

# 도로영상에서 허프변환과 무한원점을 이용한 카메라 위치 및 자세 추정 알고리즘

## The estimation of camera's position and orientation using Hough Transform and Vanishing Point in the road image

채정수\*, 최성구\*\*, 노도환\*\*\*  
 Jung-Soo Chae, Seong-Gu Choi, Do-Whan Rho

**Abstract** - Camera Calibration should certainly be achieved to take an accurate measurement using image system. Calibration is to prove the relation between an measurement object and camera and to estimate twelve internal and external parameters. In this paper, we suggest that an algorithm should estimate the external parameters from the road image and use a vanishing point's character from parallel straight lines in a space. also, we use Hough Transform to estimate an accurate vanishing point. Hough Transform has one of the advantages which is an application for each road environment. we assume a variety of environments to prove the usability of a suggested algorithm and show simulation results with a computer.

**Key Words** : Camera Calibration, Vanishing point, Hough Transform .Calibration frame

### 1. 장 서 론

영상시스템을 이용하여 외부환경을 재측하기 위해서는 자신의 정보를 인식하기 위한 카메라 교정이 선행되어야 한다. 카메라 교정이란 공간상 계측대상과 카메라에 의해 결정되는 영상의 상관관계를 규정하는 것을 말한다. 카메라 교정파라미터는 카메라 시스템 자체가 지니는 전기적, 광학적 특성을 나타내는 내부 파라미터와 카메라의 위치 및 자세를 나타내는 외부 파라미터로 분류한다.

기존의 카메라 파라미터 추정방법은 계측 환경에 기지점을 참조하는 방법과 공간상의 기하학적 모델에서 얻을 수 있는 불변 특징량을 이용하는 방법 등이 있다.

불변 특징량을 이용하는 방법으로서 무한원점 개념을 이용한 방법이 다양하게 연구되어지고 있다. 무한원점 개념에 의한 교정 파라메타 추정은 3차원 공간상에 교정 프레임을 배치하고 프레임의 특성으로부터 획득되는 무한원점을 이용하여 교정 파라메타를 추정하는 방법이 제안되고 있다.[1] Magee와 Aggarwal은 공간상에 정육면체의 교정 frame을 배치하여 정육면체에 의해 형성되는 평행선쌍을 이용한 무한원점 추정법을 제안하여 카메라의 교정을 행하였다.[2] Caprile와 Torre는 카메라의 교정 파라메타를 내부파라메타와 외부파라메타로 분류하여 각각을 정육면체와 평면패턴(planar pattern)의 교정 frame에 의한 무한원점 추정법으로 교정을 행했다.[3]

위의 제안방법들은 6개이상의 설정 프레임 정보가 요구된다.[4] 본 논문에서는 설정 프레임을 1개만으로 교정을 행하기 위해서 공간상의 영상으로부터 Hough 변환을 이용한다. Hough 변환을 이용하여 무한원점을 추정하여 교정파라미터를 추정할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 제안한 알고리즘의 유용성을 입증하기 위해 도로영상을 이용하여 실험한 결과를 제시한다.

### 2. 장 카메라 시스템 구성

영상 시스템은 3차원 공간상의 점이 렌즈 중심으로 투영되는 핀 홀 카메라를 모델로 하였다. 그림 1.은 3차원 공간상에 존재하는 계측 대상과 카메라의 관계를 나타내는 좌표를 나타낸 것이다.

카메라 좌표계는 기준 좌표계로부터 H 높이에 카메라의 렌즈 중심을 원점으로 하고, 카메라의 광축을 Z로 한다.

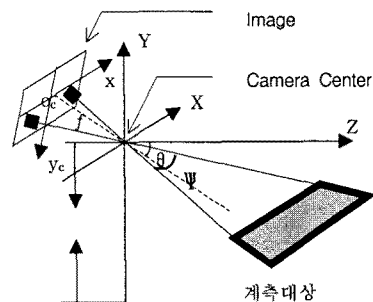


그림 1. 시스템 좌표계

이때, X,Y평면은 도로면으로 부터  $(90^\circ - \theta)$ 의 각을 이루는 평면으로 오른손 좌표계로 구성한다. 영상면은 카메라

저자 소개

- \* 準 會 員 : 全 北 大 學 電 子 情 報 工 學 部 碩 士 課 程
- \*\* 正 會 員 : 全 北 大 學 電 子 情 報 工 學 部 工 學 博 士
- \*\*\* 正 會 員 : 全 北 大 學 電 子 情 報 工 學 部 教 授 · 工 博

좌표계의 중심으로부터  $Z = -f$  에서 X,Y 평면에 평행하게  $x_c, y_c$  평면의 직교 좌표계로 구성한다. 그리고, 여기에서는 해석의 편의상 카메라 좌표계의 X,Y,Z를 공간좌표계와 동일하게 설정한다.

그림 1.에서 공간상의 계측 대상을 카메라에 의해 추정하기 위해서는 식 (1)과 같은 관계식이 필요하다.

$$x = -f \frac{\cos \theta (X - X_0) + \sin \theta (Y - Y_0)}{K}$$

$$y = -f \frac{-\sin \theta \sin \phi (X - X_0) - \cos \theta \sin \phi (Y - Y_0) + \sin \phi (Z - Z_0)}{K} \quad (1)$$

단,  $K = \sin \theta \sin \phi (X - X_0) - \cos \theta \sin \phi (Y - Y_0) + \cos \phi (Z - Z_0) - f$

단,  $(x, y)$ : 영상좌표계,  $f$ : 화면거리

$(\theta, \phi)$ : 자세  $(X_0, Y_0, Z_0)$  계측대상의 위치

식 (1)로 부터 정확히 계측이 이루어지기 위해서는 화면거리, 위치, 자세 등의 파라메타 관계가 규정되어야 한다. 이와 같은 파라메타를 구하는 것이 교정으로서 이 논문에서는 Hough 변환을 이용하여 무한원점을 추정하고 그 특성을 이용한다.

### 3.장 무한원점의 개념 및 Hough 변환

#### 3.1절 무한원점의 개념

본 절에서는 교정 파라메타 추정에 이용되는 무한원점의 개념과 특성에 관해 기술한다. 일반적으로 3차원 공간상의 점  $(x_0, y_0, z_0)$ 를 통과하는 직선 L은 다음과 같은 요소의 집합으로 나타낼 수 있다.

$$x = x_0 + tm_x$$

$$y = y_0 + tm_y, \quad (t \in R, -\infty < t < \infty) \quad (2)$$

$$z = z_0 + tm_z$$

(2)식의  $n = (n_x, n_y, n_z)^T$ 은 직선 L의 방향벡터이다.

상의 방정식을 이용하여  $t \rightarrow \infty$ 에서의 관계는 (3)식과 같다.

$$n_x = n_z \frac{x_\infty}{f}, \quad n_y = n_z \frac{y_\infty}{f} \quad (3)$$

와 같이 나타낼 수 있다. (3)식은 화상면상에서 무한원점  $(x_\infty, y_\infty, z_\infty)$ 을 구할 수 있으면, 3차원 공간상의 직선에 대한 방향 벡터  $(n_x, n_y, n_z)^T$ 를 간명히 구할 수 있다는 성질을 유추할 수 있다. 본 논문은 이 성질을 이용하여 카메라의 교정 파라메타 추정 알고리즘을 제안한다.

#### 3.2절 Hough 변환

호프변환은 공간상에 존재하는  $(x,y)$ 점을 통과하는 직선의 식을 구좌표형식으로 (4)식과 같이 표현한다. 영상 에지에 의한 직선추정을 통하여 본 논문에서는 무한원점을 구하여 교정파라미터를 구한다.

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (4)$$

### 4.장 교정파라미터 추정

#### 4.1절 화면 거리 추정

공간상에 평행이 아닌 두 직선의 방향 벡터를  $[n_{1x}, n_{1y}, n_{1z}]^T$ 와  $[n_{2x}, n_{2y}, n_{2z}]^T$ 라 하고, 이 두 직선의 무한원점을 각각  $(v_x, v_y)$ 와  $(w_x, w_y)$ 라 하면 식(5)와 같은 화면거리를 추정할 수 있다.

$$f_c = -(v_x w_x + v_y w_y) \quad (5)$$

식(5)는 공간내에 직교하는 두직선이 존재 할때, 무한원점으로부터 화면거리를 쉽게 추정 할 수 있음을 알 수 있다.

#### 4.2 자세 추정

영상면상의 무한원점  $(v_x, v_y, -f_c)$ 이 구해지면, 공간상에서 직선의 방향 벡터는 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$[n_x, n_y, n_z]^T = [k v_x, k v_y, -k f_c]^T \quad (6)$$

$$\text{단, } k = \frac{1}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + f_c^2}}$$

위 식은 공간내 직선의 무한원점 좌표와 화면거리를 알면 직선의 방향 벡터를 간단히 구할 수 있음을 보여준다.

#### 4.3 위치 추정

그림 2.에서 공간상의 직선 ab위의 점 a와 그 상  $\bar{a}$ 를 점 b와  $\bar{b}$ 의 기하학적 관계로부터 식(7)의 위치를 추정할 수 있다.

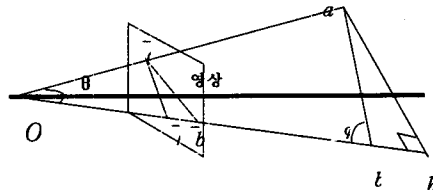


그림 2. 위치계측

$$\vec{a} = \frac{|\vec{a}|}{|\vec{a}|} \vec{a} = \frac{|\vec{ob} \times \vec{ob}|}{|\vec{ob} \times \vec{oa}|} \vec{oa} \quad (7)$$

위 식은 공간상에서 방향 벡터를 알고 있는 직선상의 두점이 투영된 영상면상의 영상과 화면거리를 알면 공간상의 점의 위치를 결정할 수 있다.

#### 4.4절 Hough 변환을 이용한 교정

상기 절의 교정 파라메타 관계식들로부터 교정을 하기 위해 요약하면 다음과 같다.

- (1) 평행인 직선이 공간 상에 두개 존재 할 때 영상면 위의 교점이 무한원점이다.
- (2) 공간상에서 직교하는 두 직선으로부터 화면거리를 구할 수 있다.
- (3) (1)(2)에 의한 무한원점과 화면거리로부터 직선의 방향 벡터를 구할 수 있다.

(4) 직선상에 있는 두점의 상과 직선의 방향벡터로부터 점의 위치를 구할 수 있다.

이 논문에서 제안한 교정 방법은 (1)에서(4)까지의 요약조건을 만족하는 교정기준이 이루어져야 정확히 행 할 수 있다. (1)에서 (4)까지의 내용에 적합한 교정의 구축 조건을 검토하면 다음과 같다. 교정 파라메타인 자세를 추정하기 위해서는 임의 공간상에 평행선쌍이 존재하여 무한원점의 추정이 이루어져야 한다. 화면거리의 추정은 공간상에 직교하는 두 직선쌍을 필요로 한다. 또한, 위치 추정은 공간상에 2개의 기지점이 존재해야 한다.

식(4)의 Hough 변환을 활용하면 공간상의 임의 평행한 직선들로부터 무한원점을 간명히 구할 수 있으므로, 교정파라미터인 화면거리와 자세추정을 행할 수 있다. 위치추정을 위한 조건을 만족하기 위하여 본 논문에서는 1개의 설정점을 규정하고 규정된 점을 포함하는 직선상의 일정거리 점을 활용함으로써 교정을 행한 결과를 제시한다.

### 5. 장 실험 및 고찰

본 논문은 Hough 변환을 이용하여 공간상의 평행한 직선을 추정하고 이로부터 무한원점을 추정하여 제안 알고리즘에 적용하여 교정할 수 있는 방법이다.

제안하는 알고리즘에서는 1개의 기설정점과 평행한 두 개의 직선이 있는 환경이 요구된다. Hough 변환을 이용하여 공간상의 평행한 두직선을 추정함으로써 설정의 난해한 문제를 해결하고 교정환경의 적용성이 강한 알고리즘을 제안하였다.

본 논문에서는 제안한 알고리즘의 유용성을 입증하기 위하여 상기에서 제안한 교정조건을 요소를 포함하고 있는 그림 3.과 같은 도로 교통 환경을 이용하여 실험을 행하였다.

그림 3은 평행한 두 직선이 차선과 도로 양단의 에지로부터 쉽게 구할 수 있으며 차선의 크기가 도로교통법규 등에 의해 일정하다는데 착안하여 설정의 난해한 문제를 해결할 수 있는 적절한 교정프레임이다.



그림 3. 원시영상

그림 4는 Hough 변환을 이용하여 도로영상에 존재하는 직선들로부터 추정된 직선을 나타낸 것이다.

이 직선들로부터 본 연구에서는  $\theta_1=140^\circ$ ,  $\rho_1=77[\text{pixel}]$ ,  $\theta_2=470^\circ$ ,  $\rho_2=-189[\text{pixel}]$ 인 직선을 추정하여 무한원점을 구하였다. 표 1. 은 무한원점들로부터 추정된 파라미터를 나타내

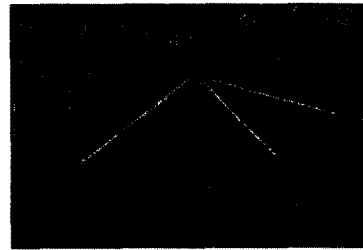


그림 4 Hough 변환을 이용한 도로영상 추정

고 있다. 이때, 거리추정은 레이저 거리계측기를 이용하여 측정된 값이 4.2[m]로서 본 알고리즘을 이용하여 측정된 결과 절대오차  $10^{-2}$ 범위에서 추정되었다.

표 1. 카메라 교정파라미터 추정 결과

$v_x$	$v_y$	$f$	$\alpha[\text{rad}]$	$\beta$	$\gamma$	P
141	339	8	0.0254	0.0266	0.0022	41.129

### 6. 장 결론

본 연구에서는 영상시스템을 이용하여 계측을 행하기 위해 필요한 교정 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 무한원점의 특성을 이용하였으며, 무한원점의 추정은 Hough 변환을 활용하였다. 기존의 불변량을 이용한 교정법에서 필요한 교정프레임이 4개 이상이 필요하였으나, 본 연구에서는 교정 프레임 1개에 의해 교정을 행할 수 있는 알고리즘을 제안함으로써 교정점 설정의 난해한 문제를 간략화 하였다. 제안하는 알고리즘을 이용하여 추정된 교정파라미터는  $10^{-2}$ 의 절대오차 범위의 정확도로 추정되어 유용성을 입증하였다.

추후 다양한 환경에 알고리즘을 적용하여 계측 환경적 용성 실험을 통한 보완이 요구된다.

### 참고 문헌

- [1] 中谷,北橋,無限遠点により3面頂点形状に加わる拘束物體”, 電子通信學會論文誌 Vol.J65-D, No.10,pp.1273-1279, Oct.1982.
- [2] M.J.Magee. and J.K.Aggarwal, “Determining Vanishing Points from perspective Images”, Computer Vision, Graphics and Image processing, 26, pp.256-267, 1984
- [3] B.Caprile and V.Torre, “ Using Vanishing Points for Camera Calibration”, International Journal Of Computer Vision, 4 ,pp.127-140,1990.
- [4] 최성구, 정준익, 노도환, “무한원점을 이용한 주행방향 추정과 장애물 검출”, 대한전자공학회논문지, vol. 34-S, no. 11, 1997.