

**역원근 변환과 검색 영역 예측에 의한 실시간 차선 인식**

김성한\*, 이동환\*, 이만형\*\*, 배종일\*\*\*

\* 부산대학교 대학원 \*\* 부산대학교 기계공학부 \*\*\* 브렉대학교 전기공학부

**Real-Time Lane Detection Based on Inverse Perspective Transform and Search Range Prediction**

D H Lee\*, D H Lee\*, M H Lee\*\*, J I Be\*\*\*

\* Mech. Eng. Dent. PNU. \*\* Mech. Eng. Dent. PNU. \*\*\* Electric Eng. Dent. PKU

**Abstract** - A lane detection based on a road model or feature all need correct acquirement of information on the lane in a image. It is inefficient to implement a lane detection algorithm through the full range of a image when being applied to a real road in real time because of the calculating time. This paper defines two searching range of detecting lane in a road, First is searching mode that is searching the lane without any prior information of a road, Second is recognition mode, which is able to reduce the size and change the position of a searching range by predicting the position of a lane through the acquired information in a previous frame. It is allow to extract accurately and efficiently the edge candidates points of a lane as not conducting an unnecessary searching. By means of removing the perspective effect of the edge candidate points which are acquired by using the inverse perspective transformation, we transform the edge candidate information in the Image Coordinate System(ICS) into the plane-view image in the World Coordinate System(WCS). We define linear approximation filter and remove the fault edge candidate points by using it. This paper aims to approximate more correctly the lane of an actual road by applying the least-mean square method with the fault-removed edge information for curve fitting.

**1. 서 론**

비전 센서(CCD)를 이용한 차선 이탈 경보 시스템 및 무인 주행 장치는 연구가 시작된 이래로 엄격한 신뢰성이 요구되었다. 하지만 조명 조건과 도로 조건의 예기치 않은 변화 즉 그림자, 타이어 마크, 도로 마모, 차선 가림(Occlusion)등 다양한 잡음 요인이 존재하고 이러한 잡음 요인 때문에 영상 정보로부터 필요한 정보(Feature)만을 신뢰성 있게 추출해내기란 상당히 어려운 문제로 여겨져 왔다. 이에 본 논문에서는 도로의 차선 정보로서 에지점(edge point)을 정의하고 이를 좀더 효율적이고 신뢰성 있게 검색하기 위해 검색 영역을 검색 모드와 인식 모드로 정의한다. 원근 효과가 존재하는 2D 영상 평면의 에지 정보를 3D Plan-view 에지 정보로 변환하는 역 원근법을 사용하여 도로에 대한 차량의 상대적 위치를 보다 쉽고 직관적으로 파악할 수 있게 하였다. 역 원근 변환된 도로의 차선 및 경계에 대한 에지 정보에서 잡음 요소를 제거하기 위해 선형 근사 필터를 정의하여 적용하였다. 그리고 잡음 요소가 제거된 보다 균일한 도로 정보를 이용하여 2차 곡선(circular arc)으로 모델되어진 도로의 차선을 최소 자승법을 이용하여 곡선 근사화 하였다

**2. 본 론**

**2.1 도로 모델**

도로의 차선 모델은 연속해서 입력되는 영상 정보에서 도로의 경계 및 차선의 에지 점들을 추측하거나 추적하는데 필요한 안내자의 역할을 한다고 할 수 있다. 도로의 모델을 세우기 위해 다음의 몇 가지 도로의 특성을 가정한다.

- 1) 도로의 환경은 예측이 가능하다
- 2) 도로의 차선 및 경계는 연속적이다.
- 3) 도로의 양쪽 차선 및 경계는 평행하다.

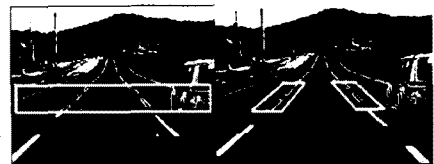
전술한 도로 특성을 고려한 가정에 의해 도로의 차선을 공통 중심을 가지는 두 개의 원호로 정의한다

**2.2 전처리**

도로의 차선의 특징으로 에지점을 검출하기 위해 영상의 밝기 차이와 평활화 효과를 같이 제공하는 미분 연산자의 일종인 Sobel 연산자를 사용한다. 일반적으로 미분 연산자는 잡음을 두드러지게 하는 경향이 있지만 Sobel 연산자는 자체적으로 평활화 효과를 가지고 있는 것이 특징이다[4]. 또한 입력 영상의 질을 다소 향상시키기 위해 히스토그램 균등화[4]를 적용하였다.

**2.3 검색 영역의 정의**

여기서는 도로의 차선의 에지 후보 점을 찾기 위한 검색 영역을 두 부분으로 정의한다. 첫째 검색 모드에서는 정의된 ROI의 전 영역을 검색한다. 둘째 인식 모드로 전환되어 이전 프레임의 정보를 현재의 영상에서 에지 후보 점을 검색하기 위한 정보로 활용한다. 즉 이전 프레임의 도로의 차선의 위치 정보는 전술한 가정 2)와 3)에 따라 현재 프레임에서 에지 후보 점의 위치를 예측할 수 있다. 만약 연속 모드에서 차선을 검색하지 못하였을 경우 이전 프레임의 정보를 현재 프레임에 적용하고 다시 검색 모드로 전환되어 도로의 차선을 찾게 된다.



(a) Search mode (b) Recognition mode

Fig.2.3 Search Window

## 2.4 역 원근 변환

원근 효과를 가진 입력 영상에서 역 원근 변환을 이용하여 원근 효과를 제거하고 영상 평면의 위치 정보를 세계 좌표계의 위치 정보로 변환시키면 도로에 대한 가정 2)와 3)을 인식 알고리즘에 쉽게 적용시킬 수 있다. 또한 세계 좌표계로 나타난 도로의 차선의 위치 정보로부터 도로의 중심선으로부터 차량의 원점까지의 법선 거리와 차량의 방향으로 정의된 도로에 대한 차량의 상대 위치를 좀더 쉽게 나타낼 수 있다는 장점이 있다[1]. 역 원근 변환의 구현 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다[4].

$$x = \frac{A(-x \cos \theta \sin \alpha + y \sin \alpha) - B \cos \theta (-y \sin \alpha + x \cos \alpha)}{(y \sin \alpha - x \cos \alpha)} \quad (2.4.1)$$

$$y = \frac{B \sin \theta (y \sin \alpha - x \cos \alpha) - A (x \sin \theta \sin \alpha + y \cos \theta)}{(y \sin \alpha - x \cos \alpha)} \quad (2.4.2)$$

where,  $A = yZ_0 \cos \alpha + y_f + Z_0 \sin \alpha$   
 $B = xZ_0 \cos \alpha + x_f$

## 2.5 선형 근사 필터의 정의

초기 검색 모드에서 추출된 에지 후보 점들은 이전 프레임의 도로에 대한 정보 없이 정의된 검색 영역의 좌우로 전 영역을 검색을 하기 때문에 전술한 그림자, 역광등 잡음 요소들의 영향을 쉽게 받는다. 인식 모드에서는 차선 및 경계의 위치가 예측되어 검색 영역을 줄이면서 잡음 요소를 다소 줄일 수 있으나 영역내의 도로면의 조건, 차선 가림 등에 거짓 에지 후보 점을 포함하게 된다. 이러한 균일하지 못한 에지 정보는 실제 차선을 추론할 때 상당히 큰 오차를 유발시키기 때문에 제거할 필요가 있다. 이러한 잡음 요인을 좀더 제거하기 위해 본 논문에서는 다음과 같은 선형 근사 필터를 정의하여 보다 균일한 에지 정보를 얻는다.

역 원근 변환된 에지 정보에서 수직 기울기  $g_i$ ,  $x_i$ 와  $x_{i-1}$ 의 차  $\Delta x_i$ ,  $\Delta x_i$ 와  $\Delta x_{i-1}$ 의 차  $\Delta^2 x_i$ 를 정의하고 잡음에 영향을 받거나 원하지 않는 에지 후보 점을 제거하고 실제 차선 및 경계 에지 후보 점에 근사한 값을 대체하는 함수를 식(2.5.2)와 같이 정의한다. ( $0 < w < 1$  상수)

$$\phi_i = \tan^{-1}(g_i) \quad (2.5.1)$$

$$x_i = (x_i - \Delta x_i) + w * \Delta^2 x_i \quad (2.5.2)$$

식(2.5.1)로 정의된 기울기 각에 임계값을 적용하여 전술한 가정 2)에 위배되는 점을 인식하여 식(2.5.2)를 이용하여 원하지 않는 에지 후보 점을 제거하고 원래의 실제 에지 후보 점에 근사한 값으로 대체한다.

## 2.6 곡선 근사

전술한 도로 모델에 근거하여 잡음 요소가 제거된 에지 후보 점으로 도로의 차선 및 경계를 2차 곡선으로 근사한다. 도로 모델에서의 원의 방정식을 이항 방정식으로 표현하면 식(2.6.1)로 나타낼 수 있고 이 식을 최소 자승법을 이용하여 곡선 근사 한다.

$$X = a_1 + a_2 Y + a_3 Y^2 \quad (2.6.1)$$

## 2.7 실험 결과

실험용 차량에 비전 센서(CCD)를 설치하고 고속 도로 및 국도를 80 - 100 Km/h로 주행하면서 영상을 획득하였다. 입력 영상은 320 × 240의 크기로 설정하였고 알고리즘 구현 시스템 및 소프트웨어로는 586 PC에서 Visual C++로 구현되었다.

다음의 그림들은 제안된 알고리즘으로 도로의 차선 및 경계를 인식한 결과를 나타내고 있다. Fig. 2.7.1 (a)는 고속도로에서 한쪽 차선이 주기적으로 끊어졌을 때의 인식 결과이고 (b)는 인식된 차선이 역 원근 변환된 결과를 보여주고 있다. (c)는 곡선 도로에서 차선 인식과 역 원근 변환의 효과(d)를 보여준다. 그리고 Fig. 2.7.2 (a)는 도로의 곡률이 클 때 (b)도로의 표면의 조건이 나쁠 때, 즉 도로 표면에 과속 방지를 위한 요철이 존재할 때의 인식 결과이다. (c)는 터널에서 (d)는 야간에 도로 중앙에 글자가 새겨져 있는 경우에도 차선 인식 결과가 양호함을 볼 수 있다. 또한 가로수나 다른 차량에 의한 그림자의 영향 및 한 쪽 및 양쪽 차선이 끊어져 있는 경우도 거의 정확하게 차선을 인식함을 볼 수 있었고 초당 20 frame 이상의 빠른 처리 성능을 보였다.

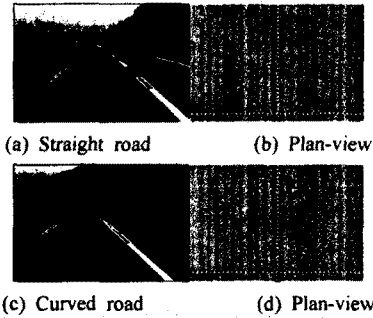


Fig. 2.7.1 Lane detection in the daytime



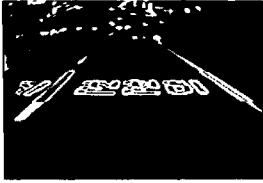
(a) The road with big curvature



(b) The road with bad condition on the road surface



(c) Lane detection in turine



(d) Lane detection in the nighttime

Fig. 2.7.2 Results of lane detection

### 3. 결 론

본 논문에서는 도로의 특성에 대한 가정을 세우고 이러한 가정을 최대한 고려하여 가변적인 검색 영역을 설정하여 도로의 차선 및 경계를 좀더 강인하게 인식하려고 하였다. 도로의 일반적인 조건 즉 곡선 도로, 차량이나 가로수 등에 의한 그림자, 주기적으로 끊어진 도로 및 차선 안에 존재하는 글자, 방향 표식 등의 조건에서 만족할 만한 성능을 보였고 역 원근 변환으로 원근 효과가 제거된 차선의 형태를 보여줌으로써 도로에 대한 차량의 상대적 위치를 시각적으로 쉽게 파악할 수 있었다. 그러나 차량이 급격한 곡률을 가진 도로를 회전할 때 한 쪽 차선이 영상에서 벗어나면 차선을 정확하게 인식하지 못 하였지만 빠른 속도로 다시 차선을 찾아 인식하는 것을 볼 수 있었다. 이로써 제안된 알고리즘은 실시간 처리의 요건을 만족하고 인식 알고리즘의 강인성을 증명할 수 있었으며 무인 주행 및 차선 이탈 경보 시스템에 적용시킬 수 있는 가능성을 충분히 보여주었다.

### [참 고 문 헌]

- [1] M. Bertozzi, A. Broggi, A. Fascioli, "Stereo inverse perspective mapping: theory and application," *Image and vision computing*, vol. 16, pp. 585-590, 1998
- [2] Mei Chen, T. Jochem, D. Pomerleau, "AURORA: a vision-based roadway departure warning system," *Intelligent Robots and Systems 95. Proceedings IEEE RSJ International Conference on Vol. 1*, pp.243-248, 1995
- [3] D. Pomerleau, "RALPH: rapidly adapting lateral position handler," *Intelligent Vehicles '95 Symposium., Proceedings of the 1995* pp. 506 -511, 1995
- [4] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley 1992