
카메라 영상의 실시간 분석에 의한 차선 및 차간 인식

강문설* · 김유신**

Road Lane and Vehicle Distance Recognition using Real-time Analysis of Camera Images

Moon-seol Kang* · Yu-sin Kim**

이 논문은 2012년도 광주대학교 대학 연구비의 지원을 받아 수행되었음

요 약

본 논문에서는 실시간의 도로 환경에서 위험상황을 감지하고 안전 운전을 돕는 실시간 차선 및 차간 인식 방법을 제안한다. 먼저 전방주시 카메라를 활용하여 촬영한 도로영상으로부터 도로와 차량에 해당하는 관심 영역을 추출한다. 관심 영역에 대한 허프 변환을 통하여 직선 성분을 검출하고 확률 계산을 통하여 차선을 확정하여 필터링을 실시한다. 그리고 관심 영역에서 전방 차량의 그림자 임계값 분석을 통해 전방 차량 객체를 추출하고 전방 차량과의 거리를 계산한다. 제안한 차선 및 차간 인식 기술을 실제 도로상황에 적용하여 실험한 결과 95% 이상의 인식률을 나타내어 안전 운전에 대응할 수 있는 것으로 입증되었다.

ABSTRACT

This paper propose the method to recognize the lanes and distance between cars in real-time which detects dangerous situations and helps safe driving in the actual road environment. First of all, it extracts the area of interest corresponding to roads and cars from the road image photographed by using the forward-looking camera. Through the hough transform for the area of interest, this study detects linear components and also selects the lane and conducts filtering by calculating probability. And through the shadow threshold analysis of the cars in front within the area of interest, it extracts the objects of cars in front and calculates the distance from cars in front. According to the result of applying the suggested technology to recognize the lane and distance between cars to the road situation for testing, it showed over 95% recognition rate; thus, it has been proved that it can respond to safe driving.

키워드

차선 추출, 차간 인식, 그레이 스케일, 소벨 연산, 허프 변환

Key words

Lane Extraction, Vehicle Distance Recognition, Gray Scale, Sobel Operation, Hough Transform

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

접수일자 : 2012. 06. 18

** 정회원 : (주)티디엘 대표이사

심사완료일자 : 2012. 07. 05

I. 서 론

국내외적으로 자동차 보유량이 급격히 증가함에 따라 교통사고에 따른 사상자를 포함한 피해규모가 증가하는 등 많은 문제점을 야기하고 있다. 이에 교통사고의 예방, 방지 및 회피를 위하여 운전을 보조하는 많은 기술의 연구와 개발이 이루어지고 있으며, 인간의 지각능력에 의존한 주행방법의 한계점을 보완하고 안전 운전을 도와 운전자의 부담과 피로도의 경감을 목적으로 하는 다양한 시스템들이 개발되고 있다[1,2,3].

특히, 운전자는 운전 도중에 상황을 인지, 판단 및 조작하는 과정을 반복하여 수행하는데, 종종 운전자의 과실로 사고를 일으킨다. 따라서 도로를 주행할 때 운전자의 과실로 인해 발생할 수 있는 교통사고를 미연에 방지하기 위하여 운전자에게 차선 이탈 및 차량 충돌 위험을 알리는 것은 매우 중요하다[1,2,4,5,6].

최근 들어 차량에 카메라와 센서를 탑재하고 도로 전방의 영상 정보를 수집하고 분석하여 운전자에게 시각 및 청각적인 경보를 제공하는 차선유지도움장치(LKAS : Lane Keeping Assist System), 차간거리제어장치(SCC : Smart Cruise Control) 및 차량용 인포테인먼트 시스템(UVO : Your Voice, 당신의 목소리) 등 자동차 관련 첨단기술이 연구 및 개발되어 상용화되기 시작하고 있다. 그러나 차량에 카메라 및 임베디드 보드를 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[1,2,6,7,8].

본 논문에서는 실제 도로 환경에서 위험 상황을 감지하고 안전 운행을 돕는 실시간 차선 및 차간 인식 방법을 제안한다. 먼저 차량 전방에 설치된 카메라를 활용하여 촬영한 도로영상으로부터 도로와 차량에 해당하는 관심 영역을 추출한다. 추출한 관심 영역에 대해 전처리 과정을 수행하고 허프 변환을 이용하여 직선 성분을 검출하고 확률 계산을 통하여 차선을 확정하여 필터링을 실시한다. 그리고 관심 영역에서 전방 차량의 그림자 입계 값 분석을 통해 전방 차량 객체를 추출하고 전방 차량과의 거리를 계산한다. 제안한 차선 및 차간 인식 기술을 실제 도로상황에 적용하여 실험한 결과 95% 이상의 인

식률을 나타내어 차량의 안전운전을 지원하는 시스템에 적용될 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 차선 및 차간 인식을 위해 수행된 기존의 관련연구를 고찰하고, 3장에서 차선 및 차간 거리 인식을 위한 전처리 과정을 설명한다. 4장에서는 실시간 차선 및 차간 거리 인식을 위해 제안한 방법을 설명한 후 제안한 방법을 실제 도로 상황에서 적용한 실험 결과를 설명하고, 5장에서는 결론 및 향후 연구방향을 기술한다.

II. 관련연구

국내외에서 차선 및 차간인식 등 운전을 보조하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 차선인식을 위해 널리 사용되는 방법으로는 허프 변환을 이용하는 방법, 히스토그램을 이용하는 방법, 에지 연결정보를 이용하는 방법, B-Snake를 이용하는 방법, 차선의 밝기 값 및 기하학적 모델을 이용한 방법 등이 있다[3,4]. 그러나 이러한 방법들은 많은 양의 관심영역을 탐색하므로 처리 시간을 많이 소비한다는 심각한 문제점을 포함하고 있다. 특히, 전방의 차량이 차선을 방해하는 경우, 소방도로와 같이 중앙선만 있는 경우, 또는 주차된 차량으로 인해 도로의 한쪽 차선이 보이지 않는 경우에는 차선 검출 확률이 상대적으로 떨어진다는 문제점이 있다.

컴퓨터 비전 및 영상처리 분야에서 허프 변환은 영상에 존재하는 다항식으로 모델링 가능한 물체를 찾아내는 방법으로 흐릿한 영상에도 좋은 결과를 얻어내며 잡음에 강인한 특성을 갖는다. 이와 같은 허프 변환을 이용하여 직선을 찾아내는 방식을 활용한 차선 인식 알고리즘은 차선 검출 연구에서 보편적으로 사용되는 방법이며[3,4,9,10], 본 논문에서도 사용하였다. 허프 변환을 이용한 차선검출은 다른 방법들에 비해 간단하지만, 픽셀 도메인에 존재하는 직선상의 각 픽셀에 대해 파라미터 평면에 각각의 궤적을 그리는 과정으로 인하여 픽셀 수가 증가하면 처리시간이 증가한다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 에지분포 함수를 이용하여 차선경계의 방향을 검출하고, 이를 허프 변환의 파라미터로 사용하고 있다[4,6].

이 방법은 기존의 단순 허프 변환을 사용한 방법들보다 성능이 우수하나 두 개의 차선을 검출해야 하므로 차

량과 가까이 접근하거나 그림자에 의해 왜곡이 발생하기 쉽다는 문제점을 포함하고 있으며, 관심 영역이 이전 영상에 의존적이므로 이전 영상에서 발생한 오차가 전파될 수 있다.

주행 차량을 검출하여 차간 거리를 인식하는 연구는 학습된 데이터를 이용하는 방법과 차량의 에지 또는 명암, 대칭성 등의 특징을 찾아내는 방법으로 분류할 수 있다. 이들 연구에서는 거짓 양성(false positive)을 줄이기 위해 다양한 특징들을 활용하였고, 그 결과 수행 속도나 입력영상의 크기에서 많은 손실이 발생하였다[11]. 또한, 차량의 가장 큰 특징인 차량 후미 하단의 그림자 부분과 차량의 뒷바퀴 부분을 추출하기 위해 Haar-like 특징을 이용하거나 일반적인 에지를 이용한 윤곽추출이 아닌 차량이 가지고 있는 방향성 에지 특징을 이용하여 검출 확률을 높이는 연구도 있었다[11,13].

주행 중인 전방 차량과의 거리를 측정하기 위해 일반적으로 사용하는 센서를 이용하는 기술은 상용화되어 활용되고 있으며, 영상만을 이용하여 전방 차량과의 거리를 측정하는 연구는 다음과 같이 두 가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 영상에 나타난 차량의 넓이(화소)를 이용하는 방법이다[12]. 차간거리와 영상에 나타나는 차량의 넓이는 완벽하게 반비례하기 때문에 차간거리가 멀어질수록 차량의 넓이는 좁아진다. 이 방법은 시간에 따라 차간 거리를 비교할 수 있지만, 절대적인 수치를 얻기 위해서는 모든 차량의 넓이가 일정하다고 가정할 수밖에 없다. 두 번째 방법은 영상에 나타난 차량의 세로축 위치 기반의 추출방법이다[13]. 차간거리가 멀어질수록 영상에 나타난 차량은 더 높은 곳에 위치하게 된다. 이 방법은 도로가 평평하고 카메라의 설치 각도, 위치가 변하지 않으며, 물체가 바닥에 붙어 있다는 가정 하에 물체의 종류와 상관없이 절대적인 수치 계산이 가능하지만, 작은 픽셀차이에 의해서도 값이 크게 변화하여 노이즈에 매우 민감하므로 정밀한 측정이 어렵다.

III. 실시간 차선 및 차간 거리 인식

차선 및 차간 거리 인식은 입력영상 중 관심영역을 설정하여 전처리 과정을 거친 후 차선과 차량을 검출하고 차간 거리를 측정함으로써 차량의 안전한 운전을 지원하

는 시스템에 적용될 수 있도록 하였다. 차선과 차량 인식 과정은 다음과 같다.

입력된 도로영상을 차선 및 차간 인식 알고리즘에 적용하기 위해서는 먼저 도로영상에 대해서 전처리가 선행되어야 한다. 관심영역(ROI : Region of Interest)을 설정하고, 그레이스케일, 소벨 연산 및 이진화를 사용하여 차선과 차량의 특징을 추출한다. 이후 전처리 영역을 바탕으로 허프 변환을 이용하여 영상 내 직선과 차량 성분을 검출하고, 검출된 직선성분을 분석하여 통계적으로 최대값 성분을 차선으로 인식한다. 또한, 전방 차량인식을 위해 관심영역에서 임계값이하이이면 객체로 설정하고 차량 여부를 식별하여 차간 거리를 계산한다. 실시간으로 전방 차량에 대한 카메라 영상을 분석하여 차선과 차량을 인식하고 차간 거리를 계산하는 과정은 그림 1과 같다.

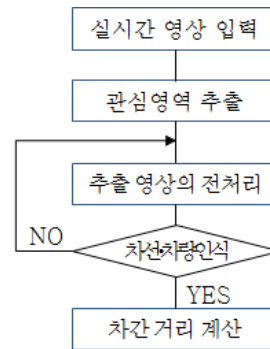


그림 1. 카메라 영상의 실시간 분석 과정
Fig. 1 Real-time analysis of camera image

3.1. 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[6,14].

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

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.9563 & 0.6210 \\ 1 & -0.2721 & -0.6474 \\ 1 & -1.1070 & 1.7046 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

영상처리 측면에서 살펴보면 RGB 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 RGB 구성보다는 YCbCr 구성을 말한다. RGB는 각각 Red, Green, Blue의 색 정보를 가지고서 영상을 표현하는 반면에 YCbCr의 경우는 Y가 밝기를, Cb, Cr이 각각의 색 정보를 가진다[6,14].



그림 2. 그레이 스케일을 수행한 영상
(a) 입력 영상 (b) 그레이 스케일 적용 결과
Fig. 2 image of gray scale
(a) input image (b) results of gray scale

두 구성은 완전히 다른 형식이 아니라 식 (1)의 공식으로 상호변환이 가능하다. 영상처리 시에는 NTSC (National Television Standards Committee)에서 제시한 YIQ 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 넘기는데 대한 검사는 하지 않아도 된다는 걸 알 수 있다. 또한 Green값에 가장 높은 비율을 주었는데 이유는 인간의 눈이 녹색을 더 잘 감지하기 때문이다. 그림 2는 그레이 스케일을 적용하여 변환하기 위한 알고리즘을 적용한 결과 영상이다.

3.2. 소벨 연산(Sobel Operation)

카메라를 통해 얻어진 영상에서 차선을 검출하기 위해 여러 에지 추출 연산중에서 대각선 방향으로 강인성을 보이는 소벨 연산을 이용하여 에지를 검출하였다[6,15]. 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[6].

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

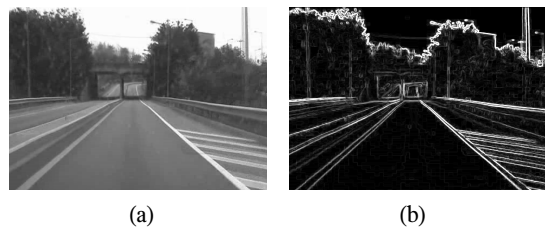
1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

(a) (b)

그림 3. x방향과 y방향의 소벨 마스크
(a) 수직마스크(Gx) (b) 수평마스크(Gy)

Fig. 3 sobel mask of x direction and y direction
(a) vertical mask (b) horizontal mask

정확한 방향 값을 구하기 위해 3×3 소벨 연산을 수평과 수직 방향에 대해 적용하였고, 각 블록 내의 픽셀들에 대해 x와 y 방향으로 각각의 벡터들의 평균값을 구하여 방향각을 계산하였다. 소벨 연산은 1차 미분을 이용한 에지 검출 방법으로 임의의 주어진 픽셀 그룹 안에 있는 픽셀 언덕의 기울기를 측정함으로써 그 경사가 얼마나 가파른지에 대한 값을 구하는 것이다. 그림 3은 x, y 두 방향 검출을 위해 두 개의 마스크로 구성된 소벨 연산의 회전 마스크(Convolution mask)이다. 그림 4는 소벨 연산을 이용하여 영상의 에지를 추출하기 위한 알고리즘을 적용한 결과 영상이다.



(a) (b)

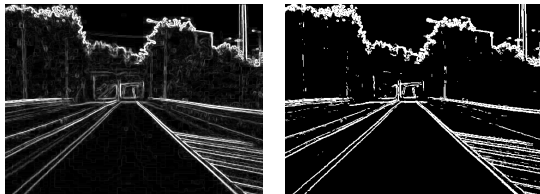
그림 4. 소벨 연산을 수행한 영상
(a) 입력 영상 (b) 소벨 연산 적용 결과
Fig. 4 image of sobel operation
(a) input image (b) results of sobel operation

3.3. 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[6,8,16].

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

이진화는 전역적 이진화와 지역적 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 5는 이진화를 수행하기 위한 알고리즘을 적용한 결과 영상이다.



(a) (b)

그림 5. 이진화를 수행한 영상
(a) 입력 영상 (b) 이진화 적용 결과
Fig. 5 image of binarization
(a) input image (b) results of binarization

3.4. 허프 변환(Hough Transformation)

차선을 검출하기 위하여 영상 좌표에서의 직선의 방정식을 파라미터 공간으로 변환하여 직선을 찾는 알고리즘은 허프 변환 알고리즘을 이용하여 차선을 검출한다[6].

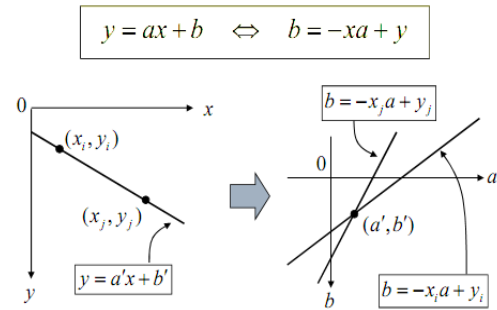


그림 6. 허프 변환
Fig. 6 hough transformation

허프 변환은 물체의 위치에 관한 사전지식이 없어도 물체의 경계선을 찾을 수 있다는 특징을 가지고 있으며, 가장 큰 장점은 분할의 강인성이다. 기본 알고리즘은 직선을

$$y = ax + b \quad (3)$$

으로 표현할 수 있다는 가난한 착상에 근간을 두고 있다. 이를 달리 해석하면 a, b 파라미터 공간상에서 $b = x_i a + y_i$ 와 같은 식으로 표현할 수 있다.

이것은 그림 6에서처럼 직선이 파라미터 a와 b의 공간에서 단일 점으로 나타난다는 것을 의미한다. 그러나 이 방법은 기울기가 무한대로 접근할수록 처리하기 어렵게 되므로 이 제약점을 극복하기 위해 식(3)을 다음의 식(4)처럼 정규적 표현 방법으로 변형한다.

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

여기서 θ 는 $[0, \pi]$ 의 범위를 갖는다. 허프 변환 알고리즘에서 직선이란 같은 선상 위에 있는 픽셀의 집합이라 표현할 수 있다[8,9,16] 이와 같은 알고리즘에 의해 영상의 각 픽셀에서 검출된 (ρ, θ) 값은 누적표에 더해지게 되며, 이렇게 누적된 값들 중 최대값을 갖는 $(\rho_{max}, \theta_{max})$ 을 역변환하여 직선을 추출할 수 있다. 그리고 실제 획득한 영상을 가지고 세선화를 수행하면 차선이 완전한 하나의 직선군으로 형성되어 있지 않음 알 수 있는데, 이러한 이유로 그림 7에서처럼 호프 공간에는 차선이 존재하는 좌표부근에 여러 개의 직선후보들이 나타나게 된다. 따라서 누적된 직선 후보들의 픽셀을 합산하여 그들 중

최대값을 검출하여 하나의 직선만을 대표값으로 그리게 하였다. 그림 7은 허프 변환 알고리즘을 적용한 결과 영상이다.

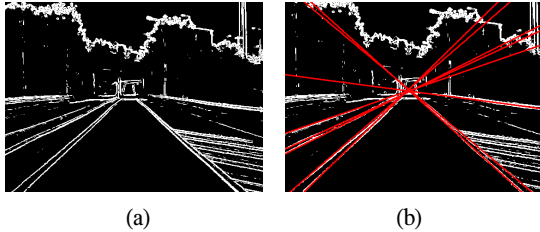


그림 7. 허프 변환을 수행한 영상
(a) 입력 영상 (b) 허프변환 적용 결과
Fig. 7 image of hough transformation
(a) input image (b) results of hough transformation

IV. 실시간 차선 및 차간 인식 실험

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 판단하였으며, y축 픽셀에 의한 거리 계산을 통해 차간 거리를 산출하였다.

4.1. 차선 추출 과정

차선 추출은 전처리 과정에서 그레이스케일에 의해 변환된 영상을 소벨 연산과 이진화를 거쳐서 검출된 차선 에지의 픽셀을 이용하여 다음과 같은 과정으로 추출이 이루어진다.

- 1 단계, 입력 영상에서 차선을 추출하기 위한 검사영역을 지정한다.
- 2 단계, 좌우 차선 추출을 위해 각각 관심영역을 지정한다.
- 3 단계, 오른쪽 차선을 추출하기 위해 오른쪽 차선의 관심영역으로부터 직선성분 추출을 위하여 허프 변환을 적용한다.
- 4 단계, 왼쪽 차선을 추출하기 위해 왼쪽 차선의 관심영역을 좌우 변환하고, 직선성분 추출을 위하여 허프

변환을 적용한다. 직선 성분을 추출하면 그 결과를 다시 좌우 변환한다.

- 5 단계, 추출된 왼쪽과 오른쪽 차선의 직선성분을 분석하여, 확률적 계산에 의하여 최대값 성분을 차선으로 선택한다.
- 6 단계, 선택한 차선에 대하여 필터링한다.
- 7 단계, 단계 2 과정을 반복한다.

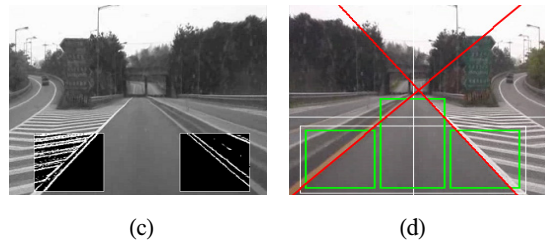


그림 8. 차선 검출 과정
(a) 입력 영상 (b) 관심 영역
(c) 허프 변환 결과 (d) 차선 검출
Fig. 8 process of vehicle lane detection
(a) input image (b) areas of interest (c) results of hough transformation (d) lane detection

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 판단한다. 이 알고리즘을 적용 하여 차선을 검출한 결과는 그림 8과 같다. 차량 내부의 적절한 위치, 각도 및 초점을 맞추어 카메라가 탑재된 임베디드 보드를 설치하고 실시간으로 전방 도로 영상을 수집한다(그림 8(a)). 수집된 카메라 영상을 프레임 단위로 나누고 관심 영역을 설정하며(그림 8(b)), 관심 영역을 대상으로 전처리 과정을 수행한 후 그레이스케일에 의해 변환된 영상을 소벨 연산과 이진화를 거쳐서 나온 차선 에지의 픽셀을 대상으로 허

프 변환을 실시하여 차선을 검출한다(그림 8(c)). 그리고 검출된 차선의 직선 성분을 분석하고 확률적 계산에 의하여 최대값을 갖는 직선 성분을 차선으로 결정한다(그림 8(d)).

4.2. 차간거리 인식 과정

차간 인식은 전처리 과정을 거쳐서 생성된 전방의 영상에서 차량의 색상 성분을 분석하고 필요에 따라 차량의 그림자나 뒷바퀴, 후미등의 색상 성분을 분석하여 차량 인식을 위한 검출 객체로 사용한다.

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. 다음과 같은 과정으로 검출이 이루어지며, 이 알고리즘의 적용하여 차간거리를 인식한 결과는 그림 9와 같다.

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

카메라가 탑재된 임베디드 보드를 설치하여 실시간으로 전방 도로영상을 수집하고, 수집된 카메라 영상을 프레임 단위로 나누어 관심영역을 설정한다(그림 9(a)). 관심영역을 대상으로 전처리 과정을 수행하여 생성된 전방영상에서 차량의 그림자, 뒷바퀴 또는 후미등의 색상 성분을 분석하여, 차량의 그림자와 양쪽 뒷바퀴 모두 어두운색 성분을 가지는 특징 중 임계치 이하를 객체로 설정한다(그림 9(b)). 그리고 설정된 객체를 분석하여 차량 여부를 결정하며(그림 9(c)), 차량으로 식별되면 y축 픽셀에 의한 거리 계산을 통해 차간 거리를 계산한다(그림 9(d)).

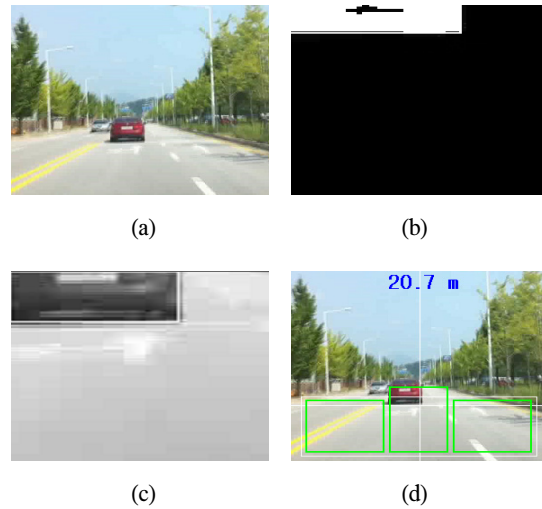


그림 9. 차간 인식 과정
(a) 입력 영상 (b) 객체 설정
(c) 차량 식별 (d) 차간 거리 계산

Fig. 9 process of vehicle recognition

(a) input image (b) object set
(c) Vehicle Identification (d) vehicle distance

4.3. 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, 측정된 실제 차선의 거리 값과 차간 거리 값을 종합적으로 판단하여 차선 이탈 및 추돌 위험 경고 신호(warning)를 사용자에게 알린다. 그림 10은 차선검출 알고리즘과 차간 인식 알고리즘을 이용하여 실제 도로 영상에서 차선 이탈 및 추돌 위험 경고를 사용자에게 알려주는 실험 화면이다.

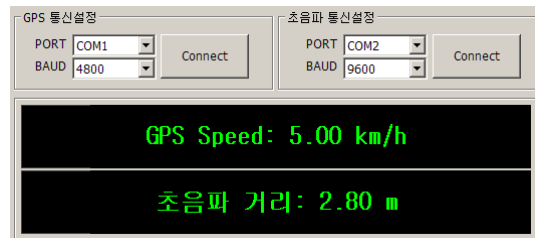


그림 10. 차간 거리 및 속도 계산 결과
Fig. 10 speed and distance of vehicles

4.4. 실험 결과 및 분석

제안한 알고리즘의 실차 실험을 위해 자가용 차량의 전방에 카메라, GPS 및 초음파 센서를 부착하였다. 카메라를 통해 실시간으로 수집되는 전방 도로 영상에서 차선 및 차량의 특징을 추출하고, GPS와 초음파 센서는 각각 차량 주행 속도와 전방 차량과의 거리를 측정하는데 사용한다. Intel® Core™ i3 Processor의 노트북 컴퓨터에서 차선 및 차량 검출, 차선 이탈 및 차량 충돌 경보 실험을 실시하였고, 프로그램은 JAVA 및 Android SDK를 이용하여 구현하였다. 도로가 넓고 한산하여 빠른 주행속도에서 실험이 가능한 교차로와 직선도로를 포함한 지역, 차량의 이동과 지체 구간이 자주 있는 교차로, 급커브, 고가도로, 공사 중인 도로, 신호등을 포함한 지역을 선택하여 이루어졌고, 한 프레임 당 평균 2~3대의 차량이 출현하였으며, 20~70km/h 정도의 속도로 주행하였다.

표 1. 차선 이탈 경보 조건
Table. 1 condition of lane departure warning

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

또한, 차선 이탈 실험은 표 1과 같이 차선의 종류와 방향 지시 등의 작동 유무에 따라 차선 이탈 여부를 판단하여 운전자에게 경고음을 발생한다. 차량 충돌 실험은 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 2와 같은 조건으로 충돌 위험 경고음 제공 여부를 결정한다.

표 2. 차량 충돌 위험 경보 조건
Table. 2 condition of vehicle collision warning

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

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 영상을 촬영

하여 실험을 실시하였고, 실험 과정에서 미세한 오류와 부작용 등을 해결하였으며, 실험 결과는 표 3와 같이 나타났다.

차선 검출 실험은 카메라의 영상을 프레임 단위로 나누어 관심영역을 설정하고, 전처리 과정을 통하여 차선 성분을 추출하는 과정으로 실시하였다. 카메라 영상 2,370 프레임을 촬영하여 실험에 이용한 결과 실선은 95.3%, 점선은 95.1%의 인식률을 보이며, 강건하게 차선을 인식하는 것으로 판단되었다. 그리고 표 1의 차선 이탈 경보 조건에 따라 검출된 차선을 이탈하였을 때 경고음이 울리는지 여부에 대한 실험을 실시한 결과 경고음이 정상적으로 발생되었다.

표 3. 도로 주행 실험 결과
Table. 3 results of road driving tests

항 목	비율	실험 결과
차선검출	95.2%	◦ 실선 : 95.3%, 점선 : 95.1%
차선이탈 경 보	정상	◦ 표 3의 조건을 충족하여 차선을 이탈할 경우 경보음을 발생시킴.
차량검출	94.7%	◦ $2441 / 2578 = 0.9468$
차량충돌 위험경보	정상	◦ 표 4의 조건에 따라 주행속도 측정/근접차량 감지 및 차량 충돌 위험경보를 알림.

차량 검출 실험은 카메라의 영상을 프레임 단위로 나누어 관심영역을 설정하고, 전처리 과정을 통하여 차량 성분을 추출하는 과정으로 실시하였다. 실험 영상에서 차량으로 판별해야 할 특징은 2,578개였으며, 제안한 차량 인식(추출) 알고리즘으로 추출한 결과 94.7%의 높은 인식률을 보였다. 그리고 GPS를 이용하여 측정된 차량의 주행 속도, 초음파 센서를 이용하여 감지한 차량의 근접 정도 및 차량 검출 결과를 이용하여 표 2의 차량 충돌 위험 경보 조건에 따라 경고음 발생 여부에 대한 실험을 실시한 결과 경고음이 정상적으로 발생되었다.

또한, 차선 검출과 차량 검출에 대한 기존 연구결과와 비교한 결과를 표 4에 정리하였다. 기존 연구결과를 참고문헌에 기술된 차선 검출과 차량 검출의 비율을 이용하였으며, 허프 변환을 적용하여 차선을 검출하였고, Haar-like 특징을 이용하여 차량을 검출하였다. 실험 환경이 다소 차이가 있지만, 제안한 방법이 관련연구에서

조사한 기존의 연구 결과보다 정확성이 높은 것으로 확인되었다.

표 4. 기존 연구결과와 비교

Table. 4 comparison of the results of existing studies

	차선인식	차량인식	비 고
제안한 방법	95.2%	94.7%	허프변환 적용
황인찬 [3]	96.4%		허프변환 적용
배정호 [4]	87.5%		허프변환 적용
권화중 [10]	90.0%		허프변환 적용
김기석 [12]		90.0%	Haar-like 특징 이용
최재식 [13]		90.5%	Haar-like 특징 이용

V. 결 론

2011년 경찰청 통계에 따르면 차량이 증가하면서 안전운전 불이행, 중앙선 침범, 과속, 신호위반, 교차로 통행위반, 안전거리 미확보 등 운전자의 부주의로 인한 교통사고 발생이 증가하고 있는 것으로 나타났다. 특히, 차량의 기기적인 결함보다는 운전자 부주의에서 오는 사고가 전체의 75% 이상을 차지하고 있는 시점에서 정보 기술을 접목하여 운전자의 운전을 보조하고 안전운전을 지원하기 위해 차선을 이탈하고 차량이 근접할 때, 운전자에게 경보를 제공하는 시스템의 핵심적인 기술에 대한 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 차량 전면에 설치된 카메라를 이용하여 촬영한 전방 도로 영상을 분석하기 위해 관심 영역을 설정하고 그레이 스케일, 소벨 연산, 이진화, 허프 변환 등의 전처리 과정을 거쳐 색상 성분의 임계치를 얻고 윤곽을 찾아내는 방법으로 차선 및 차량을 검출하는 보다 효율적인 알고리즘을 제안하였다. 제안한 차선 및 차량 검출 알고리즘을 구현하여 실제 도로상황에 적용하여 실험한 결과 차선 검출과 차량 검출에서 약 95% 정도의 인식률을 나타내어 안전 운전에 대응할 수 있는 것으로 입증되었다.

흐린 날씨, 야간 등 도로 상황이 좋지 않은 환경에서도 차량 및 차선 검출에 대한 인식률이 향상되어야 하고, 카메라 영상 기반의 차선 및 차량 검출, 차간 거리 측정

이 실용성을 갖추려면 거의 100%에 근접한 인식률이 필요하며 충분한 검증이 이루어져야 한다. 이러한 목표를 달성하기 위해 영상 처리 기법 및 제안한 검출 알고리즘에서 오류를 줄이기 위한 연구를 진행하고 있다.

참고문헌

[1] ㈜티디엘, 2011년 지역 SW 융합지원사업(과제명: NEV 차량용 도로상황인지 제어시스템 개발) 최종 결과보고서, pp.1~153, 2011. 12.

[2] 양지윤, “차선·차간 거리, ‘뚝뚝한 자동차에 맡겨주세요,’” CNB 저널 179호, 2010. 7.

[3] 황인찬 외 2인, “자율 주행을 위한 실시간 차선인식,” 제31회 한국정보처리학회 춘계학술발표대회 논문집 제16권 제1호, pp.94~97, 2009. 4.

[4] 배정호 외 4인, “단일차선추출 및 중심점 분석을 통한 차선 이탈점 검출 알고리즘,” 정보처리학회논문지 B 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, pp.171~178, 2012. 12.

[6] 김태희 외 1인, “차량 그림자를 이용한 주행 차량 검출 및 차간 거리 측정,” 한국정보통신학회논문지 16권 8호, pp.1693~1700, 2012. 8.

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

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

[9] 장윤 외 1인, “Hough Transform을 이용한 차선인식과 응용,” 2002년도 산학연 연합심포지엄(한국자동차학회 편), pp.912~917, 2002.

[10] 권화중 외 1인, “Hough 변환과 2차 곡선 근사화에 기반한 효율적인 차선 인식 알고리즘,” 한국정보처리학회 논문집 제16권 제2호, pp.3710~3717, 1999. 12.

- [11] 김기석 외 1인, “영상 기반의 주행 차량 검출 및 차간거리 추정에 관한 연구,” 대한전자공학회 하계 학술대회논문집 제33권 제1호, pp.1207~1210, 2010.
- [12] Ming-Chih Lu, C-P. Tsai, Chen-Chien Hsu, Yin Yu Lu, Wei-Yen Wang, and Chen-Chien Hsu, “A Practical Nighttime Vehicle Distance Alarm System,” IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics 2008(SMC 2008), pp.3000~3005, 2008. 10.
- [13] Jaesik Choi, “Realtime On-Road Vehicle Detection with Optical Flows and Haar-like Feature Detectors,” a final report of a course CS543(Computer Vision, prof. Li Fei-Fei) 2006. 12.
- [14] M. P. Dubuisson and A.K. Jain, “Object contour extraction using color and motion,” Proceedings CVPR '93 : Computer Vision and Pattern Recognition 1993, pp.471~476, 1993. 6.
- [15] R. Wang, Y. Xu, Libin, and Y. Zhao, “A vision-based road edge detection algorithm,” IEEE Intelligent Vehicle Symposium 2002, pp.141~147, 2002. 6.
- [16] A. Gern and U. Franke, P. Levi, “Advanced lane recognition-fusing vision and radar,” IEEE Intelligent Vehicle Symposium 2000, pp.45~51, 2000. 10.
- [17] R. O. Duda, “Use of the Hough Transformation to detect Lines and Curves in Pictures,” Communication of ACM, vol.15, pp.11~15, 1972.



김유신(Yu-Sin Kim Kang)

2006년 전남대학교 대학원
전산학과(박사수료)
2004년~현재 ㈜티디엘(TDL)
대표이사

2010년~현재 (사)벤처기업협회 호남지부 부회장
※ 관심분야 : 분산시스템, 데이터마이닝, 영상처리,
디지털 사운드 설계

저자소개



강문설(Moon-Seol Kang)

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

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