

## 이미지 트래킹 기반 상용차용 차선 이탈 및 전방 추돌 경고 방법<sup>§</sup>

김광수\* · 이주형\*† · 김수필\* · 배명원\*\* · 이덕진\*\*\*

\* 타타대우상용차(주), \*\* 모본(주), \*\*\* 군산대학교 기계자동차공학부

### Image Tracking Based Lane Departure Warning and Forward Collision Warning Methods for Commercial Automotive Vehicle

Kwang Soo Kim<sup>\*</sup>, Ju Hyoung Lee<sup>\*†</sup>, Su Kwol Kim<sup>\*</sup>, Myung Won Bae<sup>\*\*</sup> and Deok Jin Lee<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup> TATA DAEWOO Commercial Vehicle Inc. Co., Ltd, <sup>\*\*</sup> MOVON Corporation,

<sup>\*\*\*</sup> School of Mechanical & Automotive Engineering, Kunsan Nat'l Univ.

(Received June 27, 2014 ; Revised July 9, 2014 ; Accepted September 15, 2014)

**Key Words:** : Lane Departure Warning(차선이탈경고), Forward Collision Warning(전방추돌경고), Image Tracking (영상 추적)

**초록:** 디지털 기기의 발달과 더불어 능동안전시스템 또한 비례적으로 발달됨에 따라 4.5 톤 이상 중대형상용차에도 능동안전시스템에 대한 요구가 대두되고 있다. 승용차량과 달리 중대형 상용차량 경우 카메라 장착 위치가 상대적으로 높아 차선 인식에 불리한 조건을 가지고 있다. 본 논문에서는 공간영역처리 기반 중 하나인 소벨 에지(Sobel Edge) 추출과 허프 변환(Hough Transform) 기법과 색 변환 보정 기법으로 국내 도로 환경에 맞는 차선 인식에 대한 방법을 제시하고, 영상을 통한 전방의 차량을 인식하는 객체 인식 기법 중에 Haar-like 기법, Adaboost 기법, SVM 기법, Template Matching 기법 등을 적용 및 분석을 통하여 검출 오류를 줄이기 위한 전방 차량 인식 방법을 제안한다. 성능검증을 위해서 실차 평가를 실시하였으며, 차선 인식에 대해 98% 이상의 높은 인식률을 얻었다.

**Abstract:** Active Safety system is requested on the market of the medium and heavy duty commercial vehicle over 4.5ton beside the market of passenger car with advancement of the digital equipment proportionally. Unlike the passenger car, the mounting position of camera in case of the medium and heavy duty commercial vehicle is relatively high, it is disadvantaged conditions for lane recognition in contradiction to passenger car. In this work, we show the method of lane recognition through the Sobel edge, based on the spatial domain processing, Hough transform and color conversion correction. Also we suggest the low error method of front vehicles recognition in order to reduce the detection error through Haar-like, Adaboost, SVM and Template matching, etc., which are the object recognition methods by frontal camera vision. It is verified that the reliability over 98% on lane recognition is obtained through the vehicle test.

### 1. 서 론

운전에 대한 집중력 저하가 교통 사고에 직접적인 영향을 미치는 것은 여러 학계에서 보고되고 있

으며, 이에 대한 예방 운전을 위한 다양한 방법들이 연구되어 왔다. 운전에 대한 집중력 저하가 과거에는 졸음 운전이나 외부 시야에 의한 주의 상실 등이 주된 요인이었으나, 최근 디지털 기기 특히 IT 기기의 발달로 인하여 DMB 시청, 스마트폰 사용 등 운전에 대한 집중력을 방해하는 요인이 가중되어 교통사고가 더욱 증가되고 있는 것은 사실이다.<sup>(1)</sup> 자동차 산업에서는 운전에 대한 집중력이 낮아질 때 발생하는 현상, 즉, 차량의 차선 이탈과 전

§ 이 논문은 2014년도 대한기계학회 IT 융합부문 춘계학술대회(2014. 4. 24.-25., 서울대) 발표논문임

† Corresponding Author, [jhlee3@tata-daewoo.com](mailto:jhlee3@tata-daewoo.com)

© 2015 The Korean Society of Mechanical Engineers

방 추돌 위험물에 대한 감속이나 정지 형태가 발생하지 않는 현상에 대해 운전자에게 경고를 해 줌으로써 안전 운전에 도움을 줄 수 있는 능동안전시스템 기술의 적용이 활발히 연구되고 있다. 이러한 능동안전시스템은 지난 10년 이상 학계에서 관심이 많았지만, 고가의 센서에 의존하는 기술적/경제적 한계에 의해 상용화에 접근하지 못하였으나, 최근 디지털 카메라 기술의 발달로 인하여 능동안전시스템의 상용화가 가능하게 되었다.<sup>(2,3)</sup>

출퇴근 용도가 주 목적인 승용차량과 달리 물류수송이 주 목적인 상용차량의 운전 특성은 주로 새벽 이른 시간부터 업무를 시작하는 특성을 갖는다. 이러한 특성에 따른 운전자의 피로도를 고려하였을 때 차선 이탈과 전방추돌에 대해 경고를 해주는 능동안전시스템에 대한 요구가 최근 상용차 시장에서도 서서히 증대되고 있다. 그러나, 승용차량 대비 4.5톤 이상의 중대형 상용차량의 카메라 위치는 높은 차고에 의해 영상 인식에 불리한 조건을 가지고 있다. 또한 운전자의 승차감을 위한 캡 서스펜션 시스템은 카메라 영상의 또 다른 소음 원으로 작용한다.<sup>(4)</sup>

본 논문에서는 카메라를 통해 입력된 영상의 소음을 제거하여 차선 인식에 대한 오류를 낮추어 운전자에게 차선 이탈에 대한 보다 정확하게 경고할 수 있는 방법을 제시하고, 국내 도로 여건과 상용차에 맞는 전방 차량 인식 방법에 대해서도 제안한다. 그리고, 본 논문에서 개발된 시스템을 장착하여 실차 시험을 실시하여 충분히 상용 가능한 결과를 얻었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 카메라를 이용한 차선인식 방법 및 절차에 대한 설명이 이루어졌으며, 3장에서는 다양한 전방 차선인식 방법에 대한 기술이 이루어졌으며 상용차를 위한 최적의 차량 인식 및 추적에 대한 방법이 설명되었다. 4장에서는 성능검증을 위한 실차 실험 결과에 대한 내용이 다루어졌으며, 마지막 장에서는 분석에 대한 결론 및 논의가 이루어졌다.

## 2. 차선 인식 방법

카메라를 통해 입력된 이미지를 추적하여 차선 인식률을 높이기 위해 Fig. 1 과 같은 단계를 거친다. 국내 도로 여건을 고려하기 위해 컬러 영상에 대한 흑백 변환 및 보정 과정과 전체 이미지로부터 차선 인식과 관련된 전체 관심 영역을 설정하고, 이를 다시 차선 인식을 위한 단위 관심 영역으로 세분화하는 과정을 거친다. 이를 통해 이

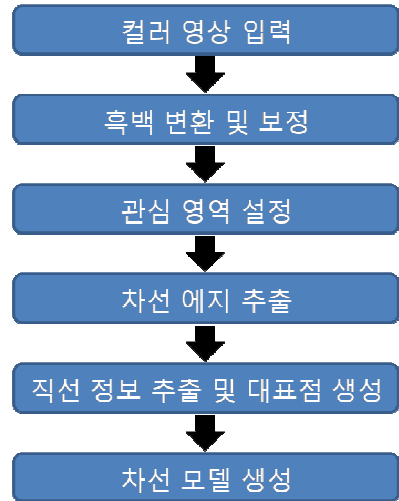


Fig. 1 Lane recognition block diagram

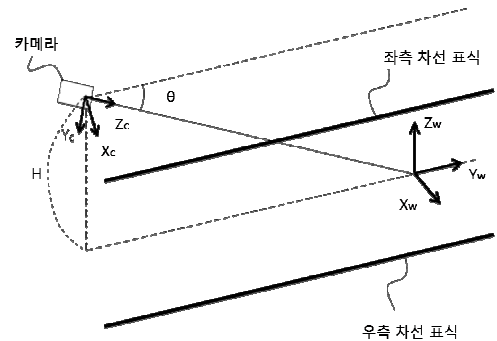


Fig. 2 Relation between the world coordinate and camera coordinate

미지 트래킹의 연산 영역을 최소화하여 영상 처리 부하를 감소시킬 수 있다. 그리고, 차선 정보 추출 및 대표 점 생성 과정을 거쳐 차선 모델을 생성하는 과정을 통해 차선 인식이 가능하다.

### 2.1 좌표계

이미지 추출을 위해 가장 먼저 좌표계를 설정해야 한다. 실제 도로 영상에 대한 월드 좌표계  $X_w, Y_w, Z_w$  와 카메라 좌표계  $X_c, Y_c, Z_c$  사이에서 카메라가 도로 면으로부터  $H$  높이에  $\theta$ 만큼 위치하고 있을 때, 도로 면과 카메라 관계는 월드 변환과 카메라 변환을 통해 얻을 수 있고 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_w \\ -Z_w \\ Y_w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{H}{\sin \theta} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$= \begin{bmatrix} X_w \\ -Z_w \cdot \cos \theta - Y_w \cdot \sin \theta \\ -Z_w \cdot \sin \theta + Y_w \cdot \cos \theta + \frac{H}{\sin \theta} \end{bmatrix}$$

초점거리  $f$  인 Pinhole Camera Model로부터, 카메라 이미지 센서에 맺힌 이미지에 대한 이미지 좌표계  $(u, v)$ 는 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$u = f \cdot \frac{X_c}{Z_c} = f \cdot \frac{X_w}{-Z_w \cdot \sin \theta + Y_w \cdot \cos \theta + \frac{H}{\sin \theta}} \quad (2)$$

$$v = f \cdot \frac{Y_c}{Z_c} = f \cdot \frac{-Z_w \cdot \cos \theta - Y_w \cdot \sin \theta}{-Z_w \cdot \sin \theta + Y_w \cdot \cos \theta + \frac{H}{\sin \theta}} \quad (3)$$

차선 표식은 도로 면에 존재하기 때문에  $Z_w=0$  이라 가정할 수 있고, 이러한 가정을 이용하면 이미지 좌표계를 다음과 같이 간소화 시킬 수 있다.

$$u = f \cdot \frac{X_w}{Y_w \cdot \cos \theta + \frac{H}{\sin \theta}} \quad (4)$$

$$v = f \cdot \frac{-Y_w \cdot \sin \theta}{Y_w \cdot \cos \theta + \frac{H}{\sin \theta}} \quad (5)$$

이미지 좌표계로부터 이미지 센서의 픽셀 좌표계 상에 가로 좌표  $X_p$ , 세로 좌표  $Y_p$  를 표현하기 위한 식은 다음과 같다.

$$X_p = \frac{r_w}{2} + \frac{u}{s_u} \quad (6)$$

$$Y_p = \frac{r_h}{2} + \frac{v}{s_v} \quad (7)$$

상기 식에서  $r_w$  는 이미지 센서의 가로 해상도이며,  $r_h$  는 이미지 센서의 세로 해상도이다.  $s_u$  는 이미지 센서의 가로 픽셀 크기이며,  $s_v$  는 이미지 센서의 세로 픽셀 크기이다.

### 2.2 흑백 변환 및 보정

주행 중 카메라로부터 입력되는 이미지 가공을 위해 흑백 변환이 필요하다. 왜냐하면 이미지 처리하는 용량이 줄어들기 때문에 차량의 주행 중 입력되는 이미지에 대해 빠른 트래킹이 가능하기 때문이다. 그러나, 국내 도로 여건은 흰색 차선뿐만 아니라 황색과 청색의 차선도 존재한다. 이는 흑백변환에서 차선이 어렵게 보이기 때문에 차선 인식률 저하의 주된 요인 중 하나이다. 따라서 보정 과정을 위해 Y Cb Cr 색 공간에서 Cb 색 성분을 이용하여 황색과 청색의 차선을 강조하였다. Fig. 3 은 카메라로부터 입력 받은 이미지를 흑백

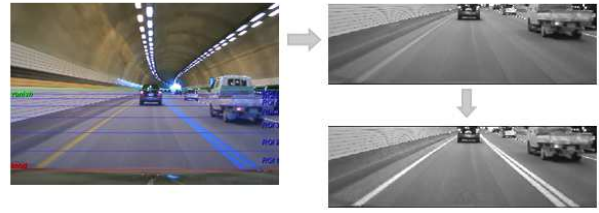


Fig. 3 Change from color image to black-white picture and the process of yellow and blue color lane recognition

변환 과정을 거쳐 황색과 청색 차선을 인식하는 과정이며, 흑백 영상으로부터 차선 인식이 뚜렷해지는 것을 알 수 있다.

### 2.3 관심영역설정과 차선 에지 추출 및 차선 모델 생성

입력된 영상에 대해 초기화 단계로 이미지 상의 세로 소실선 좌표를 설정한다. 소실선의 세로 좌표는 월드 좌표계의  $Y_w$  가  $\infty$ 로 수렴할 때의  $Y_p$  값으로 식 (5)와 식 (7)로부터 구할 수 있다.

$$v|_{Y_w \rightarrow \infty} = -f \cdot \tan \theta \quad (8)$$

$$Y_p = \frac{r_h}{2} + \frac{-f \cdot \tan \theta}{s_v} \quad (9)$$

이미지 상에서 소실선의 세로 값을 상단으로 프론트 윈드실드 끝단 세로 값을 하단으로 영상 처리할 전체관심영역을 설정한다. 그리고 인식된 차선 표식 위치를 중심으로 좌우로 확장하여 단위관심영역의 가로폭을 설정함으로써 전체관심영역으로부터 단위관심영역을 분할한다. 각각의 단위관심영역의 좌측, 우측 직선 정보를 추출하고 Sobel 연산을 이용하여<sup>(5)</sup> 가로 기울기 영상과 기울기 크기 영상을 구하여 영상 에지를 추출한다. Sobel 연산을 위한 마스크는 다음과 같다. ( $G_x$ 는 수평성분,  $G_y$ 는 수직성분)

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

기울기 크기 즉 영상의 Gradient 는 수평성분과 수직성분을 이용하여 1 차 편미분에 의해 구할 수 있으며 다음 식과 같다.

$$\nabla G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \approx |G_x| + |G_y| \quad (11)$$

Sobel 연산을 통해 얻은 단위관심영역의 영상에

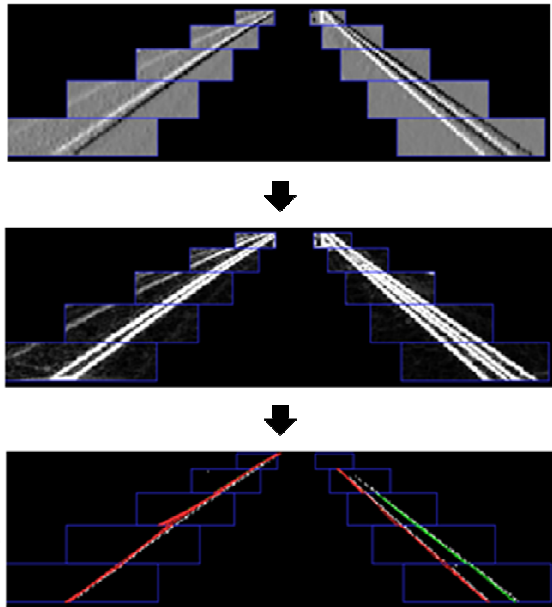


Fig. 4 Extraction of the image edge through sobel edge detector and lane extraction by hough transform

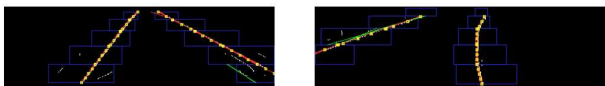


Fig. 5 Lane model completion through typical point

지는 상호 연결되어 있지 않고 단절된 직선 형태로 Hough Transform 을 이용하여 차선의 후보 직선을 추출한다.<sup>(6,7)</sup> Hough 변환은 영상의 (x,y) 좌표 공간에 있는 각 픽셀을 허프 공간이라 일컫는 (ρ,θ) 공간으로 매핑하여 직선정보를 검출하는 기법이다.

$$\rho = x \cdot \sin \theta + y \cdot \cos \theta \quad (12)$$

단위 관심 영역별로 최종 선별된 직선 정보를 이용하여 일정 간격으로 대표 점을 생성한 뒤 최소 자승법을 사용하여 차선 모델을 규정한다. 직선 성분에 대한 점 성분이라면 1 차식으로 근사하는 최소 자승법을 적용하고, 곡선 차선 표식에 대한 점 성분은 2 차식으로 근사하는 최소 자승법을 적용하여 차선 모델을 규정한다. 그리고 차선 이탈에 대한 판정을 한다.

$$x = a + b \cdot y \quad (13)$$

$$x = a + b \cdot y + c \cdot y^2 \quad (14)$$

### 3. 전방 차량 인식 방법

전방 차량 인식을 위해 다양한 접근법이 연구되어 왔으며,<sup>(8)</sup> 센서의 종류에 따라 스테레오 카메라

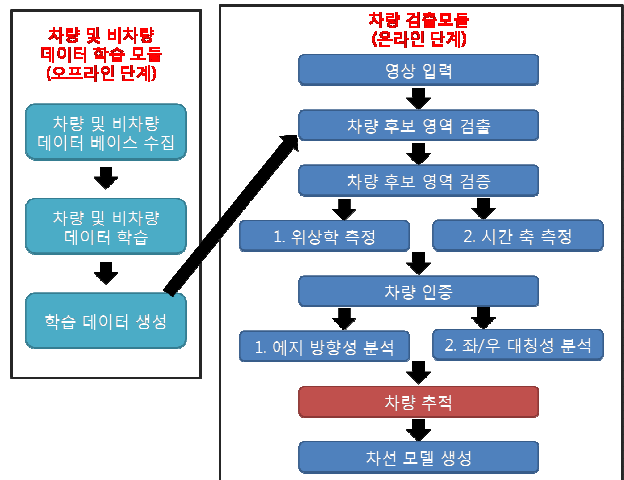


Fig. 6 Single camera based block diagram of forward vehicle recognition

센서 기반, 레이더 센서 기반, 라이다 센서와 카메라 센서 기반, 레이저 센서와 카메라 센서 융합 기반 등의 접근법이 있으나, 모두 고가의 센서를 사용한다는 단점이 존재한다. 효율성 및 양산성을 고려하여 단일 카메라 이미지 트래킹 기반 전방 차량 인식 방법을 제안하고자 하며, 구체적인 세부 방법은 Fig. 6 에서 설명되어지고 있다.

대표적인 객체 인식 기법으로는 Haar-like 기법, adaboost 기법, SVM(Support Vector Machine) 기법, Template Matching 기법 등이 활용된다. Haar-like 특징 마스크를 이용하여 입력된 영상이 차량인지 아닌지를 구분한다. Haar-like 의 경우 차량의 일부가 가려져도 지역적 특징을 검출하기 때문에 다른 특징들이 보완되어 차량을 구분하게 된다.<sup>(9,10)</sup> Adaboost 알고리즘은 약 분류기(Weak Classifier)들을 선형 결합하여 강 분류기(Strong Classifier)를 만드는 기계 학습 알고리즘으로 다양한 객체 검출에 널리 사용되는 알고리즘이다.<sup>(11)</sup> 학습 시간이 길고, 학습 데이터에 의존적인 단점이 있지만, 정확성과 빠른 속도의 장점 때문에 영상 처리 패턴 인식에 유리하다. Haar-like 의 인식된 특징을 Adaboost 에 구성된 분류기를 학습시켜 Cascaded classifier 를 생성하고 실제 입력되는 차량 후보 영상의 검출을 위해 학습 데이터를 생성한다. 또한 분류기에 여백을 최대화 하여 일반화 능력을 극대화하는 SVM 을 적용한다. 이렇게 구성된 학습 데이터 패턴에 대한 템플릿에 인식하는 목표의 차량 패턴의 템플릿 구성에 맞추는 정규화 과정, 즉 Template Matching 기법을 통해 상호상관 또는 유사도를 척도하여 인식 대상의 목표 차량의 패턴을 인식한다.<sup>(12,13)</sup> 실제 적용하는 전방 차량 추돌 경고를 위

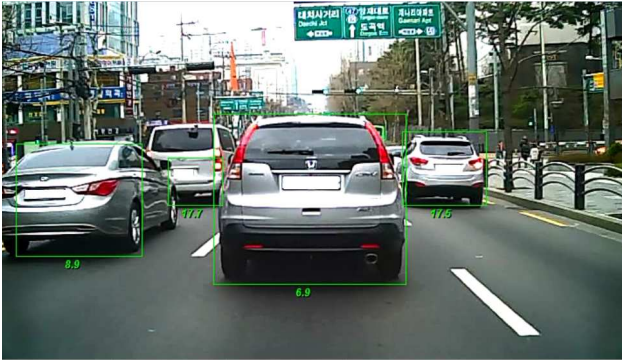


Fig. 7 Test picture of forward vehicle recognition

한 차량 인식을 위해 크게 학습 데이터 생성을 위한 오프라인 단계와 실제 입력되는 차량 영상 인식 단계인 온라인 단계로 구분한다. 온라인 단계에서는 차량 후보 영역을 설정, 검증하고 위상학 측정, 시간 축 측정 단계를 거쳐 차량을 인증하고, 에지 방향성 및 좌우 대칭성 분석을 통해 차량 이미지를 추적한다(상세 절차 Fig. 6 참조).

Fig. 7 은 단일카메라 이미지 트래킹 기반의 상기 알고리즘으로 구성된 Test Unit 을 Passenger Car 에 장착하여 전방 인식 유효성을 평가한 사진이다.

#### 4. 실차 시험 평가

제한된 전방 차선 인식 알고리즘의 성능을 검증하기 위하여, 상용 화물 트럭 실차 조건 상태에서 차선 인식에 대한 경보율을 기준으로 평가하였다.

Fig. 8 과 같이 시험 차량(6X2 Tractor)에 Test Unit 을 장착하여 평가하였으며, Test Unit 은 단일 카메라와 Controller 가 내장된 일체형 Unit 으로 구성하였다. Test Unit 은 CAN 버스 라인을 통해 좌/우 신호 및 차량 속도를 입력 받고, 경고 신호를 출력하도록 구성하였다. 경고는 차량의 Meter Cluster 와 Speaker 를 통해 출력되어 운전자가 시각과 청각으로 경고를 인식하도록 시스템을 구성하였으나 시험차량에서는 Meter Cluster 를 통한 시각적 경고는 구현하지는 않았다. 대신 정확히 차선을 인식하고 있는지 여부에 대해 확인할 수 있도록 별도 모니터를 설치하여 운전상태에서 차선 인식에 대해 모니터링이 가능하도록 구성하였다.

시험에 필요한 여러 가지 조건이 있지만, 먼저 빛에 대한 영향 조건 즉 주행 방향에 대한 역광, 사광, 순광에 대한 영향도를 평가하였다. 또한 기상 조건에 대한 영향과 도로 조건에 대한 영향도 평가하였으며, 마지막으로 야간 주행 조건에 대한 영향을 추가적으로 평가를 실시하였다.

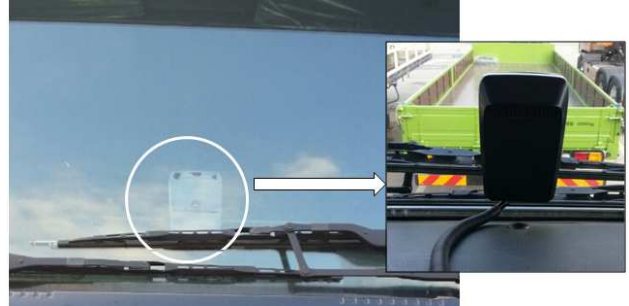


Fig. 8 Mounting the test unit for vehicle test

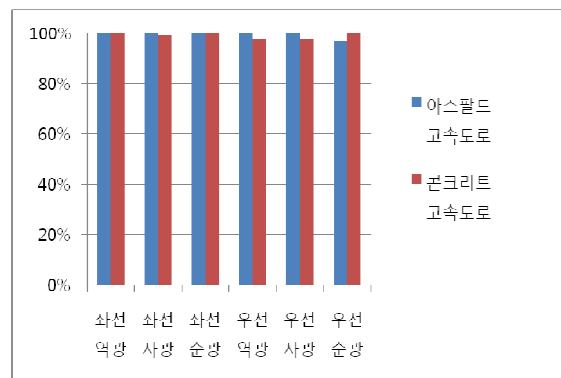


Fig. 9 test result of the lane recognition on the condition of sun direction and driving direction

빛에 대한 조건에서는 도로 조건에 따라서 인식률에 약간 차이가 발생하였다. 아스팔트 고속도로에서는 거의 모든 조건에서 100% 인식률을 보였고, 다만 순광 시 우측 차선 인식에 대한 부분만 97%의 인식률을 보였다. 그런데 콘크리트 고속도로 조건에서는 우측에서 역광과 사광 조건에서 98% 인식률을 얻을 수 있었다. 기상 조건에서는 구름이 끼거나 흐린 날 인식률이 100% 결과를 보였으나, 야간에 주행에 대한 차선 인식의 경우 노면이 건조한 상태에서는 95%의 인식률을 얻을 수 있었고, 비가 온 뒤 노면이 젖은 상태에서는 50%의 낮은 인식률을 얻었다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 차선 이탈에 대한 경고와 전방 추돌에 대한 경고를 위한 다양한 방법들을 적용하여 상용차를 위한 최적의 방법을 제안하였고, 실차 평가를 통해 성능을 입증하였다. 승용에 비해 상용차량의 경우 카메라 위치로 인하여 차선 및 전방 차량 인식에 불리한 조건을 가지고 있지만, 차선 인식의 경우 98%의 높은 인식률을 실차 시험을 통해서 얻었다. 이는 기존 시스템 대비 월등한 수준의 결과이며, 단일 카메라 기반이기 때문



에 재료비 측면에서도 유리하다. 다만 전방 추돌 경고에 대해서는 승용 평가만 실시하고, 상용 차량에서 아직 실차 평가를 실시하지 못하였으나, 전방 차량 인식에 대한 부분도 구체화 진행 중이다.

본 논문에서 제시된 방법을 통해서 상용차량에서도 능동안전시스템 초석을 마련하였으며, 상용차 운전자의 안전은 물론 상용차 주변 차량 및 보행자의 안전에 대해서도 기여를 할 것이다.

### 후 기

본 논문은 중소기업청 기술개발수행과제를 통해 도출된 결과물로 과제 수행을 위해 협조해 주신 모본(주) 개발팀 연구원들과 전자부품연구원 특히 전북전자부품연구원 연구원들, 그리고 타타대우 상용차(주) 기술연구소 전장설계팀 담당자와 시험팀 담당자들에게 감사 드린다.

### 참고문헌

(References)

- (1) Ki, S. D., 2011, "An Analysis on the Effects of the Driver Distraction on the Car Accidents," *Insurance and Financial Research*, Vol. 22, pp. 3~32.
- (2) Lee, Y. H., 2010, "A Method of Mono Camera based Lane Detection," *KSAE* Vol.10 pp.1810 ~1815.
- (3) Kim, K. I., 2011, "A Method of Establishing Database for Lane Detection and Vehicle Detection," *KSAE* Vol.11 pp.1378~1382.
- (4) Jeon, D. H., Kim, M. K., Joo, S. H., Kang, H. J. and Shon, S. R., 2007, "Study on Image Improvement for a Nighttime Vehicle Recognition," *KSAE* Vol.11 pp.1378~1382 Vol.4, pp.1923~1927.
- (5) Gae, W. S., Yang, L., Zjang, X. and Liu, H., 2011, "An Improved Sobel Edge Detection," *IEEE* Vol.10, pp. 67 ~71.
- (6) Lee, J. R., Bae, K. R. and Moon, B. G., 2013, "A Hardware Architecture of Hough Transform Using an Improved Voting Scheme," *KICS*, Vol.38A, No.9, pp 773 ~781.
- (7) Femandes, L. A. and Oliveira, M. M., 2008, "Real Time Line Detection Through an Improved Hough Transform Voting Scheme," *Pattern Recognition*, Vol. 41, pp. 299 ~ 314.
- (8) Raphael, E., Kiefer, R., Reisman, P. and Hayon, G., 2011, "Development of a Camera -Based Forward Collision Alert System," *SAE*, Vol. 1, pp. 579 ~593.
- (9) Jung, B.W., Park, K. Y. and Hwang, S. Y., 2013, "A Fast and Efficient Haar-Like Feature Selection Algorithm for Object Detection," *KICS*, Vol. 6, pp. 486~489.
- (10) Erez, D. and Ofer, M., 2004, "Forward Collision Warning with a Single Camera," *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Vol.7, pp. 37~41.
- (11) Baek, Y. M., Kim, J. G. and Kim, W. Y., 2013, "An Improved AdaBoost Algorithm by Clustering Samples," *JBE*, Vol. 18, pp. 643~646.
- (12) Heisele, B., Ho, P. and Poggio, T., 2001, "Face Recognition with Support Vector Machines: Global Versus Component-based Approach," *In Proc. IEEE International Conference on Computer Vision*. Vol. 2, pp. 68~694.
- (13) Han, S. J., Han, Y. J. and Han, H. S., 2010, "Lane and Curvature Detection Algorithm Based on the Curve Template Matching Method Using Top View Image," *IEEK*, Vol.42, pp. 97~106.