

평균영상을 이용한 블랙박스 카메라의 기하왜곡 보정 기법

정준영, 박인규

인하대학교 정보통신공학과

{cheongjunyoung@gmail.com, pik@inha.ac.kr}

Radial Distortion Correction for Black box Camera Using Average Image

Jun Young Cheong and In Kyu Park

Department of Information and Communication Engineering, Inha University

요 약

본 논문에서는 블랙박스 카메라에 적합한 기하왜곡 보정 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 정교한 카메라 보정 기법 없이 카메라 중심점을 지나는 직선주행 평균 영상에 나타나는 소실점과 카메라 중심점의 기하학적 관계와 기하왜곡에 의해 왜곡된 소실선을 특징으로 한 향상된 Hough 기법을 이용하여 기하왜곡된 블랙박스 카메라 영상에 대한 단일 기하왜곡 매개변수 모델을 추정한다. 제안하는 기법은 각각의 기하왜곡 매개변수 후보들에 의해 보정된 영상의 소실선들에 대한 에지픽셀들의 향상된 Hough 기법의 투표과정을 통한 최적의 후보선출 과정, 선출된 기하왜곡 매개변수를 초기변수로 최다 투표된 소실선들에 대한 에너지함수 최적화 과정, 최적의 기하왜곡 매개변수를 추정하여 왜곡된 블랙박스 카메라 영상보정 과정으로 이뤄진다.

1. 서 론

최근 다양한 교통사고 및 사건의 증거물로서 블랙박스 카메라의 중요성이 높아지고 있다. 이에 맞춰 블랙박스 카메라의 수요는 이미 우리일상에서 손쉽게 접할 수 있는 보편화된 기기로 자리잡을 정도로 크게 증가하였다.

차량에 이용되는 보편화된 저가형 블랙박스 카메라들은 관측 시야(field of view)를 넓히기 위해 일반 카메라의 렌즈보다 왜곡이 큰 렌즈를 이용한다. 이러한 렌즈를 이용해 기록한 영상들은 렌즈에 의한 왜곡으로 인해 영상의 기하학적인 정보를 올바르게 제공할 수 없으며 이러한 문제를 해결하기 위해 다양한 카메라 보정 기법이 소개되었다. 하지만 이러한 보정 기법들은 일반 대중들이 쉽게 접근하기 힘들고 보편적인 블랙박스 카메라들은 카메라 보정 기능을 제공하고 있지 않다.

M. Aleman-Flores [1]은 입력영상만을 이용하여 보다 간편한 렌즈에 의한 영상왜곡을 보정하는 향상된 Hough 변환 방법을 제안하였다. 하지만 해당 기법은 입력영상에 존재하는 직선을 기반으로 렌즈왜곡 모델의 매개 변수를 측정하는 기법으로 올바른 측정을 위해 충분한 길이의 직선이 영상 내에 존재해야 하고 카메라 중심점을 임의로 가정하므로 다양한 블랙박스 영상에 대해서 정확히 측정할 수 없다.

이에 따라 본 논문은 해당 기법의 한계점을 극복한 평균영상(average image)의 특징으로 향상된 Hough 기법을 이용하여 블랙박스 카메라에 적합한 렌즈왜곡 보정 기법을 제안한다.



그림 1. 왼쪽:입력영상, 가운데:평균영상, 오른쪽:중심점 검출

2. 본 론

2.1 평균 영상 및 카메라 중심점 계산

직선주행 영상 구간의 평균 영상 \bar{I} 을 구한다.

$$\bar{I} = \frac{1}{N} \sum_i I_i$$

여기서 N 은 프레임 개수, I_i 은 i 번째 프레임 영상을 의미한다. 평균 영상에서 고속 선분 검출기[2]를 이용하여 카메라 중심점(vanishing point)을 구한다.

2.2 소실선(Vanishing line) 기반의 향상된 Hough 변환

렌즈왜곡 변수 P 에 의해 보정된 평균영상 \bar{I} 의 에지(edge) 픽셀을 Canny 에지검출기[3]를 이용하여 검출 후 각 픽셀에 대해 다음과 같은 투표(voting)을 진행한다.

$$v = \frac{1}{1+d}$$

v 는 각 소실 선에 대한 에지 픽셀의 점수이고 d 는 소실 선과 에지 픽셀과의 거리를 나타낸다. 투표할 소실선은 카메라 중심점을 기준으로 네 픽셀 거리 안에 있고 소실점 방향으로 수렴해야 한다. 단, 소실선 이외의 선들에 대해서는 기존

Hough 변환과 동일한 투표방식을 진행한다.

2.3 초기 렌즈왜곡 변수 선택 및 최적화

가장 높은 N_{max} 개의 선들의 투표점수 합을 기준으로 합이 가장 큰 렌즈왜곡 변수 P 를 에너지함수 최적화 단계의 초기 렌즈왜곡 변수로 선택한다.

$$p = \max_{p \in P} \sum_{j=1}^{N_{max}} votes(d_{Hough_j}^p, \alpha_{Hough_j}^p, P)$$

Newton-Raphson 방법을 통해 다음의 에너지함수를 최소화하는 렌즈왜곡 변수 P' 을 구한다.

$$E(P') = \min_{P'} \sum_{j=1}^{N_{max}} \sum_i^{N_j} (\cos(a_j^{P'}) \hat{x}_{ji}^{P'} + \sin(a_j^{P'}) \hat{y}_{ji}^{P'} + d_j^{P'})^2$$

$N_j, \hat{x}_{ji}^{P'}, \hat{y}_{ji}^{P'}$ 는 각각 렌즈왜곡 변수 P' 에서 j 번째 선의 에지픽셀 개수, P' 에 대하여 보정된 j 번째 선의 i 번째 에지픽셀에 대한 x 좌표, y 좌표를 나타내며 $a_j^{P'}, d_j^{P'}$ 는 각각 원점에 대한 각도와 거리를 나타낸다.

2.4 렌즈왜곡 복원

최적화를 통해 구한 렌즈왜곡 변수 P' 을 이용하여 다음 과 같이 영상의 렌즈왜곡 보정을 진행한다.

$$k_1 = \frac{-P'}{(1+P')r_{max}^2}$$

$$x = x_c + \left(\frac{1}{1+k_1 r^2} \right) (x - x_c) \quad y = y_c + \left(\frac{1}{1+k_1 r^2} \right) (y - y_c)$$

x_c, y_c 는 카메라 중심점, x, y 는 왜곡된 영상의 좌표, \hat{x}, \hat{y} 는 왜곡 보정된 영상의 좌표, r 은 카메라 중심점부터 x, y 의 거리를 나타낸다.

3. 실험 결과

본 논문의 실험에서 이용한 블랙박스 비디오의 해상도는 510x280 이며 평균영상을 만들기 위해 150~200 프레임을 사용하였다. 또한 렌즈왜곡 변수 P 는 0 에서 3 까지 0.1 씩 증가시키며 진행하였다.

그림 2 의 실험 1 결과를 확인해보면 왜곡 변수 $p=1$ 에 대하여 가장 높은 투표 점수의 합을 보였으며 해당 값을 초기 변수로 최적화한 왜곡 변수 P 는 0.982 이다. 최종 결과 영상을 확인해보면 기존 입력 영상에 나타난 왜곡된 소실선이 사라진 것을 확인 할 수 있다. 실험 2 의 결과는 실험 1 의 왜곡 변수 보다 작은 $P=0.3$ 에 대하여 가장 높은 투표 점수의 합을 보였으며 최적화한 왜곡 변수 P 는 0.317 이다. 이러한 결과는 그림 3 의 실험 2 입력영상이 실험 1 의 입력영상보다 소실선의 왜곡이 적은 것을 시각적으로 확인하여 예상할 수 있다.

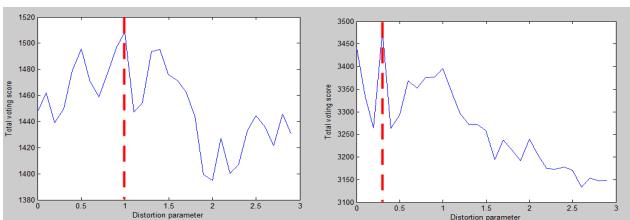


그림 2. 렌즈왜곡변수에 따른 점수그래프(좌:실험 1, 우:실험 2)

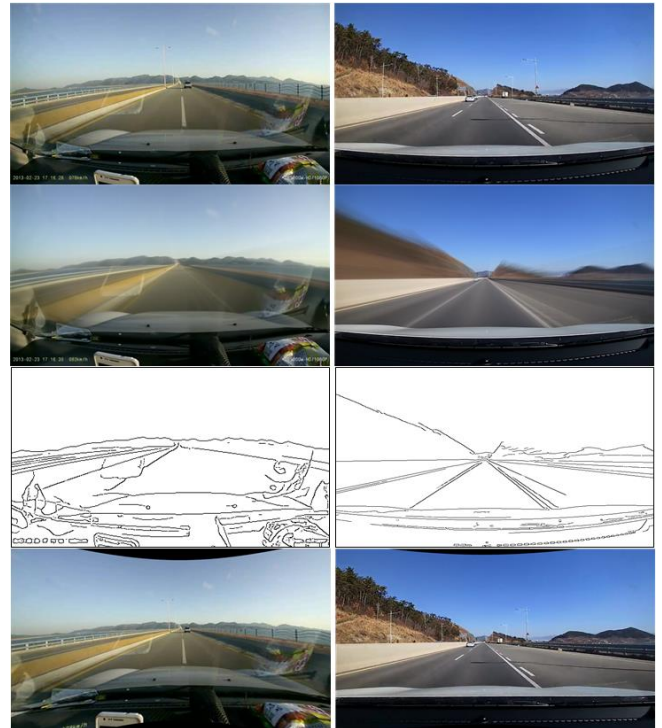


그림 3. 실험 1,2 에 대한 단계별 결과 영상 (1 행: 입력영상, 2 행: 평균영상, 3 행: 에지픽셀, 4 행:최종결과)

4. 결론

본 논문은 블랙박스 평균 영상을 이용한 렌즈왜곡 보정 기법을 제안한다. 본 기법을 통해 렌즈왜곡이 심한 블랙박스 영상에 대하여 추가적인 정보 없이 손쉽게 왜곡을 보정할 수 있으며 실험 결과를 통해 본 기법의 효용을 보였다.

Acknowledgements

본 연구는 미래창조과학부 및 한국산업기술평가관리원의 산업용 합원천기술 개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [10047078, 다시점 블랙박스 영상을 이용한 교통 사고현장 3 차원 재구성 기술개발]

참고문헌(References)

[1] D. S.-Cedr s, M. A.-Flores, L. Alvarez, L. Gomez, " Line detection in images showing significant lens distortion and application to distortion correction", Pattern Recognition Letters, vol. 36, 261-271, January 2014.

[2] G. Randall, J. Jakubowicz, J.-M. Morel, R. V. Gioi, " LSD: A fast line segment detector with a false detection control", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 32, no. 4, 722- 732, April 2010.

[3] J. A. Canny, " Computational approach to edge detection", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 8, no. 6, 679- 698, November 1986.