

무인자동차 개발과 응용

한 민 홍

Development of Autonomous Vehicle and its Applications

Min-Hong Han



- 한민홍(고려대 산업공학과)
- 1942년생
- 컴퓨터제어시스템

1. 머리말

무인자동차란 운전자의 도움 없이도 자동차 스스로가 주위환경을 인식해가며 지정된 도로를 따라 주행할 수 있는 자동차를 의미한다. 이 자동차는 운행 도중 장애물을 인식하여 제동이나 속도조절이 가능하여야 하고, 자기의 현재 위치를 계산할 수 있어야 한다. 흔히들 무인자동차라 하면 차 속에 아무도 타지 않고 달리는 차만을 연상하기도 하지만, 차 속에 사람이 있느냐 없느냐는 활용목적에 따라 달라지게 된다. 예로 물자를 운송하거나 전쟁터를 가로지르는 차량에는 굳이 사람이 탈 필요가 없겠지만, 일반 승용차라면 사람이 승차하고 있음을 전제로 하기 때문이다.

현대 생활에서는 시간이 촉박해지고 기동성이 점차 요구되어감에 따라 거리에는 자동차충수로 꽉 미어져가고 있다. 그러나 차량의 숫적 증가는 교통혼잡과 교통사고를 유발하게 되고, 따라서 우리의 최대 관심사는 교통사고를 예방할 수 있는 안전한 차량과 운

전의 수고를 덜어 줄 수 있는 안락한 차량의 개발이다. 또한 비좁은 국토에서 도로 활용률을 증대시켜 줄 수 있는 차량제어시스템의 개발도 크나 큰 관심사가 아닐 수 없다. 이러한 무인자동차의 개발의 실례로서는 미국의 카네기멜론대학(Carnegie-Mellon University)의 NavLab이라는 무인자동차⁽¹⁾를 위시하여 독일의 Dickmanns와 Zapp^(2,3)가 구축한 무인자동차를 들 수 있다. 또한 Martin Marieta에서 개발한 VITS시스템⁽⁴⁾은 차선이 없는 노면에서의 주행을 강조하였으며, 시험지역에서 20 km/hr의 속도로 주행하였다고 보고 한 바가 있다. 이웃나라 일본에서는 통산성을 주축으로 무인자동차 개발에 박차를 가하고 있으며 수년내 결과품이 보고될 것으로 예상되고 있다.

국내에서도 무인자동차 개발에 관한 연구가 한국과학재단의 일반과제로 시작되어 현재 그림 1과 같은 소형차량이 개발되어, 서울 청계천 삼일고가 도로상에서 50~60 km/hr, 올림픽대로에서 60~80 km/hr의 속도로 무인주행을 계속 시험하고 있다. 한가지 특기할 사항은 외국의 시스템이 대개 크나 큰



그림 1 자율주행하는 KARV-2호

밴(van)에 탑재시켜 운행하는 대형시스템인 반면 국내의 시스템은 4인승 지프차에 장착한 소형시스템이라는 점이다.

이 차량은 차량앞면에 전개되는 주행선을 인식하여 자율적으로 조향(steering)할 수 있을 뿐만 아니라 앞차와 일정한 거리를 유지하며 주행할 수 있고, 만약 일정한 거리 이내에 사람이나 차량 등의 장애물이 출현하면 속도감속 및 자동제동을 차량 스스로 수행할 수 있다. 이와 같은 기능은 운전미숙이나 운전과오에 대한 대처기능을 제공할 수 있어, 차선이탈이나 추돌을 방지해줄 뿐만 아니라 앞차와의 안전거리를 현재의 수준(예 고속에서 100 m)에서 현저히 감소시킬 수 있어 도로 활용 면에서도 공헌을 하게 될 것이다.

무인자동차가 자율적으로 움직이게 하기 위해서는 기계기술, 전자기술, 그리고 여기에 지능제어를 위한 소프트웨어 기술의 복합적인 시스템기술이 필요하게 되며, 무인자동차 시스템에 관한 설명을 위하여 저자가 제작한 무인자동차 KARV-2(Korea University Autonomous Road Vehicle-2)호를 예로 들기로 한다.

2. 시스템 구성

무인자동차의 시스템은 그림 2에 나타난 바와 같이 구성되어 있으며 각 요소별 기능

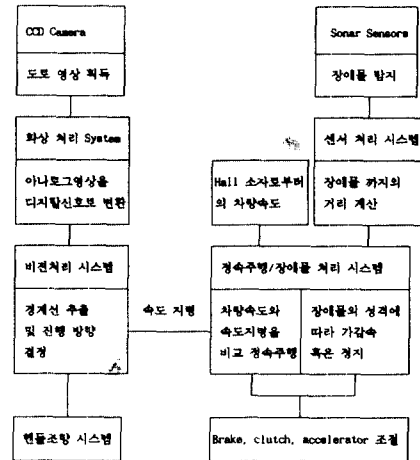


그림 2 전체시스템 구성도

및 역할은 다음에 설명한 바와 같다.

2.1 시스템 기능

무인자동차는 크게 두 가지 기본기능을 갖추고 있다. 하나는 자율조향(autonomous steering) 기능과 자동제동(automatic braking) 기능이다. 자율조향이라 함은 인간의 눈에 해당하는 카메라나 기타의 센서로부터 도로의 영상을 입력받아 이로부터 차선이나 도로경계를 인식하고, 주행로 위를 달리기 위하여 핸들을 돌리는 작업을 의미한다. 여기서 무인자동차의 성능을 좌우하는 큰 요인 으로서는 화상처리능력과 도로인식기술이다. 자동차의 주행속도가 높아질수록 도로경계인식이 그 만큼 빨라져야 주행선 변화에 실시간 대처할 수 있기 때문이다. KARV-2호는 현재 초당 20회 이상 도로경계를 인식할 수 있어 80 km/hr의 주행속도를 지원할 수 있으며, 4.5 m반경의 곡선도로에서는 10 km/hr의 주행이 가능하도록 구성되어 있다.

무인자동차의 제동기능이라 함은 차량의 속도를 제어하기 위한 클러치, 브레이크 및 엑셀러레이터의 작동을 통해 제동에서부터 최대속도까지 속도를 조절할 수 있는 기능이

다. KARV-2호에서는 우선 영상감지기로부터 차앞의 장애물을 인식하여 차량의 속도를 줄이고 난 후, 차앞에 부착된 초음파감지기를 사용하여 장애물까지의 거리를 산출하고 이 거리정보와 자동차 속도를 종합하여 감속의 정도를 계산한 후 감속 또는 급제동으로 즉각적으로 대처하게 된다. 또한 영상감지기나 초음파센서가 잡음(noise)에 약하다는 결점을 보완하기 위하여, 적외선거리센서(infrared sensor)를 부착하여 위급한 상황에서도 최소한 충돌을 방지할 수 있도록 설계되어 있다. 이 제동기능은 자율조향기능과 유기적으로 연결되어 있어, 만약 장애물이 영상에 검지되거나 또는 달리는 주행로가 곡선일 경우 자율조향기능은 제동부에 감속명령을 내리기도 한다.

2.2 시스템 구조

무인주행에 직접 관련된 컴퓨터는 386PC 2대이다. 첫 번째 컴퓨터는 화상처리 전용이고 두 번째는 정속주행/장애물처리시스템이다.

2.2.1 전원부

전원은 별도의 발전기를 부착하지 않고 자

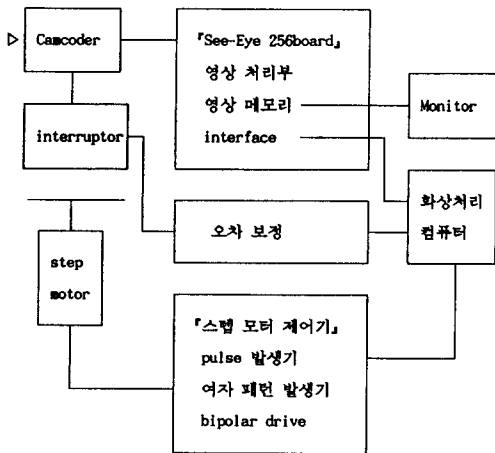


그림 3 Vision 시스템 개략도

동차용 12V 밧데리를 사용하였다. 모터구동에는 직접 12V DC를 사용하였지만 컴퓨터 전원은 100V AC 인버터를 사용하였다. 그 이유는 12V에서는 정전압 12V를 얻기 힘들 뿐만 아니라 자동차에서 발생하는 잡음을 최대한 억제하기 위해서였으며, 컴퓨터 전원의 인버터 입력 측에는 전원의 변동현상을 억제하기 위하여, 대용량의 커패시터를 장착하여 사용하고 있다. 사용된 인버터는 스위칭 소자를 사용한 charge pump방식으로 전원 효율을 높였다.

2.2.2 영상시스템

영상시스템의 구조는 그림 3에 보이는 바와 같으며, 화상의 입력을 위하여 CCD 카메라를 사용하였다. 입력된 화상은 아날로그 신호이고 이 신호를 256혹백 명암으로 바꾸는 화상처리보드를 사용하였다.

이 카메라는 도로의 경계를 추적하기 위하여 한정된 각도 내에서 좌우(pan) 및 상하(tilt) 운동이 가능하며 이를 컴퓨터가 제어하도록 되어 있다. 회전각도의 제어를 위하여 2상스텝모터를 사용하였으며, 자동차의 진동이나 기계적 결합에 의한 카메라 회전각의 오차를 보정하기 위하여 0도 위치에 광센서를 설치하고 카메라가 0도 지점을 지날 때마다 하드웨어 인터럽트가 발생하여 내부각도를 수정하도록 하였다.

자동차에는 2대의 카메라가 장착되어 있는데 하나는 근거리의 상황을 검지하기 위한 것이고 다른 하나는 원거리의 도로상황을 살피기 위한 목적이었다.

2.2.3 거리감지 시스템

영상의 분석에 의한 장애물감지 기능 외에도 근거리(15m 이내)의 장애물을 감지하기 위하여 초음파센서를 활용하였다. 초음파센서는 4개 이상 각각의 다른 각도로 전방을

향하도록 배치되어 있어 불균형 반사체로부터 초음파가 반사되어 오도록 하였다.

초음파센서는 잡음에 의한 오동작을 발생시킬 수도 있어 이러한 단점을 보완하기 위하여 소프트웨어적으로 잡음인지 아닌지를 분별하도록 하였다. 초음파센서 외에도 자동차 앞면에 적외선 감지센서를 부착하여 영상센서나 초음파센서가 적절히 작동하지 못할 경우에 대비하였으며, 적외선 감지구역내에 장애물이 들어오게 되면 무조건 급정거하도록 하였다.

2.2.4 핸들 조향시스템

이 시스템의 기계적인 구성은 그림 4와 같다. 여기서 바퀴와 핸들축과의 회전비율은 1:16이다. 구동모터는 10 V, 50 W DC 모터로서 핸들축에 1:1로 장착되었고 회전각 검지를 위한 엔코더(encoder)는 회전축과 3:1의 치차비율로 장착되었다. 따라서 바퀴를 θ 만큼 돌리려면 엔코더는 " $\theta \times 16 \times 1/3$ "만큼 회전하도록 되어 있다.

구동모터로서 스텝모터(step motor)는 각도의 제어가 쉬운 반면 토크가 작으며 고속

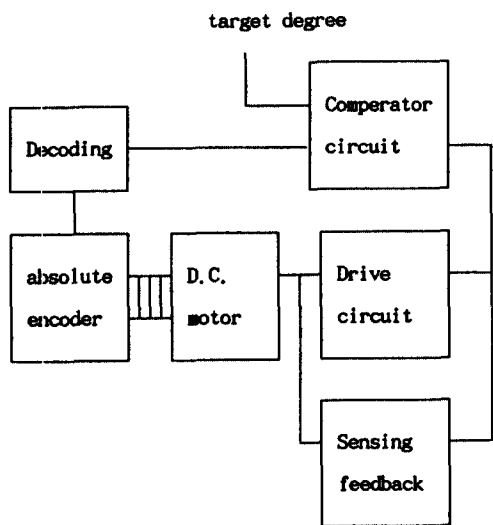


그림 4 핸들 Control 구성도

회전시 탈조현상이 일어나기 쉽고 전기 효율이 낮다는 단점 때문에 이를 사용하지 않았고 대신 직류모터를 사용하였다. 직류모터 제어를 위하여 프로세서 8031 BH 단일 칩을 사용하였고, 목표 각도와 회전속도를 입력받아 모터의 구동을 제어하도록 하였다.

속도제어는 소프트웨어 PWM(pulse width modulation) 방법을 사용하고 역회전시 모터 구동부(driver circuit)의 소자가 파괴되는 것을 막기 위해 역회전 감속을 수행하도록 하였다. 모터구동부는 FET(field effect transistor)를 이용 H-bridge회로를 사용하였다.

2.2.5 제동 시스템

자동차의 가감속과 정지를 위한 제동 시스템

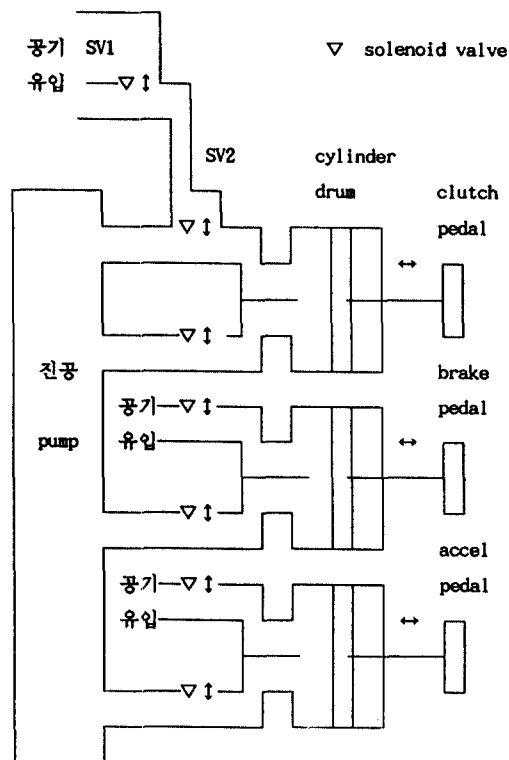


그림 5 브레이크, 클러치, 액셀러레이터 페달의 통제

템은 그림 5에 표시한 바와 같이 브레이크, 클러치 그리고 연료페달로 구성되어 있으며, 진공시스템에 공통으로 연결되어 있다. 자동식 자동차에는 클러치의 조절이 필요없게 되어 그만큼 제동시스템의 컨트롤이 쉬워질 수 있다. 브레이크, 클러치 그리고 연료페달에는 각각 하나씩 공압실린더가 연결되어 있으며, 각 실린더에 진공과 공기 공급을 위하여 솔레노이드 밸브가 각각 부착되어 있다. 컴퓨터는 이 솔레노이드 밸브의 개폐 및 그 시간을 조절함으로써 차체의 제동을 구현하도록 하였다. 차량의 제동을 위하여 차량의 속도를 읽을 수 있어야 하고 이를 위하여 홀소자를 차량 회전축에 부착시켜 발생하는 펄스의 숫자를 읽음으로써 속도를 측정하도록 하였다.

3. 성능평가

본 차량의 성능 시험을 위하여 서울 삼일고가도로 청계천 8가에서 2가까지의 구간에서 주행시험을 해본 결과 50~60 km/hr의 속도로 일반차량에 묻혀 주행하는 데 별다른 문제점이 발견되지 않았으며, 반경 4.5 m의 급한 커브 길에서는 시속 10 km/hr 정도의 성능을 보였다. 또한 올림픽대로와 같은 고속도로에서도 60~80 km/hr의 주행에도 별다른 문제점이 없이 시범주행을 계속하고 있는 상태이다. 그러나 고속으로 달리는 차량의 운전제어를 사람이 아닌 기계에 내 맞긴다는 것은 마음이 불안한 일이다.

그 이유는 운전면허를 따고자 하는 사람이 운전면허장에서 실수를 하게 되면 차후 다시 응시하면 되겠지만, 무인주행시 특히 고속주행시의 단 한 번의 실수는 생명으로 대가를 치루어야 하기 때문이다. 따라서 자율주행에 대한 신뢰도 보장의 문제 때문에 무인주행의 상용화에는 다소 시일이 소요될 것으로 생각되나, 이러한 시스템을 운전보조시스템(driver support system)으로 활용하여 위급

한 상황에 대처하도록 한다거나, 또는 가다 서기를 반복하는 추석 귀성길 운전에는 안심맞춤일지도 모른다.

4. 맺음말

본 연구에서 개발한 KARV-2의 특징은 저가의 소형시스템이다. 4인승 소형지프차에 모든 컨트롤시스템을 장착하고도 외부에 별로 표가 나지 않을 정도임에도 그 성능 면에서는 고속도로를 자율주행할 수 있다는 점이다.

첨단기술의 개발과 더불어 이 차량의 성능도 계속 개선될 것이다. 언젠가는 궤도 위를 달리는 기차와 같이 정확하고 안전하게 주행할 수 있어, 탑승자는 마음놓고 그저 신문을 읽거나 음료수를 마시면서 스쳐 가는 경관을 즐길 수 있는 시기가 곧 도래할 것으로 믿는다.

이를 위하여는 차량작동의 신뢰도 향상이 절대 전제조건이다. 앞으로는 일기조건이나 주야에 관계없이 마치궤도 위를 달리는 기차처럼 안전하게 주행할 수 있는 시스템의 개발이 필요하다. 또한 고속도로가 아닌 시내주행을 위해서는 노면표식인식, 도로표지판인식, 신호등인식 등 해결되어야 할 문제들이 산적해 있는 상황이다.

참고문헌

- (1) Thorpe, C. E., 1990, "Vision and Navigation. The Carnegie Mellon Navlab," Kluwer Academic Publishers.
- (2) Dickmanns, E. and Zapp, A., 1987, "Autonomous High-Speed Road Vehicle Guidance by Computer Vision," *In Proc. 10th IFAC, Munich.*
- (3) Dickmanns, E. and Zapp, A., 1986, "A Curvature-Based Scheme for Improving Road Vehicle Guidance by Computer

- Vision," *In Proc. SPIE Conference 727 on Mobile Robots*, Cambridge.
- (4) Turk, M. Mergenthaler, Greban, D. K. and Marra, M., 1988, "VITS-a Vesion System for Autonomous Road Vehicle Navigation," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, May. 1988.