

# 무인 자동차 개발 연구

° 최진욱, 한민홍  
고려대학교 산업공학과

## Development of the Autonomous Road Vehicle

° Jin-Wook Choi, Min-Hong Han  
Department of Industrial Engineering, Korea University

### ABSTRACT

This paper introduces an ARV(Autonomous Road Vehicle) system which can run on roads without help of a driver by detecting road boundaries through computer vision. This vehicle can also detect obstacles in front through sonar sensors and infrared sensors.

This system largely consists of a handle steering module and a braking module. From road boundaries, the steering module determines handle turn angle. The braking module stops or decelerates to avoid collision depending on the relative speeds and distance to the obstacles detected by different sensors.

This ARV system has been implemented in a small jeep and can run 30-40 km/h in city traffic. In this paper, we illustrate the structure of the ARV system and its operation principle.

### 1. 서론

최근 가장 발달하고 있는 산업중의 하나가 자동차 산업이라는 것은 모두가 잘 알고 있는 사실이다. 자동차 산업은 다른 산업들의 부수적인 발전과 더불어 급속도로

발전하였고 자동차는 초기제품으로부터 형태와 성능이 많이 변하였다. 자동차가 현재의 형태를 계속 유지한다고 보기는 어려운 일이며, 훗날 운전자가 원하는 목적지만 입력시키면 자동차가 스스로 모든 시스템을 제어하고, 운전자는 옆좌석에서 신문을 보고, 음료수를 마시는 장면을 상상할 수가 있다. 즉, 자동차는 현재의 피동적인 운반수단에서 사람의 도움없이 목적지까지 혼자 갈수 있는 능동적인 운반수단이 될 것이 틀림없다.

이러한 무인자동차에 대한 연구는 외국의 경우 많이 이루어지고 있다. 예를들면 미국의 Carnegie-Mellon 대학에서 개발해낸 NavLab이라는 무인주행자동차가 있으며, 독일국방대학에서 개발한 무인자동차는 시속 100km로 주행할 수 있는 수준이다. 또 가까운 나라 일본에서도 운전 보조 시스템(Driving Support System)을 발표한 바 있다. 이러한 국제적 추세와 필요성등에 견주어 무인자동차의 개발은 선급되어야 할 과제이고, 이에 대한 시발점으로 KARV-I호(Korea University Autonomous Road Vehicle)[그림1]와 KARV-II호[그림2]를 이미 개발하였다.

개발목적은 우선 자동 항법(Autonomous Navigation)을 위한 것으로 이것은 미래형 자동차에 있어서 기본적인 기능이다. 다음으로, 무인수송을 들 수 있다. 대량수송이나 운전자가 피로하기 쉬운 야간 수송을 무인화 할 수 있다면 인적자원의 절감과 안전을 도모할 수 있다. 또한 열악한 환경의 지형탐사와 군사목적의 무인정찰에 이용될 수 있고, 마지막으로 운전보조시스템(Driving Support System)을 구축할 수 있다. 운전보조시스템이란 운전자가

피곤하거나 운전할 수 없는 장애가 있을때 Computer가 운전을 대신해줄 수 있는 시스템을 말한다.



[그림 1] KARV-I호의 모습



[그림 2] KARV-II의 모습

이러한 목적에서 개발된 KARV-I, II 호는 다음과 같은 의미를 갖는다. 첫째로 국내무인주행 차량의 시범점을 제공하였다는 것이다. 우리는 이미 1992년에 KARV-I호를 제작 발표 하였고 이어서 더욱 개량된 KARV-II호를 제작하여 '93엑스포에서 전시운행중에 있다. 이것은 이미 선진국에서는 박차를 가하고 있는 무인 자동차개발에 보조하는 것이고, 앞으로 국내 무인자동차 개발에 초석이 될 것이다. 다음으로는 PC급 컴퓨터와 국산부품으로 무인화를 실현 했다는 것으로, 독일의 경우 Workstation

급의 컴퓨터 7대를 장착하였으나 KARV-2호에서 핵심이 되는 컴퓨터는 386 PC 2대로 이루어져있다. 이것은 무인 자동차가 최신장비와 고가의 장비로만 구현이 될 수 있는 것이 아니라 software의 효율성과 잘 설계된 구조에 의존한다는 것을 말한다. 마지막으로 소형차에 시스템을 구성했다는 것이다. 외국의 경우 Van에다 시스템을 구축하고 보조발전기까지 장착한 사례가 있다. 그러나 우리 시스템에서는 소형 쉐(Jeep)차에 모든 시스템을 구축하였다. 이것은 분할처리 CPU(Distributed Process CPU)에 의한 소형화와 전원계통의 효율화에 기인한 것이다.

본 논문에서는 KARV-II 호의 시스템구성과 작동원리에 대하여 중점적으로 설명한다. 우선 시스템의 개괄적 성능과 전체 시스템의 개략도를 제시하고, 각 부분의 상세설명과 부분간의 유기적인 관계를 설명하고자 한다.

## 2. 시스템의 구조와 원리

### 2.1 시스템의 개괄적 성능

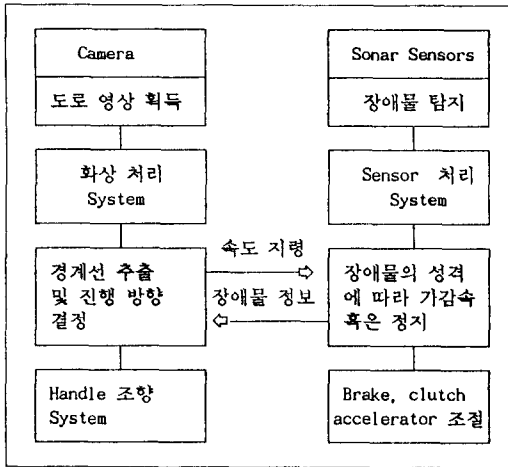
무인자동차의 성능을 좌우하는 가장 큰 요인중에 하나는 화상처리 능력이다. 도로에서 입력된 화상을 빨리 처리해야만 위급한 상황에 대처 할 수 있기 때문이다. KARV-II호 에서는 1초에 20 frame의 화상을 처리할 수 있으므로 실시간에 가까운 반응을 할 수 있다. 결과적으로 직선도로에서 시속 40km, 곡선 도로에서 시속 20km의 무인주행을 마쳤다.

성능에 관계된 또 하나의 요인은 장애물에 대한 반응이다. KARV-II호에서는 앞쪽에 부착된 초음파센서로 장애물까지의 거리를 알 수 있다. 이 거리정보로 장애물의 성격, 즉 감속으로 피해질 수 있는지 정지해야하는지를 판단하고 즉각적으로 대처한다. 초음파센서 시스템이 작동하지않을 경우에도 적외선 센서(Infrared sensor)가 부착되어 위급한 상황에 대처한다.

KARV-2호에서 빼놓을 수 없는 특징은 One-chip CPU에 의한 분산처리 시스템이다(Distributed processing system). Mechatronics 나 robotics 등 control 문제에서 중요한 것은 주(master) 컴퓨터의 software overhead이다. master computer 가 최종 actuator까지 control하게 되면 그 동안에는 다른 일을 처리하지 못하게 된다. 이것

을 방지하기 위하여 분산처리 CPU를 최종 actuator에 장착하여 master computer의 명령들을 처리하게 하면 master computer는 actuator가 작동하는 중에도 다른 일을 할 수 있다. 본 시스템에서는 핸들조향 시스템과 clutch 및 accel 제어 시스템에 이러한 CPU가 채택되어 사용되고 있다.

앞에서 제시한 시스템은 크게 vision, sonar, handle, brake, clutch와 accel control system 이며 이들을 이해하는데 중요한 것은 이들이 독립적으로 작용하는 것이 아니라, 서로 유기적인 결합을 하고 있다는 것이다. 예를 들면 sonar system에서 감지된 장애물의 정보를 brake, clutch, accel system에 알려줌으로서, 차를 가감속 혹은 정지 시킨다. 이 시스템들간의 통신방식은 RS-232C 내지 BUS간의 통신이다. 그림[3]은 앞으로 설명할 전체 시스템의 개략도이다.



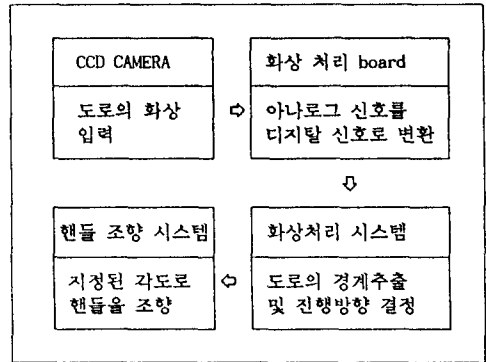
[그림 3] 전체 시스템의 개략도

## 2.2 시스템의 각 부분에 대한 구조

### 2.2.1 제어 컴퓨터의 개관

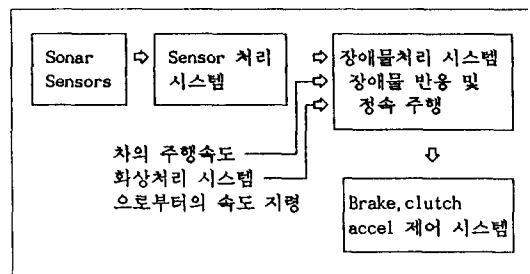
무인주행에 직접관련된 시스템은 386PC 2대이다. 첫번째 시스템은 화상처리 전용이고 두번째는 장애물처리 전용 시스템인데 우선 화상처리용 시스템부터 설명한다. 그림[4]에 표시된 바와 같이 CCD(Charge Coupled Device) Camera로부터 들어온 영상은 아날로그(Analog)

출력이므로 화상처리 board에서 컴퓨터가 처리할수 있는 디지털(Digital)신호로 바꾸어준다. 바꾸어진 영상에서 도로의 경계를 추출하고 차량의 진행방향을 결정한다. 차량의 진행방향에서 나온 핸들의 조향각을 핸들조향 시스템에서 받아 최종적으로 핸들에 장착된 모터를 구동한다.



[그림 4] 화상처리 시스템의 개요

그리고 다른 컴퓨터는 장애물에 관한 정보를 처리하는 시스템이다(그림[5] 참조). 자동차 전면에는 초음파센서가 장착되어 장애물이 나타나면 장애물까지의 거리를 알 수 있다. 이 정보에 의해 차가 정지해야 하는지 아니면 감속으로 피할수 있는 지를 결정하여 brake, clutch 제어 시스템에 최종적인 지령을 내린다. 장애물처리 시스템의 다른 기능은 정속주행이다. Brake, clutch, accel등이 전기적으로 제어가능 하므로 원하는 속도와 차의 주행속도를 비교하며 정속주행을 할 수 있다.



[그림 5] 장애물 처리 시스템의 개요

### 2.2.2 Power 시스템

Main power source는 자동차에 내장된 90AH 12V 의 battery이다. Motor drive 전원은 직접 battery에 연결 되어 있다. 내장된 2대의 computer의 전원은 100V inverter로 승압하여 각 computer system들의 switching power 에 전달된다. 100V로 승압한 이유는 12V에서는 정 전압 12V를 얻기 힘들고, 자동차에서 발생하는 noise를 최대한 억제하기 위해서이다. Computer 전원의 inverter 입력에는 전원의 변동현상을 막기위해(Damping) 대용량의 Condensator가 장착되어 있다. 사용된 inverter는 스위칭 소자를 사용한 charging pump 방식으로 전원효율을 높이고 있다.

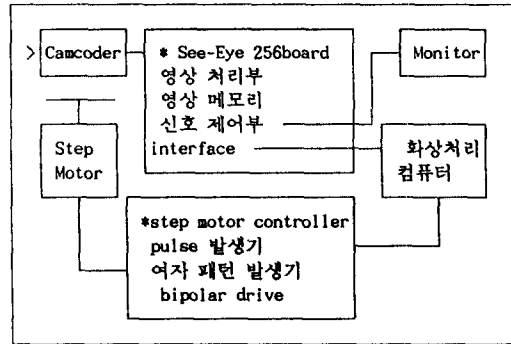
### 2.2.3 Vision control

화상의 입력에는 Camcorder가 쓰였다. Camcorder는 자동조도기능(Auto iris)과 확대기능(Zoom function) 등이 내장되어 있어 다양한 화상을 입력받을 수 있다. 입력된 화상은 아나로그(Analog)신호이고 이신호를 Computer가 처리할수 있도록 See-Eye-256 화상처리 보드를 이용한다. 이 보드는 IBM PC /XT,AT 및 그 호환 기종의 메인보드에 장착하는 카드형 보드로써, CCD 카메라나 비디오 카메라로 입력한 영상신호를 256 Gray level 로 Digital화 하여 영상메모리에 저장된 화상데이터를 아나로그값으로 변환하여 모니터에 출력하는 장치이다. 이 화상처리 시스템에 의해 Analog 신호는 Digital화 되어 memory에 mapping 되고 이 data들은 Vision control system에 의해 처리된다.

앞서 말한 카메라는 도로의 경계를 추적하기 위해 한정된 각도내에서 회전할 수 있다. 회전각도의 제어에는 2 phase step motor 와 photo interruptor 가 쓰인다. Motor를 제어하기 위해서 pulse generator, phase pattern generator, bipolar driver등이 쓰인다. 그림 [6]은 비전컨트롤시스템의 구성 및 요소간의 관계를 나타낸다.

### 2.2.4 초음파 센서 시스템

초음파(ultrasonics)는 오늘날 TV, 차고 또는 출입문의 개폐등에 이용될 정도로 광범위하게 이용되고 있



[그림 6] Vision 시스템 개략도

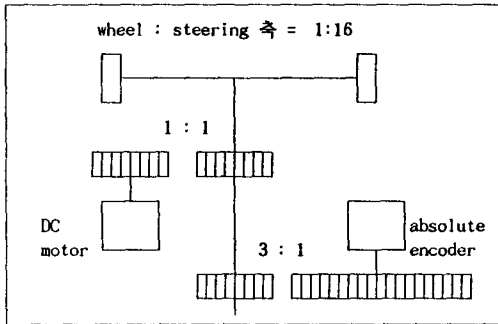
다. Sonar sensor가 사용하는 초음파는 40kHz 이하의 주파수를 발생시키고 이러한 음파가 물체에 반사되어서 되 돌아오는 음파, 즉 Acoustic energy 를 electric신호로 변환시킴으로서 물체인식이 가능하게된다. 거리측정 방법은 pulse를 보낸후 반향되어 돌아온 음파가 receiver 에 수신될때까지의 시간을 측정함으로써 거리를 구할 수 있다.

KARV-II호 에서는 Sonar sensor가 4개 장착되어있 어 장애물에 대한 정보를 받아들인다. 장애물에 대한 4 개의 거리정보는 장애물 처리 컴퓨터에서 분석되고 이에 따라 action (감속 혹은 정지)을 취하게 된다. Sonar sensor system에 문제가 생겼을 때에도 bumper 좌우 끝 부분에 장착된 적외선 감지 system은 차량을 긴급히 정지시킬 수 있다.

### 2.2.5 핸들 조향 시스템

우선 기계적인 부분부터 살펴보면 그림[7]과 같으며, 바퀴와 핸들축과의 비율은 1:16 이다. motor는 핸들축에 1:1로 장착되고 absolute encoder는 3:1로 설치 되어있다. 따라서 바퀴를  $\theta$  만큼 돌리려면 absolute encoder를  $(\theta * 16 * \frac{1}{3})^\circ$  만큼 돌린다.

motor제어는 one-chip processor 8031BH를 사용하였고 최종적으로 돌리려는 절대각도와 속도를 받아 motor를 제어한다. 속도제어는 PWM(pulse width



[그림 7] 핸들 조향 시스템의 기계부분

modulation) 방법을 사용하고 역회전시 motor drive단의 소자파괴를 막기 위해 역회전 감속을 실행한다. 역회전 감속이란 motor가 회전하고 있을때 반대방향으로 회전시 킬때는 우선 감속을 완료한 후 역회전을 실행하는 것을 말한다.

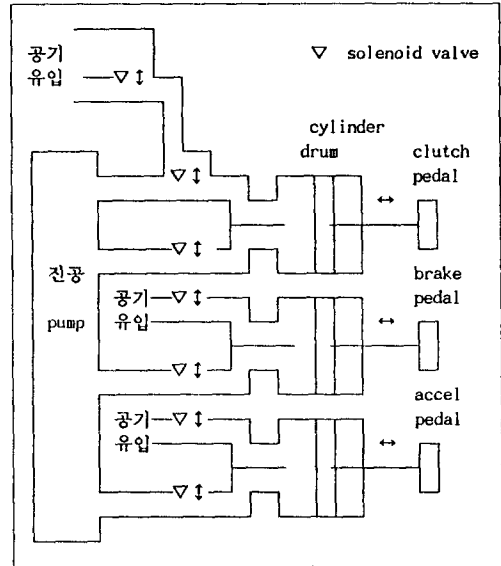
지정된 절대각도를 돌리기 위해 absolute encoder로부터의 신호를 decoding 한후 목적각도와 계속 비교한다. 이런 일련의 동작은 분산처리 system(distributed processing system)으로써 main CPU에 software overhead를 걸지 않음으로써 효율을 피하고 있다.

Motor Drive에서는 FET(Field Effect Transistor)를 이용 H-bridge회로를 구성하였다. FET를 사용한 switching회로는 우선 작은 소자로 많은 전류를 흘릴 수 있고, 열이 많이 나지 않으므로 방열판이 적어지는 효과가 있다. 또한 전류제한장치(current sensing)회로가 부착되 과전류에 의한 소자의 파괴를 방지한다.

### 2.2.6 Brake, clutch, accel 의 제어.

차의 가감속과 정지를 위해서는 brake, clutch, accel pedal을 조절 해야한다. KARV-II 호에서는 공압을 이용하여 pedal들을 조정하고 있다. 다음 그림[8]은 clutch, brake 및 accel pedal 제어의 기계적인 부분의 개략도이다.

Brake, clutch, accel 에는 각각 한개씩 실린더가 장착되어 있어 pedal을 당겼다 놓았다 한다. 실린더에 진공과 공기공급을 하기위해 solenoid valve 가 2개씩



[그림 8] brake, clutch, accel pedal 의 개략도

(clutch 에는 3개) 장착되어 있다. Clutch 에 3개가 장착된 이유는 clutch pedal 이 처음에는 빨리 떨어지다가 유격이 붙을때 천천히 떨어지게하기 위해 공기공급에 2개(SV1, SV2)가 장착되어 있다. SV1으로 공기유입량을 조절할 수 있으므로 처음에는 공기를 많이 유입시키다가 clutch가 유격에 붙을때 공기를 천천히 유입시킨다.

Brake제어는 차량의 속도를 hall effect소자에서 읽어내어 clutch를 제어 한다. 즉, brake 를 밟았을때 차량의 속도가 시동이 꺼질 정도로 떨어지면 clutch를 당기고, brake 를 놓아줄때 차의 속도가 증가되면 clutch가 자동적으로 붙는다. 이러한 작동들은 장애물 감지 computer에 interface된 one-chip processor에서 처리한다. 여기에는 one-chip processor 2개가 내장되어 있는데 하나는 accel control, 또 하나는 brake, clutch control용으로 쓰이고 있다. 이러한 one-chip processor들은 master computer 에 software overhead를 주지않고 다양하고 복잡한 일을 할 수있다.

### 3. 결 론

본 연구에서 개발한 KARV-II 시스템의 특징은 다음과 같다. 첫째로 저가형 장비의 장착이다. KARV-II호에 장착된 main 컴퓨터는 386급 PC 2대이고 사용된 부품들 전부 세운상가등지에서 구할 수 있는 것이다. 이러한 사실은 무인자동차라는 것이 고가의 시스템이 아니면 구현할 수 없는 것이 아니라, 잘 설계된 시스템과 효율적인 소프트웨어로도 그 성능을 높일 수 있다는 것을 알려주고 있다. 다음으로는 4인승 소형 Jeep에 모든 운행시스템을 장착했다는 것이다. 이것은 외국에서도 유례가 없는 것이고, 이러한 소형화는 KARV-I호 제작때 축척된 기술, 전원계통의 효율화 그리고 구조화된 분산처리 시스템의 덕택이라 하겠다.

KARV-II호 system은 이미 여러차례 실험결과를 발표했으며 곡률반경 4.5m 정도의 급한 시험 track에서 주행을 하고 제한된 실제도로에서 시험주행을 마쳤다. 이제 자동차는 단순히 피동적인 운송수단이 아니라 능동적이고 종합적인 교통수단이 될 것이다. 이러한 미래의 자동차에 대한 시발점으로 KARV-II호는 충분한 도구가 될 수 있다.

향후 개발과제로서는 첫째, 음성인식 시스템과의 결합에 의한 음성보조운전 system을 들 수 있다. 둘째, DSP(Digital signal processing)를 이용한 화상처리의 실시간화이다. 지금 소프트웨어로 구축 되어있는 화상처리 알고리즘을 하드웨어 DSP로 구현할 수 있다면 더욱 다양하고 빠른 화상처리를 할 수 있다. 셋째, color vision 시스템의 구축에 의한 신호등 판별능력이다. 현재의 vision system은 mono vision으로 gray level만 가지고도 화면을 인식한다. 그러나 color vision 시스템이 구축되면 신호등도 판별할 수 있을 뿐 아니라 좀더 많은 정보를 화상에서 얻을 수 있다. 마지막으로 노면표식과 도로표지판 인식이다. 자동항법(Autonomous navigation)이 가능한 진정한 미래형 자동차가 되기 위해서는 노면표식, 도로표지판 인식뿐만 아니라 교차로 인식등의 선결과제들이 있다.

### [참 고 문 헌]

- [1] "Embedded Microcontrollers and Processors", Intel, Vol.1, 1992.
- [2] "Embedded Microcontrollers and Processors", Intel, Vol.2, 1992.
- [3] "Microprocessor and Peripheral Hand book", Intel, Vol.1, 1987
- [4] "Microprocessor and Peripheral Hand book", Intel, Vol.2, 1987
- [5] "MICROPROCESSOR PERIPHERALS UPI USER'S MANUAL", Intel, APRIL 1982.
- [6] "NEW RELEASE DATA BOOK", MAXIM, 1992.
- [7] "PAL Handbook", Monolithic Memories, 1987.
- [8] RON KATZ and HOWARD BOYET, "THE 16-BIT 8096 PROGRAMMING, INTERFACING, APPLICATIONS.", MICROPROCESSOR S TRAINING INC, 1986.
- [9] "Semiconductor Electronic Periperal", Seg Yung Electronics Corp, 1992-1993
- [10] "Technical Reference Personal Computer AT", IBM, 1986.
- [11] "Technical Reference Personal Computer XT", IBM, 1983.
- [12] "TELEDYNE COMPONENTS", TELEDYNE, 1992.
- [13] "광소자 응용 KNOW HOW", 세운, 1991.
- [14] 김용득, 박선호 편역, "모터회전의 회로기술", 세화, 1991.
- [15] 김용득, 전금경 편저, "마이크 시스템 설계", 세화, 1991.
- [16] 나종래, 문세홍 편저, "인텔 8051 구조와 설계 응용", Ohm사, 1992.
- [17] 나종래, 문세홍, 유영재 공저, "인텔 8096 구조와 설계", Ohm사, 1992.
- [18] "메카트로닉스 제어기술", 세화, 1988.
- [19] "IBM PC 인터페이스 기술", 가남사, 1988.
- [20] 임춘기 편역, "MCS-48 / UPI-41 어셈블리 언어 매뉴얼", 교학사, 1989.
- [21] 황희용, 차영배 저, "초보자를 위한 8051", 다다 미디어, 1992.