
모션 블러에 강건한 템플릿 기반 추적을 위한 카메라 노출시간 추정 알고리즘



Camera Exposure Time Estimation for Robust Template Matching-based Tracking under Motion Blur



박영민, Youngmin Park*, 우운택, Woontack Woo**



요약 ~ 템플릿 매칭 기반 추적은 변화가 크지 않은 두 영상에서 특정 영상 패치의 자세 변화를 추정하는 알고리즘이다. 본 논문에서는 기존의 템플릿 매칭 기반 추적 알고리즘이 명확히 고려하지 않은 모션 블러의 영향을 이미지 모델에 적용함으로써 모션 블러에 대해 더욱 강건하게 될 수 있음을 보이고, 이를 위한 카메라 노출 시간 추정 방법을 제안한다. 제안된 방법은 실제 영상 시퀀스를 이용한 실험을 통해 모션 블러가 강하게 나타난 영상에서 추적이 더욱 강건하게 수행됨을 보인다.



Abstract ~ Template matching-based tracking is an algorithm which estimate motion of the template image patch between two consecutive images. This paper shows that previous efficient algorithm can be further improved by considering motion blur explicitly and proposes an camera exposure time estimation method. Through experiments with real image sequences, we show that our algorithm performs improved in existence of large amount of motion blur in terms of speed, accuracy, and robustness.



핵심어: *Computer Vision, Vision-based Tracking, Template matching, Motion Blur, Augmented Reality*



본 연구는 문화체육관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소육성사업의 연구결과로 수행되었음.

*주저자 : 광주과학기술원 정보통신공학과 박사과정 e-mail: ypark@gist.ac.kr

**교신저자 : 광주과학기술원 정보통신공학과 교수; e-mail: wwoo@gist.ac.kr

1. 서론

모션 블러(Motion blur)는 영상 처리를 어렵게 하는 요소 중 하나로, 최근 사용이 늘고 있는 저가형 웹캠 또는 모바일 장치에 장착된 카메라에서 그 정도가 더욱 강하게 나타난다. 이러한 모션 블러는 영상의 두드러진 특징, 즉, 고주파 영역을 약화시키는 특성이 있다. 따라서 고주파 영역에서의 특징점 추출을 사용하는 일반적인 영상 기반 추적 알고리즘은 모션 블러가 강하게 나타난 영상에서 성능이 저하된다.

본 논문은 특징점 추출에 의존하지 않고 영상 패치 자체를 이용한 영상 간 추적을 수행하는 템플릿 매칭 기반 추적 방법 [1]에 기반하여 모션 블러를 명확히 고려할 수 있음을 보인다. 기존의 관련 연구는 템플릿 영상 패치에 모션 블러를 생성하여 카메라 영상과 매칭하는 방법을 사용하였다 [2][3]. 반면에, 본 논문에 제안된 방법은 그러한 부가적인 과정 없이 영상 형성 모델에 모션 블러를 고려함으로써 효과적으로 모션 블러에 대해 향상된 알고리즘을 소개하고, 이를 위해 필요한 카메라 노출 시간 추정 방법을 제안한다.

제안된 방법은 모션 블러가 강하게 나타난 실제 영상에서 템플릿 기반 추적을 더욱 강건하게 수행함을 보였다.



2. 본론

본 논문에 제안된 추적 알고리즘은 Efficient Second-order Minimization (ESM)에 기반을 두고 있다. ESM은 효과적인 템플릿 매칭 기반 추적 알고리즘으로, 기존의 템플릿 기반 추적 알고리즘에 비해 향상된 모션 추정 수렴성을 보인다 [1]. 하지만, 이 방식은 모션 블러를 고려하지 않으므로 모션 블러가 강하게 나타난 경우에는 추적 성능이 저하될 수 있다.

따라서 본 논문은 ESM 알고리즘의 효율성을 유지하면서 모션 블러를 고려한 모델을 적용한다. 이를 위해 다음과 같이 카메라의 셔터가 개방된 동안 추적 대상 객체가 점차적으로 촬영 및 누적됨으로써 모션 블러가 형성되는 모델을 가정하였다 [4].

$$I = \sum_{t=1}^T I_t \quad (1)$$

여기에서, I 는 예측된 현재 영상, I_t 는 현재 영상에서의 템플릿의 자세, I_t 와 I_{t-1} 은 현재 영상이 캡처되기 시작한 시간과 종료된 시간, I_t 는 템플릿 영상, I_{t-1} 는 템플릿 영상이 I_t 에 의해 변형된 영상이다.

위의 모델은 간결성을 위해 셔터가 개방된 동안 객체의 움직임을 선형적이라고 가정하였다. 이는 30Hz로 동작하는

일반적인 카메라를 가정할 때 33ms정도에 해당하는 아주 짧은 시간이므로, 이에 따른 효과는 무시할 수 있다고 가정하였다.

수식 (1)의 모델에 ESM을 적용하여 최적화를 수행하면 [4]에서 제안한 방법에 의해 다음과 같이 이전 영상으로부터 현재 영상의 템플릿의 모션을 추정할 수 있다.

$$I_t = I_{t-1} + \Delta I_t \quad (2)$$

$$\Delta I_t = I_t - I_{t-1} \quad (3)$$

여기에서, I_t 는 캡처된 실제 영상, I_{t-1} 는 수식 (1)의 모델의 자코비안, ΔI_t 는 모션이 없는 경우의 I_t 의 자코비안이다.

또한 ΔI_t 는 카메라의 노출 시간에 의한 파라미터로 다음과 같이 정의된다.

$$\Delta I_t = \sum_{k=1}^K \Delta I_{t,k} \quad (4)$$

일반적으로 실내의 경우 카메라의 셔터가 장시간 열린다. 이러한 환경에서는 ΔI_t 를 0으로 가정하여 ΔI_t 를 0.5로 추측할 수 있다. 그러나 이는 카메라 영상의 배경 변화에 의해 변화가 크기 때문에, 현 영상에 대한 계수 ΔI_t 를 올바르게 추정할 필요가 있다.

제안하는 방법은 모션 블러가 나타난 영상의 부위는 템플릿 영상과의 유사도가 높고, 인접 영역에서의 유사도는 급변하지 않는 특성을 이용한다. 즉, 모션 블러를 균등하게 분할하여 템플릿 영상을 카메라 영상으로 프로젝션 한 후, 프로젝션된 패치 각각에 대해 카메라 영상과의 NCC (Normalized Cross-Correlation)을 계산한다. 계산된 NCC는 모션 블러에 의해 자연스러운 곡선을 나타내게 되며, 이 곡선의 변곡점이 모션 블러가 나타나기 시작한 영역으로 추정한다.

이때, 균등하게 분할된 모션이 카메라 영상에서는 균등하게 나타나지 않으므로 다음과 같이 프로젝션된 궤적 대비 변곡점이 나타나는 지점의 길이를 계산한다.

$$I_t = \sum_{k=1}^K I_{t,k} \quad (5)$$

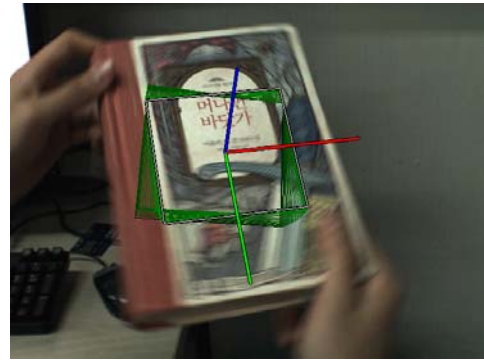
여기에서, I_t 은 템플릿 모션 블러를 분할한 수, $I_{t,k}$ 은 변곡점

이 발견된 분할 위치, z 값과 x, y 값은 템플릿의 중심점을 z 값과 z 로 프로젝션 했을 때 두 점의 거리를 계산하는 함수이다.

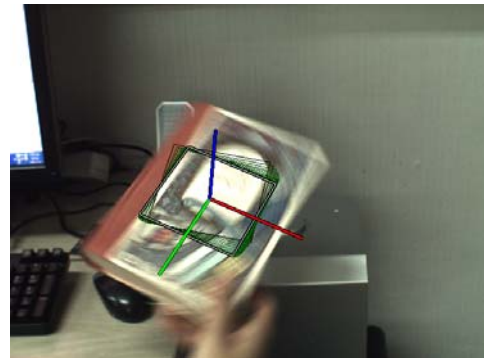
3. 결과

구현된 알고리즘은 3.2GHz CPU의 컴퓨터에서 실험하였다. 실험에 사용한 추적 객체는 그림 1의 책 표지의 중앙부, 10×10 cm 를 템플릿으로 사용하였다. 실험에 사용된 카메라는 640×480 해상도의 영상의 30Hz로 획득하며, 카메라의 셔터 속도는 자동 설정되도록 하였다.

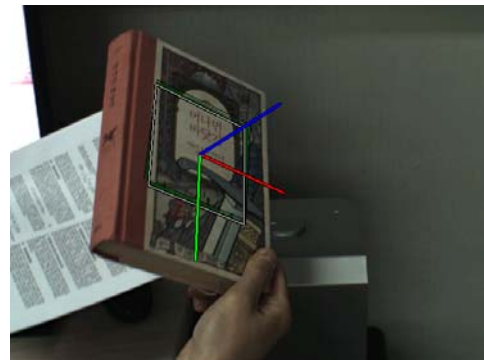
그림 1은 추적 결과를 보여준다. 카메라와 책의 거리, 배경에 나타난 물체에 의한 영상 전체의 밝기에 의해 셔터 속도가 변하며, 이에 따른 추정된 셔터 속도를 기재하였다.



(a)



(b)



(c)

그림 1 제안된 알고리즘을 이용한 추적 결과. 영상 별 추정된 노출 시간 (a) 19ms (b) 29ms (c) 17ms

표 1은 제안된 알고리즘과 기존의 ESM 알고리즘을 비교한 결과이다. Standard ESM은 [1]에서 제안된 알고리즘이며, 모션 블러를 고려한 알고리즘은 ESM-Blur, 제안된 카메라 노출 시간 추정 알고리즘을 EE (Exposure Time Estimation) 으로 표기하였다. 비교 결과, 노출 시간 추정이 적용된 경우, 추적이 더욱 강건하게 되었음을 알 수 있다.

표 1 알고리즘 별 추적 실패 횟수. ES : Exposure Estimation

알고리즘	추적 실패 횟수
Standard ESM	23
ESM-Blur (without ETE)	17
ESM-Blur (with ETE)	13



4. 결론

본 논문에서는 기존의 템플릿 매칭 기반 추적 알고리즘에 모션 블러를 명확히 고려함으로써 모션 블러에 대해 강건함을 향상시킬 수 있음을 보였고, 제안된 카메라 노출 추정 알고리즘을 적용함으로써 더욱 강건하게 동작함을 보였다.



참고문헌

[1] E. Malis, Improving vision-based control using efficient second-order minimization techniques. In ICRA' '04.

[2] H. Jin, P. Favaro, and R. Cipolla, Visual tracking in the presence of motion blur. In CVPR' '05.

[3] C. Mei and I. Reid, Modeling and generating complex motion blur for real-time tracking. In CVPR' '08.

[4] Y. Park and W. Woo, ESM-Blur: Handling & Rendering Blur in 3D Tracking and Augmentation. In ISMAR' '09.