

# 도로 위 숫자 및 기호 인식을 위한 광각렌즈 기반 Camera Calibration 연구

강진규\*, 홍형길\*, Toan Minh Hoang \*, Husan Vokhidov\*, 박강령\*<sup>1</sup>, 조형오\*\*

\*동국대학교 전자전기공학과

\*\*㈜라인테크

<sup>1</sup>교신저자(e-mail: parkgr@dgu.edu)

## 요약

본 논문에서는 도로 위 숫자 및 기호인식에 적합한 Calibration Model에 대하여 연구하였다. 기존에 제시된 Geometric Transform, Fisheye Projection, Caltech Toolbox 기반 방법으로 얻은 Calibration Model의 성능을 비교하였다. Geometric Transform은 Fisheye Distortion Correction에 부적합한 결과를 얻었고, Fisheye Projection은 성능은 좋으나 시스템에 사용할 Camera Lens의 Specification을 모르기 때문에 이를 예측해야 하는 단점이 있다. 마지막으로 Caltech Toolbox 기반 방법은 Calibration을 위한 Keypoint를 수동으로 지정하다 보니까 이로 인한 오차가 존재하게 된다. Calibration을 시도 할 때마다 결과에 차이가 있었으며, Calibration 결과의 측면에서 Fisheye Projection이 가시적으로 가장 좋은 결과를 나타냈다.

**Keywords :** Fisheye, Calibration, Distortion Correction, Geometric Transform, Projection

## 1. 서론

본 연구는 도로 위 숫자 및 기호 인식을 위한 시스템 개발의 선행 연구이다. 도로 위 숫자 및 기호는 크기가 커서 일반적인 카메라 렌즈로 취득한 영상에는 다 포함되지 않는다. 이를 해결하기 위하여 Fisheye Lens의 사용이 고려된다. 하지만 Fisheye Lens는 비선형 방사왜곡(Radial Distortion)이 생기는 문제점이 있다[1]. 이는 일반 렌즈와 같이 활용하고자 할 때 중요한 오류 요소가 된다. 따라서 Fisheye Lens의 왜곡을 보정(Calibration)하는 방법에 관하여 많은 연구가 진행되고 있다.

Fisheye Lens는 비선형 방사왜곡을 가지고 있기 때문에 Lens와 환경에 적합한 Calibration을 해야 한다. 즉, 본 연구는 해당 시스템에 적합한 Calibration Model을 찾기 위함이 목적이다. Calibration Model 중 기하학적 변형(Geometric Transform), Fisheye 투영법(Fisheye Projection) 그리고 Caltech Toolbox 기반 방법을 중심으로 성능을 비교 평가하였다.

## 2. 어안렌즈 왜곡 보정 모델

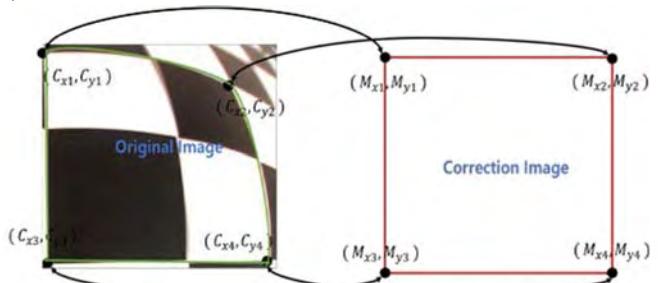
### I. 기하학적 변형 (Geometric Transform)

기하학적 변형은 두 사각형 사이의 변환 관계를 8개의 미지수를 포함한 선형 변환 행렬에 의해 구하는 방법이다[2]. 그림 1과 같이 원본 영상(좌)의 임의의 4 점( $C$ )을 결과 영상(우)의 4 점( $M$ )으로 각각 사상시킬 수 있다. 위 기하학적 변형을 수식으로 표현하면 식(1)과 같다.

$$C = T \cdot M \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} C_{x1} & C_{x2} & C_{x3} & C_{x4} \\ C_{y1} & C_{y2} & C_{y3} & C_{y4} \\ C_{x1}C_{y1} & C_{x2}C_{y2} & C_{x3}C_{y3} & C_{x4}C_{y4} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & c & d \\ e & f & g & h \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_{x1} & M_{x2} & M_{x3} & M_{x4} \\ M_{y1} & M_{y2} & M_{y3} & M_{y4} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

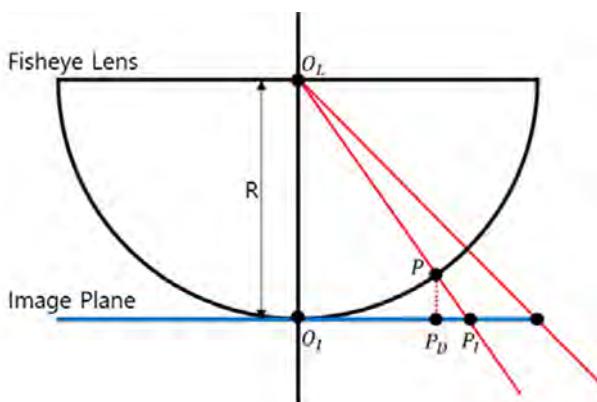
식 (1)에서 그림 1과 같이 4 점을 기준으로 한 영역의 기하학적 변형을 나타내는 행렬  $T$ 를 얻을 수 있다.



(그림 1) 기하학적 변환 개념도

### II. Fisheye 투영법 (Fisheye Projection)

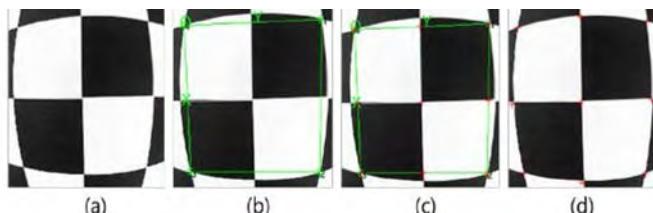
Fisheye 투영법은 카메라 좌표계와 현실 좌표계의 연관성을 수학적으로 해석한 방법이다[3, 4]. 따라서, 카메라와 Lens의 Specification을 정확히 알고 있어야 한다. 그림 2에서  $P_D$ 는 왜곡되어 상이 맷한 부분이고,  $P_I$ 는 실제 상의 위치이다. 이 두 점의 관계식을 이용하여 Calibration하는 것이 Projection Model이다.



(그림 2) Fisheye Projection 개념도

### III. Caltech Toolbox 기반 방법

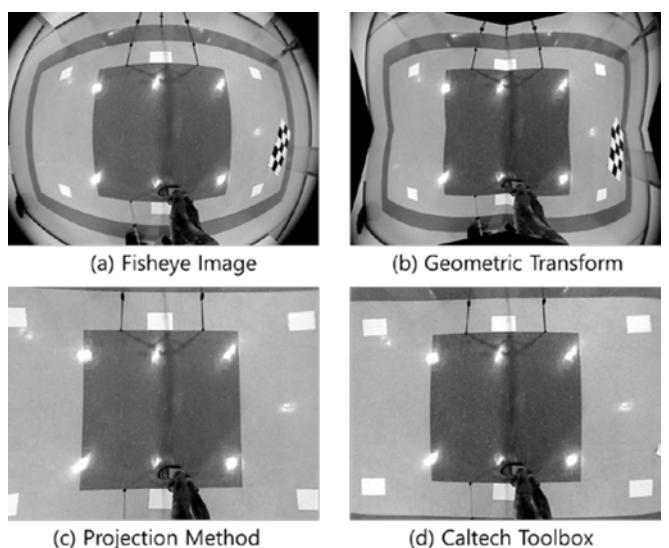
Caltech Toolbox 기반 방법은 Calibration 을 위한 keypoint 를 수동으로 지정하는 Manually Calibration 이 가능하다[5]. 그림 3 은 Manually Calibration 과정이다. 그림 3 의 (a)의 입력영상에 (b)와 같이 4 개의 특징 점을 직접 입력하여 Calibration 할 영역을 정의한다. 영역 안의 Chessboard Size 와 Block 수를 입력하면 (c) 와 같이 특징 점이 찍힌다. 그리고 사용자가 임의의 값으로 Distortion Value 를 예상하여 입력하면 (d)와 같이 특징 점들이 움직인다. 이러한 과정을 반복하여 Manually Calibration 을 할 수 있다.



(그림 3) Manually Calibration 과정

### 3. 실험 결과

도로 위 숫자 및 기호 인식을 위한 Calibration Model 을 찾기 위해 위 3 가지 Model 을 적용해 보았다. 그림 4 는 Calibration 결과이다. (b)의 Geometric Transform 은 영상의 중심을 기준으로 4 개 와 16 개 영역으로 분할하여 각각의 Transform Matrix 를 구하여 적용하였다. 결과 영상을 보면, Calibration 후에도 왜곡이 남아 있음을 확인 할 수 있다. (c)의 Projection Method 는 Lens 의 Specification 에 의존성이 크다. 실험에 사용한 Fisheye Lens 의 Specification 에 대한 정보가 없으므로 이를 heuristically 예측하여 사용하였다. (d)의 Caltech Toolbox 기반 방법은 영상에서 직접 특징 점을 수동으로 찾아 Calibration 을 하기 때문에 Distortion Value 를 신뢰 할 수 있다. 하지만 미세한 컨트롤이 불가능 하여 그림에서 나타나듯이 본래의 직선이 곡선형태로 나타나는 문제점이 있다. 그림 4 에서 나타난 것처럼, Fisheye Projection 방법이 가시적으로 가장 좋은 Calibration 결과를 나타낼 수 있다.



(그림 4) Calibration 결과

### 4. 결론

일반적으로 도로 위 숫자 및 기호는 그 크기가 커서 일반적인 카메라 렌즈로 영상 취득 시, 입력 영상 내에 모두 포함되지 않는 문제점이 있다. 이를 해결 하기 위하여 본 연구에서는 Fisheye Lens 기반 영상 취득 방법에서 다양한 Calibration 방법들의 성능을 비교하였다. 실험결과, Fisheye Projection 방법이 가시적으로 가장 좋은 Calibration 결과를 나타냄을 알 수 있다. 향후, 본 Calibration 방법을 적용하여, 실제 도로 위 숫자 및 기호 영상 보정 및 인식 연구를 수행할 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENTS

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2014 년도 산학연협력 기술개발사업(No. S-2014-A0013-00018)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

### REFERENCE

- [1] [https://en.wikipedia.org/wiki/Fisheye\\_lens](https://en.wikipedia.org/wiki/Fisheye_lens) (accessed on September 7, 2015)
- [2] J.H. Lee, J.S. Choi, E.S. Jeon, Y.G. Kim, Toan Thanh Le, K.Y. Shin, H.C. Lee and K.R. Park, "Robust pedestrian detection by combining visible and thermal infrared cameras," Sensors, Vol. 15, No. 5, pp. 10580-10615, 2015
- [3] D.G. Kim, "Digital zoom technique using fisheye lens-based computational imaging," Doctoral Thesis, Chungang University, Seoul, 2015
- [4] E.Schwalbe, "Geometric modelling and calibration of fisheye lens camera systems," Proc. of the 2nd Panoramic Photogrammetry Workshop, Int. Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol.36, Part 5, 2005.
- [5] [http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib\\_doc/index.html#examples](http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/index.html#examples) (accessed on September 7, 2015)