

Optical flow를 이용한 영상의 흔들림 보정 알고리즘 개발

조경래* · 도덕희[†] · 김홍엽** · 진광자*** · 김도현***

Development Robust Video Stabilization algorithm based Opticla Flow

Gyeong-Rae Cho^{*}, Deog-Hee Doh[†], Hong-Yeob Kim^{**}, Gwang-Ja Jin^{***}
and Do-Hyun Kim^{***}

Abstract An image compensating algorithm with high-vibration movement is proposed, using optical flow and the Kalman Filter. The temporal motion vector field is calculated by Optical flow and suspicious vectors are removed or adjusted by the Gaussian interpolation method. The high-vibrated vector filled is stabilized by the Kalman filter. Lastly, compensated images are obtained by affine transformation. This proposed algorithm gives good compensated video images on high-vibration situations.

Key Words : Vibrating Compensation(흔들림 보정), Kalman filter(칼만 필터), Optical flow and Affine transformation(광학 흐름, 선형 변환)

1. 서론

고성능 카메라 기술의 발전에 따라 드론, 비행기, 헬륨 기구 등과 같은 비행체로부터 대상체나 영역을 관찰하고 감독하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 비행체에 부착된 카메라를 이용한 관측방법은 넓은 시야를 가지고 많은 정보를 얻을 수 있는 장점이 있지만, 장비나 바람과 같은 여러 가지 요인에 의해 많은 흔들림이 존재한다.

이러한 흔들림은 자이로스코프 또는 가속도계 등을 이용하여 보정 하는 광학적 흔들림 보정 방법과 영상으로부터 흔들림을 계산하고 보정 하는 전자식 흔들림 보정 방법이 있다.

전자식 흔들림 보정 방법은 흔들림을 정확히 계측하고 이를 바탕으로 영상처리 방법을 이용하여 흔들림을 보정한다.

정확한 흔들림 보정을 위해 물체의 영역 이동량을 계산하는 방법^[1], 에지 영상을 매칭 하여 흔들림을 계산하는 방법^[2], 상호상관에 의한 벡터를 이용하여 흔들림 양을 측정하는 방법^[3] 등 다양한 방법들이 사용된다.

본 연구에서는 상호상관에 바탕을 둔 Optical Flow 기능을 이용하여 흔들림을 계측하고, 계측된 값들에 존재하는 오차를 제거, Kalman filter를 이용하여 흔들림을 완화하고, 이를 바탕으로 영상의 흔들림을 보정하는 알고리즘을 개발 하였다.

[†] Korea Maritime & Ocean University
E-mail: doh@kmou.ac.kr

^{*} Korea Maritime & Ocean University
E-mail: vpsascal@kmou.ac.kr

^{**} Korea Maritime & Ocean University

^{***} ETRI (Intelligent Positioning and Navigation Research Section)

2. 흔들림 보정 알고리즘

CCTV와 같이 고정된 카메라 관측과 달리 하늘에 떠있는 비행체는 바람과 같은 외부요인에 의해 심한 흔들림이 존재한다. 이러한 흔들림을 보정하기 위해서는 먼저 영상 전체에 대한 흔들림을 예측하고, 이를 바탕으로 흔들림이 완화된 영상을 생성하여 제공해야 한다.

본 연구에서는 이를 위해 다음과 같은 단계를 거쳐 영상을 보정하는 알고리즘을 개발하였다.

- a. 영상의 흔들림 계측
- b. 오차제거 및 보간
- c. Kalman filter에 의한 흔들림 완화
- d. 흔들림 보정된 영상의 생성.

2.1 영상의 흔들림

영상의 흔들림은 연속된 두 영상간의 이동량으로 판단할 수 있다. Optical flow는 이러한 이동량을 구하는데 최적의 알고리즘이다. Fig. 1은 헬륨기구에 장착된 고성능 카메라로 관측대상을 확대하였을 때의 흔들림 영상이다. 일정한 간격으로 영상 전체에 대하여 흔들림 양을 계산하였다. 이때, 상호상관에 의한 이동량 벡터를 계산하는 방법^[3]을 적용하였다.

2.2 오차제거 및 보간

계산된 벡터장에는 영상의 정보나, 흔들림 정도에 따라 오차가 발생하고, 이러한 오차를 제거하기 위하여 본 연구에서는 인접한 8개 주위벡터들과의 변화량을 기준으로 오차를 판단하는



Fig. 1. Calculated Vector field by Optical flow



Fig. 2. Remove suspicious vectors and Interpolate Gaussian method

다음 판별식 (1)을 이용하여 오차를 제거 하였다.

$$D = \frac{\sum |u_i - u_0|}{\sum u_i} \quad (1)$$

여기서, u_0 는 현재 판별하고자 하는 벡터이고, u_i 는 주변의 벡터들이다. 평균값에 대한 변화량이 클 경우 (본 연구에서는 50%) 오차 벡터로 판단하고, 벡터를 제거하게 된다.

제거된 벡터는 정상인 벡터들을 이용하여 가우시안 보간방법^[4]에 의해 수정하였고, 아래 식 (2)를 적용하였다.

$$u = \frac{\sum \alpha_i \cdot u_i}{\sum \alpha_i}, \quad \{\alpha = e^{-d^2/\sigma^2}\} \quad (2)$$

여기서, σ 는 매쉬 간격을 기준으로 하였으며 그 결과는 Fig. 2에서 보여주고 있다. Fig. 1에 존재했던 오차벡터들이 사라지고 주위값을 이용해 보간된 벡터로 채워졌음을 알 수 있다.

2.3. 칼만 필터에 의한 흔들림 보정

카메라를 이용하여 대상체를 지속적으로 관측하고 있는 상태에서 흔들림 보정을 위해서는 흔들림 양을 예측하고, 이를 완화하여 영상으로 표현함으로써 사용자가 흔들림을 보다 적게 관측하는데 그 목적이 있다. 칼만 필터기법은 이러한 시계열 자료를 이용한 필터링 기법이다.

먼저 시스템 방정식은 시간 k 에서 상태벡터를 x_k 와 이전 시점의 상태벡터 x_{k-1} , 백색잡음 w_k 로 다음 식 (3)과 같이 표현된다.

$$x_k = Ax_{k-1} + w_k \quad (3)$$

여기서, A 는 시간 $k-1$ 시점에서 k 시점의 상태로 전이시키는 전이행렬이고, w_k 는 상태벡터의 오차로서 일반적으로 평균은 0이고, 공분산이 Q 인 공분산을 따른다고 가정한다.

또 관측방정식은 관측치에 대한 표현으로 시간 k 에서의 상태벡터 x_k 에 관측치에 대한 백색잡음 v_k 를 고려한 아래 식(4)와 같이 선형 결합으로 표현된다.

$$z_k = Hx_k + v_k \quad (4)$$

여기서, z_k 는 관측벡터이고, v_k 는 평균이 0이고 공분산이 R 인 정규분포로 가정한다. H 는 상태벡터를 관측벡터로 전이시키는 관측 전이행렬이다. 칼만 필터기법은 예측치와 관측치가 가지고 있는 오차정보를 이용하여 상태변수를 예측하는 방법으로 각각 오차의 공분산이 칼만 이득

의 결정에 큰 기여를 하고, 칼만이득에 비례하여 예측치를 변화시키는 방법으로 이에대한 적용과정은 Kalman (1960)^[5]에 보다 상세히 기술되어 있다.

Fig. 3은 영상의 중심에서 x, y 방향으로 흔들림과 이러한 흔들림에 칼만필터를 적용했을 때의 결과를 보여주고 있다. 이와 같이 칼만 필터를 이용하여 영상에서 계속된 흔들림에 비교하여 충분히 보정된 벡터장이 구해진다.

2.4 영상변환

보정된 벡터장을 이용하여 아래 식 (5)로 표현되는 선형변환을 이용한 영상보정을 수행하였다.

$$\begin{aligned} x' &= a_{11}x + a_{12}y + a_{13} \\ y' &= a_{21}x + a_{22}y + a_{23} \end{aligned} \quad (5)$$

여기서, (x,y) 는 변형될 영상좌표계이고, (x',y') 은 변형후 영상좌표계이다.

Fig. 4는 선형 변환 전과 후의 영상을 보여주고 있다. 전체적으로 영상이 조금 변환되었으며, 이로부터 흔들림을 보정해주는 결과를 얻을 수 있다.

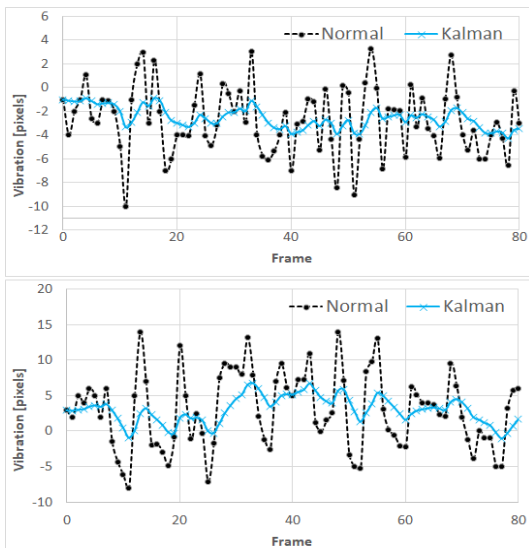


Fig. 3. Stabilization on image vibration with Kalman filter



Fig. 4. Results of Image Transformation.

이와 같은 방법으로 얻어진 흔들림이 보정된 결과 영상들에 원본영상과 같은 Optical Flow를 이용하여 영상의 흔들림 양을 계산하였다.

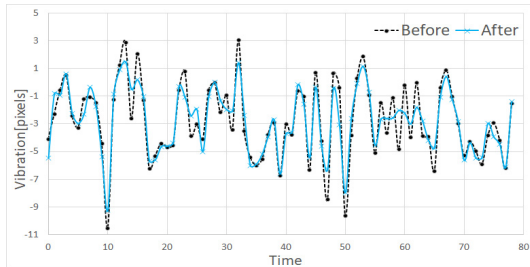


Fig. 5. Results of Stabilization algorithm : y axis vibration before and after stabilization algorithm

Fig. 5는 영상의 중심부에서 계산된 흔들림 양을 보여주고 있다. 그림은 시간에 따른 y축방향의 흔들림 양으로 60프레임 근방에서 보이는 것처럼 높은 주파수에 대하여 우수한 영상 보정효과를 보이고 있다.

결론적으로 보정 전과 후의 흔들림 분산치를 비교했을 때 x축 방향으로 약 15%, y축 방향으로 약 11%의 보정효과를 얻을 수 있었다.

3. 결론

영상 패턴의 차이로부터 이동량을 계측하는 Optical Flow 기능을 이용하여 영상의 흔들림 벡터장을 구하였다. 구해진 벡터장에서 오차 제거 및 보간을 수행하였으며, 칼만 필터를 이용하여 흔들림 벡터장을 보정했다.

보정된 벡터장을 이용하여 영상변환을 수행하였으며, 이로부터 전체 흔들림의 10~15% 보정된 효과를 얻었다.

본 연구에서 개발된 알고리즘을 이용하여 비행체로부터 획득된 높은 주파수의 흔들림을 개선하고, 개선된 결과로부터 물체의 인식 및 추적의 성능개선에 기여 할 수 있을 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부의 출연금 등으로 수행하고 있는 한국전자통신연구원의 정보통신·방송연구개발사업(특정연구개발사업 등) 위탁 연구과제 및 엘지전자(주)의 연구용역 과제 연구 결과입니다.

REFERENCE

- 1) Ko, S.J., Lee, S.H., Jeon, S.W. and Kang, E.S., 1999, "Fast digital image stabilizer based on gray-coded bit-plane matching." IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 45, pp. 598-603
- 2) Paik, J.K., Park Y.G. and Kim, D.W., 1992, "An adaptive motion decision system for digital image stbilizer based on edge pattern matching.", IEEE, Trans. Consumer Electronics Vol. 38, pp. 607-615.
- 3) Uomori K., Morimura, A., Ishii, H., Sakaguchi, T. and Kitamura, Y., 1990, "Automatic image stabilization system by full-digital signal processing," IEEE Trans. Consumer Electronics Vol. 36, pp.510-519.
- 4) 김인철, 최은미, 오휘경, 2012, "연속 자유 공간에서 가우시안 보간법을 이용한 보행자 위치 추적", 정보처리학회논문지B 19권 3호, pp. 177-182.
- 5) Kalman, R.E. 1960, "A new approach to linear filtering and prediction problems.", Transactions of the ASME-Journal of Basic Engineering, No. 82 (Series D), pp.35-45.