

자율주행차량의 연구동향

임영철*, 류영재**

(*전남대 공대 전기공학과 교수, **동 대학원 전기공학과 박사과정)

1. 서론

사회가 발달하고, 특히 인구밀도가 높아질수록 개인의 운송 수단이 대단위로 증가하며, 이에 따라 고속도로에서 교통 혼잡이 증가하고, 시간과 에너지의 낭비뿐만 아니라 운전자의 실수로 인한 사고는 커다란 인명손실을 초래한다. 이에 대한 대책으로 정부에서는 법적 규제에 의하여 가능한 공공 교통 수단을 이용할 것을 유도하지만 효과적이지는 않았다. 실제 1989년 미국의 통계에 따르면 미국의 29개의 주요도시에서 교통혼잡으로 인한 손실이 매년 240억 달러(750원 환율시 18조원)에 해당하고, 12개의 대도시에서는 매년 10억 달러(7500억원)에 해당한다고 한다.

이러한 손실의 주원인은 운전자의 피로나 실수로 인한 사고로, 이를 해결하기 위한 미래지향적인 방법은 장시간 고속도로에서 자동차를 운전하는 사람에게 필요한 정보를 제공하거나 운전자 없이도 스스로 주행하여 사고를 미연에 방지할 수 있는 시스템이라 할 수 있다. 이에 따라 교통안전과 효율의 향상 및 환경을 위해 시각센서를 기반으로 한 자율주행시스템의 개발에 대한 사회적 관심이 증가하고 있다. 시각센서 기반 자율주행시스템의 가까운 예로는 충돌에 대한 경고, 도로의 차선을 추적하기 위한 조향 제어, 추돌 방지를 위한 속도제어 등을 들 수 있다. 이러한 시스템은 비행기나 기차의 안내 시스템에도 사용이 가능하여 교통안전을 증대시킬 것으로 예상된다.

이러한 배경 하에 1970년대부터 미국, 일본, 유럽 등 선진국에서는 지능적인 차량과 도로 시스템에 관심과 투자가 점점 증대되었으며, 차량이 카메라에 의하여 자율적으로 주행하는 연구가 시작되었다. 시각센서를 기반으로 한 자율주행시스템의 초기 모형은 1979년 일본정부의 연구소에 의하여 개발되었다. 이 차량은 전방을 향한 TV 카메라와 화상처리용 하드웨어를 지니고 있었다. 여기에 사용된 시각 시스템은 도로의 백색 차선을 감지하고 이를 추적하기 위해 조향각을 자동으로 제어하도록 하였다. 또한 미국에서는 1984년에 DARPA(Defence Advanced Research Projects Agency)의 지원 하에 ALV(Autonomous Land Vehicle) 프로젝트를 시작하였으며, 이 연구

중에는 선명한 백색 차선이 있는 고속도로가 아닌 길에서 시각센서를 기반으로 하여 주행하기 위한 시스템에 대한 개발도 수행을 하였다.

본 고에서는 이와 같이 장시간 고속도로에서 자동차를 운전하는 사람에게 필요한 정보를 제공하거나 운전자 없이도 스스로 주행하여 사고를 미연에 방지할 수 있는 자율주행차량에 대한 국내외 연구동향을 알아보도록 한다.

2. 일본의 연구동향

일본은 자율주행차량의 연구를 지능형 차량에 대한 3단계의 프로젝트를 통하여 발전시켜왔다. 이 프로젝트는 Intelligent Vehicle, PVS(Personal Vehicle System), AHVS(Automated Highway Vehicle System)이며 도로환경의 인식, 시각장치, 주행제어장치 개발 등을 주요 연구대상으로 하여 진행되어왔다. Intelligent Vehicle 프로젝트는 1970년대 중반부터 Mechanical Engineering Laboratory의 주관 하에 시각시스템을 이용한 장애물 감지와 조향각 제어 시스템에 관하여 연구하였다. 1980년 후반에는 Mechanical Social System Foundation의 지원 하에 Fujitsu와 Nissan에 의해 PVS가 진행되어 TV camera에 의한 주행선 감지, 장애물 감지, 이미지 처리, 제어 컴퓨터 등의 연구를 통하여 최고 60 km/h 까지 자율주행을 성공하였다. 또 Toyota에서는 AHVS를 통해 주 전자제어장치(ECU : electric control unit)와 주변장치인 영상처리기, 구동부 제어기로 구성된 다중 프로세서 시스템을 개발하여왔다.

2.1. Intelligent Vehicle 프로젝트

첫 번째 프로젝트는 1970년대 중반부터 개발되었던 Intelligent Vehicle로써, 소형자동차를 위한 장애물 감지 시각시스템과 자율운행을 위한 예측 항법 시스템을 연구하였다. 스테레오 TV 카메라를 내장한 머신비전시스템은 하드웨어에 의해 설계되므로써 실시간 처리할 수 있는 특징을 지녔다. 예측항법 기능과 새로운 조향각 제어 알고리즘은 차량이 출발점에서

목적지까지 주행을 가능하게 하였다.

이 프로젝트의 장애물 감지 시각시스템은 스테레오 TV 카메라 부품과 처리부로 구성되어있다. 이 시각 시스템의 초점 각도는 40도로 차량 앞의 5m에서 20m 사이에 위치한 장애물을 검출하며 두 대의 카메라는 차량의 앞부분에 수직으로 정렬하여 부착되어있다. 각 카메라의 탐색은 동기화 되어있고 처리부는 카메라에서 출력된 비디오신호를 고속처리하기 위해 소프트웨어 방식이 아닌 하드웨어에 의해 제작되었다.

장애물 검출의 원리는 視差(parallax)를 이용하였다. 즉 두 대의 카메라 영상을 비교해보면, 장애물은 서로 다른 위치에 존재하지만, 지면은 동일한 위치에 존재한다는 것이다. 카메라는 영상을 직렬의 비디오 신호로 전송하며, 그 신호는 영상의 경계선 부분에서 펄스형태가 나타난다. 이때 각 카메라에서 펄스의 시간 간격이 도로영상의 장애물로서 검출된다. 그런데 이러한 시스템은 맑은 곳과 그림자 또는 그늘진 곳에 대해서는 측정하지 못하는 동작 조건에 대한 제한사항이 있었다.

이 연구에서 조향각 제어 시스템은 cubic curve 방법을 이용하여 현재의 위치에서 이동하고자 하는 위치로 이동하기 위한 조향각을 계산하였다. 또 운행시스템은 16비트 마이크로 컴퓨터시스템을 내장하고있으며, 두개의 뒷바퀴에 부착된 로타리엔코더를 통하여 속도를 검출하였다. 컴퓨터는 장애물에 대한 데이터를 입력받아, 주행을 위한 최적의 조향각과 속도로 바퀴를 제어한다. 이 프로젝트 결과, 제어를 수행하는데 소요되는 시간간격은 204.8ms이내 이었고 자율적으로 장애물을 회피하여 약 10 km/h로 주행할 수 있었다.

2.2. PVS 프로젝트

1980년대 후반에 개발된 PVS(Personal Vehicle System)은 시각센서를 기반으로 한 차량으로 광범위한 테스트 시스템이었다. 머신 비전 시스템은 도로의 양쪽 가장자리에 표시된 선을 검출하여 차량을 안내하도록 하였다. PVS에서는 특별히 스테레오 카메라를 내장하여 장애물을 감지하기 위한 또 하나의 머신 비전 시스템을 내장시켰다. 이 프로젝트의 결과로 자율주행차량은 회전로와 교차로에서 차선을 따라 10-30 km/h로 주행을 하였다[1].

2.3. AHVS 프로젝트

세 번째 수행된 프로젝트는 AHVS(Automated Highway Vehicle System)로써 한 개의 TV 카메라만을 사용하였고 PD 제어에 의하여 차선을 추적하는 알고리즘을 이용하였다. 머신 비전 시스템은 도로의 경계선을 검출하는데 사용하였고 이 연구 결과 AHVS는 큰 곡률 반경을 가진 차선을 따라 50 km/h에서 주행하였다[2].

2.4. 기타

이와 같은 3단계의 프로젝트 외에 Ministry of Transportation의 자금 지원으로 Daihatsu Motor Co., Ltd는 Advanced

Safety Vehicle (ASV) 프로젝트를 수행하여 영상처리를 이용한 거리 측정 기술을 발전시켰다[3]. 그리고 Honda에서는 시각센서를 이용하여 도로의 경계를 추출하는 방법과 자율주행차량의 궤적을 제어하기 위한 방법에 대하여 연구하였다[4]. 또한 Matsushita Electric Industrial Co. Ltd에서는 차량의 위치파악을 위해 Hough 변환을 이용한 연구를 수행하였다[5].

3. 유럽의 연구동향

유럽은 Eureka의 지원 하에 PROMETHEUS (Program for a European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety) 프로젝트 내에서 자율주행차량에 대한 연구를 수행하여왔다[6].

3.1. 독일

독일은 PROMETHEUS의 하위 프로젝트로 Daimler-Benz VITA(Vision Technology Application) 프로젝트를 구성하였다. 이 프로젝트에 참가한 연구는 Bosch, HELLA, Univ. of the Armed Forces(UBM), Munich and Fraunhofer Institute (IITB), Univ. Bochum, Univ. Paderborn 으로 광범위하게 구성되었다. 주요 연구내용은 도로 추적, 장애물 감지, 정지 출발, 차도변경, 교차로 검출 등이었다[7, 8].

이러한 연구의 주요 결과로, 기하학적 좌표변환법과 Kalman filter에 의한 동적 모델을 이용함으로써 아우토반에서 120 km/h의 속도로 자율주행하는 시스템을 개발하였다[9].

3.2. 영국

주요 연구로 차량의 기구학적 모델과 동적 모델을 제안하여 제어방법을 설계하였고[10], 3차원 시각 시스템을 개발하여 자율주행에 기여하였다[11].

3.3. 프랑스

PROMETHEUS 하위 프로젝트로 C. M. M.을 두어 도로경계선 검출, 차선 추출, 장애물 인식에 대하여 연구하였다[12]. 또한 가시광선 및 적외선 범위의 스펙트럼을 이용하여 차량을 감지하기 위한 연구를 했다[13].

3.4. 기타

핀란드에서는 ESPRIT 프로젝트를 통해 농업, 임업, 노천광업, 건설업 등의 특별한 환경에 사용되는 산업용 자율운전차량의 인식과 항해장치를 개발하는 데 목적을 두어 PNS(perception and navigation system)을 개발하였고[14], 이탈리아에서는 PROMETHEUS 하위에 ESPRIT 프로젝트를 두어 여러 개의 스테레오 영상을 이용하여 주행하는 방법을 제안하였다[15].

4. 미국의 연구동향

자율주행차량에 대한 General Motors의 연구진이 조사한 바에 의하면 미국은 1984년에 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)지원으로 ALV 프로젝트를 통하여 자율주행차량의 연구를 시작하게 된다[16]. 이 ALV 프로젝트에는 움직임을 추적 소프트웨어를 개발한 Univ. of Massachusetts와 Honeywell, ALV와 도로 추적 소프트웨어를 개발한 Martin Marietta, Hoghes, Univ. of Maryland, Carnegie Mellon Univ. 등이 참여하였다.

4.1 SCARF

SCARF(Supervised Classification Applied to Road Following)는 Carnegie Mellon Univ.에서 1986년부터 1988년까지 연구되었다. 이 연구에서 영상 내 도로의 색은 일정하다고 가정하고 색분류(color classification)를 이용함으로써 도로를 판별하고, 도로의 모양은 극부적으로 직선이고 평행하다고 가정하여 Hough 변환을 적용함으로써 도로의 위치를 계산하였다. 이 시스템은 전형적인 도로와 비도로 특성들에 대해 8가지의 색모델을 바탕으로 색분류를 수행하였다. 그러나 이 방법은 카메라와 조명의 계수가 일정한 상수라고 가정하여 연구를 수행함으로써 조명(illumination)의 변화에 약하다는 것이 취약점이 있었다.

4.2 MARF

Maryland University는 DARPA와 US Army Engineering Topographic Laboratories의 지원을 받아 이 연구를 수행하였다. 이 연구를 통해 영상처리, 3차원 형상 복원, 기하학적 추론 등의 시각정보를 분석하기 위한 방법과 경로계획, 차량의 운행 방법을 제안하였다.

또한 전체 영상을 처리하여 관심 있는 물체를 찾는 bootstrap 방법과 주행하는 동안에 전체 영상으로부터 관심 있는 영상부분만을 처리하는 feedforward 방법을 제안하였다[17-19]. 즉 도로 추적과정에 있어서 예측한 도로위치에 초기 윈도우를 설정하고 윈도우를 영상의 하단에서 상단으로 옮겨가면서 전체를 탐사하며 Hough변환으로 도로 경계선의 위치와 방향을 결정하고 윈도우를 그 방향에 따라 이동하는 방법을 이용하였다. 그런데 이 연구에서는 예측한 도로의 경계선이 정확하다는 가정과 도로선이 선명하게 연결되어있다는 가정을 들으로써 주변 장애물에 의한 그림자, 또는 나뭇잎이나 흙으로 가려진 도로에서는 주행이 불가능하다는 문제점을 가지고 있었다.

4.3. VITS

Martin Marietta도 DARPA의 지원 하에 연구를 수행하여

칼라 비디오로 도로 경계를 검출하는 방법을 제안하였고 ERIM에서 개발한 레이저 거리 측정기(laser range scanner)를 이용하여 장애물을 검색하는 방법을 연구하였다[20].

VITS(Vision Task Sequencer)는 이 연구의 시각시스템으로 수평회전각과 수직회전각의 제어가 가능한 RGB 비디오 카메라와 레이저 거리 측정기가 부착되어있다. 칼라 영상의 화소들을 선형분류함수에 의해 도로와 비도로 영역을 분류하고, 그 결과에서 도로 외곽선을 추출한다. 영상에서의 도로 외곽선들은 변환되어서 차량 중심의 3차원의 공간적인 모델을 생성한다. 또한 거리영상으로부터 장애물 지역을 추출하고 그 수직높이를 계산하여 장애물 회피 경로를 계획하면서 주행한다. 알려진 연구결과로는 1986년에 최대 10km/h의 속도로 장애물을 탐지하면서 포장도로를 주행하였다. 이 연구에는 Vicom 영상 처리기, Intel 멀티프로세서 시스템 등이 사용되었다.

4.4. NAVLAB

NAVLAB (NAVigation LABoratory)은 Carnegie Mellon Univ.에서 행해진 연구로 도로와 비도로 분류방식을 사용한다. 카메라에 입력된 칼라영상을 축소해서 RGB값을 평균, 공분산(covariance)에 기초한 네 가지 도로와 비도로 형태로 구분한다. 영상의 각 화소가 분류된 도로 형태에 속할 확률을 계산하여 영상 전체를 도로와 비도로 지역으로 분할한다. 도로의 위치와 방향을 구하는 Hough변환을 이용한다. 분류된 도로형태의 신뢰성여부가 문제되고 조명의 변화에 민감한 문제점의 해결을 위해 ERIM의 레이저 거리 측정기로부터 반사영상을 얻어서 지도에 기초한 주행을 시도하였다. 장애물 정보는 3차원 표면 법선 벡터의 변화로부터 추출하여 사용하였다. 이 연구에서는 여러 대의 Sun 워크스테이션, Warp 시스템릭 컴퓨터, TV 카메라, 레이저 거리 측정기 등을 사용하였다.

4.5. VaMoRs

VaMoRs는 Dickmanns등에 의해 연구된 시스템으로 공간적인 움직임에 시간을 연결시키므로써 동적 모델인 4D 접근 방법을 사용하였다. 이를 통하여 주행시 좌우로 휘어지거나 상하로 휘어지는 도로의 공간적인 해석을 가능하게 하였다. 즉 주행시 재귀적인 추정방법을 써서 각 변수들의 값을 구하는 동적 모델의 오차를 줄이는 방법을 이용하였다. 영상분할은 6개의 48x48 윈도우를 사용하여 16개의 방향성 마스크중의 하나로 convolution하여 경계를 검출하였다. 이 연구에서는 4개의 80286프로세서와 한 개의 386마이크로프로세서 등을 이용하여 실험 차량을 설계하였다.

4.6. 기타

ALV 프로젝트 외에 Texas A&M에서는 호송차량을 추적하기 위한 시각적 추적방법과 장애물 회피에 대하여 연구하였고, Univ. of California의 PATH 프로젝트에서는 다양한

센서를 기반으로 한 차량 안내 시스템에 대하여 연구하였다 [16]. 또한 General Motors 연구진에서는 고속주행에서 차선을 추적하기 위하여 실시간 차선 감지용 컴퓨터 아키텍처 설계와 그 응용방법을 제안하였다[21].

5. 국내의 연구동향

국내에서는 고려대학교에서 1992년 KARV-I과 1993년 KARV-II를 개발하여 발표한 바 있다.

포항공대에서는 PRV I(Postech Road Vehicle I)을 발표한 바 있다. 이 시스템은 486 PC를 기반으로 하여 칼라 CCD카메라, MATROX 영상처리보드를 이용한 영상처리시스템, 차량의 위치와 방향을 결정하기 위한 구동 시스템 등으로 구성되어있다. 이 연구에서 도로의 외곽선 추출을 위한 영상처리 알고리즘은 Maryland University에서 개발된 bootstrap 방법과 feedforward 방법을 개선하여 적용하였으며, 운행 기법으로는 신경회로망을 이용하는 방법을 적용하였다.

또한 최근에서는 퍼지 및 신경회로망을 자율주행차량의 운행에 적용하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 특히 전남대학교에서는 CMAC(Cerebellar Model Articulation Controller), 퍼지논리제어기, 퍼지신경회로망 제어를 자율주행차량에 적용하여 그 특성과 결과를 고찰함으로써 지능제어가 자율주행시스템에 적용할 때 나타나는 우수성을 입증하였다[22].

6. 최근의 연구동향과 향후 연구방향

최근 많은 국내외 연구자들은 자율주행차량에 퍼지, 신경회로망, 유전자 알고리즘 등의 지능적인 방법의 제어를 도입하고 있다.

그 대표적인 예로 일본에서는 퍼지논리제어기 (FLC)를 Toyota Celica 차량에 적용하여 조향각 제어를 실시간으로 처리하는 연구를 수행하였다. 이 퍼지논리제어기의 구조는 피드백용 규칙, 나타난 도로의 곡률 반경을 고려한 예측용 규칙, 차량의 속도를 기반으로 적절한 값을 선택하기 위한 이득 조절부로 나뉘어져있다. 이때 퍼지논리제어기의 파라미터는 인간이 운전할 때의 동작과 제어기의 특성으로부터 정보를 취하여 수작업으로 생성되었다. 이러한 퍼지논리제어기 방법을 시험차량에 적용하였으며, 도로상에 부착된 자기표시(magnetic marker)를 차량의 자력계(magnetometer)가 측면방향의 오차를 감지하므로써 실험결과를 고찰하였다. 이 연구결과, 간단하고 함축적인 차량모델을 기반으로 설계한 퍼지논리제어기가 복잡하고 정확한 차량모델을 기반으로 설계된 PID나 FSLQ제어기와 비슷한 성능을 발휘하였다고 한다[23].

이와 같은 지능제어방식은 지속적으로 자율주행시스템에 적용될 것으로 예상이 되며, 더불어 향후에는 기존의 독일

VITA 프로젝트에서 사용된 고전적인 제어 방법과 최근 활발히 연구되고 있는 지능제어방법을 결합하는 방향으로 연구가 진행될 것이다.

7. 결 론

본 고에서는 개인의 운송수단이 대단위로 증가함에 따라 교통 혼잡이 증가하고, 시간과 에너지의 낭비뿐만 아니라 운전자의 피로나 실수로 인한 사고를 방지하기 위한 미래지향적인 방법인 자율주행차량의 국내외 연구동향에 대하여 알아 보았다. 1970년대부터 미국, 일본, 유럽 등 선진국을 필두로 연구되어온 시각센서 기반 자율주행시스템은 충돌에 대한 경고, 도로의 차선을 추적하기 위한 조향 제어, 추돌방지를 위한 속도제어 등의 기능을 수행하며 미래에는 교통안전을 증대시킬 것으로 예상된다.

최근 많은 국내외 연구자들은 자율주행차량에 퍼지, 신경회로망, 유전자 알고리즘 등의 지능적인 방법의 제어를 도입하고 있으며 이는 기존의 고전적인 제어 방법과 결합을 통해서 더욱 우수한 성능의 시스템으로 발전되리라 예상된다.

참 고 문 헌

- [1] Seiya Shimizu, Tohru Ozaki and Masumi Yoshida, "A Moving Image Processing System for Personal Vehicle System", *IECON'92*, pp.600-605, 1992.
- [2] Sadayuki Tsugawa, "Vision-Based Vehicles in Japan: Machine Vision Systems and Driving Control System", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol.41, No.4, pp.398-405, August 1994.
- [3] Toshio Ito, Tatsuya Sakagami and Shiro Kawakatsu, "A Real Time Distance Headway Measurement Method Using Stereo and Optical Flow", *Intelligent Vehicles'92*, pp.230-235, 1992.
- [4] Kenshiro Hashimoto, Shigeto Nakayama, Tohru Saito, Shinnosuke Ishida, Kiyozumi Unoura, Jun Ishii, Nobuyuki Oono, Yasusi Okada, "An Image Processing Architecture and a Motion Control Method for an Autonomous Vehicle", *Intelligent Vehicles'92*, pp.213-218, 1992.
- [5] Akihiro Suzuki, Nobuhide Yasui, Nobuyuki Nakano, Mamoru Kaneko, "Lane Recognition System for Guiding of Autonomous Vehicle", *Intelligent Vehicles'92*, pp.196-201, 1992.
- [6] Ronald K. Jurgen, "Smart Cars and Highways Go Global", *IEEE Spectrum*, pp.26-36, May 1991.
- [7] Berthold Ulmer, "VITA - An Autonomous Road Vehicle (ARV) for Collision Avoidance in Traffic", *Proceeding of IEEE Intelligent Vehicles'92*, pp.36-41, 1992.
- [8] Klaus Peter Wershofen, "Real-time Road Scene Classi-

- fication Based on a Multiple-lane Tracker”, *IECON’92*, pp.746-751, 1992.
- [9] J. Manigel and W. Leonhard, “Vehicle Control by Computer Vision”, *IEEE Trans on Industrial Electronics*, Vol. 39, No.3, pp.181-188, June 1992.
- [10] A. Gasparetto, A. Rossi, I. A. Robb, “Control System Design and Dynamic Simulation of an Autonomous Vehicle for Factory Automation”, *IECON’94*, pp.1111-1116, 1994.
- [11] M. J. Stephens, R. J. Blissett, D. Charnley, E. P. Sparks and J. M. Pike, “Outdoor Vehicle Navigation Using Passive 3D Vision”, *Conference on Computer Vision*, pp.556-562, 1990.
- [12] Xuan Yu, Serge Beucher and Michel Bilodeau, “Road Tracking, Lane Segmentation and Obstacle Recognition by Mathematical Morphology”, *Intelligent Vehicle’92*, pp.166-170, 1992.
- [13] H. G. Nguyen, J. Y. Laisne, “Obstacle Detection Using Bi-spectrum CCD Camera and Image Processing”, *Intelligent Vehicles’92*, pp.42-50, 1992.
- [14] K. Koskinen, H. Makela, K. Rintanen, A. Penttinen, “Motion Control for Autonomous Vehicles in Outdoor Environment”, *IECON’92*, pp.838-843, 1992.
- [15] M. Tistarelli, E. Grosso and G. Sandini, “Dynamic Stereo in Visual Navigation”, *Conference on Computer Vision*, 1991, pp.186-193, 1991.
- [16] Ichiro Masaki, “Vision-based Vehicle Guidance”, *IECON’92*, pp.862-867, 1992.
- [17] Jacqueline Le Moigne, “Domain-Dependent Reasoning for Visual Navigation of Roadways”, *IEEE Journal of Robotics and Automation*, Vol. 4, No. 4, pp.419-427, August 1988.
- [18] Allen M. Waxman, Jacqueline J. LeMoigne, Larry S. Davis, Babu Srinivasan, Todd R. Kushner, Eli Liang, Tharakesh Siddalingaiah, “A Visual Navigation System for Autonomous Land Vehicles”, *IEEE Journal of Robotics and Automation*, Vol. RA-3, No. 2, April 1987
- [19] Karl Kluge and Chuck Thorpe, “Explicit Models for Robot Road Following”, *IEEE*, pp.1148-1154, 1989.
- [20] R. Terry Dunlay, “Obstacle Avoidance Perception Processing for the Autonomous Land Vehicle”, *IEEE*, pp.912-917, 1988.
- [21] O. D. Altan, H. K. Patnaik, R. P. Roesser, “Computer Architecture and Implementation of Vision-based Real-time Lane Sensing”, *Intelligent Vehicles’92*, pp.202-206, 1992.
- [22] Seung-Hak Yang, Fumio Harashima, Young-Cheol Lim, Kyeong-Young Cho, Young-Jae Ryoo, “Steering control system for autonomous road vehicle using fuzzy neural network”, *Transactions of IEE, Japan*, Vol. 115D, No. 11, pp.1373-1379, 1995.
- [23] Thomas Hessburg and Massayoshi Tomizuka, “Fuzzy Logic Control for Lateral Vehicle Guidance”, *IEEE Control Systems*, pp.55-63, August 1994.

저 자 소 개



임영철(任永徹)

1953년 4월 23일생. 1975년 2월 전남대 공대 전기공학과 졸업. 1977년 2월 고려대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 전남대 공대 전기공학과 교수.

당 학회 편집위원



류영재(柳泳材)

1968년 1월 9일생. 1991년 2월 전남대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 2월 전남대 대학원 전기공학과 박사과정 수료.