# 차량 그림자를 이용한 주행 차량 검출 및 차간 거리 측정

김태희* · 강문설**

# Driving Vehicle Detection and Distance Estimation using Vehicle Shadow

Tae-Hee Kim* · Moon-Seol Kang**

이 논문은 2012년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 수행되었음


## 요 약

최근 차량 운전자들의 안전 운행을 보조하기 위해 운전자의 차량과 전방의 차량 간의 거리를 추정하고 안전거리 유무를 알려주기 위한 경보시스템이 개발되고 있다. 본 논문에서도 실제 도로 환경에서 전방의 주행 차량을 검출하여 차간 거리를 측정하고, 충돌 위험 상황을 감지하여 운전자에게 충돌 위험을 알리는 충돌경고시스템을 설계 및 구현하였다. 먼저 전방주시 카메라를 활용하여 촬영한 도로영상으로부터 도로와 차량에 해당하는 관심 영역을 추출하고, 관심 영역에서 전방 차량의 그림자 임계값 분석을 통해 전방 차량 객체를 추출한 후 전방 차량과의 거리를 계산하여 충돌 위험 경고를 알려준다. 주행 차량 검출 및 차간 거리 측정 결과를 기반으로 충돌경고시스템을 설계 및 구현하였으며, 실제 도로상황에 적용하여 실험한 결과 매우 높은 정확도를 나타내어 안전 운전에 대응할 수 있는 것으로 검증되었다.

## ABSTRACT

Recently, the warning system to aid drivers for safe driving is being developed. The system estimates the distance between the driver's car and the car before it and informs him of safety distance. In this paper, we designed and implemented the collision warning system which detects the car in front on the actual road situation and measures the distance between the cars in order to detect the risk situation for collision and inform the driver of the risk of collision. First of all, using the forward-looking camera, it extracts the interest area corresponding to the road and the cars from the image photographed from the road. From the interest area, it extracts the object of the car in front through the analysis on the critical value of the shadow of the car in front and then alerts the driver about the risk of collision by calculating the distance from the car in front. Based on the results of detecting driving cars and measuring the distance between cars, the collision warning system was designed and realized. According to the result of applying it in the actual road situation and testing it, it showed very high accuracy; thus, it has been verified that it can cope with safe driving.



키워드

차선인식, 차량추출, 차간인식, 호프변환, 충돌위험경고

Key words

Lane Recognition, Vehicle Extraction, Vehicle Distance Recognition, Hough Transform, Collision Warning



* 정회원 : 동신대학교 정보보안학과

** 정회원 : 광주대학교 컴퓨터공학과 (교신저자, mskang@gwangju.ac.kr)



접수일자 : 2012. 03. 26

심사완료일자 : 2012. 04. 30

Open Access http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.8.1693


ⓒThis is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/li-censes/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## Ⅰ. 서 론

2011년 12월 등록된 자동차 수만 1,844만대를 넘어 자동차 성수기 시대에 접어들어 있지만, 이에 비례하여 한 해 발생하는 자동차 사고수도 늘어나고 있으며, 차량가격의 상승 및 고급화로 인한 물질적인 피해도 지속적으로 증가하고 있다. 교통사고 유형을 살펴보면 자동차의 기기적인 결함보다는 운전자 부주의에서 오는 사고가 전체 사고 비중의 75% 이상을 차지하고 있어 정보기술(IT)을 접목하여 운전자의 운전을 보조하고 안전한 운전을 지원하는 지능형 자동차(스마트 자동차)에 대한 필요성이 대두되고 있다[1].

지능형 자동차의 경우 컴퓨터 하드웨어 성능의 발달로 컴퓨터 비전 및 영상처리 기술이 급속히 발달하였고, 고해상도의 영상데이터를 분석할 수 있을 뿐만 아니라 실시간 동영상 처리까지 가능해졌다. 교통사고의 예방, 방지 및 회피를 위하여 지능형 자동차와 관련된 많은 기술의 연구와 개발이 이루어지고 있으며, 인간의 지각능력에 의존한 주행방법의 한계점을 보완하고 안전 운전을 도와 운전자의 부담과 피로도의 경감을 목적으로 하는 다양한 보조시스템들이 개발되고 있다[2,3].

특히, 운전자는 운전 도중에 상황을 인지, 판단 및 조작하는 과정을 반복하여 수행하는데, 안전운전 불이행, 중앙선 침범, 과속, 신호위반, 교차로 통행위반 및 안전거리 미확보 등의 운전자의 과실로 다양한 유형의 사고를 일으킨다. 따라서 도로를 주행할 때 운전자의 과실로 인해 발생할 수 있는 교통사고를 사전에 방지하기 위하여 운전자에게 차선이탈 및 차량충돌 위험을 알리는 것은 안전 운전을 위해 매우 중요한 정보가 된다[3,4,5].

최근 들어 차량에 카메라를 탑재하고 도로 전방의 영상 정보를 수집하고 분석하여 운전자에게 시각 및 청각적인 경보를 제공하는 차간거리제어장치(SCC : Smart Cruise Control) 및 차선유지도움장치(LKAS : Lane Keeping Assist System) 등 자동차 관련 첨단기술이 연구 및 개발되어 상용화되기 시작하고 있다. 그러나 차량에 카메라 및 내장형시스템(Embedded System)을 탑재하여 실시간으로 데이터를 수집하여 분석하고 판단하는 프로세스는 많은 제약 사항을 포함하고 있다. 카메라 영상을 처리하기 위한 기술은 실시간 프로세스에 적합하지 않을 수 있으며, 차선 및 차간 검출을 위해 영상 데이터에 대한 실시간 탐색 및 처리가 필요하다[3,6,7].

본 논문에서는 실제 도로 환경에서 충돌 위험 상황을 감지하고 실시간으로 차선 및 차간 인식을 통하여 차간 거리를 측정한 후 충돌 위험 경고를 발생시켜 안전 운전을 도와주는 충돌경고시스템(Collision Warning System)을 설계 및 구현한다. 먼저 차량 전방에 설치된 카메라를 활용하여 촬영한 도로영상으로부터 도로와 차량에 해당하는 관심 영역을 추출한다. 추출한 관심 영역에 대한 허프 변환을 통하여 직선 성분을 검출하고 확률 계산을 통하여 차선을 확정하여 필터링을 실시하고, 관심 영역에서 전방 차량의 그림자 임계값 분석을 통해 전방 차량 객체를 추출하여 전방 차량과의 거리를 계산한다. 주행 차량 검출 및 차간 거리 측정 결과를 기반으로 충돌경고시스템을 설계 및 구현하였으며, 실제 도로상황에 적용하여 실험한 결과 매우 높은 정확도를 나타내어 안전 운전에 대응할 수 있는 것으로 검증되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 전방 차량을 식별하여 차간 거리 인식을 위한 전처리 과정을 설명하고, 3장에서는 실시간 차간 거리 인식을 통한 충돌경고시스템의 설계 및 구현 내용을 설명한다. 4장에서는 제안한 충돌경고시스템을 실제 도로 상황에서 적용한 실험 결과를 기술하고, 5장에서는 결론을 맺는다.

## Ⅱ. 차량 검출을 위한 전처리 과정

차선 및 차량 검출을 통한 차간 거리 인식은 입력영상 중 관심영역을 설정하여 전처리 과정을 거친 후 차선과 차량을 검출하고 차간 거리를 측정함으로써 차량의 안전운전을 지원하는 충돌경고시스템에 적용될 수 있도록 하였다. 차선과 차량 인식과정은 다음과 같다. 입력된 도로영상을 차선 및 차간 인식 알고리즘에 적용하기 위해서는 먼저 도로영상에 대해서 전처리가 선행되어야 한다. 관심영역(Region of Interest : ROI)을 정하고, 그레이스케일(gray scale), 소벨 연산(sobel operation) 및 이진화(binarization)를 이용하여 차선과 차량의 특징을 추출한다. 이후 전처리 한 영역을 바탕으로 허프 변환을 적용하여 영상 내 직선과 차량 성분을 검출하고, 검출된 직선 성분을 분석하여 통계적으로 최대값 성분을 차선으로

인식한다. 또한, 전방 차량인식을 위해 관심영역에서 임계값이하이면 차량 객체로 설정하고 차량 여부를 식별하여 차간 거리를 계산한다. 카메라 영상 분석을 통한 차선 및 차간 거리 인식 과정은 그림 1과 같다.

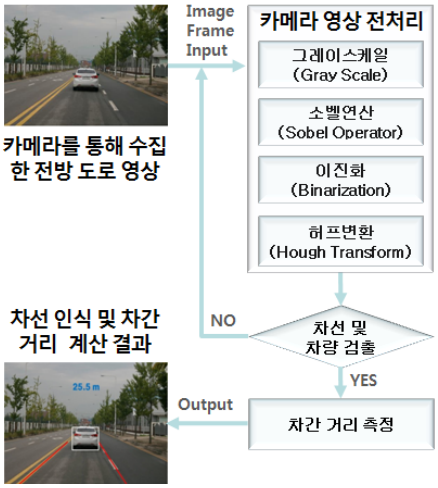



그림 1. 카메라 영상 분석을 통한 차간 거리 계산 과정
Fig. 1 process of vehicle distance using camera image

2.1. 그레이 스케일(Gray Scale)

그레이 스케일은 백색에서 흑색까지를 단계적으로 나누어 밝기의 정도를 나타낸 척도로 비디오 시스템의 점검뿐 아니라 디자이너를 위한 톤의 참조기준으로 사용되고 스튜디오에서 사용되는 모든 화면과 재료들의 반사를 점검하고 평가하는 데 사용되는 스케일이다. 그레이 스케일은 10단계의 밝기를 가지고 있는데 최소한 3% 반사에서 60% 반사까지가 포함되어 있고, 20 대 1의 톤의 범위를 취급한다. 이 10단계를 넘는 위・아래 부분의 톤의 변화는 화면상에 나타나지 않는다.

영상처리 측면에서 살펴보면 RGB[Red-Green- Blue] 값이 모두 같은 값을 가지고 0(흑)에서 255(백)까지의 단계로 흑백의 강도를 나타낸다. 즉, 색 정보는 없고 밝기 값만을 가지는 영상이라고 보면 되는데, 여기서 색 정보라 함은 우리가 다루는 RGB구성보다는 YCbCr 구성을 말한다. RGB는 각각이 Red, Green, Blue의 색 정보를 가지고서 영상을 표현하는 반면에 YCbCr의 경우는 하나의 밝기 성분(휘도, Y) 및 두개의 색차 성분(Cb, Cr)으로 색상을 표현하는 색 공간을 표현한다[8,12].

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.595716 & -0.274453 & -0.321263 \\ 0.211456 & -0.522591 & 0.311135 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$
$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.9563 & 0.6210 \\ 1 & -0.2721 & -0.6474 \\ 1 & -1.1070 & 1.7046 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} \quad (1)$$

두 구성은 완전히 다른 형식이 아니라 (1)의 공식으로 상호변환이 가능하다. 영상처리 시에는 NTSC(National Television System Committee)에서 제시한 YIQ(밝기, 색상, 순도) 방식에 기초하여 그레이 스케일로 변환한다. 즉, 위의 행렬식으로 계산해보면 밝기 Y는 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B 가 되는 것이다. 그리고 계산식을 보면 알겠지만 밝기 값은 최소 0에서 최대 255값을 가지므로 이전의 밝기 조절에서와 같은 값이 255를 넘기는지에 대한 검사는 하지 않아도 된다는 걸 알 수 있다. 또한 Green값에 가장 높은 비율을 주었는데 이유는 인간의 눈이 녹색을 더 잘 감지하기 때문이다[8]. 그림 2의 (b)는 입력 영상에 대해 그레이 스케일을 적용하여 변환한 결과이다.

(a) (b)

그림 2. 그레이 스케일을 수행한 영상
(a) 입력 영상 (b) 그레이 스케일
Fig. 2 image using gray scale
(a) input image (b) gray scale

2.2. 소벨 연산(Sobel Operation)

카메라를 통해 얻어진 영상에서 차선을 검출하기 위해 여러 에지 추출 연산중에서 대각선 방향으로 강인성을 보이는 소벨 연산을 이용하여 에지를 검출한다[9].

| | | |
|---|---|---|
| -1 | 0 | 1 |
| -2 | 0 | 2 |
| -1 | 0 | 1 |

| | | |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 1 |
| 0 | 0 | 0 |
| -1 | -2 | -1 |

그림 3. 에지 검출을 위한 마스크 행렬
Fig. 3 mask matrix for edge detection

에지를 검출하는 방법으로는 편미분 연산자 계산에 의한 검출 방법으로 영상에서의 기울기를 구하는 방법과 마스크를 이용하는 방법이 있으나 여기서는 2차 미분에 해당하는 마스크 행렬을 이용하여 에지를 검출한다. 그림 4의 (b)는 그레이스케일을 수행한 영사에 대해 소벨 연산을 이용하여 영상의 에지를 추출한 결과이다.

(a) (b)

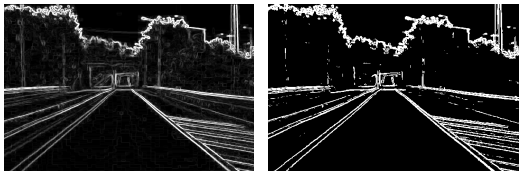
그림 4. 소벨 연산을 수행한 영상
(a) 입력 영상 (b) 소벨 연산
Fig. 4 image using sobel operation
(a) input image (b) sobel operation

2.3. 이진화(Binarization)

영상 정보는 잡음 신호를 많이 포함하고 있으므로 직접 차선 정보 추출을 위하여 활용하기 어렵다. 따라서 영상정보는 이진화 과정을 거쳐 잡음 성분들을 제거하여 차선 정보를 추출하기 적합한 영상 정보로 변환하여야 한다. 그러기 위해 소벨 연산에 의해 추출된 에지에 대하여 이진화 작업을 수행한다. 이진화는 영상의 픽셀 값을 0 또는 255로 만드는 연산이며, 픽셀의 속성을 배경(background)과 객체(object)의 두 그룹으로 나누는 작업으로 영상 내에 원하는 객체의 정보(위치, 크기, 모양)를 얻기 위한 전처리 과정으로 많이 사용된다[7,10].

$$g(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } f(x,y) \le T \\ 255 & \text{if } f(x,y) > T \end{cases} \quad (2)$$

이진화는 전역적(global) 이진화와 지역적(local) 이진화가 있으며, 전역적 이진화는 영상 전체 픽셀에 대하여 하나의 임계값을 사용하여 이진화 시키는 방법이고, 영상을 여러 개의 구역으로 분할하여 각 구역마다 다른 임계값을 사용하여 이진화를 수행하는 지역적 이진화 방법이 있다. 이진화 알고리즘은 식 (2)와 같으며, 그림 5의 (b)는 소벨 연산을 적용한 영상에 대해 이진화를 수행한 결과 영상이다.



(a) (b)

그림 5. 이진화를 수행한 영상
(a) 입력 영상 (b) 이진화
Fig. 5 image using binarization
(a) input image (b) binarization

2.4. 허프 변환(Hough Transformation)

차선을 검출하기 위하여 영상 좌표에서의 직선의 방정식을 파라미터 공간으로 변환하여 직선을 찾는 알고리즘은 허프 변환 알고리즘을 이용하여 차선을 검출한다.

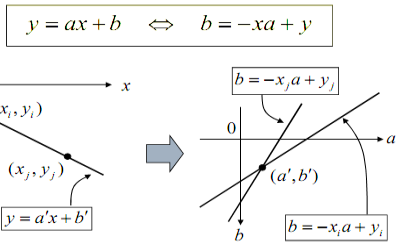
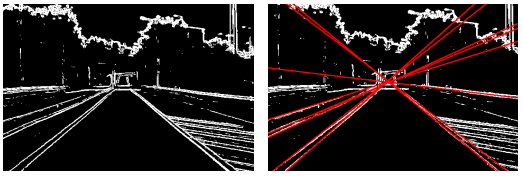



그림 6. 허프 변환
Fig. 6 hough transformation

허프 변환은 화상 처리에서의 선분 추출을 위한 변환 방법으로 직선을 $x\cos\Theta + y\sin\Theta = \varrho$로 나타내면 동일 직선은 Θ-ϱ평면에서는 한 점에 떨어지므로 Θ-ϱ 평면에서의 클러스터링에 의해 직선을 찾는다. 직선을 Θ-ϱ 평면에 떨어뜨리는 것을 허프 변환이라고 말한다[11].



(a) (b)

그림 7. 허프 변환을 수행한 영상
(a) 입력 영상 (b) 허프 변환
Fig. 7 image using hough transformation
(a) input image (b) hough transformation

그림 7의 (b)는 이진화를 수행한 영상에 대해 허프 변환을 적용한 영상이다.

## Ⅲ. 충돌경고시스템 설계 및 구현

주행 차량을 검출하여 차간 거리를 측정하여 운전자에게 충돌위험 경고를 알려주는 충돌경고시스템을 설계하여 구현하였다. 먼저 차선 추출의 정확도를 높이고 처리 속도를 향상시키기 위하여 각각 왼쪽과 오른쪽 차선으로 관심영역을 설정하고 허프 변환에 의한 직선 알고리즘을 적용하였다. 차량 인식은 차량의 그림자 및 뒷바퀴의 어두운 색 성분이 임계값 이하이면, 이를 객체로 설정하여 차량 여부를 판단하였다. 그리고 관심영역의 픽셀 좌표의 y축 상의 최하점과 임계값 이하인 영역의 픽셀 좌표의 y축 상 최하점 간의 픽셀 수를 이용하여 선행 차량과의 차간 거리를 산출하였다.

### 3.1. 차선 검출 과정

차선 검출은 전처리 과정에서 그레이스케일 영상으로 변환된 영상을 소벨 연산과 이진화를 거쳐서 나온 차선 에지의 픽셀에 대해 허프 변환을 수행하여 표 1과 같은 과정으로 검출이 이루어진다.

표 1. 차선 검출 알고리즘
Table. 1 vehicle lane detection algorithm

① 입력 영상에서 차선을 검출하기 위한 검사영역을 지정한다.
② 좌측 차선과 우측 차선 검출을 위해 각각 관심영역을 지정한다.
③ 오른쪽 차선을 검출하기 위해 오른쪽 차선의 관심영역으로부터 직선성분 검출을 위하여 허프 변환을 적용한다.
④ 왼쪽 차선을 검출하기 위해 왼쪽 차선의 관심영역을 좌우 변환하고, 직선성분 검출을 위하여 허프 변환을 적용한다. 직선 성분을 검출하면 그 결과를 다시 좌우 변환한다.
⑤ 검출된 왼쪽과 오른쪽 차선의 직선성분을 분석하여, 확률적 계산에 의하여 최대값 성분을 차선으로 선택한다.
⑥ 선택한 차선에 대하여 필터링한다.
⑦ 단계 ② 과정으로 이동한다.

차선 인식을 통하여 운전자의 의도하지 않은 차선 이탈을 감지하여 경고음을 제공한다. 카메라를 통해 입력되는 전방 도로 영상에서 차선을 검출하고 주행 방향과 차선의 위치를 분석하여 차선 이탈 여부를 판단하여 차선을 이탈할 경웨는 경고음을 발생한다. 이 알고리즘에 이용하여 차선을 검출하는 과정은 그림 8과 같다.

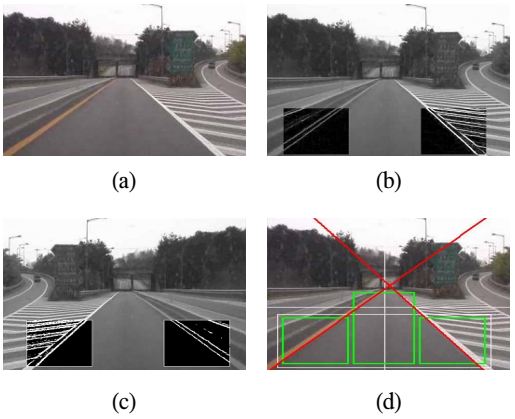



그림 8. 차선 검출 과정. (a) 입력 영상 (b) 관심 영역 설정 (c) 직선 검출 (d) 차선 확정
Fig. 8 process of vehicle lane detection (a) input image (b) region of interest set (c) straight line detection (d) lane confirmed

### 3.2. 차간 인식 및 거리 계산 과정

차간 인식은 전처리 과정을 거쳐서 생성된 전방의 영상에서 차량의 색상 성분을 분석하고 필요에 따라 차량의 그림자나 뒷바퀴, 후미 등의 색상 성분을 분석하여 차량 인식 검출 객체로 사용한다.

표 2. 차간 거리 계산 알고리즘
Table. 2 algorithm of distance between vehicles

① 차량의 그림자 및 차량의 양쪽 뒷바퀴가 모두 어두운색 성분을 가지는 특징을 이용하여 임계값을 설정한다.
② 영상에서 전방 차량 인식을 위한 관심영역을 지정한다.
③ 전방 차량인식을 위한 관심영역에서 임계값 이하이면 이를 객체로 설정한다.
④ 설정된 객체를 분석하여 차량 여부를 결정하고, 차량인 경우 차간 거리를 계산한다.
⑤ 단계 ② 과정으로 이동한다.

차간 인식을 통하여 도로 주행 중 전방 차량과의 거리가 가까워졌을 때 운전자에게 경고음을 제공한다. 전방 차량과의 거리 측정은 카메라를 통해 입력되는 전방 도로 영상에서 차량을 식별하고 상대적인 거리를 계산하며, 차량 주행 속도에 따른 위험 거리 이하로 좁혀지기 시작하면 경고음이 발생한다. 표 2와 같은 과정으로 검출이 이루어지며, 이 알고리즘의 적용 결과는 그림 9와 같다.

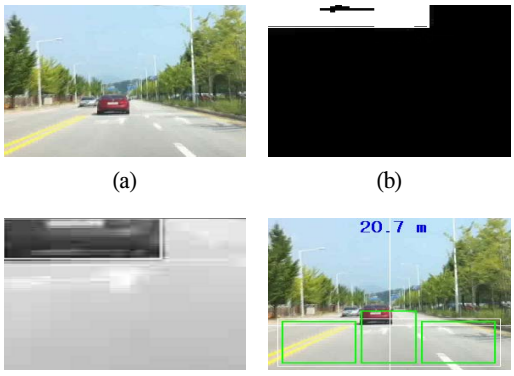



그림 9. 차간 인식 과정. (a) 입력 영상 (b) 임계값 분석 (c) 전방 차량 검출 (d) 차간 거리 계산
Fig. 9 process of vehicle recognition (a) input image (b) threshold Analysis (c) detect the vehicle ahead (d) Inter-vehicle distance

### 3.3. 차간 거리 및 차량 속도 계산

차간 인식 알고리즘에 의해 차량을 인식하고, GPS (NMEA 0183) 수신기를 장착하여 차량 속도와 초음파 센서에 의한 근접 차량 거리를 검출하고, 측정한 실제 차선의 거리 값과 차간 거리 값을 종합적으로 판단하여 차선 이탈 및 충돌 위험 경고 신호를 사용자에게 알린다.

차간 거리 산출 시스템은 차량의 전방 도로를 촬영하는 카메라, 촬영된 전방도로 영상을 그레이스케일, 소벨 연산, 이진화 및 허프 변환을 수행하는 영상처리부, 선행 차량의 후미 그림자를 검출하기 위한 관심영역에서 밝기가 설정된 임계값 이하인 영역을 검출하여 운전 중인 차량과 선행 차량과의 차간 거리를 산출하는 거리 산출부를 포함한다. 그리고 거리 산출은 관심영역의 픽셀 좌표와 임계값 이하인 영역의 픽셀 좌표를 이용하여 선행 차량과 운전 중인 차량과의 차간 거리를 산출한다. 그림 10은 표 1의 차선검출 알고리즘과 표 2의 차간 인식 알고리즘을 이용하여 실제 도로 영상을 분석하여 차선 이탈 및 추돌 위험 경고를 사용자에게 알려주는 실험 화면이다.

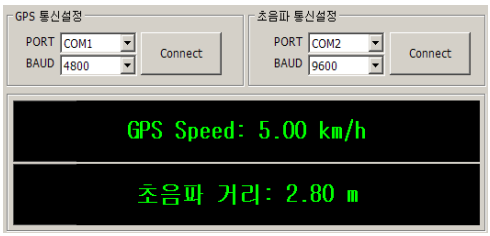



그림 10. 차간 거리 및 속도 계산 결과
Fig. 10 speed and distance of vehicles

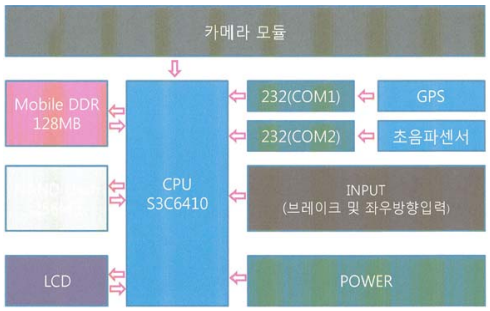



그림 11. 하드웨어 구성도
Fig. 11 Hardware Diagram

### 3.4. 하드웨어 구성도 및 시제품

전방의 차량을 검출하여 운전 중인 차량과의 차간 거리를 측정하여 충돌위험 경고를 발생하여 운전자에게 안전운전을 지원하는 충돌경고시스템의 하드웨어 구성은 그림 11과 같다. 카메라 모듈, 프로세서(CPU), 위성항법장치(GPS), 초음파 센서, 입력 모듈 및 전원장치(Power) 등을 포함한 시제품을 시험하기 위하여 차량에 장착한 모습은 그림 12와 같다.

그림 12. 차량에 장착한 시제품
Fig. 12 prototypes in vehicle

## Ⅳ. 실험 결과 및 분석

### 4.1. 실험 조건

차선을 이탈 할 경우는 차선의 종류와 방향 지시 등의 작동 유무에 따라 표 3과 같이 운전자에게 경고음 제공 여부를 결정한다. 차간 인식은 도로 주행 중 차량 속도와 전방 차량과의 거리를 토대로 안전거리 미확보로 판단되면 경고음을 발생한다. 단, 브레이크를 작동할 때는 운전자가 위험 상황을 인지하였다고 판단하여 경고음을 발생하지 않는다. 표 4와 같은 조건으로 충돌 위험 경고음 제공 여부를 결정한다.

표 3. 차선 이탈 경보 조건
Table. 3 condition of lane departure warning

| | 방향 지시등 ON | 방향 지시등 OFF |
|---|---|---|
| 차선이 점선일 때 | 경고음 ( × ) | 경고음 ( ○ ) |
| 차선이 실선일 때 | 경고음 ( ○ ) | 경고음 ( ○ ) |

표 4. 차량 충돌 위험 경보 조건
Table. 4 condition of vehicle collision warning

| 차간 거리 | 20m 이내 | 10m 이내 | 3m 이내 |
|---|---|---|---|
| 주행 속도 | 30km/h 이상 | 30km/h 이상 | 주행속도 무관 |

### 4.2. 실험 환경 및 방법

제안한 차선 및 차간 거리 인식 알고리즘을 구현하여 차량에 탑재한 후 주간과 야간의 좋은 조건, 흐린 날, 우천 시 등의 나쁜 조건의 실제 도로 상황에서 50여회의 도로 주행 시험을 실시하였고, 실험 과정에서 미세한 오류와 부작용 등을 해결하였다.

표 5. 실험 환경 및 방법
Table. 5 experimental environment and methods

- 차량의 브레이크 및 방향지시등 케이블을 보드에 연결
- 차량 앞 번호판 상단에 초음파 센서 부착
- 차량 보조석 상단에 GPS 장비 부착
- 차량 백미러 하단에 카메라를 부착하여 각도와 초점을 설정
- 도로 주행 테스트 실시 : 차선 및 차량 인식, 차선이탈 경보, 차량충돌위험 경보

### 4.3. 실험 결과

차량 그림자를 이용하여 주행 차량을 검출하고 차간 거리를 측정하여 운전자에게 충돌위험 경고를 알려주는 충돌위험경고시스템 및 시제품을 제작하여 실제 도로 환경에서 실시한 실험 결과는 표 6과 같다. 표 3에서 제시한 차선 이탈 경보 조건을 기준으로 실시한 차선 인식에 대한 실험에서 실선은 95.3%, 점선은 95.1%의 인식률, 표 4에서 제시한 차량 충돌 위험 경보 조건을 기준으로 실시한 차량 인식 실험에서는 94.7%의 인식률을 나타내어 안전 운전에 도움이 될 수 있는 것으로 확인되었다.

표 6. 도로 주행 시험 결과
Table. 6 results of road driving tests

| 항목 | 인식률 | 시험 내용 |
|---|---|---|
| 차선 인식 | 실선 : 95.3%<br>점선 : 95.1% | <표 3>의 조건을 충족하여 경보음 발생 |
| 차량 인식 | 94.7% | <표 4>의 조건에 따라 주행속도 측정/근접차량 감지 및 차량 충돌 위험경보 양호 |

## Ⅴ. 결 론

교통사고의 원인 중 하나인 운전자의 부주의를 줄이기 위해 차선을 이탈하고 차량이 근접할 때, 운전자에게 경보를 제공하는 시스템의 핵심적인 기술에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 카메라 영상을 통해 수집되는 전방 도로 영상을 분석하기 위해 관심 영역을 설정하고 그레이 스케일, 소벨 연산, 이진화, 허프 변환 등의 전처리 과정을 거쳐 색상 성분의 임계값을 얻고 윤곽을 찾아내는 방법으로 차선과 전방 차량을 검출하여 차간 거리를 계산하는  보다 효율적인 알고리즘을 제안하였다. 제안한 차량 검출 및 차간 거리 계산 알고리즘을 구현하여 실제 도로상황에 적용하여 실험한 결과 95% 이상의 인식률을 나타내어 안전 운전에 대응할 수 있는 것으로 입증되었다.

흐린 날씨, 야간 등 기상 악조건 상황에서도 차량 및 차선 검출에 대한 인식률이 100%에 근접할 수 있는 영상 처리 기법 및 검출 알고리즘에 대한 연구를 진행하고 있다.

## 참고문헌


[1] 사이버경찰청, “차량증가 현황 및 교통사고 발생 현황,” http://www.police.go.kr/

[2] ㈜티디엘, 2011년 지역 SW 융합지원사업(과제명: NEV 차량용 도로상황인지 제어시스템 개발) 최종 결과보고서, pp.153, 2011. 12.

[3] 양지윤, “차선・차간 거리, ‘똑똑한 자동차에 맡겨 주세요’,” CNB 저널 179호, 2010. 7.

[4] 배정호 외 4인, 단일차선추출 및 중심점 분석을 통한 차선 이탈점 검출 알고리즘, 정보처리학회논문지B 제16-B권 제1호, 35～46, 2009. 2.

[5] Z. Sun, R. Miller, G. Bebies, and D. DiMeo, “A Real-time Precrash Vehicle Detection System,” Sixth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision(WACV’02), pp.171～178, 2012. 12.

[6] 배찬수 외 2인, 형태학과 색상 정보를 이용한 차선 인식 알고리즘, 전자공학회논문지 제48권(SD편) 제6호, pp.15～23, 2011. 6

[7] M. Bertozzi, A. Boggi, A. Fascioli, R. Fscioli, “Stereo Inverse Perspective Mapping: Theory and Applications,” Image and Vision Computing Vol.16, No.8, pp.585～590, 1998.

[8] M. P. Dubuisson, A.K. Jain, “Object contour extraction using color and motion ,” Proceedings CVPR ’93 : Computer Vision and Pattern Recognition 1993, pp.471～476, 1993. 6.

[9] R. Wang, Y. Xu, Libin, Y. Zhao, “A vision-based road edge detection algorithm,” IEEE Intelligent Vehicle Symposium 2002, pp.141～147, 2002. 6.

[10] A. Gern, U. Franke, P. Levi, “Advanced lane recognition-fusing vision and radar,” IEEE Intelligent Vehicle Symposium 2000, pp.45～51, 2000. 10.

[11] R. O. Duda, “Use of the Hough Transformation to detect Lines and Curves in Pictures,” Communication of ACM, vol.15, pp.11～15, 1972.

[12] Buchsbaum, Walter H. Color TV Servicing, third edition. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1975


## 저자소개

**김태희(Tae-Hee Kim)**

1999년 전남대학교 대학원
전산통계학과(이학박사)
1997년～현재 동신대학교
정보보안학과 부교수

※관심분야 : 소프트웨어 공학, 객체지향 모델링, 데이터베이스 보안

**강문설(Moon-Seol Kang)**

1994년 전남대학교 대학원
전산통계학과(이학박사)
1994년～현재 광주대학교
컴퓨터공학과 교수

※관심분야 : 소프트웨어 공학, 컴포넌트 기술, 컴퓨터 교육, 인터넷 윤리