

도로 환경에 효율적인 새로운 차선 검출 방법

A New Efficient Detection Method in Lane Road Environment

이 경 민* · 인 치 호**

* 주저자 : 세명대학교 컴퓨터학과 석사과정

** 교신저자 : 세명대학교 컴퓨터학과 교수

Kyung-Min Lee* · Chi-Ho Lin*

* Dept. of Computer Science., Univ. of Semyung

† Corresponding author : Chi-Ho Lin, ich410@hanmail.net

Vol.17 No.1(2018)

February, 2018

pp.129~136

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

<https://doi.org/10.12815/kits.2018.17.1.129>

2018.17.1.129

Received 22 January 2018

Revised 8 February 2018

Accepted 22 February 2018

© 2018. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요 약

본 논문은 도로 환경에 효율적인 새로운 차선 검출 방법을 제안한다. 기존 차선 검출 방법은 환경적인 변화 속에서 낮은 신뢰성의 문제가 있다. 이러한 문제를 보완하기 위해 그레이 레벨 분할을 이용하여 차선 후보가 되는 영역을 강조한다. 그리고 허프 변환을 이용하여 차선에 가까운 영역의 직선 성분을 추출하고 추출된 좌표를 기반으로 각 직선마다 ROI 생성한다. 그리고 생성된 ROI 이미지를 논리연산으로 통합한다. 그리고 ROI 이미지에 이중 큐를 이용한 객체 분할로 차선을 결정한다. 제안하는 방법은 기존과 다르게 환경적인 변화에도 차선 검출이 가능하였으며, 하늘, 산 등 배경에 해당하는 영역을 효율적으로 제거하는 장점과 높은 신뢰성을 얻을 수 있다.

핵심어 : 도로 환경, 그레이 레벨 분할, 허프 변환, 이중 큐, 라벨링

ABSTRACT

In this paper, we propose a new real-time lane detection method that is efficient for road environment. Existing methods have a problem of low reliability under environmental changes. In order to overcome this problem, we emphasize the lane candidate area by using gray level division. And Extracts a straight line component near the lane by using the Hough transform, and generates an ROI for each straight line based on the extracted coordinates. And integrates the generated ROI images. Then, the lane is determined by dividing the object using the dual queue in the ROI image. The proposed method is able to detect lanes even in the environmental change unlike the conventional method. And It is possible to obtain an advantage that the area corresponding to the background such as sky, mountain, etc. is efficiently removed and high reliability is obtained.

Key words : Road Environment, Gray Level Slicing, Hough Transform, Dual Queue, Labeling

I. 서 론

1. 개 요

자동차 기술의 발전으로 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS: Advanced Driver Assistance System)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대표적인 응용으로 차선 이탈 경고, 전방 충돌 경고, 사용자의 운전 패턴 분석을 통한 졸음운전 감지 등이 있으며, 이를 위한 주요 기술로 차선 검출 방법에 대한 연구가 활발하게 이뤄지고 있다.

차선 검출하기 위한 다양한 알고리즘이 연구 중에 있으며, 그 중 차선의 특징을 이용하는 방법이 있다. 특징 기반 방법은 차선에 대한 정의를 통해 차선을 검출 할 수 있으며, 정의는 흰색 및 노란색의 차선의 색상(Cheng et al., 2008), 고속도로, 국도와 같이 도로 형태에 대한 규격 정보가 있으며, 이를 통해 차선 검출이 가능하다(Jungwoo et al., 2012).

일반적인 차선 검출 방법은 획득한 컬러 영상을 흑백 영상으로 변환하여 경계선을 추출 후에 차선 검출을 수행한다. 그러나 간단한 알고리즘 이용한 검출은 도로 노면 페인트 노후화, 날씨, 그리고 밤에 조명에 따른 조도 변화와 같이 환경적인 요인으로 검출에 대한 낮은 신뢰성을 가지는 문제가 있다(Cheng, 2010). 이는 컬러 영상에서 적용되는 경계선 검출 방법들은 알고리즘의 복잡도 증가에 비해 성능 향상 효과가 적기 때문이다.

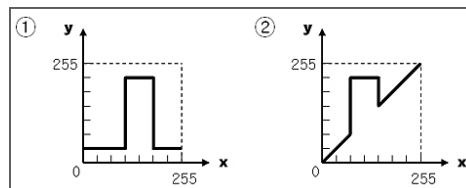
이러한 문제를 기존 연구에서는 모델링 기반 방법들이 제안되어 왔다. 제안 방법들은 차선의 직선 혹은 곡선 형태를 가지는 특징을 이용한 허프 변화(Kang et al., 1996), 차선 피팅(Wang et al., 2004) 방법, 등이 있다. 그러나 모델링 기반의 방법은 차선 검출 시간이 오래 걸리는 단점이 있다.

본 논문에서는 환경적인 요인에 대응하며, 모델링 기반의 검출 시간의 효율을 위한 차선 검출 방법을 제안한다. 환경적인 요인에 대응하는 차선 검출을 위해 전처리 과정에서 Gray-Scale Slicing(Lee and Lin, 2017) 방법을 이용하여, 차선을 강조한다. 그리고 모델링 기반 방법 중 허프 변환을 이용한 직선 검출 데이터 좌표를 기반으로 ROI(Region Of Interest) 적용한 후 ROI 이미지에 이중 큐를 이용한 객체 분할을 적용하여 환경적인 요인에 대응하는 차선 검출의 정확성을 높인다.

II. 차선 후보 검출

1. 그레이 레벨 분할(Gray Scale Slicing)을 이용한 차선 강조

차선을 강조하는 방법은 영상을 gray-scale 영상으로 변환 후 그레이 레벨을 분할하여 강조한다. 그레이 레벨 분할 정의 <Fig. 1>과 같이 그레이 레벨 분할은 특정 그레이 레벨 범위만을 하이라이트(Highlight)하는 것이다.



<Fig. 1> Gray-Level Slicing

그레이 레벨 분할 정의 <Fig. 1>에서 ①은 원하는 영역을 높은 값으로 줘서 밝게 만들어주고, 나머지 영역은 어둡게 처리하는 방법이다. ②는 원하는 영역을 높은 값으로 줘서 밝게 만들고, 나머지 영역을 원래 그대로 보존하는 방법이다. 본 논문은 ①의 그레이 레벨 분할 방법을 이용한다. 제안하는 그레이 레벨 분할을 이용한 차선 강조는 변환된 gray-scale 영상에서 식 (1)과 같이 구한다.

$$G(x, y) = (((g(x, y) \times 2) - g(x - x_q, y)) - g(x + x_q, y)) - |g(x - x_q, y) - g(x + x_q, y)|$$

$$G(x, y) = \begin{cases} 0 & (G < 0) \\ 255 & (G > 255) \end{cases} \quad (1)$$

그레이 레벨 분할 방법을 이용한 식 (1)은 그레이 레벨 값 $g(x, y)$ 에서 차선의 너비를 정의하는 x_q 만큼 이전 그레이 레벨 값 $g(x - x_q, y)$ 과 다음 그레이 레벨 값 $g(x + x_q, y)$ 를 이용하여 너비 x_q 에 해당하는 픽셀의 그레이 레벨 값을 구한다. 그리고 G 값이 0 이하는 0 값으로 255 이상은 255 값으로 정의한다. gray-scale 영상에 식 (1)을 적용하여 구하면 <Fig. 2>와 같이 변환된다.



(a) Original image (b) Gray-Scale image (c) Gray Scale Slicing image

<Fig. 2> Gray level slicing applied image

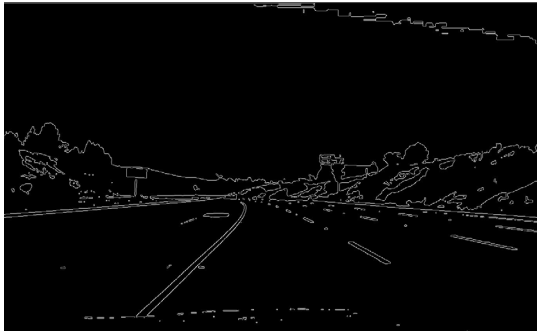
<Fig. 2(a)>는 원본 영상이며, <Fig. 2(b)>는 gray-scale 변환 영상이다. <Fig. 2(b)>는 threshold 특정 값을 통해 이진화 영상으로 변환할 때 threshold의 특정 값에 따라 성능이 좌우된다. 이러한 문제를 보완하기 위해 그레이 레벨 분할 방법을 적용하여 <Fig. 2(b)>와 같이 효율적으로 차선 강조할 수 있다. 또한 차선의 너비 값 x_q 이상의 근접 픽셀의 그레이 레벨 값이 비슷할 경우 식 (1)을 적용하면 0 값이 구해지기에 배경뿐만 아니라 차선을 제외한 도로 노면과 같은 객체를 제거하는 장점이 있다.

2. 허프 변환 알고리즘을 이용한 차선 검출.

허프 변환은 동일 직선상의 점들을 한 점으로 모은다. x, y 평면에서 a, b 평면(기울기-절편)으로 변환할 때 x, y 평면의 같은 직선상의 점들은 a, b 평면상의 한 점으로 모이는 것을 이용한다. 그러나 기울기-절편의 매개 변수 표현 방법으로는 직선이 수직일 경우 기울기와 절편이 모두 무한대가 되어 구현상에 문제점이 있다. 이런 문제점 해결하기 위해 직선을 식 (2)과 같은 ρ, θ 의 매개변수로 표현할 수 있다.

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho \quad (2)$$

이 식은 한 직선을 원점으로부터의 거리와 각도로 나타낸 것이다. x, y 평면에서 동일 직선상의 점들은 식 (2) 를 이용하여 Hough 변환하면 ρ, θ 평면에서 한 점으로 모인다. ρ, θ 평면에서 많은 화소가 집중된 누적 셀의 값을 조사한다. 누적 셀의 값을 이용하여 역변환하면 원하는 직선을 검출할 수 있다(Chen et al., 1996). 그러나 단순히 직선으로만 특징 점들을 생성하는 영상에서 이상적 방법이지만 실세계 영상처럼 복잡한 배경이나 환경적인 요인으로 인한 잡음에 의해 특징 점들이 왜곡되거나 많은 특징 점들을 생성하는 영상에서는 문제를 갖고 있어 적당한 전처리를 거친다.



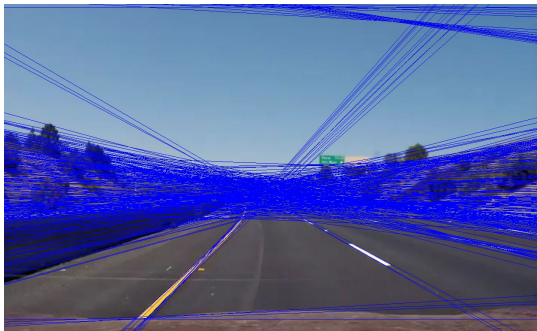
(a) General conversion



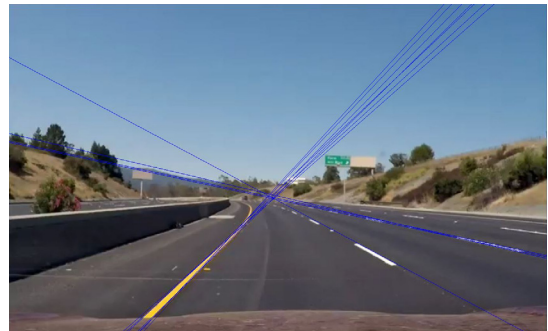
(b) Proposed conversion

〈Fig. 3〉 Canny edge conversion video

이러한 문제점은 <Fig. 3>과 같이 이진화 영상 변환 후 캐니 에지를 사용한 영상에서 나타나며, <Fig. 3(a)>보다 <Fig. 3(b)>의 복잡도가 낮다. 이런 에지 영상을 바탕으로 허프 변환을 적용하면 <Fig. 4>와 같은 영상을 얻는다.



(a) General conversion.



(b) Proposed conversion

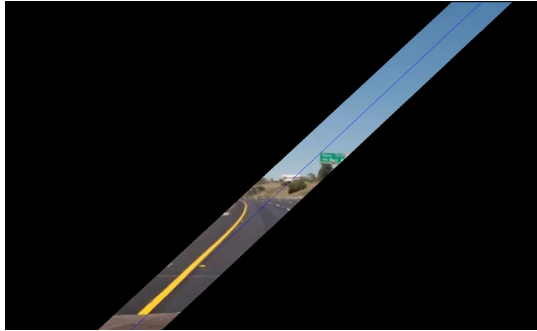
〈Fig. 4〉 Hough transform image

Ⅲ. 이중 큐 기반의 객체 분할을 이용한 차선 검출

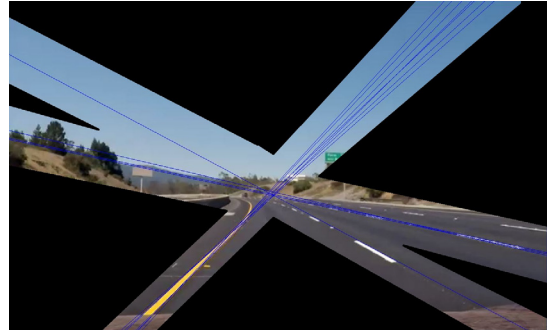
1. 허프 변환으로 추출된 직선 성분의 좌표를 이용한 ROI 생성

허프 변환을 적용하여 추출한 직선은 차선으로 볼 수 있지만, 차선 외의 부분도 허프 변환으로 직선이 검

출된다. 따라서 추출 된 직선의 양쪽 끝 점을 이용하여 ROI를 생성한다. ROI 생성을 <Fig. 5(a)>와 같이 직선의 양쪽 끝 점을 좌우로 그레이 레벨 분할 방법의 x_q 만큼의 좌표를 바탕으로 생성한다. 각 직선마다 생성된 ROI 생성 영상을 논리연산을 통해 <Fig. 5(b)>와 같이 이미지를 통합한다.



(a) ROI of first line

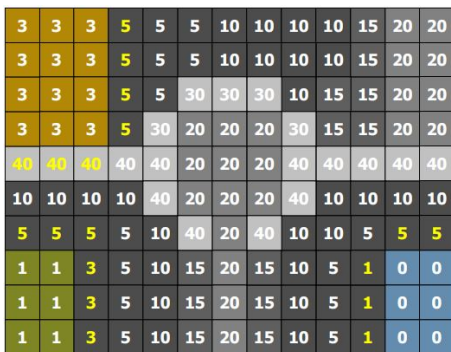


(b) ROI image integration using logical operations

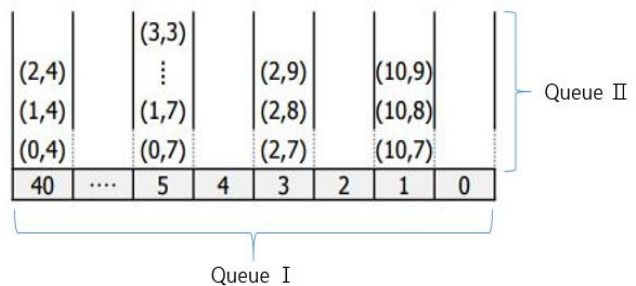
<Fig. 5> ROI generated image

2. 이중 큐를 이용한 객체 분할

차선의 대한 정보를 환경적 요인으로 왜곡되기 때문에 차선을 정확하게 검출할 수 없다. 따라서 생성 된 ROI 이미지에 이중 큐를 이용한 객체 분할하여 차선과 차선을 제외한 객체를 분리한다. 객체 분할은 지역적으로 최소값 픽셀들을 찾아 서로 다른 레이블에 할당한다. 최소값을 찾아 레이블에 할당하는 것은 <Fig. 6(a)>과 같이 인접한 화소에 객체 번호(Label)를 붙여서 그룹 지어지는 개수와 시간을 단축하는 장점이 있다. 그리고 그 최소값을 객체 번호로 <Fig. 6(b)>와 같이 큐 I 할당하여 저장한다. 레이블된 픽셀에 인접하면서 레이블 되지 않은 픽셀들을 찾아 그 좌표를 <Fig. 6(b)>의 큐 II에 추가한다. 즉, <Fig. 6(a)>와 같이 큐 I의 1번 레이블에는 3과 5가 인접하고, 이 두 값은 레이블 되지 않은 값으로 큐 I의 1번 레이블에 3과 5의 좌표를 큐 II에 저장한다. 그리고 큐 II에서 꺼낸 픽셀이 하나의 레이블에 인접하면 그 레이블을 할당하고, 아니면 할당하지 않는다. 그리고 이 과정을 큐 II에 남은 픽셀이 존재하지 않을 때까지 반복한다.



(a) A labeled image with a minimum value



(b) Store object numbers and unlabeled pixel coordinates
<Fig. 6> Labeling process using dual queues

<Fig. 6>은 이중 큐를 이용한 객체 분할 과정을 보여준다. 각 ROI 영역에 객체 분할 과정을 통해 차선 검출의 신뢰성을 높일 수 있다. 이중 큐를 이용한 객체 분할은 <Fig. 7>과 같다.



<Fig. 7> Image segmentation using dual queues

IV. 실험

제안하는 도로 환경에 효율적인 새로운 차선 검출 방법은 C++ 언어로 구현하였으며, 인텔 I5-6500 CPU 3.20GHz과 4GB 메모리의 컴퓨터 환경에 실험하였습니다. 실험 영상은 전방 카메라의 고속도로 주행 영상이며, 영상 사이즈는 640 X 480이다. 제안하는 방법의 성능을 평가하기 위해 전처리 과정에서 동일한 파라미터 값과 Yoo et al.(2015)의 차선 검출 방법을 비교한다. 기존 차선 검출 방법은 획득한 컬러 영상을 흑백 영상으로 변환하여 경계선을 추출 후에 허프 변환을 사용하여 차선을 검출을 수행한다.

<Table 1> Comparison image between existing method and proposed method

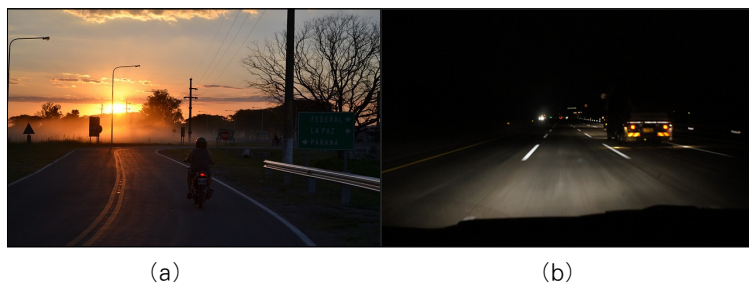
Lane Type	Original	Existing (Sung-Yeol Yoo et al 2015)	Proposed method
Case 1			
Case 2			
Case 3			

<Table 1>은 이진화 임계값(125)과 허프 변환에서 빈도수(Voting)는 80 설정값의 동일한 기준으로 실험한다. 실험 영상 Case 1은 낮 시간 때의 도로를 통해 실험하였으며, Case 2는 안개 낀 도로, Case 3은 밝기가 어두운 도로에서 실험하였다. 허프 변환으로 추출된 직선과 차선의 비교한 <Table 2>와 같이 Case 1은 기존 95.2 % 와 제안된 방법 97.5% 신뢰도를 볼 수 있었으며, Case 2는 82.3%와 88.2%, Case 3은 0%와 83.7% 결과를 나타낸다. <Table 1>의 Case 2와 같이 안개 낀 도로 영상은 흰색 픽셀이 많기 때문에 기존 방법에서는 차선의 정확도가 낮다. 반면에 제안한 방법인 그레이 레벨 분할 방법의 과정으로 <Table 1>의 Case 2와 같이 안개 낀 영상에서 차선 너비 x_q 값 이상 또는 이하 범위 부분을 검은색으로 처리하여 기존 방법 보다는 차선이 뚜렷하게 변환할 수 있기 때문에 차선 검출의 정확도가 기존 방법보다는 높다. 그리고 Case 3의 기존 방법의 정확도가 0%인 이유는 이진화 영상의 고정된 임계값 통해 변환했기 때문에 허프 변환 알고리즘으로 직선을 추출이 안 되기 때문이다.

<Table 2> Accuracy comparison between existing and proposed methods

Lane Type	Existing	Proposed method
Case 1	95.2%	97.5%
Case 2	82.3%	88.2%
Case 3	0%	83.7%

그러나 본 연구에서 그레이 레벨 분할과 허프 변환 알고리즘을 통한 차선 검출 방법은 <Fig. 8>과 같은 영상에서 차선 검출 신뢰성이 낮다. 노을 그리고 자동차 조명처럼 카메라 수평으로 들어오는 <Fig. 8>과 같은 영상에서 빛으로 난반사로 차선이 아닌 객체를 차선으로 인지하거나, 차선과 일치하지 않는 결과를 보였다. 노을이 지는 <Fig. 8(a)>와 같이 가드레일과 같은 차선 너비 x_q 값이 비슷한 사물에 반사 되어 그레이 레벨이 높고 반면에 차선이 어두운 경우 제안하는 방법에서는 차선 보다 가드레일의 그레이 레벨을 높게 계산하기 때문에 차선 검출 시 가드레일을 차선으로 인식한다. 또한 <Fig. 8(b)>와 같은 영상에 제안된 방법을 적용할 경우 노이즈가 발생하는 결과를 얻었다.



<Fig. 8> Image segmentation using dual queues

V. 결 론

본 논문은 도로 환경에 효율적인 새로운 차선 검출 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 환경적인 요인에 대응하기 위해 그레이 레벨 분할 방법을 이용하여 실세계 영상의 차선 너비 정보를 바탕으로 도로 노면 페인트 노후화, 날씨, 그리고 밤에 조명에 따른 조도 변화와 같은 환경 속에서도 차선의 강조와 하늘, 산, 도로

노면 등 차선을 제외한 배경을 제거한다. 그리고 전처리 된 영상에 허프 변환을 사용하여 직선을 추출하고, 추출 된 각 직선의 양쪽 끝 점을 이용한 ROI 생성 좌표와 크기를 설정한다. 각 직선을 이용한 ROI 이미지를 논리 연산을 이용하여 통합하여 하나의 ROI 이미지를 생성한다. 생성 된 ROI 이미지는 이중 큐를 이용하여 근접 차선 화소를 집합하여 차선을 검출한다. 실험은 동일한 파라미터 값을 주어졌으며, 실험 영상은 밝기가 밝은 낮의 시간 때, 밝기가 어두운 저녁 시간 때, 그리고 안개 낀 날씨의 3가지 영상으로 실험한다. 성능을 평가하기 위해 제안하는 방법과 Yoo et al.(2015)의 차선 검출 방법을 비교하였으며, 그 결과 낮 시간 때 영상은 기존 95.2 % 와 제안된 방법 97.5% 신뢰도를 볼 수 있었으며, 밝기가 어두운 도로 영상은 0%와 83.7%, 안개 낀 영상은 82.3%와 88.2% 정확도 볼 수 있었다. 그러나 차선 검출은 임계값에 따라 성능의 차이가 크다. 본 연구처럼 고정 임계값 속에서 차선의 검출은 카메라의 수평 방향으로 들어오는 빛 때문에 정확한 검출에 한계가 있다. 따라서 향후 연구로 가변 임계값을 적용한 차선 검출이 필요하다.

REFERENCES

- Chen Z. -H., Su A. W. Y. and Sun M.-T.(2012), "Resource-Efficient FPGA Architecture and Implementation of Hough Transform," *IEEE Trans. Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, pp.1419-1428.
- Cheng H-. Y., Tseng C-. C., Fan K-. C., Hwang J-. N. and Jeng B-. S.(2008), "Hierarchical lane detection for different type of roads," *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing*, pp.1349-1352.
- Cheng H.-Y.(2010), "Environment classification and hierarchical lane detection for structured and unstructured roads," *IET Comput. Vis.*, vol. 4, Iss. 1, pp.37 - 49.
- Kang D. J., Choi J. W. and Kweon I. S.(1996), "Finding and tracking road lanes using line-snakes," *Conference on Intelligent Vehicle*, pp.189-194.
- Lee J. W., Park S. H. and Lee J. K.(2012), "The development of collision risk assessment algorithm based on road-vehicle information," *The Korean Society Of Automotive Engineers*, pp. 1234-1241.
- Lee K. M. and Lin C. H.(2017), "An Efficient Lane Detection Algorithm using New Gray Level Slicing," *J. of the Research of Industrial Science and Technology*, vol. 24, no. 8.
- Wang Y., Teoh E. K. and Shen D.(2004), "Lane detection and tracking using B-snake," *Image Vision Computing*, vol. 22, no. 4, pp.269-280.
- Yoo S. -Y., Kim H. -J., Myoung J. -S., Piao J. and Shin H.(2015), "Lane Departure Warning System Using Hough Transform," *Korea Information Science Society*, pp.2013-2015.