) < TH_{Down} \\ Stay & \text{if } TH_{Down} \leq J(\alpha, \beta) < TH_{Up} \\ Up & \text{if } TH_{Up} \leq J(\alpha, \beta) \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

그림 1은 결정함수 값에 따른 control의 이동방향을 보여준다. 예를 들어 결정함수 값이  $TH_{Up}$ 과 1사이의 값을 가지면 control을 상위(Up) 레이어로 이동시킨다.

2.2 블록정합도 측정함수

기존의 계층적 블록정합 알고리즘은 모든 레이어에 대해 동작패터를 세련화해 나가기 때문에 시간 복잡도가 크고 정합오류가 전파되는 단점을 가지고 있다. 그런데 다해상도 영상에서는 밝기 값 분포에 따라서 정확한 정합에 유리한 특징을 가지게 되는 레이어가 결정될 수 있다. 본 논문에서는 임

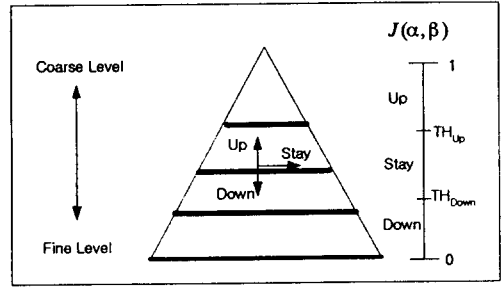


그림 1. Control 변경결정 함수해석

의 블록에 대해서 먼저 탐색 control을 이동하고 정합을 시도한 후 그 블록에 대한 정합도를 측정한다. 이것은 정확도에 따라 탐색진행여부를 결정함으로써 시간 복잡도를 줄이는 동시에 정합오류의 전파를 막기 위함이다. 본 논문에서 사용한 블록에 대한 정합도 측정함수는 식 (3)과 같다.

식 (3)에서 사용한 특징은 최종적으로 정합된 블록의 DBD(Displaced Block Difference) 값과 정합 후보 블록간의 DBD값의 차이인 CBDD(Candidate Block DBD Difference)를 사용한다. 여기서 정합도 측정함수  $C(\psi, \omega)$ 에 비례하는 CBDD값은 정합될 수 있는 후보 블록간의 차이가 클수록 정확한 정합이 이루어진다는 사실을 이용한 것이다.

$$C(\psi, \omega) = \psi \cdot (1 - CM_{MDD}(B_i)) + \omega \cdot CM_{CBDD}(B_i) \quad (3)$$

where  $0 \leq \psi, \omega \leq 1, \psi + \omega = 1, 0 \leq C(\psi, \omega) \leq 1$

$$CM_{MDD}(B_i) = \frac{DBD_{min}(B_i)}{DBD_{max}}$$

$$CM_{CBDD}(B_i) = \frac{1}{DBD_{max}} \cdot \frac{1}{k} \sum_{t=1}^k |DBD_{min}(B_i) - DBD_{min}(B_i^{t,candidate})|$$

$$DBD(x, y) = \frac{1}{N \times N} \sum_{t=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} |I_t(i, j) - I_{t+1}(i+x, y+j)|$$

식 (3)에서  $CM_{MDD}$ 는 최종적으로 정합된 블록의 정규화된 DBD값이며  $CM_{CBDD}$ 는 정합 될 후보 블록간의 DBD 값 차이의 합을 정규화 한 값이다. 이 때 k는 후보 블록의 DBD 값에 따라 오름차순 정렬한 뒤 DBD 값이 작은 순서 대로 선택한 후보블록의 개수이다. 그리고  $\psi, \omega$ 는 각각의 특징이 정합도 측정함수에 기여하는 정도를 반영하는 가중치이다.  $I_t$ 는 t 시점의 입력영상을 나타내고  $N \times N$ 은 블록의 크기를 의미한다.

if  $C(\psi, \omega) > TH_{Correct}$  then correct & stop (4)  
otherwise incorrect & continue

식 (4)는 정합도 측정함수 값에 따른 탐색진행여부를 결정하는 식으로서  $C(\psi, \omega)$ 값이 정확도 임계값인  $TH_{Correct}$ 을 넘으면 정합이 정확히 수행되었음을 말하고 현재 블록에 대한 정합을 마치게 된다. 만약 그렇지 않다면 control 결정 및 이동, 정합도 측정과 같은 일련의 단계를 반복한다. 이 때 control 이동의 진동(Oscillation)을 막기위해 정합을 시도한 블록에 대해서는 마킹(marking)을 하게 된다. control을 이동해 나갈 때 마크가 없는 블록에 대해서만 정합을 시도하게 되고 모든 블록에 대해 마크가 존재하게 되면 알고리즘을 종료하게 된다.

그림 2는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 도식적으로 나타낸 것이다. 그림 2에서 (a)는 적절한 탐색 레이어를 결정하

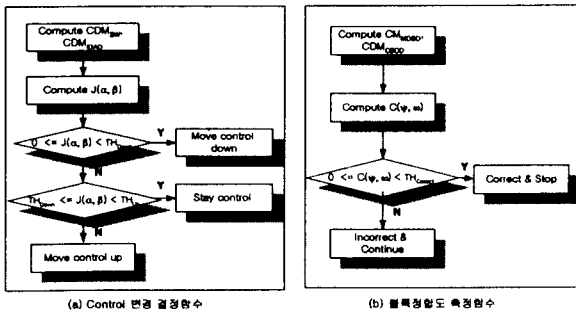


그림 2. 제안한 알고리즘

는데 사용하는데 필요한 control 변경 결정함수를 나타내고 (b)는 블록에 대한 정합도를 측정하는 정합도 측정함수를 순서대로 보여주고 있다.

3. Control Strategy 의 비교

본 논문에서는 Dynamic control strategy 를 사용한다. 이것은 기존의 계층적 정합 알고리즘에서 사용하는 순차적인 control 이동과 비교해서 블록의 상황에 따라 적절한 탐색 레이어를 결정하는 방식이기 때문에 control 이동이 동적으로 일어난다. 따라서 정합오류전과를 막을 수 있고 불필요한 탐색회수를 줄여 시간 복잡도를 줄일 수 있는 장점이 있다. 그림 3은 기존 방법의 순차적인 control 이동과 본 논문에서 제안한 dynamic control 이동 경로를 도식적으로 나타낸 것이다.

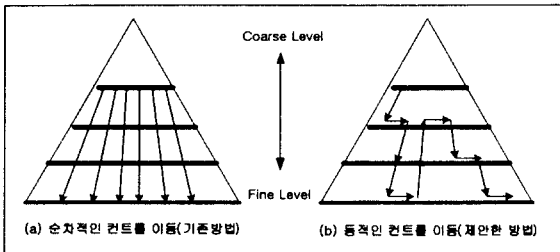


그림 3. Control Strategy 의 비교

4. 실험 및 결과

본 논문에서는 그림 4와 같은 실험영상에 대해서 기존 블록정합 알고리즘인 전역탐색알고리즘과 제안한 블록정합 알고리즘을 각각 적용했다. 실험영상은 오른쪽으로 패닝(Pan Right)하는 영상으로 영상 내에는 밝기 값의 분포가 균일한 영역이 포함되어 있다. 그림 5는 각각의 블록정합 알고리즘을 이용해 추출한 동작벡터를 보여주고 있다. (a)는 전역 탐색 알고리즘으로부터, (b)는 제안한 알고리즘을 통해 추출된

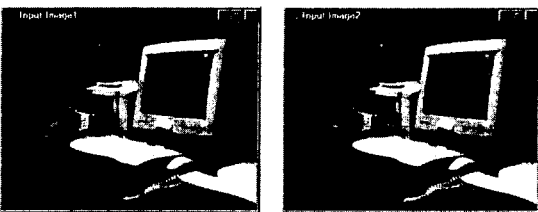


그림 4. 실험 입력영상

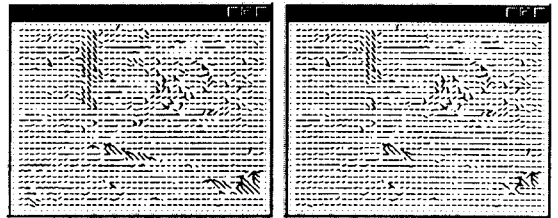


그림 5. 추출된 동작벡터

동작벡터이다. 그림 5에서와 같이 균일한 영역에 대해서 기존 방법은 부정확한 정합을 보이는 반면 제안한 방법에 대해서는 비교적 정확한 정합결과를 보여주고 있다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 Coarse-to-Fine 방식과 Dynamic Control Strategy를 결합한 블록정합 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘은 영상 내에 밝기 값의 분포가 균일한 영역에 대해서 부정확한 정합을 수행하는 기존 블록정합 알고리즘의 단점을 보완하고 모든 레이어에 대해서 정합을 시도하는 기존의 계층적 블록정합 알고리즘에서 발생하는 정합오류전과 가능성과 시간복잡도가 크다는 문제점을 개선한다. 이것은 control 변경 결정함수 값에 따라 적절한 탐색 레이어를 동적으로 결정된 뒤 정합을 시도하고 정합이 완료된 뒤에는 정합 정확도를 측정해서 정합진행여부를 판단하는 방식으로 시간복잡도를 줄이며 동시에 정확한 동작벡터를 추출할 수 있다.

향후 연구과제로는 control 변경결정함수와 정합 정확도 측정함수에서 사용되고 있는 가중치와 임계값 결정을 실험적으로 부여하는 현재 방법대신 상황에 따라 적응적으로 조절할 수 있는 방법을 모색해 보는 것이다.

Acknowledgement

본 논문은 두뇌한국 21 사업 중 핵심분야 사업(E-0075)과 첨단정보기술연구센터를 통하여 과학재단의 일부 지원을 받았음

참고문헌

[1] Kyoung Won Lim, Byung Cheol Song, and Jong Beom Ra, "Fast Hierarchical Block Matching algorithm Utilizing Spatial Motion Vector Correlation", Proceedings of Visual Communications and Image processing, Vol.3024, pp. 284-291, 1997.

[2] T. Koga, K. Iinuma, A. Hirano, Y. Iijima, and T. Ishiguro, "Motion Compensated Interframe Coding for Video Conferencing", in Proc. NTC81, pp. C9.6.1-9.6.5, New Orleans, LA, November 1981.

[3] J. Feng, K. D T. Lo, H. Mehrpour and A.E. Karbowiak, "AdaptiveBlock Matching Motion Estimation Algorithm for Video Coding", Electronics Letters, Vol. 31, No. 18, pp. 1542-1543, 1995.

[4] M. Bierling, "Displacement estimation by hierarchical block-matching", Proc. Visual Comm. And Image Proc., SPIE vol. 1001, pp. 942-951, 1988.