

Vision 시스템을 이용한 위험운전 원인 분석 프로그램 개발에 관한 연구

Development of a Cause Analysis Program to Risky Driving with Vision System

오 주 택* 이 상 용**
(Ju-Taek Oh) (Sang-Yong Lee)

요 약

차량의 전자제어 시스템은 운전자의 안전을 확보하려는 법률적, 사회적 요구에 발맞추어 빠르게 발달하고 있으며, 하드웨어의 가격하락과 센서 및 프로세서의 고성능화에 따라 레이더, 카메라, 레이저와 같은 다양한 센서를 적용한 다양한 운전자 지원 시스템 (Driver Assistance System)이 실용화되고 있다.

이에 본 연구에서는 CCD 카메라로부터 취득되는 영상을 이용하여 실험차량의 주행 차선 및 주변에 위치하거나 접근하는 차량을 인식할 수 있는 프로그램을 개발하였으며, 선행 연구에서 개발된 위험운전 판단 알고리즘과 통합하여 위험운전에 대한 원인 및 결과를 분석 할 수 있는 Vision 시스템 기반 위험운전 분석 프로그램을 개발하였다.

본 연구에서 개발한 위험운전 분석 프로그램은 위험운전판단 알고리즘의 판단변수인 차량 거동 데이터와 차선 및 차량인식 프로그램에서 획득된 정보와 융합하여 위험운전 행위의 원인 및 결과를 효과적으로 분석할 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract

Electronic control systems of vehicle are rapidly developed to keep balance of a driver's safety and the legal, social needs. The driver assistance systems are putted into practical use according to the cost drop in hardware and highly efficient sensor, etc.

This study has developed a lane and vehicle detection program using CCD camera. The Risky Driving Analysis Program based on vision systems is developed by combining a risky driving detection algorithm formed in previous study with lane and vehicle detection program suggested in this study.

Risky driving detection programs developed in this study with information coming from the vehicle moving data and lane data are useful in efficiently analyzing the cause and effect of risky driving behavior.

Key words: Vision system, dangerous driver determine algorithms, driver assistance systems, risky driving analysis program

† 본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업(06교통핵심CO1)의 연구비지원에 의해 수행하였습니다.

* 주저자 : 한국교통연구원 책임연구원

** 공저자 : 한국교통연구원 연구원

† 논문접수일 : 2009년 7월14일

† 논문심사일 : 2009년 8월 19일(1차), 2009년 11월 5일(2차)

† 게재확정일 : 2009년 11월 6일

I. 서 론

1. 연구 배경

첨단 차량 전자제어 시스템의 발달과 더불어 다양한 운전자 지원 시스템(Driver Assistance System)이 실용화 되고 있다. 운전자지원시스템이란 운전자 상태, 차량 상태, 주변 환경을 인식하여, 운전자의 부담을 줄여주고 운전의 편의를 증대시키기 위하여 다양한 정보를 제공하거나 시스템 스스로 적절한 시기에 능동적으로 제어에 참여하는 시스템을 말하며, 이러한 시스템은 지능형자동차(Intelligent Vehicle)개발의 한 분야로서 차량에 적용 가능한 하드웨어의 가격 하락과 센서 및 프로세서의 고성능화에 따라 레이더, 카메라, 레이저와 같은 다양한 센서를 적용한 사례가 늘고 있다.

이렇듯 빠르게 발전하는 운전자 지원 시스템에 부응하기 위하여 본 연구에서는 카메라를 이용한 Vision 시스템을 개발하였다. 본 연구에서 개발한 Vision 시스템은 차량의 전방 및 후방, 측방을 감시할 수 있으며, 차량의 주행 영상을 취득하게 된다. 취득된 영상은 이미지 알고리즘을 통하여 차선과 차량으로 구분되며, 후 처리를 통해 차선의 위치, 차량의 위치 및 거리 등을 계산 할 수 있으며, 이렇게 후 처리된 주행상황을 모니터링하여 운전자의 운전 행태를 분석할 수 있다.

본 연구에서 개발된 Vision 시스템과 선행연구에서 개발된 위험운전 판단 임계값과 통합된 시스템은 운전자의 위험운전 시행 시 그에 따른 원인 및 결과를 효과적으로 분석할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 연구 방법

현재 사업용 운수회사에서 사용하고 있는 디지털 운행기록계, 차량용 블랙박스는 데이터의 후처리 및 사고 후의 데이터를 이용하여 위험 운전 및 사고에 대한 분석이 가능하다. 그러나 사고를 미연에 방지해줄 수 있는 시스템은 현재 개발되지 않고 있어 다수의 사업용 차량을 운행하는 운수회사에서 운전자

의 안전운전 관리에 현실적으로 많은 어려움이 있는 실정이다 [1-3].

이에 본 연구의 선행연구에서는 사고감소 및 안전운전의 사회적 요구에 부응하기 위한 정확한 사고분석을 위하여 기존 연구, 경찰청 자료 및 보험사의 사고 유형 분류 자료를 이용하여 위험운전 유형을 분류하였으며, 분류된 위험운전 유형을 검증하기 위하여 차량 동역학 데이터를 취득할 수 있는 Data-logger를 개발하였다.

Data-logger는 Gyro, GPS 및 DAQ 시스템, Rack 시스템, 영상 데이터 취득 시스템, 전원 공급 장치 등으로 구성되어 차량 동역학 데이터를 취득 할 수 있다.

Data-logger에서 취득되는 데이터의 모델링과 실차 실험을 시행하여 분류된 위험운전 유형에 대한 임계값과 임계값이 프로그램되어 있는 위험운전 판단장치를 개발하였다 [4, 5].

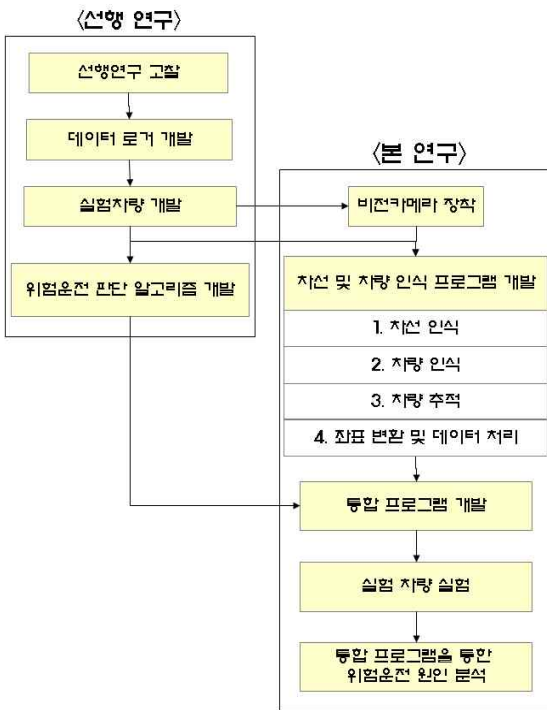
위험운전 판단장치는 기존의 디지털 운행기록계 및 차량용 블랙박스보다는 안전운전 관리에 큰 효과가 있을 것으로 판단되지만 운전자가 왜 위험운전을 시행하였는지에 대한 원인 분석은 현재 이루어 지지 않고 있다.



<그림 1> 위험운전 판단장치
<Fig. 1> Risky drive judgement device

이에 본 연구에서는 운전자의 위험운전에 대한 원인을 분석하기 위하여 실험차량에 Vision 카메라를 장착하였으며, Vision 카메라로부터 취득되는 영상을

이용하여 위험운전의 원인을 분석할 수 있는 Vision 시스템기반 위험운전 분석 프로그램을 개발하였다.



<그림 2> 연구 절차
<Fig. 2> Procedure of study

II. 선행연구 분석

교통사고의 가장 큰 원인은 운전자의 특성과 운전 행태이지만 위험운전 유형에 대한 명확한 분류가 이루어지고 있지 않아 사고감소 및 안전운전의 사회적 요구에 부응하기 위한 정확한 사고분석이 어려운 실정이다. 따라서 기존 연구, 경찰청 자료 및 보험사의 사고 유형 분류 자료를 이용하여 위험운전 유형을 분류하였으며, 분류된 위험운전 유형이 현실성 있는 위험운전 유형인지 검증하기 위하여 Data-logger를 개발하였다. Data-logger는 시험차량, Gyro, GPS 및 DAQ 시스템, Rack 시스템, 영상 데이터 취득 시스템, 전원 공급 장치와 운전자 인지 검출 시스템으로 이루어진 하드웨어와 Real-time 모듈, Replay 모듈,

Export 모듈로 이루어진 소프트웨어로 구성되어 개발되어 있으며, 교통안전 및 인간 공학적인 연구를 위한 첨단 종합 도구로서 실용성이 매우 높다고 할 수 있다. 향후 추진하고자 하는 운전 행태 분석 및 위험운전 판단 알고리즘 개발에 효과적인 도구로 활용할 수 있을 것으로 판단된다 [4].

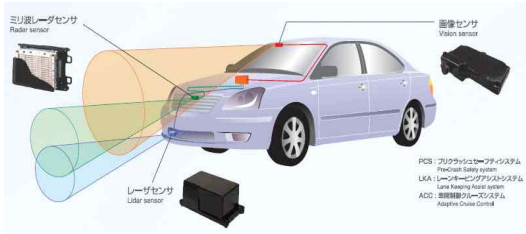
또한 교통사고의 감소와 안전운전 도모를 위한 디지털 주행기록계나 차량용 블랙박스 같은 다양한 시스템이 개발되고 있다. 차량의 동적 거동과 차량의 상태 및 운전자의 조작정보를 모니터링하고 기록하여 해석하는 장치인 차량용 블랙박스(EDR: event data recorder)는 자동차 충돌 사고 전후의 상황을 기록하여 신속한 사고 후처리 및 과학적인 사고 해석을 위한 자동차 전장품으로 현재 도입 단계 내지는 시행 초기에 있는 기술이다 [1, 6].

한발 더 나아가 유럽에서는 운전자의 운전행태와 차량의 거동 및 주변 환경을 실시간으로 분석하여 운전자에게 다양한 정보를 제공해 주는 첨단 운전자 지원시스템의 연구가 진행되고 있다. 특히 차선과 차량, 교통신호와 같은 주변 환경을 인식하기 위하여 Vision 센서, 초음파 센서, 레이더 센서, 레이저 센서 등과 같은 다수의 다양한 센서를 차량에 접목시키고 있다 [7-10].

Vetronix社는 CDR(crash data retrieval)이라는 자동차 충돌사고 처리 시스템을 개발하여 차량의 DLC (diagnostic link connector) 혹은 에어백 모듈로부터 CDR 소프트웨어를 이용하여 충돌 사고 데이터를 직접 다운로드 할 수 있다 [11].

또한, 주행 중 차선과 주변차량과 같은 주변상황을 인식하기 위한 연구는 첨단운전자지원시스템 개발을 목표로 다양한 자동차관련 업체 및 연구소 등에서 활발한 연구가 진행 중이다. 일본의 Denso社는 ADAS(Advanced Driver Assistance System)을 구현하기 위하여 <그림 3>과 같은 Sensing System을 제안하고 있다.

국내에서 또한 첨단 시스템의 하나로 선행 차량을 인식하여 차량의 주행 속도 등을 조절 할 수 있는 스마트 크루즈 컨트롤(SCC) 시스템이 개발되어 차량에 적용되어 출시되고 있다.



<그림 3> Denso 센싱 시스템 구성도
 <Fig. 3> Configuration of Denso sensing system

스마트 크루즈 컨트롤(SCC)시스템은 선행 차량을 인식함으로써 내 차량의 주행속도를 조절하고, 방향 지시등 없이 차선을 이탈하는 경우 운전자에게 경고를 주어 사고를 미연에 방지하는 측면에서 본 연구와 공통점을 지니지만 본 연구에서 개발하고자 하는 통합 프로그램은 선행연구인 「위험운전 유형에 따른 임계값 개발, 한국도로학회지 제11권, 제1호, 2009, 3」 논문에서 개발된 위험운전 판단 알고리즘과 차선 및 차량인식 프로그램이 통합되어 운전자의 운행행태 및 위험운전의 원인을 분석할 수 있다는 측면에서 현재의 스마트 크루즈 컨트롤(SCC) 시스템보다 보완된 시스템이라 할 수 있다.

<표 1> 각종 센서의 성능비교

<Table 1> Performance comparison of various sensors

종류 / 성능	악천후시 식별력	센서 청결의 중요성 (DRY/WET)	정지 목표 검지	이동 목표 검지	Multiple 목표	원거리 성능	상대 가격
초음파	나쁨	높음/높음	○	○	○	×	저가
Vision	나쁨		○	○	○	○	중가
레이저	나쁨		○	○	○	△	중가
라이다	impulse	좋음	○	○	○	×	고가
	FMCW	좋음	○	○	○	○	고가
	FSK	좋음	○	○	○	○	고가

현재 주변상황(선행차의, 능선)을 인식하기 위한 센서로는 <표 1>과 같이 초음파, Vision 센서, 레이저 센서, 그리고 레이더 센서를 사용하는 기술이 있으며, 이와 같은 기술을 토대로 PCS(Pre-Crash Safety

system), LKA(Lane Keeping Assistance System), ACC (Adaptive Cruise Control system)등에 적용하고 있다 [12].

III. Vision 시스템 개발

본 연구에서 개발한 Vision 시스템은 ALLIED Vision Technologies社의 AVT Guppy F-033B CCD 카메라를 이용하여 차량 주변 영상을 취득하여 차선 및 선행 차량을 인식 할 수 있는 알고리즘과 위험운전 판단 알고리즘이 통합된 시스템을 말한다.

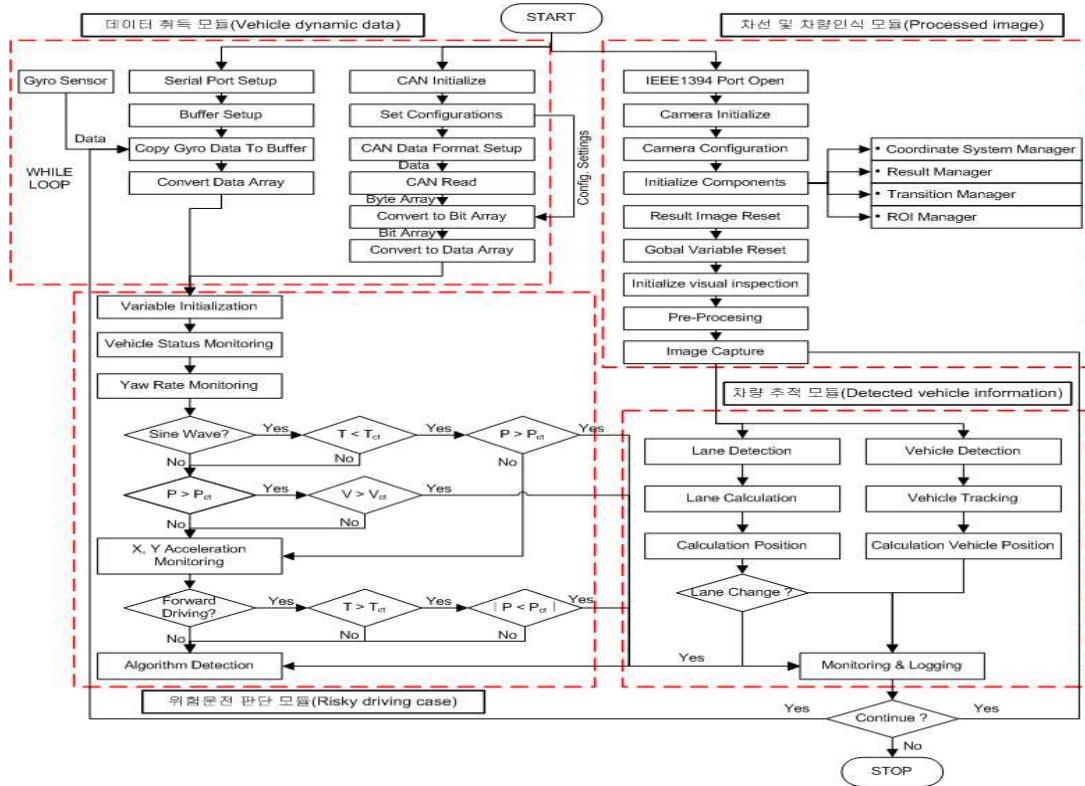
차선 및 선행차량 인식 알고리즘은 크게 차량 및 차선의 정보를 취득할 수 있는 차선 및 차량인식 모듈(Processed image)과 선행차량 인식을 통한 차량 추적 모듈(Detected vehicle information)로 구성되어 있으며, 위험운전 판단 알고리즘은 실험차량의 데이터를 취득할 수 있는 데이터 취득 모듈(Vehicle dynamic data)과 운전자의 위험운전을 판단할 수 있는 위험운전 판단 모듈(Dangerous driving case)로 구성되어 있다. Vision 시스템의 메인 알고리즘은 <그림 4>와 같다.

1. 차선 및 차량인식 모듈(Processed Image)

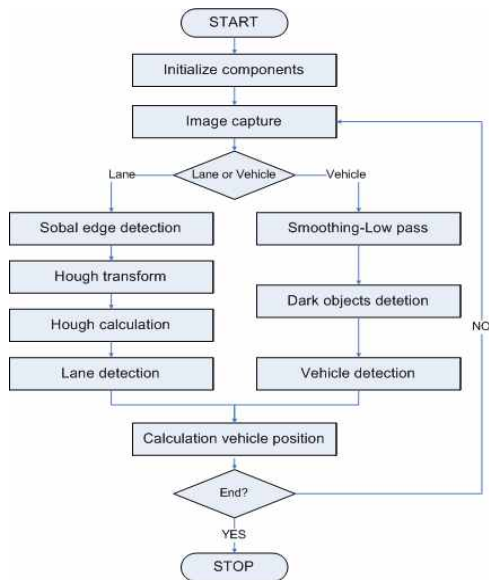
본 연구에서 개발한 Vision 시스템의 차선 및 차량인식 모듈은 CCD 카메라로부터 취득된 영상을 이용하여 차선 및 주변 차량에 대한 영상을 인식하기 위하여 LabVIEW를 사용하였으며, LabVIEW vision builder AI 3.0을 사용하여 실제 영상의 이미지 처리 알고리즘을 구현하였다. 차선 및 차량인식 순서는 <그림 5>와 같다.

1) 차선인식

CCD 카메라를 통해 Capture한 Image에서 윤곽선(Edge)을 검출하는 방법은 1차 미분법, 2차 미분법으로 크게 구분하며, 1차 미분을 이용한 윤곽선(Edge) 검출 방법에는 차분(Difference), 소벨(Sobel), 로버트(Roberts), Kirsch, 로빈슨(Robinson), 프르윗(Prewitt) 검출방법 등이 있다. 2차 미분을 이용한 윤곽선(Edge) 검출하는 대표적인 방법으로는 라프라시안



<그림 4> Vision 시스템 알고리즘
<Fig. 4> Algorithm of Vision system



<그림 5> 차선 및 차량 인식 순서도
<Fig. 5> Flowchart of lane and vehicle detection

(Laplacian) 검출 방법이 있으며, 본 연구에서는 1차 미분법에 기초한 소벨(Sobel) 윤곽선(Edge) 검출 기법을 사용하였다.

소벨(Sobel) 윤곽선(Edge) 검출 기법은 <그림 6>에 도시한 바와 같은 대표적인 1차 미분 연산자이며 3×3크기의 창을 이용하여 연산을 수행한다. 창의 중앙의 화소를 중심으로 한쪽 방향은 양수이고, 반대 방향은 음수이기 때문에 영상의 값이 동일하거나 유사한 경우는 0에 가까운 값을 나타내며 변화가 심한 경우에는 더 높은 값을 나타낸다.

1	0	1
2	0	-2
1	0	-1

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

<그림 6> 소벨 에지 연산자
<Fig. 6> Sobel edge operator

소벨 연산자(Sobel operator)는 행 검출기와 열 검출기를 통하여 수평 성분(Gx)과 수직 성분(Gy)을 검출하기 때문에 보다 정확한 수평, 수직 에지 검출에 유용한 방법이며, 잡음에 민감하지 않고 우수한 성능을 가진다.

또한 수평 성분(Gx)과 수직 성분(Gy)의 기울기를 통하여 에지의 방향 θ 도 구할 수 있다[13].

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad \theta = \tan^{-1} \frac{G_y}{G_x}$$

소벨(Sobel) 윤곽선(Edge) 검출 기법을 통하여 윤곽선이 검출 되면 다음 과정으로 허프 변환(Hough Transform)으로 차선으로 추정되는 부분을 찾게 된다. 즉 허프변환은 직선의 방정식을 파라미터 공간으로 변환하여 직선을 유도하는 방법을 말한다.

일반적인 2차원 공간에서의 직선의 방정식은 $y=ax+b$ 로 정의할 수 있다. 이때 a는 기울기(slope)를, b는 y절편(intersection)을 말한다. 즉 이러한 직선은 가로 축이 x이고 세로축이 y인 2차원 x, y좌표 공간에 정의되어 있으며, 이때 a와 b가 직선의 모양을 결정하는 파라미터 역할을 한다. 이러한 직선을 가로 축이 a이고, 세로 축이 b인 공간에 나타내기 위해 $b=-xa+y$ 로 표현할 수 있다. 여기서 2차원 x, y공간에서의 직선의 방정식을 a, b공간으로 변형할 경우, 2차원 x, y공간에서의 직선은 a, b공간에서의 한 점으

로 나타나고, 반대로 a, b공간에서의 한 점은 x, y공간에서의 한 직선으로 나타난다. 즉 허프 변환(Hough Transform)을 이용하여 직선의 방정식을 찾기 위해서는 x, y공간에서 경계선으로 판명된 모든 점의 좌표를 a, b파라미터 공간으로 변환하여 직선으로 그려주고, 직선들이 가장 많이 교차되는 점을 찾는다. 즉 직선의 기울기와 직선과 기준점과의 거리인 theta와 rho를 평면으로 하는 맵을 구성하여 직선을 검출한다.

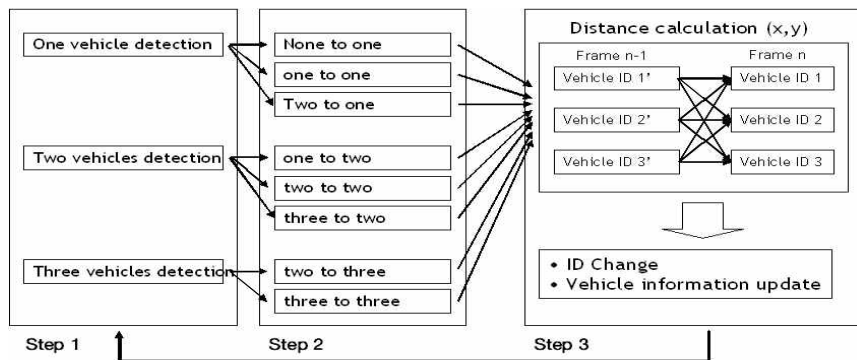
카메라에서 획득된 이미지에 허프 변환(Hough Transform)을 적용하여 허프 피크와 허프 피크 라인의 theta 및 rho를 계산하여야 한다. 이 때 theta는 직선의 기울기를 나타내며, rho는 원점과 직선 사이의 거리를 의미한다.

2) 차량인식

차량을 인식하는 방법에는 차량의 그림자를 이용하여 도로에서 차량을 분리하는 방법과, 차량마다 지니고 있는 고유한 색상 정보를 이용하여 도로에서 차량을 분리하는 방법, 차량의 수평 및 수직방향 에지 정보를 이용하는 방법, 차량의 텍스처 패턴을 이용하여 인식하는 방법 등 다양한 알고리즘이 연구되고 있다 [14-16].

본 연구의 차량 인식 방법은 도로에서 차량의 그림자 영역을 추출하여 이를 간단한 클러스터링 처리를 통해 차량으로 분리해내는 방법을 사용하였다.

차량의 그림자 그레이 레벨은 도로의 그레이 레벨



<그림 7> 차량 검출 알고리즘
<Fig. 7> Vehicle detection algorithm

보다 어둡기 때문에 간단한 경계값 처리를 통해 차량 후보 영역을 분리해 낼 수 있으며, Smoothing-Low pass 필터를 사용하여 이미지를 부드럽게 한 후, 차량의 그림자와 도로를 분리해 내기 위하여 경계값 처리를 하게 된다.

2. 차량 추적 모듈(Detected Vehicle Information)

본 연구에서 개발한 차량추적 알고리즘은 근거리 에 위치한 3대의 차량까지 추적이 가능하며, 인식된 차량은 고유의 아이디인 식별자를 부여하여 각각의 아이디를 통해 다수의 차량에 대한 주행 정보를 분석할 수 있다.

차량의 추적은 2개의 프레임간 위치 정보를 분석하여 차량을 추적할 수 있으며, <그림 7>은 차량추적 모듈의 알고리즘을 설명하고 있다.

차량이 검출되는 Step 1에서는 검출되는 차량의 수를 3가지 케이스로 구분해야한다. 첫 케이스에서는 한대의 차량만 검출되는 경우로 하위 케이스로 step 2의 3가지의 경우의 수를 가진다. 즉, 첫 번째 프레임에 검출된 차량이 없는 상태에서 두 번째 프레임에 1대의 차량이 검출되는 경우, 첫 번째 프레임에 검출된 1대의 차량이 계속해서 두 번째 프레임에 검출되는 경우, 첫 번째 프레임에 검출된 2대의 차량 중 1대의 차량이 이탈하여 두 번째 프레임에 1대의 차량만 검출되는 경우로 나누어질 수 있으며, 2대의 차량이 검출되는 경우와 3대의 차량이 검출되는 경우 역시 동일한 Step 2를 거쳐 차량을 추적하게 된다.

Step3에서는 차량추적을 위한 비교 분석이 이루어지게 된다. 각각의 차량은 고유의 아이디를 가지며 첫 번째 프레임에서 검출된 차량은 두 번째 프레임에서 검출된 차량들과 이동 거리를 비교하여 동일한 차량인지의 유무를 실시간으로 분석하여 차량 아이디 부여 및 차량 정보에 대한 업데이트를 진행하여 차량 추적을 실시한다. 추적된 차량의 아이디는 차량이 이탈할 때까지 유지되며, 새로운 차량이 검출될 경우 기존 차량의 아이디를 제외한 아이디 중 가장 작은 값으로 갱신하게 된다.

3. 데이터 취득 모듈(Vehicle dynamic data)

차량의 운행상태 모니터링을 위하여 본 연구인 「위험운전 유형 분류 및 데이터 로거개발, 한국ITS 학회지 제7권, 제3호, 2008, 6」 논문에서 차량데이터를 취득할 수 있는 Data-logger를 개발하였다. Data-logger는 <그림 8>과 같이 실험차량, Gyro, GPS 및 DAQ 시스템, Rack 시스템, 영상 데이터 취득 시스템, 전원 공급 장치와 운전자 인지 검출 시스템으로 구성된다. 실험차량은 기아자동차의 그랜드 카니발 2007년형으로 차량 내부 통신 네트워크와 CAN (Controller Area Network) 인터페이스 장치를 이용하여 차량 주행 데이터를 취득할 수 있도록 구성하였다. 병진 가속도와 회전 각속도, 차량 내부 통신 네트워크를 이용하여 취득할 수 없는 운전자 조작관련 데이터는 AD, DA, DIO 및 PWM 기능을 갖는 다기능 USB 제어 장치를 이용하여 DAQ 시스템을 구성하였으며, Gyro 센서로는 Crossbow社(미국)의 6축 Gyro 센서로 온도 변화에 따른 보정 기능을 갖춘 IMU440CA-200을 사용하였다. USB 인터페이스를 지원하는 GPS 19" Rack 시스템은 두 대의 산업용 컴퓨터가 설치되어 있으며 다기능 USB 제어기 등 데이터 취득용 차량 내부 모든 배선이 완성되며, 탈부착이 용이하도록 하였으며, 주행 중 노면으로부터의 진동을 흡수할 수 있도록 제작하였다.

엔진룸의 배터리와 보조 배터리를 병렬로 처리하여 1kw급 정현파 인버터에 연결하여 컴퓨터 및 각종 센서에 전원을 안정적으로 공급할 수 있는 전원 공급 장치와 seeingmachines社(호주)의 faceLAB 4.5를 운전자 머리 및 눈동자 측정을 위한 운전자 인지 검출 시스템을 설치하였다.

4. 위험운전 판단 모듈(Dangerous Driving Case)

1) 위험운전 유형

메인 프로그램에서 위험운전을 실시간으로 구분하기 위하여 선행연구에서 분류하고 있는 위험운전 유형을 본 연구에 적용하였으며, 적용된 위험운전 유형은 <표 2>와 같다 [4].

<표 2> 위험 운전 유형
<Table 2> Dangerous driving type

위험 운전 유형	
속도위반	직진구간 과속
	선회구간 과속
가속	급출발
	급가속
감속	급정지
	급감속
회전	급차선변경
	연속적인 급차선변경

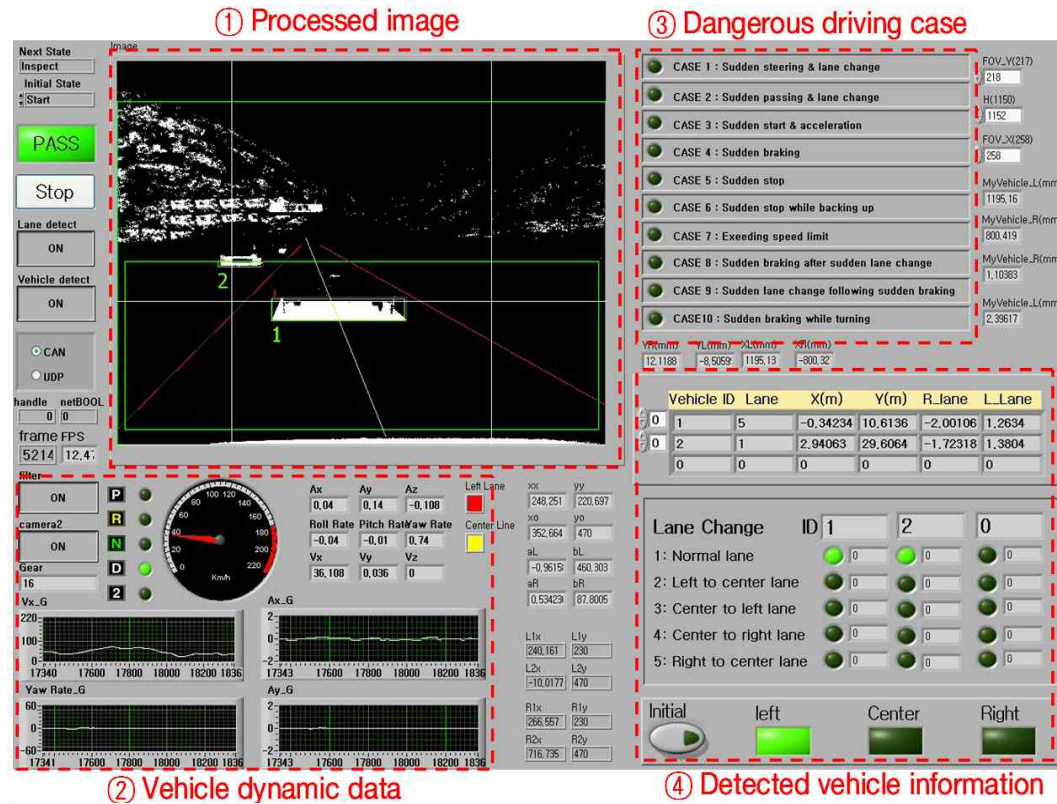
운전 판단 알고리즘은 <표 3>과 같다[5].

<표 3> 시뮬레이션 임계값 및 실차 실험 임계값
<Table 3> Simulation and vehicle test threshold

위험운전 유형		임계값 (Ki)	
		시뮬레이션 임계값	실차 실험 임계값
선회구간 과속	ay	0.2 G	0.22 G
	yaw rate	8.6 deg/sec	9.48 deg/sec
급출발	ax	0.2 G	0.14 G
급가속	ax	0.1 G	0.06 G
급정지	ax	-0.4 G	-0.32 G
급감속	ax	-0.4 G	-0.34 G
급차선변경	주기	4초	5.8초
	ay	0.2 G	0.21 G
연속적인 급차선변경	yaw rate	5.0 deg/sec	5.34 deg/sec
	주기	10.0초	8.25초
연속적인 급차선변경	ay	0.2 G	0.31 G
	yaw rate	5.0 deg/sec	7.4 deg/sec

2) 위험운전 유형별 임계값

「위험운전 유형 분류 및 데이터 로거개발, 한국 ITS학회지 제7권, 제3호, 2008, 6」 논문에서 분류한 위험운전 유형에 대한 임계값은 시뮬레이션 및 실차 실험을 통하여 임계값을 설정하였으며, 개발된 위험



<그림 8> Vision 시스템 메인 프로그램 GUI
<Fig 8> Vision system main program GUI

<그림 8>은 차선 및 차량을 인식할 수 있는 본 연구의 최종 프로그램 GUI이다.

출 시스템을 구축하였으며[4], <그림 9>는 전체 실험 차량 시스템 구성을 보인다.

IV. Vision 시스템을 이용한 위험운전 원인분석

1. 실험차량

실험차량은 기아자동차 그랜드 카니발 2007년형을 사용하며, 차량 내부 통신 네트워크와 CAN(Controller Area Network) 인터페이스 장치를 이용하여 차량 주행 데이터를 취득한다. 실험차량에는 Gyro, GPS, DAQ 시스템, Rack 시스템, 영상 데이터 취득 시스템, 전원 공급 장치 및 운전자 인지 검출 시스템을 장착하여 주행 중 발생하는 다양한 정보를 수집하게 된다. 수집된 데이터의 실시간 모니터링이 가능한 LCD 디스플레이를 갖추어 수집되는 주행 정보를 관리자가 모니터링 하며 추가적인 조작이 가능한 사용자 인터페이스를 구축하였으며, 차선 인식 및 차량 인식을 위한 CCD 카메라는 차량 앞 유리 내부에 장착하여 전방을 감시하며 데이터 처리를 위한 노트북을 추가로 구성하였다. 시스템의 전원 공급을 위하여 엔진룸의 배터리와 보조 배터리를 병렬로 처리하였으며, 1kw급 정현파 인버터에 연결, 컴퓨터 및 각종 센서에 안정적인 전원을 공급하는 전원 공급 장치를 설치하였다. 또한, Seeingmachines社의 faceLAB 4.5를 운전석 앞에 설치하여 운전자의 머리 및 눈동자 움직임을 측정할 수 있는 운전자 인지 검

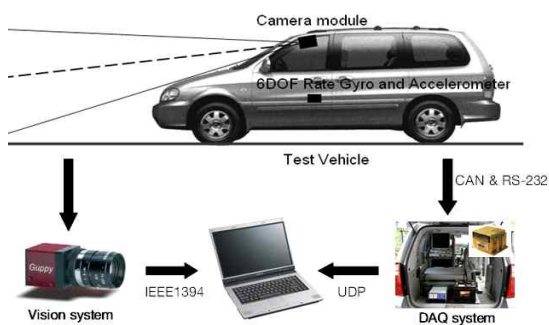
2. 실차 실험

본 연구에서 개발된 카메라 Vision 시스템이 구축되어있는 실험차량을 이용하여 선행연구인 「위험운전 유형에 따른 임계값 개발, 한국도로학회지 제11권, 제1호, 2009, 3」 논문에서 개발된 위험운전 판단 알고리즘 중 급정지와 급차선 변경에 대한 실험을 진행하여 본 연구를 통해 개발된 통합 프로그램을 검증하였다.

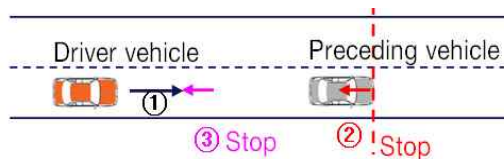
급정지 실험 및 급차선 변경실험은 선행 차량의 이상행동으로 인하여 실험 차량이 급정지 또는 급차선 변경을 시행 하는 경우, 위험운전판단 알고리즘은 차량의 종 방향 가속도, 횡방향 가속도, Yaw-rate를 계산하여 그 때의 운전상황을 위험운전으로 분류하게 되지만 실험차량의 위험운전을 발생시킨 원인에 대한 정보까지는 위험운전 판단 알고리즘에서는 제공할 수 없다. 이에 본 연구에서 개발된 위험운전 판단알고리즘과 차선 및 차량 인식 프로그램의 통합 프로그램을 이용하여 위험운전에 대한 원인을 분석하였다.

<그림 10>은 급정지 실험의 시나리오이며, 시나리오 발생순서는 다음과 같다.

- ① 실험차량은 주행 차선을 따라 정상적인 운전 시행
- ② 선행 차량의 급정지 시행
- ③ 실험차량은 선행차량의 급정지로 인한 급정지 시행



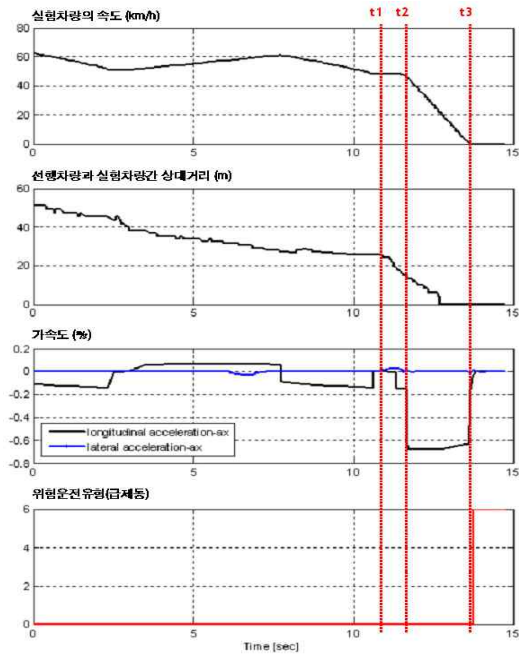
<그림 9> 실험 차량 시스템 구성도
<Fig. 9> Test vehicle system



<그림 10> 급정지 시나리오
<Fig. 10> Sudden stop scenario

실험 결과<그림 11>과 같은 결과가 도출되었다. <그림 11>의 첫 번째 그래프는 실험 차량의 종 방향 속도이며, 두 번째 그래프는 Vision 시스템에서 인식

한 선행차량과 실험 차량의 상대거리, 세 번째 그래프는 실험차량의 종 방향 가속도, 네 번째 그래프는 실험차량의 위험운전 상황을 판단한 결과이다.



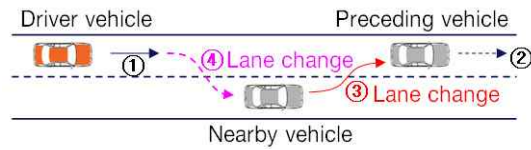
<그림 11> 급정지 실험 결과
<Fig. 11> Vehicle behavior under sudden stop

두 번째 그래프에서 나타나듯이 선행차량이 시간 t_1 을 기점으로 속도를 줄이면 실험차량과의 거리가 급격히 줄게 되는 것을 알 수 있으며, 이에 대한 대응방안으로 실험차량은 시간 t_2 를 기점으로 차량 속도를 급격히 감속시킨 것을 첫 번째 그래프를 통해 알 수 있다. 이때 세 번째 그래프를 보면 실험 차량의 종 방향 가속도는 약 $-0.7g$ 로서 위험운전으로 분류되는 것을 네 번째 그래프를 통해 알 수 있다. 그러나 실험차량 운전자가 실시한 급격한 정지 상황은 두 번째 그래프에서 나타나듯이 운전자의 부주의 또는 운전 미숙으로 인한 위험운전 상황이 아닌 선행 차량의 급감속에 따른 정당한 대처임을 Vision 시스템을 통하여 알 수 있어 운전자의 위험운전 상황에 대한 원인을 명확히 파악할 수 있다.

<그림 12>는 본 연구의 급차선 변경 실험을 위한

시나리오를 보이며, 시나리오의 발생순서는 다음과 같다.

- ① 실험차량은 주행 차선을 따라 정상적인 운전 시행
- ② 실험차량의 선행차량이 가속을 시행
- ③ 실험차량의 우측 차선의 선행차량이 실험차량 진행 차선으로 차선변경 시행
- ④ 실험차량은 우측에서 차선변경을 시행한 선행 차량을 피하기 위하여 우측차선으로 차선변경 실시

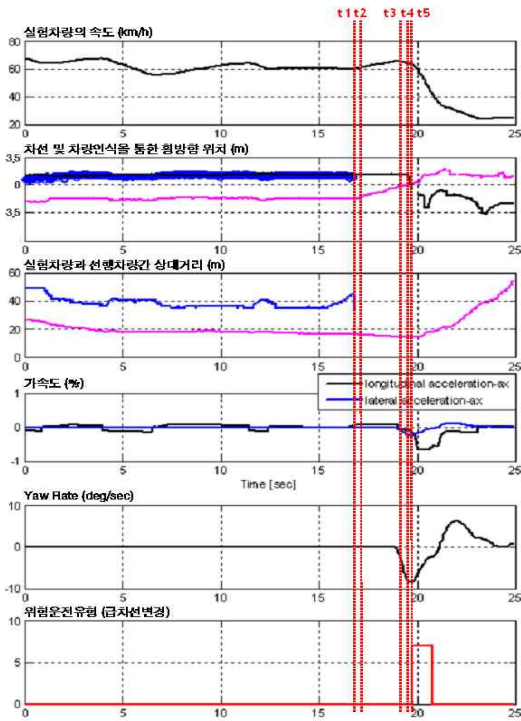


<그림 12> 급차선 변경 시나리오
<Fig. 12> Sudden lane change scenario

급차선 변경 실험 결과 또한 급정지 실험과 같이 <그림 13>와 같은 결과 그래프가 도출되었다. 실험 결과의 첫 번째 그래프는 실험 차량의 종 방향 속도이며, 두 번째 그래프는 동일 차선의 선행 차량과 우측 차선의 선행 차량을 Vision 시스템에서 인식하여 실험차량의 주행 차선에서 선행 차량과 우측차선의 차량의 횡 방향 위치를 계산한 결과이다. 세 번째 그래프는 동일 차선의 선행 차량과 실험 차량 사이의 상대거리와 우측 차선 차량과 실험 차량 사이의 상대거리를 Vision 시스템을 통해 계산된 결과이다. 네 번째와 다섯 번째 그래프는 각각 실험 차량의 가속도와 Yaw-rate를 보이며, 여섯 번째 그래프는 실험 차량의 위험운전 여부를 판단한 결과이다.

첫 번째 그래프에서 나타나듯이 실험 차량은 lane 1에서 약 60km/h로 주행하고 있으며, 동일 차선 약 40m 전방에 주행 중인 선행 차량과 우측 차선인 lane2의 약 18m 전방에서 주행 중인 또 하나의 차량이 검출되는 것을 두 번째 그래프를 통해 알 수 있다.

두 번째 그래프에서 나타나듯이 시간 t_1 을 기점으로 실험 차량과 동일한 차선에서 주행 중인 선행 차량이 가속하여 차량인식 범위를 벗어나자, t_2 를 기점



<그림 13> 급차선 변경 실험 결과
 <Fig. 13> Vehicle behavior under sudden lane change

으로 실험 차량이 가속을 시작하는 것을 첫 번째 그래프를 통해 알 수 있으며, 실험차량이 가속을 시작함과 동시에 lane 2에서 주행 중인 차량이 t3을 기점으로 실험 차량의 주행차선으로 차선을 변경하기 시작하는 것을 세 번째 그래프를 통해 확인 할 수 있다. 이때 실험 차량은 차선변경을 시행한 선행차량을 피하기 위하여 핸들을 크게 조작하여 lane 1에서 lane 2로 차선 변경을 실시한 것을 두 번째 그래프를 통해 알 수 있으며, 이때 실험 차량의 Yaw-rate과 ay는 약 -9deg/sec와 약 0.5G로 분석되어 위험운전으로 분류되는 것을 세 번째, 네 번째, 다섯 번째 그래프를 통해 알 수 있다. 그러나 급정지 실험과 마찬가지로 실험차량이 실시한 급차선 변경은 근거리에서 옆 차선을 주행 중이던 차량의 차선 변경으로 인해 발생한 위험 상황을 피하기 위한 실험 차량 운전자의 적절한 대처임을 Vision 시스템을 통하여 분석되

었다.

위험운전 상황 발생에 따른 결과만을 이용하여 운전자를 관리 할 경우 위 실험과 같이 위험상황에 대한 적절한 대처임에도 불구하고 위험운전을 시행했다는 오해를 불러들여 운전자에게 불이익이 돌아갈 수 있을 것이다. 그러나 본 연구에서 개발된 Vision 시스템을 이용한 통합프로그램이 구축된다면, 위험운전에 대한 결과 뿐 만 아니라 원인에 대한 분석이 가능하므로 보다 효과적인 운전자 관리 시스템을 구축할 수 있을 것으로 판단된다.

V. 결론

본 연구의 실험 차량은 차량의 CAN데이터 분석과 차량 거동 정보를 획득하기 위한 자이로 센서를 추가로 장착하여 주행 정보 및 차량 거동정보를 실시간으로 획득하였으며, Vision 시스템 기반 안전운전 지원 통합 시스템을 구축하였다.

차량에 적용된 Vision 시스템 기반 안전운전 지원 통합 시스템의 성능 검증을 위하여 급정지 실험을 수행하였으며, 차선 및 차량 인식과 추적을 통하여 획득된 추가적인 정보를 활용하여 운전자의 위험운전 상황을 좀 더 객관적이고, 정확한 분석이 가능함을 확인 할 수 있었다.

본 연구에서는 기존에 개발된 안전운전 관리시스템의 성능향상을 위하여 차량에 Vision 시스템을 적용하여 차선 및 주변 차량을 인식하게 하였으며, 운전자의 위험운전상황을 실시간으로 분석하였다. 특히 위험운전이 발생된 원인을 운전자차량의 거동분석과 주변차량의 거동분석을 통하여 위험상황이 포함된 다양한 주행상황에서의 위험운전 판단의 정확도를 향상시켰으나 차량 인식의 경우 실제 차량의 형상특징과 주위 환경 조건에 민감하게 반응하여 차량 인식의 성능이 떨어짐을 확인 할 수 있었다. 이러한 문제는 차량 인식을 위한 새로운 알고리즘의 적용 및 레이더 및 레이저 센서를 이용한 차량 인식 기술과의 통합으로 해결 할 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 조준희, “이운성, 안전운전 관리시스템 개발,” *한국 자동차공학회 논문집*, 제15권, 제1호, pp. 71~77, 2007. 1.
- [2] 조병관, 송성재, “ADAMS를 이용한 차량 조종안정성 해석,” *한국자동차공학회논문집*, 제4권, 제5호, pp. 109~118, 1996. 9.
- [3] 한인환, “차량용 블랙박스 기술 특허분석 및 표준화 방안,” *대한교통학회지*, 제25권, 제3호, pp. 29~43, 2007. 6.
- [4] 오주택, 조준희, 이상용, 김영삼, “위험운전 유형 분류 및 데이터 로거개발,” *한국ITS학회논문지*, 제7권, 제3호, pp. 15~28, 2008. 6.
- [5] 오주택, 이상용, 김영삼, “위험운전 유형에 따른 임계값 개발,” *한국도로학회지*, 제11권, 제1호, pp. 69-83, 2009. 3.
- [6] 한인환, 양경수, “차량용 블랙박스를 활용한 위험운전 인지,” *대한교통학회지*, 제25권, 제5호, pp. 149~160, 2007. 10.
- [7] M. Betke, E. Haritaoglu, and L. S. Davis, “Real-time multiple vehicle detection and tracking from a moving vehicle,” *Machine Vision and Applications*, vol. 12, no. 2, pp. 69-83, Sept. 2000.
- [8] L. Fletcher, L. Petersson, and A. Zelinsky, “Driver assistance systems based on vision in and out of vehicles,” *Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symp.*, pp. 323-327, June. 2003.
- [9] S. Tokoro, K. Moriizumi, T. Kawasaki, T. Nagao, K. Abe, and K. Fujita, “Sensor fusion system pre-crash safety system,” *Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symp.*, pp. 14-17, June. 2004.
- [10] S. Nedevschi, R. Danescu, and T. Marita, “A sensor for urban driving assistance systems based on dense stereovision,” *Proc. IEEE Intelligent Vehicles Symp.*, pp. 276-283, June. 2007.
- [11] <http://www.vertronix.com>
- [12] <http://www.globaldanso.com>
- [13] 이태민, *DSP-Based ATM Security System*, 세종대학교 대학원 컴퓨터공학과, 석사 학위논문, 2008.
- [14] Z. Sun, G. Bebis, and R. Miller, “On-road vehicle detection: A review,” *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 28, no. 5, pp. 694-711, May. 2006.
- [15] G. Toulminet, M. Bertozzi, S. Mousset, A. Bensrhair, and A. Broggi, “Vehicle detection by means of stereo vision-based obstacles features extraction and monocular pattern analysis,” *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 15, no. 8, pp. 2364-2375, July. 2006.
- [16] G. Alessandretti, A. Broggi, and P. Cerri, “Vehicle and guard rail detection using radar and vision data fusion,” *IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems*, vol. 8, no. 1, pp. 95-105, March. 2007.

저자소개



오 주 택 (Oh, Ju-Taek)

1995년 2월 : 한양대학교 도시공학과 학사
1998년 8월 : Rutgers, The State of New Jersey 도시 및 지역계획 석사
2002년 12월 : Georgia Institute of Technology 교통공학 박사
2003년 5월 : University of Arizona Post. doc
2003년 5월 ~ 현재 : 한국교통연구원 책임연구원



이 상 용 (Lee, Sang-Yong)

2002년 2월 : 국민대학교 공과대학 토목환경공학과 학사
2005년 3월 : 국민대학교 건설시스템공학부 교통공학과 공학석사
2004년 9월 ~ 현재 : 한국교통연구원 연구원