

논문 2006-43TC-9-7

전방향 환경인식에 기반한 지능형 운전자 보조 시스템

(Intelligent Driver Assistance Systems based on All-Around Sensing)

김 삼 용*, 강 정 관*, 류 영 우**, 오 세 영***, 김 광 수****, 박 상 철*****, 김 진 원*****

(Sam-Yong Kim, Geong-Kwan Kang, Young-Woo Ryu, Se-Young Oh, Kwang-Soo Kim, Sang-Cheol Park, and Jin-Won Kim)

요 약

운전자 보조시스템은 운전자가 좀 더 편리하고 안전하게 주행할 수 있도록 주행 정보나 위험 경보를 주거나 적극적인 개입을 통해서 안전사고를 방지할 수 있는 시스템이다. 차선이탈경보, 전후방 충돌경보와 같이 특정한 기능을 갖는 현재의 운전자 보조시스템은 비전과 거리 센서의 가격 대비 처리성능의 향상으로 통합된 기능성과 HMI (Human-Machine Interface)를 갖는 지능형 운전자 보조시스템으로 발전할 것이다. 본 논문은 2대의 카메라와 8대의 초음파센서를 각각 차량의 전후방과 주변에 설치하여 주행 중인 차량의 환경정보인 실선과 점선의 차선 정보, 사각을 제거한 전방향의 차량의 위치정보를 추출하여 운전자가 전방향의 주행상황을 쉽게 인지할 수 있는 조감영상과 음성충돌경보를 제공하는 지능형 운전자 보조시스템을 제안한다.

Abstract

DAS(Driver Assistance Systems) support the driver's decision making to increase safety and comfort by issuing the warning signals or even exert the active control in case of dangerous conditions. Most previous research and products intend to offer only a single warning service like the lane departure warning, collision warning, lane change assistance, etc. Although these functions elevate the driving safety and convenience to a certain degree, New type of DAS will be developed to integrate all the important functions with an efficient HMI (Human-Machine Interface) framework for various driving conditions. We propose an all-around sensing based on the integrated DAS that can also remove the blind spots using 2 cameras and 8 sonars, recognize the driving environment by lane and vehicle detection, construct a novel birds-eye HMI for easy comprehension. it can give proper warning in case of imminent danger.

Keywords : Driver Assistance Systems (DAS), Human-Machine Interface (HMI), Lane detection, Vehicle detection, Collision warning

I. 서 론

현재 도로에서 일어나는 70%의 사고는 운전자의 부주의로 인하여 이러한 상황을 2~3초 전에 미리 알고 적절한 대응을 했다면 사고는 50%이상으로 줄어들거나 경미한 사고로 줄일 수 있다. 이러한 사고를 줄이기 위해 운전자가 좀 더 편리하고 안전하게 주행할 수 있도록

록 주행 정보나 위험 경보를 제공하는 시스템으로 후방 주차경보 시스템, 차선이탈경보 시스템, 졸음운전경보 시스템, 차량간 충돌경보 등의 보조정보 생성 시스템에서 적극적인 조향이나 속도제어를 하는 차선이탈방지 시스템, 지능순항제어 시스템 등이 연구되고 있다^[1]. 이러한 운전자 보조시스템은 무엇보다 정확한 환경인식과 운전자 방해요소를 최소화 할 수 있는 적절한 정보전달 방법이 필요하다. 현재 대부분의 운전자 보조시스템은 전방 혹은 측후방에서의 차선이탈이나 차량간 충돌상황 등의 제한된 방향에서의 특정한 정보에 특화되어서 운전자에게 제약된 정보만을 전달함으로써 잠재적인 운전자 방해요소를 가지고 있다. 또한 차량 주변의 환경인식을 위해서는 최소한의 저가센서를 이용한 차량주변의 사각을 없애기 위해 적절한 센서배치가 필요하며 전방,

* 학생회원, *** 평생회원, 포항공과대학교 전자전기공학과 (Dept. of Electronics and Electrical Engineering, Pohang University of Science and Technology)

** 정회원, 국방과학연구소 (Agency for Defense Development)

**** 정회원, 삼성전자 (SAMSUNG Electronics)

***** 정회원, 특허청 (The Korean Intellectual Property Office)

접수일자: 2006년8월14일, 수정완료일: 2006년9월11일

후방, 좌우측방의 정보는 단순한 조합이 아닌 서로 교환 및 융합되어야 한다. 주로 전방 상황만을 주시하는 운전자에게 기존의 단순한 음성경보식의 인터페이스를 이용해서 전후좌우 차선의 상태와 이에 대한 차량의 상태, 주변 차량간의 거리, 속도, 충돌여부 등의 종합적인 정보를 전달하는 것은 한계가 있다. 주행 중인 도로와 차량상황을 모두 디스플레이하는 기존의 기술들 역시 도로정보를 추출하지 않거나 도로정보를 추출하더라도 곡률정보를 통해 도로의 형상만을 추출하는 것으로써 좌우 차선에 대한 정보는 알 수 없다. 지도데이터베이스를 이용해서 도로정보를 생성하기 위해서는 위치측정수단이 가능하고 정확해야하며 이는 지도데이터베이스가 구축된 도로에서만 적용 가능하고 현재 위치측정수단의 한계상 차선과 차량의 대략적인 위치관계가 아닌 위치 및 방향 정보를 필요로 하는 운전자 보조시스템에 응용하기는 어려우며 자차량의 전방만을 주시함으로써 기존 시스템이 갖는 한계점을 극복하지 못한다.

제안된 시스템은 차선인식과 차량검출을 통해 운전자가 주행하는 차량의 전방향의 도로 및 주변차량에 대한 환경을 쉽게 인식할 수 있도록 주행 차량의 운전자 보조 정보를 생성하는 지능형 운전자 보조 시스템이다. 이를 위해 사각을 제거할 수 있도록 센서를 구성, 배치하고 차선의 위치, 실선과 점선 차선, 차량간 거리, 충돌경보로 표현되는 전방향에 대한 주행환경을 인식한다. 제 II장에서는 전방향 환경인식을 위한 센서배치를 이용한 주행환경의 인식을 설명하고, 제 III장에서는 인식된 주행환경을 바탕으로 한 새로운 운전자 보조 정보 생성방법을 보이고, 마지막으로 제 IV과 제 V장에서는 각각 실험결과와 결론 및 추후 연구과제를 언급한다.

II. 주행환경의 인식

1. 시스템 개요 및 센서배치

제안된 시스템은 그림 1과 같이 크게 센서 수신부와 전후방의 차선을 인식하는 차선인식부, 주변의 차량을 검출하는 차량인식부, 운전자 보조 정보 생성을 위한 도로 재구성과 충돌경보부로 구성된다.

자차량 주변의 환경을 인식하기 위해서 그림 2와 같이 실험차량의 전후방에 45°의 화각을 갖는 2대의 카메라와 최대 10m내의 근거리 장애물과의 거리를 측정할 수 있는 8개의 초음파 센서를 차량주변에 배치한다. 카메라는 빠르게 움직이는 차량을 큰 왜곡 없이 포착하기 위해 640×480로 구성되는 1프레임의 영상 중 640×240

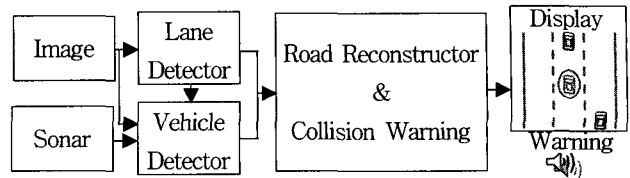


그림 1. 시스템 개요
Fig. 1. System overview.

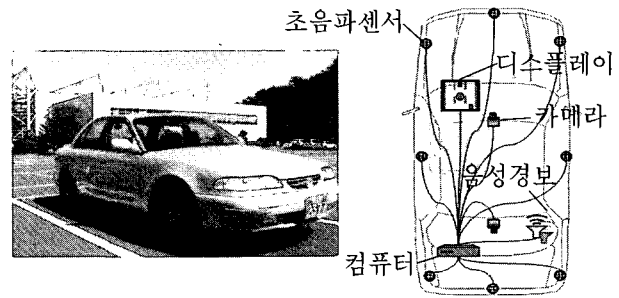


그림 2. 실험차량 및 센서배치
Fig. 2. Intelligent vehicle testbed and sensor configuration.

의 1 필드 영상을 320×240으로 리샘플링한 후 처리되며 8개의 초음파센서는 순차적으로 스캔한다.

2. 차선 인식 및 추출

날씨 및 시간에 따른 주변 조명 변화, 차선 도색의 마모로 인한 차선 정보 손실 등과 같은 에러를 최소화 하면서 정확하고 빠르게 차선을 찾을 수 있는 방법을 제안한다. 우선 주변 밝기에 따라서 그 형태가 변하는 템플릿을 사용하여 영상에서 차선일 확률이 높은 차선 후보들을 먼저 뽑아내는 방법을 사용함으로써, 차량 주변의 밝기가 변해도 차선 인식의 성능이 저하되지 않도록 하고, 차선 인식 시 차선의 위치와 방향뿐만 아니라, 곡률 정보도 계산함으로써 자차로부터 30m 이상 떨어진 원거리에 위치한 차선도 정확하게 찾을 수 있도록 한다. 또한, 차선이 마모되었거나, 주변의 다른 차량에 의해 가려진 경우에도 차선의 위치를 유추하도록 함으로써 차선 인식의 정확도를 높이고 미리 찾은 차선 후보들에 대해서만 연산을 함으로써 정보처리량을 줄이도록 한다.

가. 차선 후보 추출

도로 영상에서 차선 후보들을 검출하기 위해 템플릿 매칭 방법을 이용한다. 도로 영상을 입력 받으면 영상의 세로축에 따라 적당한 크기의 차선 템플릿과 영상과의 상관도를 계산하여 차선 후보 점들을 찾는다. 차선의 밝기와 도로의 밝기는 카메라 주변의 밝기와 도로의

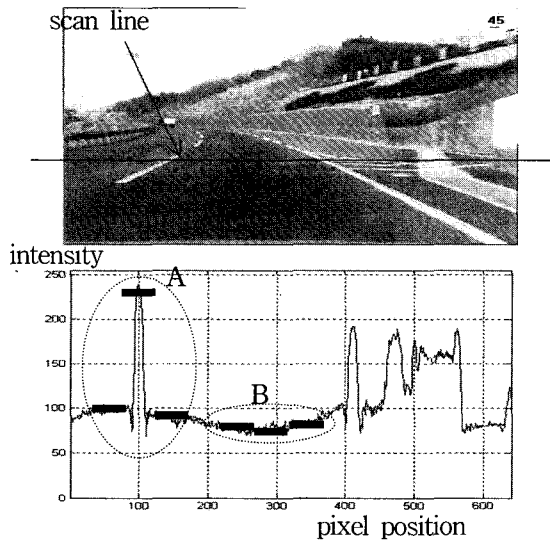


그림 3. 차선의 밝기 변화와 조정 가능한 템플릿
Fig. 3. Lane marker intensity change and adjustable templates.

노면 및 차선의 도색 상태에 계속 변하기 때문에 본 논문에서 차선 후보 점들을 추출하기 위하여 Adjustable Template Matching(ATM) 방법^[2]을 사용하였다. ATM 방법은 AURORA 시스템에서 지면을 바라보는 카메라의 영상으로부터 차선을 찾는 방법으로, 본 논문에서는 이를 차량의 전방을 바라보는 카메라의 영상에서 차선을 찾을 수 있도록 수정하였다.

ATM 방법에서는 그림 3과 같은 도로 영상의 수평 방향의 픽셀 값들에 대하여 미리 정의된 차선평 도로의 폭에 해당하는 크기의 픽셀 값의 평균을 취하여 차선의 템플릿으로 설정을 한다.

차선 영역에서는 그림 1의 A부분에 나타난 형태로 템플릿이 설정되고, 도로 영역에서는 B부분에 나타난 형태로 템플릿이 설정된다. 설정된 템플릿과 실제 영상의 픽셀값을 이용하여 식 (1)에서처럼 상관도의 오차값(correlation error)을 계산한다.

$$E_c = \frac{\sum_{i \in R_m} |I_s(i) - I_m| + \sum_{i \in R_r} |I_s(i) - I_r|}{(N_m + N_r)(I_m - I_r)} \quad (1)$$

- $I_s(i)$: 영상의 실제 픽셀값
- I_m : 템플릿 중 차선부분의 밝기
- I_r : 템플릿 중 도로부분의 밝기
- N_m : 템플릿 중 차선부분의 픽셀의 수
- N_r : 템플릿 중 도로부분의 픽셀의 수

영상의 원근효과로 인해 차선의 폭이 영상의 높이에 변하기 때문에 적절한 템플릿의 폭 N_m , N_r 을 식 (2)와 같이 계산한다.

$$\begin{aligned} N_m &= k(r - hz) \\ N_r &= 1.5N_m \\ k &= \frac{\lambda^2 D}{H(\lambda^2 + hz^2)} \end{aligned} \quad (2)$$

- H : 카메라의 높이
- hz : 영상좌표계에서 소실선의 위치
- λ : 초점거리
- r : 영상의 수직 좌표
- D : 실제 차선의 차폭

E_c 값이 일정이하인 점들을 선택하면 그림 3의 녹색 점들과 같이 차선 후보 집합 L 을 생성한다.

$$L = \{(r_i, c_i) | E_{ci} < T\} \quad (3)$$

- r_i : i 번째 차선 후보의 수직위치
- c_i : i 번째 차선 후보의 수평위치
- E_{ci} : i 번째 차선 후보의 상관도 오차
- T : 상관도 오차의 임계값

나. 차선 모델링

추출한 차선후보 점들 중에서 주행 중인 차선 위에 있는 점들만을 골라서 모델링한다. 직선 및 곡선도로에서 차선을 모델링하기 위해 영상좌표와 실제좌표 사이에 대응점을 이용해서 계산한 역원근변환^[3]을 이용해서 차선후보들의 실제 좌표를 구하여 근거리에 위치한 차

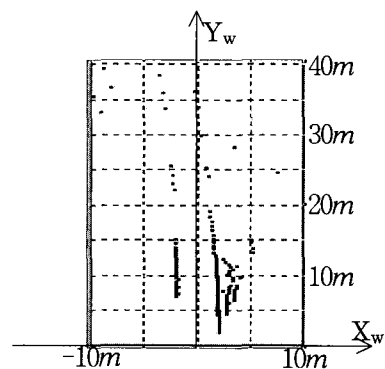


그림 4. 차선 후보들의 역원근변환 결과
Fig. 4. Result of the inverse perspective transform of the lane candidates.

선후보로부터 차선의 위치와 방향을 찾고, 이를 토대로 차선의 곡률을 계산하여 원거리 차선을 검색한다. 이와 같이 역원근변환을 통해 차선을 해석하면 영상이 균일한 해상도를 갖도록 할 수 있으며, 영상내부에서 하나의 소실점으로 모이는 구조를 가진 다양한 직선 또는 곡선의 차선들을 서로 평행한 직선과 곡선의 차선으로 변환할 수 있기 때문에 차선의 식 모델링이 더욱 간편해진다. 또한 자신의 차량의 차선에 대한 상대적인 위치를 파악하고 표현하는 것이 더욱 쉬워진다.

그림 3의 차선후보를 역원근변환하면 그림 4와 같으며 완전한 곡선형태로 나타난다.

(1) 근거리 차선의 검색

차차로부터 20m 내에 있는 차선은 역원근변환을 통해 거의 직선처럼 보이기 때문에 이 지역에서의 차선 후보들을 수평 방향의 위치에 따른 히스토그램의 지역 최대값을 구함으로써 정확한 차선의 위치와 대략적인 차선의 방향을 찾을 수 있다. 찾아진 근거리 차선 후보 점들을 LMS (Least mean square)방법을 이용해 직선으로 근사화하여 원거리 차선을 검색하는데 기준이 되는 근거리 차선의 방정식 $x = ay + b$ 를 계산한다.

(2) 원거리 차선의 검색

원거리에 위치한 차선을 효과적으로 찾기 위해 차선의 밝기 정보와 곡률정보를 이용한다. 근거리의 차선을 탐색한 결과를 이용하여 차선의 평균밝기를 계산하고 영상 좌표 상에서의 차선의 위치를 중심으로 차선의 평균밝기와 비슷한 밝기를 가지는 픽셀들을 추적하거나

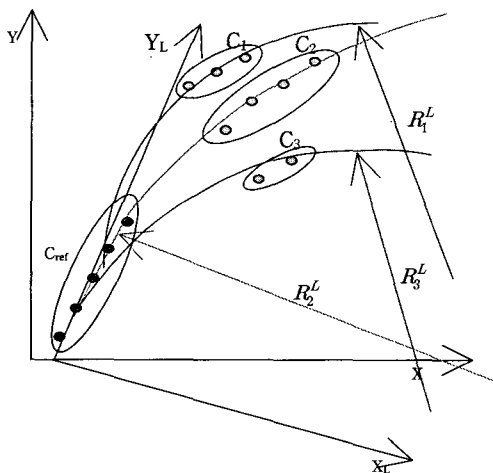


그림 5. Pure pursuit 방법을 이용한 차선의 곡률계산
Fig. 5. Calculation of the lane curvature using the pure pursuit algorithm.

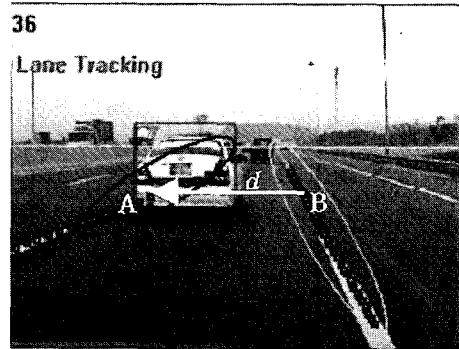


그림 6. 차로폭 예측을 이용한 차선 추정
Fig. 6. Lane estimation by predicting the lane width.

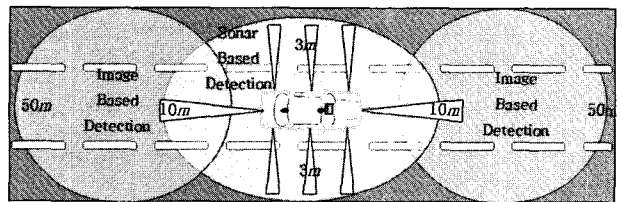


그림 7. 거리에 따른 차량 인식 방법
Fig. 7. Distance based fusion for vehicle detection.

곡률을 계산하여 원거리에서의 차선의 위치를 찾는다. 그림 5와 같이 원거리 차선을 위치를 기준으로 C_1, C_2, C_3 과 같이 클러스터링하고 근거리 차선후보의 클러스터 C_{ref} 를 구한다. 근거리 차선의 방향을 기준으로 설정된 $X_L - Y_L$ 좌표계의 원점과 i 번째 클러스터의 중심을 잇는 원호의 곡률 R_i^L 을 Pure Pursuit 방법^[4]을 이용하여 구한다. 근거리 탐색에서 얻은 차선의 곡률 R_{ref}^L 과 비교하여 그 차이가 일정 이하인 클러스터를 원거리 차선점으로 간주한다.

(3) 차로 폭의 예측 및 모델링

차선의 유실이나 차량에 의해 가려진 경우를 위해 찾아진 차선을 이용해서 반대편 차선을 추정하기 위해 차선의 폭을 유추한다. 식 (4)는 차선 후보 추출에 사용할 템플릿의 폭을 계산하는데 사용했던 식으로서, 식 (2)의 D 값에 실제 차로 폭을 4m로 가정하여 대입하는 것을 통해, 차선의 폭 d 를 계산하여 차선의 위치를 그림 6과 같이 유추한다.

$$d = k(r - hz) \tag{4}$$

$$k = \frac{\lambda^2 D}{H(\lambda^2 + hz^2)}$$

$$D = 4m$$

3. 차량 인식 및 추적

자차 주변의 차량인식은 크게 초음파 센서로 탐지 가능한 거리내의 차량 검출방법과 영상을 이용한 차량검출 방법으로 구분된다. 좌우측방의 차량은 초음파 센서의 거리패턴을 이용해서 검출하고 전후방은 영상과 초음파 센서를 융합해서 안정적으로 검출한다.

가. 전후방 차량의 인식 및 추적

제안된 전후방 차량인식 및 추적 방법의 전체적인 구조는 주야간 환경을 나누어 사용하는 방법^[5]을 바탕으로 조도지수에 따른 중간자 역할을 삽입하여 그림 8과 같은 구조를 갖는다. 이는 조도 상태를 일반적인 주간 조도상태, 야간조도상태, 새벽이나 우천, 터널 내부 등과 같은 중간조도상태로 구분하고 판단하여 조도 상태에 적합한 차량 검출 방법을 이용한다. 이는 주야간을 포함한 다양한 조도환경에서 카메라를 이용한 차량 검출법을 사용할 수 있기 때문에 특정한 환경에서만 적용 가능했던 이전의 한계를 극복할 수 있다.

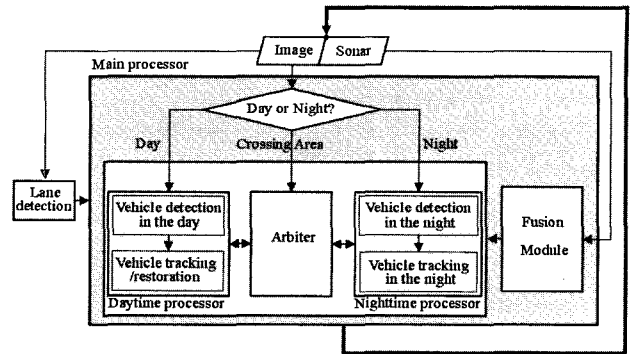


그림 8. 제안된 전후방 차량 인식 및 추적 방법
Fig. 8. Proposed front and rear vehicle detection and tracking algorithm.

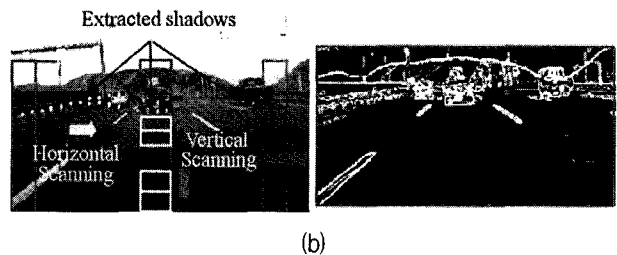
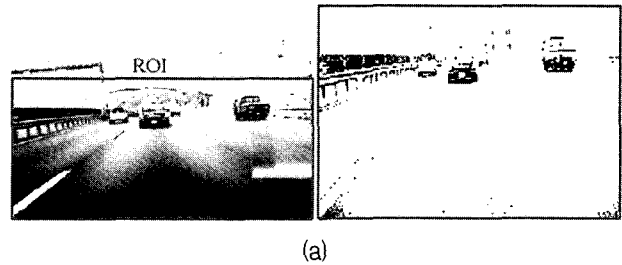


그림 9. 차량 후보 추출 (a) 전처리, (b) 그림자 영역 추출과 에지 검출
Fig. 9. Vehicle candidate extraction (a) preprocessing, (b) shadow region extraction and edge detection.

(1) 주간의 전후방 차량의 인식 및 추적

주간의 전후방차량인식은 차량의 특징점으로 사용된 그림자영역을 쉽게 추출하기 위해 도로의 밝은 부분과 그림자영역과 같은 어두운 부분의 차이를 넓혀주는 영상 평활화와 밝은 부분의 잡음을 없애도록 설정된 이진화과정을 통해서 그림 9 (a)와 같이 전처리한다. 주간 차량의 특징점인 그림자 영역과 좌우의 에지정보를 그림 9 (b)와 같이 추출한다.

추출된 차량후보들은 역원근변환에 의해 실제 좌표계로 변환되어 추출된 차선정보와 위치정보를 이용해서 그림 10과 같이 클러스터링 되어 최종 차량 후보를 생성한다.

생성된 차량후보는 좌우에지 히스토그램의 크기와 대칭성을 이용해서 검증한다^[6]. 일단 인식된 차량은 온라인 템플릿 생성에 기반한 KLT (Kanade-Lucas tracking)을 이용해서 차량을 안정적으로 추적한다^{[5][7]}.

(2) 야간의 전후방 차량 인식 및 추적

그림 11 (a)와 같이 조도가 낮아 일반적인 차량모형을 이용해서 차량후보를 찾고 검증하기 어려우며 주변 차량의 빛에 의해 영향을 많이 받는 야간 영상의 경우엔 특징점을 그림 11 (b)와 같이 차량에서 반사되는 밝은 영역을 묶고 그림 11 (c), (d)와 같이 영역의 형태와 크기를 고려해서 양쪽의 전조등이나 미등을 차폭에 맞

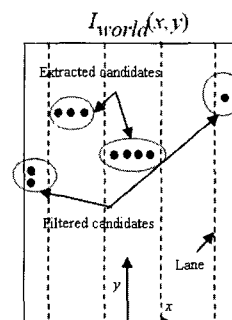


그림 10. 최종 차량 후보의 결정
Fig. 10. Final vehicle candidate determination.

게 묶거나 도로에 반사되는 영역을 분리하여 적절한 차폭을 갖는 차량후보를 추출한다.

차량추적은 이전검출영역을 중심으로 적당히 영역을 확장해서 생성한 관심영역 (Region of Interest : ROI)

안에서 밝은 영역을 다시 추출함으로써 가능하다.

(3) 초음파센서와의 융합

10m이내의 근거리영역에서는 3m이내 영역과 이외영역으로 구분하고 3m이내 영역에서는 그림 12 (a)와 (c)와 같이 초음파 센서의 거리값만으로 차량을 검출하고 이외영역에서는 그림 12 (b)와 (d)와 같이 전후방에 설치된 초음파 센서의 거리정보를 원근변환을 이용해서 영상의 위치로 변환하여 차량후보를 주야간의 차량 검증방법을 이용해서 검증한다.

(4) 주야간 차량추출방법의 전환

영상에서 차선이 만나는 소실선의 상단부는 움직이는 상대적으로 적은 배경부분으로써 이부분의 평균명암 $\bar{I}(t)$ 를 이용해서 식 (5)와 같이 [0-255]의 정수값을 갖는 조도지수 $\gamma(t)$ 를 갱신한다.

$$\begin{aligned} \text{If } \bar{I}(t) \geq \gamma(t), \text{ then } \gamma(t+1) &= \gamma(t) + 1 \\ \text{Else } \gamma(t+1) &= \gamma(t) - 1 \end{aligned} \quad (5)$$

그림 13의 (a), (b), (c)는 조도지수에 따라 조도영역을 각각 주간조도, 중간조도, 야간조도상태로 설정한 예이다. 주간과 야간조도상태에서는 주간과 야간의 차량추출방법을 적용하고 중간조도상태에서는 주간과 야간조도상태를 번갈아서 적용한다. 중간상태에서는 자차선과 좌우차선의 상태를 각기 적용한다. 그림 14는 상태의 전환에 의한 차량검출의 예이다. 그림 14 (a)는 주간조도상태에서 차량을 검출한 상태이며 차량이 터널내부로 진입하면서 중간조도상태로 전환된다. 그림 14 (b)는 주간의 차량추적방법으로 계속 차량을 추적하고 있으며 마찬가지로 중간조도상태인 그림 14 (c)의 경우엔 주/야간의 검출방법이 번갈아 적용되는 과정에서 야간의 차량검출방법으로 차량이 검출된 예이다.

나. 측방차량의 주행 패턴 추정

측면에 설치된 3대의 초음파센서의 패턴과 차선인식 결과를 이용하여 측면차량의 주행패턴을 추정할 수 있다. 다음 장에서 설명될 차선의 점선과 실선의 판단결과를 이용해서 점선의 경우 해당 방향으로 관심영역을 설정하여 3개의 초음파 센서의 패턴을 식 (6)과 같이 비트 스트림으로 구성한다.

$$\begin{aligned} b &= [s_1 s_2 s_3], s_i \in [0, 1] \\ i &: \text{초음파 센서의 ID, } i = 1, 2, 3. \end{aligned} \quad (6)$$

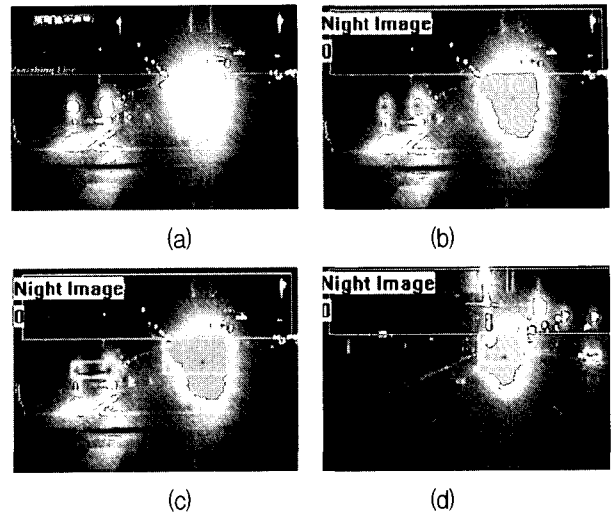


그림 11. 야간의 전후방 차량 인식
Fig. 11. Vehicle detection in the nighttime.

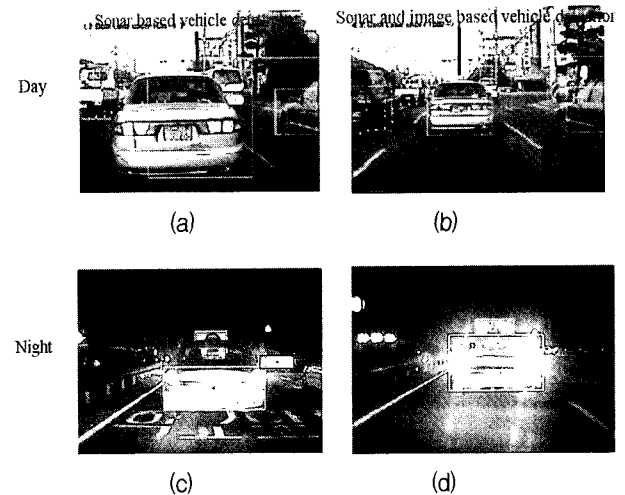


그림 12. 카메라와 초음파센서와의 융합
Fig. 12. Fusion of camera and sonar sensors.

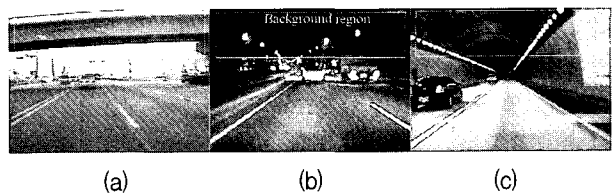


그림 13. 조도지수에 의한 조도상태구분
Fig. 13. Lighting state discrimination based on the illumination index.

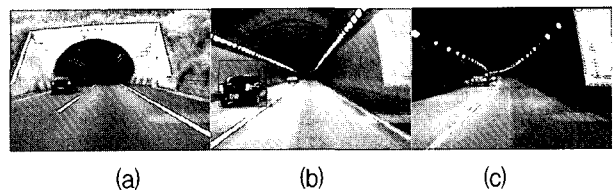


그림 14. 조도상태 전환에 의한 차량 검출
Fig. 14. Vehicle detection using lighting state transition.

i 번째 초음파센서의 거리가 3m 이내라면 b 의 s_i 를 1로 설정하고 그렇지 않으면 0으로 설정한다. 그림 15는 자차량에 의해 추월되는 차량의 비트 스트림의 변화 예이다. 이러한 경우엔 b 는 [001]에서 [111]로 증가하고 [111]에서 [100]으로 다시 감소한다. 주행패턴을 이전 비트스트림과 현재 비트스트림과의 관계를 이용해서 추방차량의 유무와 주행패턴을 알 수 있다.

전방과 후방에 설치된 카메라의 시야와 측방에 설치된 초음파 센서 사이에 3m 정도의 사각지대가 있지만 실제 주행 중에는 차량의 일부가 카메라나 초음파센서에 포착됨으로써 검출된다.

III. 운전자 보조 정보 생성

AI-DAS의 HMI는 운전자에게 차선과 차량인식 정보를 효율적으로 전달하기 위해서 차선의 점선과 실선 형태로 구분하고 곡률을 포함한 도로로 재구성하고 그 위에 추출된 차량의 위치정보를 이용해서 차량을 배치하여 디스플레이하고 충돌경보를 발생한다. 화면은 차선 검색 결과를 이용하여 도로를 2차 곡선으로 모델링하여 하늘에서 도로를 바라보는 것과 같은 조감영상을 만들고, 검색한 차선이 점선인지 실선인지를 구분하여 표시한다.

1. 주행환경의 재구성

가. 실선과 점선의 구분

점선은 필요시 차선변경이 가능한 선이지만 실선은 중앙선 또는 도로 가장자리 표시 선과 같이 차선변경시 사고가 발생할 확률이 높은 차선으로 이를 구분하여 인식함으로써 운전자에게 주행 중인 도로를 효과적으로 인식할 수 있게 한다. 본 시스템에서는 차선 주변의 밝기의 변화를 이용하여 차선의 점선 및 실선 여부를 구별한다.

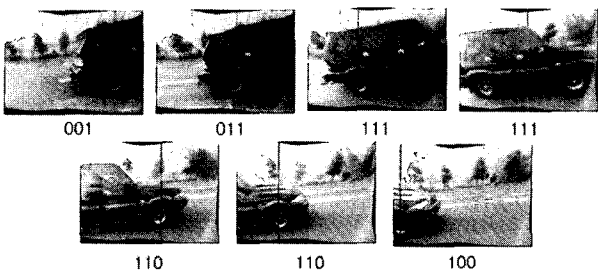


그림 15. 측면 초음파센서 패턴의 변화
Fig. 15. Pattern change in passing another vehicle of the side sonar sensor pattern.



그림 16. 차선 형태 (점선, 실선)의 구분
Fig. 16. Lane type (solid or dotted line) recognition.

그림 16에서와 같이 차선 검색 결과 찾아낸 차선이 위치하는 영역을 R이라 하고, 영역 R 중에서 실제로 차선이 그려진 부분을 L_i 라 한 후, 영역 R과 L_i 사이의 비를 식 (7)과 같이 계산하여 일정수준을 넘으면 실선, 그렇지 않으면 점선으로 구분한다.

$$Solidrate = \frac{\text{Number of lane points in region } R}{\text{Number of points in region } R} \quad (7)$$

식 (7)을 이용한 실/점선의 구분은 차선의 밝기를 이용하여 차선의 실선 및 점선을 구분하기 때문에 도로의 상태와 주변 밝기에 따라 차선 타입을 잘못 구분할 수도 있다. 이와 같은 예러가 도로 재구성에 영향을 주는 것을 최소화하기 위하여 전방 영상에서 얻은 차선으로부터 판단한 차선타입과 후방 영상에서 판단한 차선 타입이 같을 때의 정보를 도로 재구성에 사용하도록 하며, 인식된 차선 정보와 재구성된 도로의 차선 타입이 일치하지 않을 경우, 이와 같은 현상이 5프레임 이상 연속으로 지속되면 도로 재구성시의 차선 타입을 수정하도록 한다.

나. 양자화된 도로 모델

차선 인식결과로 얻어진 도로 모델을 그대로 디스플레이한다면 실제 도로환경과는 다르게 매 프레임마다 계속해서 조금씩 변하기 때문에 오히려 운전자에게 혼란을 줄 수 있다. 따라서 본 논문에서는 사전에 적당한 도로 모델을 준비해 두고, 영상에서 얻은 차선 방정식과 준비된 도로 모델을 비교하여 영상에서 얻은 차선 방정식과 가장 비슷한 값의 도로 모델을 재구성에 사용한다.

식 (9)와 같이 식 (8)과 같은 차선의 방정식 $f(y)$ 에서 방정식의 곡률을 나타내는 a 값을 양자화하고 도로 모델의 집합 R의 원소들과 비교하여 a 값이 속하는 범

위 B_{n1} , B_{n2} 을 결정하고 이 두 값의 평균을 계산하여 도로 재구성시 사용되는 각각 좌우 차선의 방정식 (12)와 (13)을 결정한다. 만약 좌차선이 점선이라면 (14)와 같이 우차선이 점선이라면 (15)와 같이 이동된 차선의 방정식을 이용하여 도로를 재구성한다.

$$f(y) = ax^2 + bx + c \tag{8}$$

$$R = [-0.00125, -0.00115, \dots, 0.0115, 0.00125] \tag{9}$$

$$\text{If } a > R(i-1) \text{ and } a < R(i) \\ B_{n1} = R(i-1), B_{n2} = R(i) \tag{10}$$

$$A = (B_{n1} + B_{n2})/2 \tag{11}$$

$$F_L(Y) = AX^2 + 0 \cdot X - 1.7 \tag{12}$$

$$F_R(Y) = AX^2 + 0 \cdot X + 1.7 \tag{13}$$

$$F_{LL}(Y) = AX^2 + 0 \cdot X - 3.4 \tag{14}$$

$$F_{RR}(Y) = AX^2 + 0 \cdot X + 3.4 \tag{15}$$

한편 차선 인식 과정에서의 에러 혹은 도로의 급격한 변화로 인해 현재 프레임에서 인식된 차선의 방정식이 이전 프레임에서 얻은 차선 방정식과 비교하여 일정한 임계치 이상으로 변할 경우 이를 그대로 도로 모델에 반영하여 도로를 재구성하면 재구성된 도로가 갑자기 크게 변화하게 되어 운전자에게 혼란을 주고 이를 막기 위해서 인식된 도로방정식의 변화량이 경계 B_{n1} 과 B_{n2} 의 범위를 넘으면 변화량의 크기에 상관없이 현재 도로 재구성에 사용한 도로 모델과 가장 가까운 이웃 모델을 도로 재구성에 사용하도록 하여 잘못된 차선 인식으로 인해 발생할 수 있는 도로 재구성의 에러를 최소화 하도록 한다.

2. 충돌경보 생성

충돌경보는 충돌가능시간(TTC: time to collision)을 이용하며 이는 검출된 차량과의 거리와 상대속도를 추정하여 가능하다. 검출된 차량과의 실제 거리는 역원근 변환으로부터 얻어지며 역원근변환의 오차는 실제차량과의 거리를 이용해서 보정한다. 상대속도는 영상획득 속도와 이전거리와의 차이를 이용해서 추정할 수 있으며 이를 이용해서 차량간 충돌시간은 식 (2)와 같다.

$$TTC = z/\dot{z} \tag{16}$$

z : 차량간 거리

\dot{z} : 차량간 상대속도

충돌경보는 자차선에 있는 차량과의 충돌가능시간을

경보수준과 위험수준의 2개의 위험정도로 나누어 발생한다.

IV. 실험 결과

테스트 DB환경은 일반적으로 시내도로, 국도, 고속도로 주행 중에 발생할 수 있는 아래와 같은 도로 환경을 반영하였으며,

- 직선도로, 곡선도로, 1차선, 2차선, 3차선 도로, 터널내부, 육교 밑, 차선의 형태 변화, 차선의 색 변화, 역광, 빗길
 - 주행 중에 발생할 수 있는 다양한 시나리오
 - 근거리 주행, 중/원거리 주행, 추월영역, 측방차량, 차선변경
- 등의 조합으로 구성되었다.

제시된 도로환경과 시나리오별 DB는 시스템의 성능을 평가할 수 있는 좋은 모듈별 환경이지만 실제 주행 중에는 짧게 나타나는 상황이 많아서 인식과 추적에 의한 전체적인 시스템의 성능을 평가하기 어렵다고 판단되어 위의 환경이 다양하게 조합된 주행환경 DB로부터 성능을 평가하고자 한다.

처리시간은 영상의 입력, 출력시간을 제외한 1 프레임의 영상에서 차선과 차량을 검출하는데 걸리는 시간을 기준으로 한다.

차선인식의 성능은 일반 국도 또는 고속도로에서는 차량들 사이의 거리가 비교적 멀고 도로 환경의 변화도 적기 때문에 구간에 상관없이 높은 차선인식 정확도를 나타내며 시내도로나 터널 내부, 빗길을 주행할 경우 차선인식의 정확도가 상대적으로 떨어지나 약 90% 이상의 정확도를 가진다.

차량인식성능은 근, 중/원거리 주행에 상관없이 높은 인식률을 가지며 역광이나 우천시 상대적으로 낮은 인식률을 보이나 평균적으로 80%이상의 인식률을 가지며 이는 초기 인식률이며 추적과정으로 넘어가면 95%이상의 안정적인 성능을 보인다.

표 1. 처리 시간
Table 1. Processing times.

처리작업		평균시간(ms)
차선인식		15
차량인식	전후방 차량 인식	16
	전후방 차량 추적	10
	측방 차량 인식	30
운전자 보조정보 생성		20

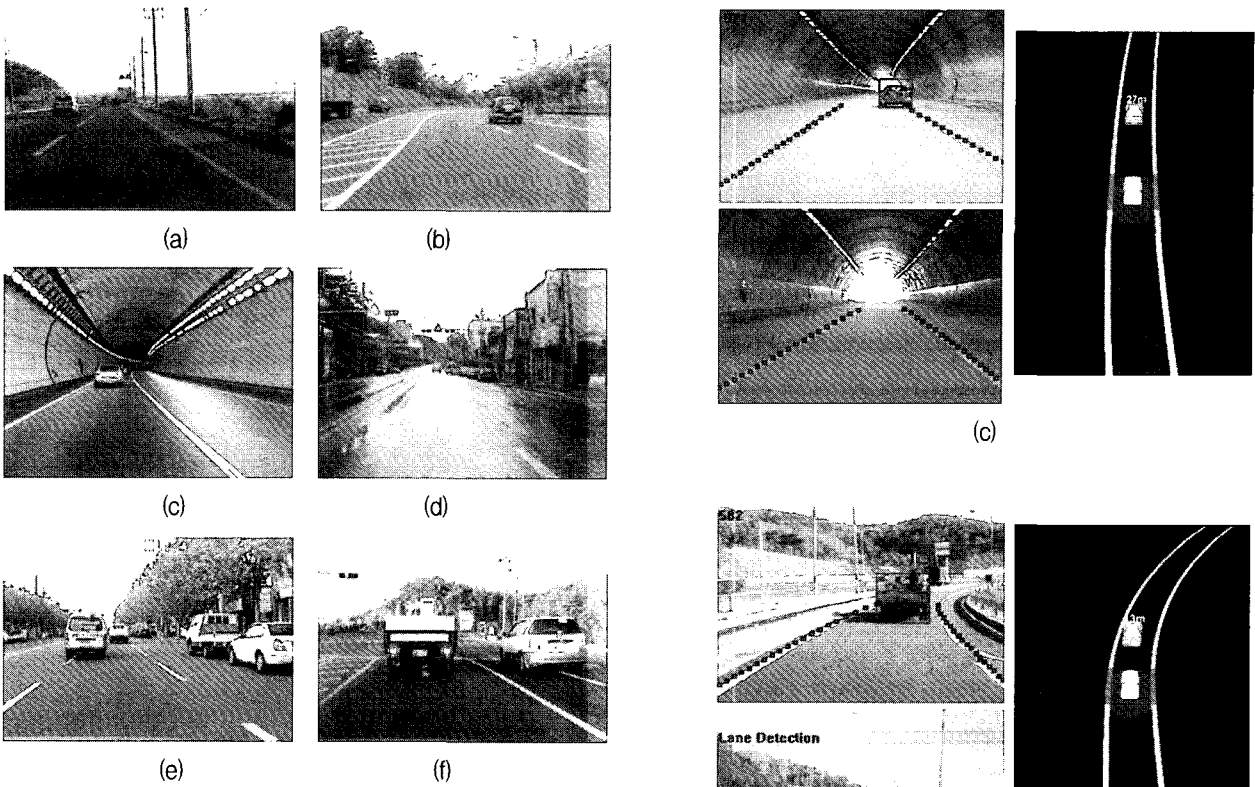


그림 17. 테스트 영상 예 (a) 직선도로, (b) 곡선도로, (c) 터널내부, (d) 빗길, (e) 중/원거리 차량, (f) 근거리 차량

Fig. 17. Test image samples (a) straight road, (b) curved road, (c) inside tunnel, (d) rainy road, (e) mid/long range vehicle, (f) short range vehicle.

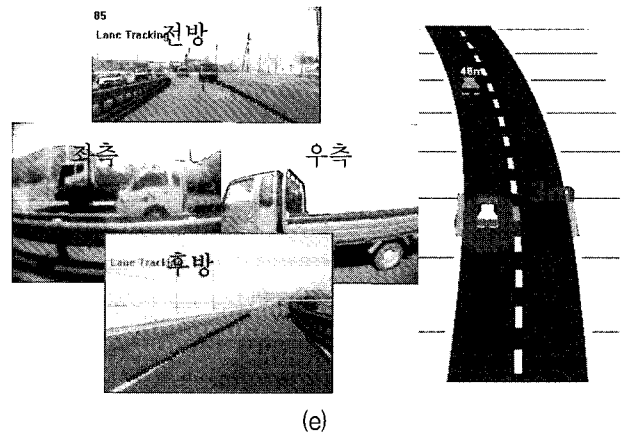
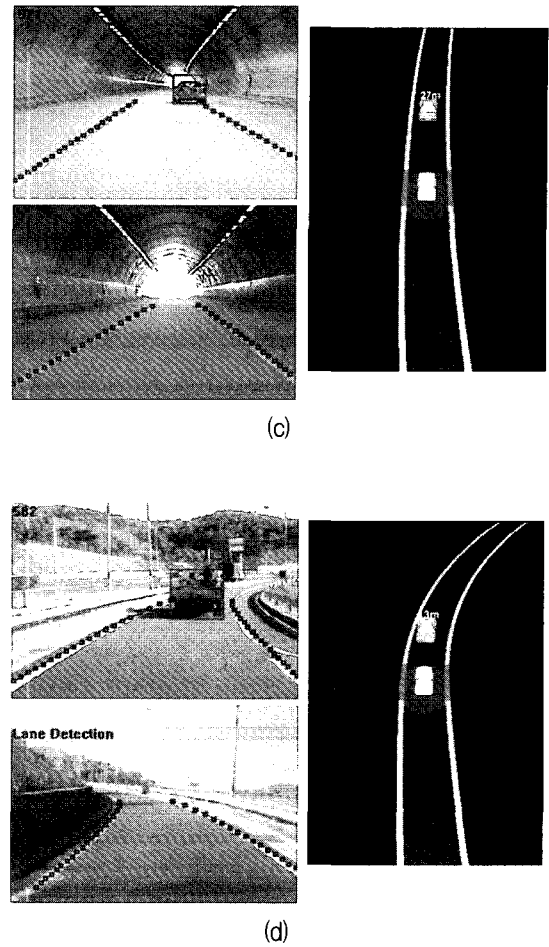
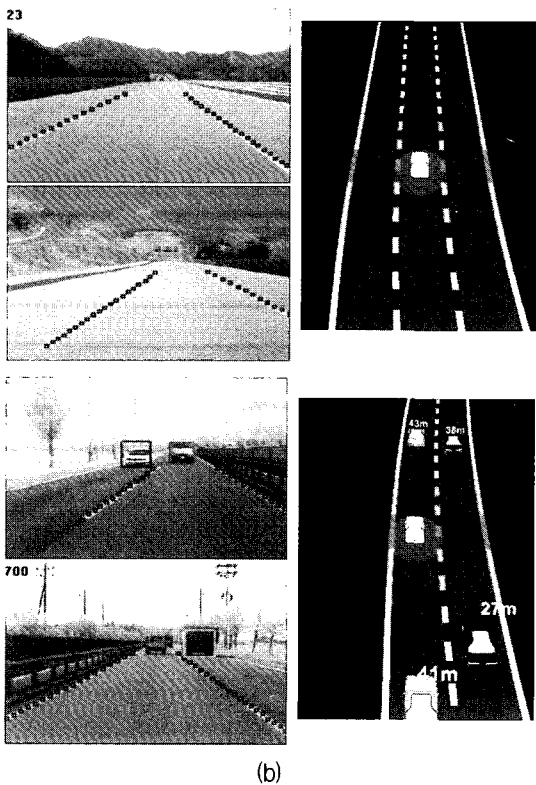


그림 18. 운전자 보조 정보 생성 결과 (a) 차량이 없는 3차선 직선도로, (b) 전후방에 차량이 있는 2차선 도로, (c) 차선변경이 금지된 터널내부, (d) 곡률이 심한 1차선 도로, (e) 측면 차량

Fig. 18. HMI display of the driver assistance information (a) 3-lane straight highway - no vehicle, (b) 2-lane straight highway with vehicles in front and rear, (c) inside a tunnel where no lane change is allowed, (d) 1-lane with high curvature, (e) side vehicle.



제안된 차선 및 차량인식방법을 이용한 조감영상을 이용한 운전자 보조정보생성의 결과는 그림 18과 같다. 재구성된 차선을 중심으로 차량의 위치를 배치시켰으며 전후방 차량은 자차량과의 종방향 거리를, 좌우 측방 차량은 횡방향 거리를 표시한다. 각 차선마다 차량모델의 색을 구별하였으며 충돌위험이 있는 차량은 크게 강조함으로써 식별이 용이하도록 한다. 그림 18 (e)의 경우 우측 차선이 점선임을 이용해서 우측만을 관심영역으로 설정함으로써 우측의 트럭을 인식하여 재구성한다.

V. 결 론

제안된 운전자 보조 시스템은 주행차량 주변의 사각을 없앨 수 있는 센서 시스템과 차선과 차량을 정확하게 검출할 수 있는 방법을 바탕으로 주행환경을 조감영상으로 재구성하고 충돌위험시 충돌경보를 발생할 수 있다. 따라서 운전자가 사각영역에 대한 정보를 쉽게 파악할 수 있으므로 사각영역에 대한 불안감을 줄이고, 주변차량의 위치 및 상대속도 등을 충돌경보를 통해서 편리하면서도 안전한 주행을 할 수 있다.

현재 시스템은 국도 및 고속도로 환경에서 주로 작동하며 차량이 밀집된 시내도로 환경, 영상에서 차선, 차량의 식별이 어려운 폭우 환경, 조도가 낮은 야간환경에서의 시스템의 강인성 향상이 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] R. Bishop, "Intelligent Vehicle Technology and Trends," Artech House, 2005.
- [2] M. Chen, T. Jochem, and D. Pomerleau, "AURORA : A Vision-Based Roadway Departure Warning System," *Proc. Of IEEE IROS95*, pp. 243-248, August 1995.
- [3] M. Bertozzi, A. Broggi, A. Fascioli and S. Nichele, "Stereo Vision-based Vehicle Detection," *Proc. of the IEEE . Intelligent Vehicles Symposium*, pp. 39-44, 2000.
- [4] R.C. Coulter, "Implementation of the Pure Pursuit Path Tracking Algorithm," CMU Tech. report CMU-RI-TR-92-01, January, 1992.
- [5] S.Y. Kim, S.Y. Oh et al., "Front and Rear Vehicle Detection and Tracking in the Day and Night Times Using Vision and Sonar Sensor Fusion," *Proc. of 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Edmonton, Canada, pp. 2306-2311, August 2005.
- [6] X. Clady, F. Collange, F. Jurie and P. Martinet, "Cars Detection and Tracking with a Vision Sensor," *IEEE Intelligent Vehicles 2003 Symposium*, pp. 593-598, June 2003.
- [7] I. Matthews, T. Ishikawa, and S. Baker, "The Template Update Problem", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 26, no. 6, pp. 810 - 815, June 2004.

저 자 소 개



김 삼 용(학생회원)
 2000년 성균관대학교
 전자공학과 학사.
 2003년 포항공과대학교 전자전기
 공학과 석사.
 2006년 현재 포항공과대학교 전자
 전기공학과 박사과정.

<주관심분야: 지능자동차, 신경망 및 진화연산,
 컴퓨터 비전>



강 정 관(학생회원)
 2002년 경북대학교
 전자전기공학부 학사.
 2004년 포항공과대학교 전자전기
 공학과 석사.
 2006년 현재 포항공과대학교 전자
 전기공학과 박사과정.

<주관심분야: 신경망, 이동로봇, 지능자동차>



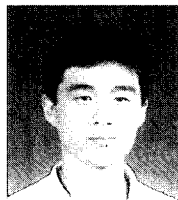
류 영 우(정회원)
 2004년 포항공과대학교
 전자전기공학부 학사.
 2006년 포항공과대학교 전자전기
 공학과 석사.
 2006년 현재 국방과학연구소
 2체계개발본부 해양기술부.

<주관심분야: 수중신호처리, 추적 및 정보결합>



오 세 영(평생회원)
 1974년 서울대학교
 전자공학과 학사.
 1978년 Case Western Reserve
 Univ. 전자공학과 석사.
 1981년 Case Western Reserve
 Univ. 전자공학과 박사.

1981년~1984년 University of Illinois 조교수.
 1985년~1988년 University of Florida 조교수.
 현재 포항공과대학교 전자전기공학과 정교수.
 <주관심분야: 신경망, 진화연산, 이동로봇, 지능자
 동차, 지능시스템>



김 광 수(정회원)
 1996년 서울대학교
 전기공학부 학사.
 1998년 서울대학교
 전기공학부 석사.
 2004년 서울대학교
 전기공학부 박사.

2004년 현재 삼성전자 정보통신총괄 통신연구소
 책임 연구원.

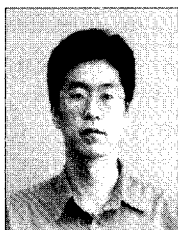
<주관심분야 : ITS, 텔레매틱스, 차량안전시스
 템>



박 상 철(정회원)
 1996년 전남대학교
 전산학과 학사.
 1998년 전남대학교
 전산학과 석사.
 2004년 고려대학교
 컴퓨터과 박사.

2004년~2005년 삼성전자 정보통신총괄
 통신연구소 책임 연구원.

2006년 현재 특허청 디지털방송심사팀 심사관.
 <주관심분야: 영상신호처리, 패턴인식>



김 진 원(정회원)
 1992년 서울대학교
 제어계측공학과 학사.
 1994년 서울대학교
 제어계측공학과 석사.
 1998년 서울대학교
 전기공학부 박사.

1998년~2000년 고등기술연구원 선임연구원.

2001년 현재 삼성전자 정보통신총괄 통신연구소
 책임 연구원.

<주관심분야: 텔레매틱스, LBS, 차량안전시스
 템>