

논문 2008-03-17

지능형 무인자동차 제어시스템 개발

(Development of an Intelligent Unmanned Vehicle Control System)

김 윤 구, 이 기 동*
(Yoon-Gu Kim, Ki-Dong Lee)

Abstract : The development of an unmanned vehicle basically requires the robust and reliable performance of major functions which include global localization, lane detection, obstacle avoidance, path planning, etc. The implementation of major functional subsystems are possible by integrating and fusing data acquired from various sensory systems such as GPS, vision, ultrasonic sensor, encoder, and electric compass. This paper focuses on implementing the functional subsystems, which are designed and developed by a graphical programming tool, NI LabVIEW, and also verifying the autonomous navigation and remote control of the unmanned vehicle.

Keywords : Unmanned vehicle, Intelligent control, Lane detection, Obstacle avoidance

1. 서 론

지능형 자동차는 차량의 안전성과 편의성을 획기적으로 향상시킴으로써 안전하고 쾌적한 교통 환경을 확보해준다. 또한 교통사고로 인한 사회적 인적, 물적 손실을 최소화하며 차량이 단순한 운송 수단에서 운송, 정보, 업무, 휴식 공간으로의 발전을 목적으로 한 신개념의 자동차이다. 기존의 단순한 운송수단에서 벗어난 지능형 자동차는 21세기 핵심 부가가치기술일 뿐만 아니라 자동차의 경쟁력을 좌우할 핵심기술이다. 이러한 기술을 앞서 선도하기 위해 RIC사업으로써 각광받고 있을 뿐만 아니라 해외 및 국내에서 많은 개발을 하고 있기에 본 프로젝트를 기획하게 되었다. 다양한 형태의 선행 연구 개발 및 기술 발전이 현재에도 활발히 진행 중에 있다. 우선적으로 미국방성 산하연구기관인 DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) 에서 주관하는 Grand Challenge는 지상 차량에 자동로봇기술을 접목하여 미국의 무인자동차 기술을 향상시키고 발전시키기 위한 대회이다. 이 대회는 2004년부터 매년 개최하고 있고 참가한 팀은 차량

의 무인화를 위해 기본적으로는 어떠한 기술을 이용해도 된다. 2007년에는 여기서 더 발전하여 Urban Challenge로 이전 대회에서는 사막을 완주하는 것이었지만 이 대회에는 신호등과 교차로, 자동차 등이 있는 도심 환경에서 신호위반이나 충돌 없이 6시간 내에 96Km를 완주해야 하는 것이다. 이 대회에서 Red Whittaker가 이끄는 Carnegie Mellon University (CMU)의 Tartan Racing 팀이 1등을 하였다. 이 팀의 '보스(Boss)'는 12개가 넘는 레이저 센서, 카메라, 레이더 등을 장착해 도로와 차선, 신호등, 그리고 주위에서 있거나 움직이는 차량 등 장애물을 인식했다. 보스가 탁월했던 것은 장애물을 인지하는 레이저 센서와 충돌을 방지하는 방어운전 프로그램이었다. 아래 그림 1은 CMU에서 개발한 보스(Boss)의 사진이다.



그림 1. 'Boss' of Tartan Racing team, CMU
Fig. 1. 'Boss' of Tartan Racing team, CMU

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 4. 29., 채택확정 : 2008. 8. 14.

김윤구, 이기동 : 영남대학교 컴퓨터공학과

국내에서도 80년대 이후부터 학교와 회사를 중심으로 꾸준한 연구가 계속되고 있다. 현대자동차에서는 ASV (Advanced Safety Vehicle)와 관련된 차간거리 제어와 차선이탈경보 및 자율주행에 대해서 활발한 연구가 진행 중이다. ASV는 기존 기계공학 중심의 자동차 기술과 전자·통신·제어공학을 바탕으로 하는 능동적 차량기술을 통합해 운전자의 주행안전성과 편의성을 극대화시킨 첨단안전차량을 일컫는다. 예를 들어 추돌경고 및 회피기능, 야간보행자 검지기능, 후측방 장애물검지 기능 등이 있다.

또한 교통개발연구원과 자동차성능시험연구소에서는 국내 ITS 산업의 활성화 및 국제 표준안에 대한 대응을 위하여 현재 일부 시판 중이거나 개발 또는 양산 중인 ASV 시스템 중 완성차 수준에서 시험 및 평가가 가능한 핵심기능을 대상으로 국내 환경 하에서 실차시험을 통한 단품 시험 및 통합시스템의 평가기반을 구축하고 이를 산자부에서 추진 중인 미래형 자동차 산업과 연계하여 단계별로 ASV 평가기술을 개발 중이다. 국내 대학에서의 지능형 차량의 관한 연구는 몇몇 대학에서 이루어지고 있으며 대표적으로 국민대, 고려대, 부산대, 경북대, 영남대 등에서 지능형 차량 시스템과 무인차량에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.

현재까지도 다양한 형태로의 무인자동차 연구가 활발히 진행되고 있는 상황이다 [1-4]. 본 연구에서는 지능형 무인자동차의 기능을 수행하기 위해 기본적으로 구현해야 하는 차선인식 및 추종, 장애물 감지 및 회피, 위치인식 알고리즘, 경로 계획 등의 종합적인 기능들을 본 시스템에서 구비한 Vision, GPS, 초음파 센서, 엔코더, 전자 방위계 등의 장치를 이용하여 주행 중의 상황정보를 최대한 수집하고 통합하여 무인 주행에 필요한 속력과 조향각을 결정하는 알고리즘을 구현하고 실제적 실험을 통해 그 타당성을 검증하고자 하였다. 더불어 원격조정이 가능한 시스템을 구현하여 본 시스템의 운동성과 그 성능을 확인하였다. 본 시스템은 그래픽 기반의 프로그래밍 환경을 제공하는 LabVIEW를 기반으로 하여 모든 기능성을 구현하고 성능을 최적화하는 데 초점을 두었다.

II. 무인자동차 제어시스템 구성

무인자동차는 다양한 센서를 통하여 차량 내부의 데이터를 수집하고, 차량 내에 위치한 중앙 제

어시스템에 의해 수집된 데이터를 통합, 종합적으로 판단하여 운행에 필요한 정보로 가공한다. 이 종합 정보를 바탕으로 차량 운행의 직접적 구동을 제어하게 된다. 그림 2는 본 시스템의 하드웨어 구성 개략도이다.

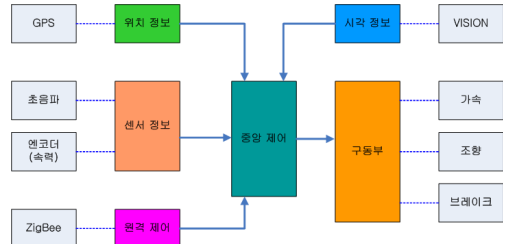


그림 2. H/W시스템 구성 개략도
Fig. 2. H/W system configuration

1. Main Control System (MCS)

중앙제어장치 플랫폼으로 National Instruments 사의 PXI-8186 Embedded Controller를 사용한다. PXI (PCI eXtensions for Instrumentation)는 측정 및 자동화 시스템을 위한 PC기반 플랫폼으로 현재 군사 및 항공, 기계 모니터링, 자동차 등에 사용되고 있다. MCS를 위한 세부적인 하드웨어구성은 NI PXI-8186 2.2 GHz Pentium 4 Embedded Controller for PXI, PXI-1042 8-slot 3U PXI Chassis with Universal AC, 그리고 PXI-6070E Multi-function DAQ 등으로 구성되여진다.

2. GPS

GPS(Global Positioning System)은 현재 완전하게 운용되고 있는 유일한 위성항법 시스템이다. 미국 국방부에서 개발되었으며, 현재 무기 유도, 항법, 측량, 지도제작, 측지, 시각동기 등의 군용 및 민간용 목적으로 사용되고 있다. 본 무인자동차 제어시스템에 사용되는 GPS는 추측 항법이 가능한 GPS수신기로 u-blox사의 ANTARIS 4 Eval. Kit AEK-4R이다. 수신 채널 수 16채널, 최대 정보 갱신율 1Hz, GPS 정확도 Position 2.5m CEP와 DGPS/SBAS 2.0m CEP (Circular Error Probability), 시동시간 Hot start 3.5초 이하, Warm start 33초, Cold start 34초, 작동 제한 속도 515 m/s, 통신 방식 RS232의 사양을 가진다. 또한 이 모델은 추측 항법 사양이 추가되어 있어 추측 항법 계산을 40Hz를 보이고 있다 [5].

3. Vision

본 연구에서는 카메라를 통해 도로의 차선과 신호등을 파악하여 주행 경로를 설정한다. 그림 3의 ALLIED Vision Technologies (AVT)사의 Marlin F-033C는 고해상도 (656 x 494 pixels) Progressive CCD 센서를 장착한 카메라로 칼라, 흑백 영상을 모두 처리할 수 있고 흑백의 경우 최고 74 프레임까지, 컬러의 경우 64 프레임까지 처리가 가능하다. 영상데이터의 수집은 MCS와 카메라 간 IEEE 1394 인터페이스로 영상 데이터를 빠르게 전송, 수집하게 된다 [6].



그림 3. AVT Marlin, F-033C
Fig. 3. AVT Marlin, F-033C

4. 초음파 센서 모듈

초음파 센서를 통해 전방에 있는 장애물을 파악하여 장애물을 회피하는 경로를 설정한다. 그림 4의 초음파센서 모듈은 7개의 SRF-04 모델을 사용하여 구성되며, 각 센서는 전방 약 25도의 검출각으로 약 3m 이내의 장애물을 검출하고 검출거리를 Atmel AVR 마이크로컨트롤러에서 계산된다. 저장된 검출거리 정보는 주기적으로 MCS에 보내져 주행 중의 장애물 감지 및 회피 동작 모드의 조향각 결정에 사용되어진다.



그림 4. 초음파센서 모듈
Fig. 4. Ultrasonic sensor module

5. 원격 제어부 통신모듈

중앙 제어부의 제어보다 우선하여 원격으로 무인 자동차를 제어할 경우에 사용한다. 원격 제어 통신은 ZigBee를 사용하는데 ZigBee는 국제표준의 무선네트워크 기술로 저전력, 저가격, 사용의 편리성을 가지고 있다. 그림 5에서 사용된 ZigBee 무선

통신모듈의 기본 사양은 아래와 같다.

- 모델명 : MANGO-ZDK(radio pulse)
- Single-chip 2.4GHz RF Transceiver
- 저전력, 낮은 작동 전압, 고감도
- Direct Sequence Spread Spectrum
- O-QPSK Modulation
- 250kbps Data Rate
- i8051 호환 마이크로 컨트롤러 내장



그림 5. ZigBee 무선통신모듈
Fig. 5. ZigBee wireless communication module

6. 기구부

무인자동차의 기구부는 기존의 상용 스쿠터를 개조하였다. 주구동모터 제어는 메인컨트롤러 PXI 플랫폼에서 PWM (Pulse-Width Modulation) 제어로 속력과 토크 제어를 구현하고, 조향제어의 경우에는 범용 서보모터 드라이브와 AC서보모터를 이용하여 정밀한 위치제어를 통한 조향제어가 가능하도록 설계하였다. 개조된 무인자동차에는 주구동 동력전원을 위한 12V 38Ah DC배터리 2 EA를 갖추었고 메인컨트롤러 전원 및 조향제어모터 전원을 위한 AC 전원공급을 위해 별도의 DC 배터리 전원 DC12V 60Ah 2 EA를 구비하고 이를 DC-AC 인버터를 이용하여 AC전원을 공급하도록 하였다. 조향장치의 경우 자동 조향제어를 위해 본래의 조향축에 기어를 제작, 조립하고 조향모터 축에도 또한 같은 크기의 기어를 제작, 조립하여 서로 맞물려 체결하였다. 조향모터에는 감속비 10:1의 감속기를 연결하고 모터 몸체를 차체에 고정시켰다.



그림 6. 조향제어시스템
Fig. 6. Steering control system

그림 6에서 보듯이 서보모터와 드라이브를 이용한 조향시스템을 전면 조향축에 장착하였고, 그림 7에서는 완성된 무인자동차 전체 구조를 보여주고 있다.



그림 7. 무인자동차 전면과 후면
Fig. 7. Front and rear view of unmanned vehicle

III. 구현 및 기능성 평가

각종 센서를 통해 들어오는 데이터에 대한 처리와 운행에 필요한 구동부로의 출력제어는 LabVIEW 프로그래밍 툴로 개발하였다. LabVIEW는 컴퓨터를 이용한 제어와 계측에 최적화되어있고, 그래픽 개발환경을 이용하고 있기 때문에 직관적인 이해와 개발이 가능하다. 그림 8은 본 시스템의 소프트웨어 구성 개략도이다. 소프트웨어 구성은 H/W 시스템 구성개략도의 각종 센서, 카메라, GPS 및 구동부 등을 LabVIEW로 개발되어지는 VI(Virtual Instruments)들로 각 기능을 구현하고 Main VI에서 모든 Sub VI를 관리하고 제어하는 구조를 가진다. 각 하드웨어를 제어하는 Sub VI들은 일반적인 프로그래밍 언어에서와 같은 함수라고 할 수 있다.

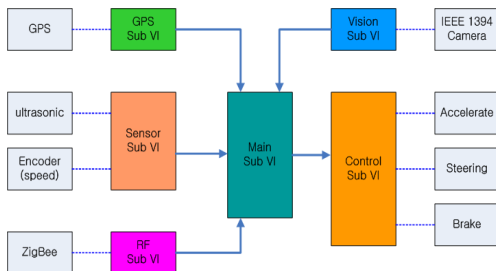


그림 8. 소프트웨어 구성 개략도
Fig. 8 Software configuration

1. 글로벌 위치인식

1.1 GPS Sub VI

GPS에서 들어오는 데이터는 NMEA라는 형식이다. NMEA (National Marine Electronics Association)는 해양 기자재들 간의 통신을 위한 전기적 인터페이스 및 데이터 프로토콜이다. 현재 NMEA-0183이 사용되고 있으며 본 무인자동차의 GPS 역시 NMEA-0183을 사용한다. NMEA 데이터는 여러 개의 문장으로 구성되어 있다. 각 문장은 문장 ID에 의해 구분된다. 수신 받은 NMEA 데이터를 문장 ID에 따라 분리하여 출력한다.

1.2 GPS 처리 과정

Serial 포트를 사용하게 되므로 Serial 포트를 초기화한다. 각 문장은 0x0a라는 종료문자가 있으므로 Serial Buffer를 읽어 종료문자를 기준으로 하나의 문자열로 저장한다. GPS로 수신되는 메시지는 여러 문장으로 이루어져 있으므로 Serial Buffer로 들어오는 데이터를 종료문자로 구분하고 각 문장을 배열에 저장한다. 배열에 저장되어 있는 문장의 문장 ID를 확인하여 일치하는 문자가 있으면 화면에 출력해 준다. 그림 9는 GPS Sub VI의 처리 순서도이다.

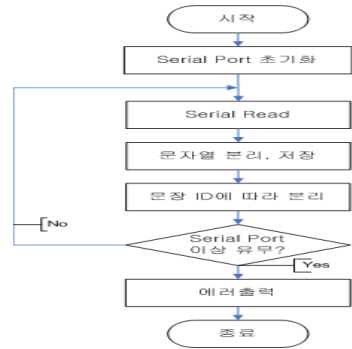


그림 9. GPS Sub VI 처리 순서도
Fig. 9. GPS Sub VI flowchart

2. 차선인식 및 조향각 결정

2.1 Vision Sub VI

IEEE 1394 Camera를 통해 Color 영상을 인식한 후 그 영상을 Gray Mode로 전환, 그리고 차선 검출에 사용할 구역을 설정한다. 그 구역을 2차원 배열로 받아들인 후 각 픽셀에 대한 데이터에 대해서 2가지 방식으로 처리한다. 먼저 행을 기준으로 각 픽셀의 평균값을 산출하여 그 값을 기준으로 임계값(Threshold) 처리하고, 그 다음 열을 기준으로 각 픽셀의 평균값을 산출하여 그 값을 기준으로 다시 한번

임계값 처리한 후 두 결과 값의 AND 연산을 통하여 최종 결과 값을 도출해 낸다. 여기서 도출해낸 결과로부터 차선을 검출하는 과정이 진행된다. 나타나는 차선의 시작부분 좌표와 끝부분 좌표 값을 찾아서 연결선을 그리고 좌, 우측 차선의 검출이 되면서 나타는 도형을 세로로 이등분하는 선을 나타내면 그 선이 차선 내 도로의 중앙을 나타내는 선이 된다. 현재 차의 주행을 차선 중앙을 나타내는 선의 방향과 일치되게 주행이 이루어질 수 있도록 필요한 조향제어 각을 도출해낸다 [7, 8].

2.2 영상 처리 과정

영상처리 과정은 그림 10의 처리 순서도에 의해 진행되며 그 구체적인 내용은 아래와 같다.

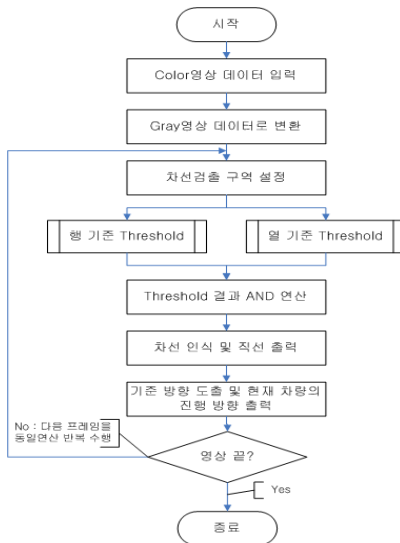


그림 10. 영상 처리 순서도

Fig. 10. Image processing flowchart

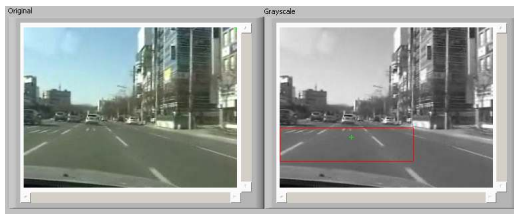


그림 11. Gray 변환 후 임계값 처리할 ROI 영역

Fig. 11. ROI after binarization process

- ① Camera에서 Color영상 데이터 입력
- ② Color영상 데이터를 Gray영상 데이터 변환
RGB 칼라영상 데이터를 HSL방식을 변환하여 L-luminance(휘도) 값만 추출하면 Gray영상 데이

터를 얻어낼 수 있다.

③ 관심영역(ROI, Region of Interest) 지정
영상 중 차선인식을 위해 임계값 처리할 관심영역을 지정한다. 그 결과는 그림 11에서 보여주고 있다.

④ 임계값처리 수행

먼저 영상을 배열로 변환하고 행을 기준으로 그 행의 평균값을 산출해내어 그 값을 기준으로 하여 임계값처리하고 열을 기준으로 그 열의 평균값을 산출해내어 그 값을 기준으로 하여 임계값 처리한다. 위 두 결과 값을 AND 연산하여 그 값을 다시 영상으로 변환하면 그림 12의 결과를 얻을 수 있다. 이러한 이중의 임계값 처리과정은 도심 주행 시 건물이나 구조물에 의한 그림자가 많이 발생하는 환경에서는 실시간의 영상 처리시 음영의 변화가 다변하여 차선 검출이 어려워지는 현상을 해결하기 위해 적용되었다. 이에 행과 열 기준으로 각각 임계값처리하고 이미지 AND 연산한 결과가 차선 검출에 보다 효과적인 성능을 보였다.

⑤ 영상 처리 결과

그림 13에서 보듯이 지정한 영역은 임계값 처리 후의 나머지 영역은 외곽선만을 나타낸다.



그림 12. 행과 열 기준 임계값 처리 및 AND 연산한 결과의 영상 이미지

Fig. 12. Thresholding by row and column, AND operation of the results



그림 13. 최종 출력 영상

Fig. 13. Final output image

2.3 차선 검출 및 조향각 결정

차선 검출할 ROI 영역을 좌, 우로 2등분하여 영상 중앙을 기점으로 하여 좌, 우측 차선 검출을 실시하며 검출된 양쪽 차선의 시작 좌표와 끝 좌표를 확인하고 양쪽 시작좌표의 중앙과 끝좌표의 중앙을 잇

는 주행중앙선을 도출해낸다. 검출된 차선과 이전의 차선과의 위치 및 기울기를 비교하여 검출된 차선의 유효성 판단한다. 그리고 그 유효성이 검증된 차선을 주행 예정경로로 판단하고 이에 대한 차량 조향각을 현재의 차량 진행방향과 비교하여 도출한다. 이때, 안정성을 위해 양쪽 차선의 중앙으로 주행하기 위한 주행라인을 표시하고 이 주행라인으로 추종하며 주행하기 위한 차량의 조향각을 도출한다. 도출된 조향각은 바로 지령될 조향 지령값이 아니므로 도출 조향각을 일정 Buffer에 저장하고 차량의 진행속력과 조향시스템의 응답 지연을 고려하여 차선 추종제어에 필요한 조향각을 지령하게 된다. 그림 14, 15, 16에서는 앞서 설명한 차선검출과 조향각 결정의 과정 및 실험 결과를 보여주고 있다.

3. 장애물검출 및 회피

3.1 Ultrasonic Sensor Sub VI

자동차가 진행하다 보면 가야 될 방향에 갑자기 사람이 나타날 수도 있고 장애물이 있어서 충돌의 위험성이 있다. 이런 상황에 대비하여 자동차는 항상 장애물 위치를 파악하고 파악한 위치에 따라 그 장애물을 회피하여 목적지에 도착할 수 있도록 하여야 한다. 본 연구에서는 장애물의 위치를 파악하기 위해 자동차 전방에 초음파 센서 7개를 설치하여 관측하도록 하였다. 초음파 센서의 특징상 방향성이 둔감하고 반사현상으로 인해 잘못된 측정을 하는 경우가 많아 이 단점을 보완하기 위해 장애물을 파악 하는 데는 Certainty Grid 방식을 사용하였다 [9]. 이 방법에서는 무인자동차를 항상 위치의 중심으로 하는 정사각형의 Window를 형성하는데 이를 AW(Active Window)라 하고 AW를 다시 격자형식(Grid)으로 쪼개어 전체적으로 바둑판 모양의 윈도우를 만든다. 이 격자 한 개를 Active Cell 이라고 한다. 초음파 센서에서 장애물이 감지되면 중심축상의 측정된 거리에 있는 Active Cell의 CV (Certainty Value)를 1씩 증가 시킨다. 여기서 CV 는 Grid 위치에 장애물이 놓여 있을 가능성을 상대적인 값으로 표현한 값이다. 이동 중 같은 위치에 여러 번 장애물 감지가 되면 CV값의 증가로 그 가중치가 높아져 초음파의 부정확성에 의해 오인되는 장애물 인식을 배제한 실질적인 장애물 인식결과를 얻을 수 있다. 그리고 Certainty Grid 알고리즘의 기반으로 파악한 장애물을 회피하는 방법은 VFF (Virtual Force Field) 알고리즘을 사용하여 장애물 회피기능을 수행하였다 [10, 11].

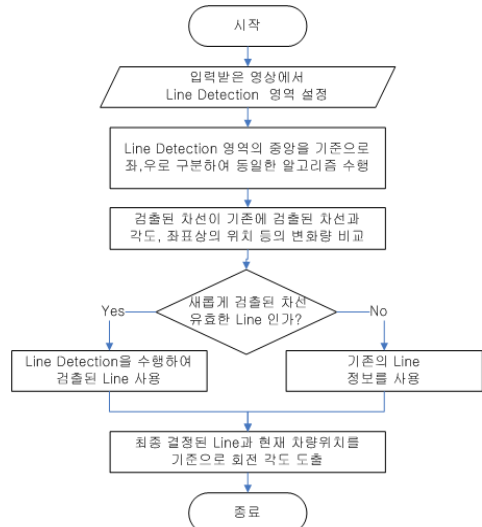


그림 14. 차선 검출 및 조향각 도출 순서도
Fig. 14. Lane detection and steering angle determination flowchart



그림 15. 검출한 좌, 우측 차선 및 주행중앙선 도출
Fig. 15. Detected left, right, and center lane

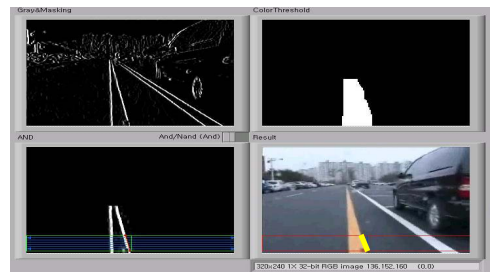


그림 16. 조향각 결정 프로세스
Fig. 16. Determination of steering angle

3.2 Ultrasonic Sensor 처리 과정

본 연구에서는 ATmega128로 초음파 센서의 측정값을 받아 거리 계산 후 RS-232C로 MCS에 전달하는 방식으로 하였다. MCS에 전달된 각각의

거리값을 조합하여 장애물 회피모드의 조향각을 그림 17의 순서도에 의해 도출하고 장애물을 회피하고 회피 후 원래의 주행 방향으로 복귀하는 알고리즘을 구현하였다.

4 주행모터제어

4.1 PWM Sub VI

DC모터의 속력을 제어하는 방법 중 가장 간단한 것은 전압 제어방식이지만, 단점이 모터에 공급되는 전압이외의 전압은 열로 모두 손실이 되므로 효율이 나쁘다는 점이다. 전압 제어방식의 대안은 PWM이다. PWM은 전원의 On/Off 비, Duty cycle라고 하는데 10%의 Duty cycle에서 PWM 출력은 한 주기의 10% 동안만 신호가 ON이고 나머지 90% 동안은 신호가 OFF이다. 무인 자동차의 자동제어나 원격 제어에서 지령되는 속력값을 Duty cycle로 변경하여 가속 및 감속에 따른 속력 변화를 주었다.

4.2 PWM 처리 과정

원격 제어 또는 자동 모드에서 들어오는 속력값을 PWM 출력 펄스를 제어할 수 있는 Duty cycle로 변경하여 준다. Duty cycle을 기준으로 PWM 출력 펄스를 초기화하고 PWM 출력을 한다. 원격 제어 또는 자동 모드에서 들어오는 속력값을 계속 감시하며 기존 속력과 새로 수신된 속력값의 변화가 있는지 비교한다. 값을 비교하여 일치하지 않으면 새로 수신된 속력값으로 PWM 출력 펄스를 변경시킨다. 그림 18은 PWM 처리 순서도이다.

5. 조향제어

조향제어는 서보 드라이버의 운전 제어에 따라 동작하는 서보모터에 의해 차량의 진행방향을 결정하는 것이다. 이를 위해 서보 드라이버와 통신을 통해 진행방향에 대한 지령을 내리고 피드백 제어를 하기 위한 Steering Control Sub VI를 구현이 필요하다. 조향제어 메커니즘과 응답성을 고려한 위치제어를 위해 필요한 서보 드라이버의 Parameter 설정과 상위 제어기, MCS 간의 통신 프로토콜은 제조사 (Metronix, APD-VS02)에 제공하는 매뉴얼을 통하여 얻을 수 있었다 [12]. 기본적으로 조향각의 지령은 Vision에서 차선을 인식, 판단하여 결정된 차량의 진행방향에 대한 조향각을 지령하지만 초음파 센서에 의한 진행도중 장애물을 만날 시 장애물 회피모드에서 결정된 조향각을 우선적으로 지령하여 장애물을 피하고 원래 주행방향으로 복귀하는 과정으로 구현하였다.

6. 원격제어

6.1 RF Sub VI

RF Sub VI는 원격 제어를 위한 VI이다. 본 Sub VI는 원격 제어 플랫폼에서 요청하는 데이터패킷의 내용 중 속력 및 조향각 등을 추출하여 무인자동차의 구동부 제어명령으로 사용한다. 무선 데이터 송수신을 위해 ZigBee 모듈을 사용하는데 수신된 데이터는 다시 RS232 방식으로 MCS에 전송된다. RF Sub VI의 Serial 데이터 송수신은 기본적으로 제공해주는 함수를 사용하였다.

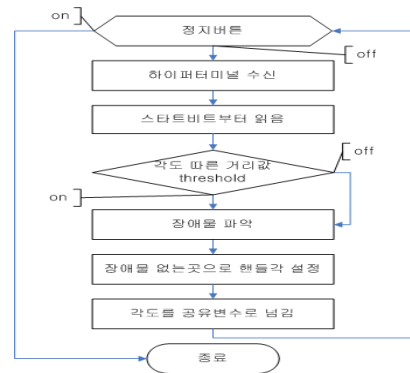


그림 17. 장애물 회피조향각 결정 순서도
Fig. 17. Steering angle determination for obstacle avoidance

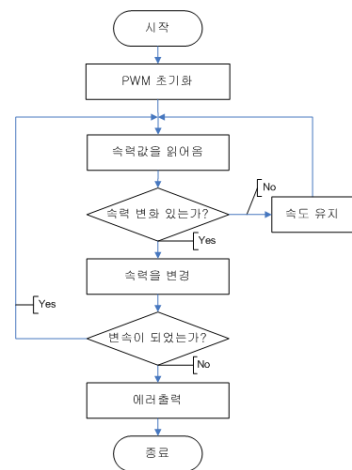


그림 18. PWM 속력제어 순서도
Fig. 18. Speed control by PWM

6.2 RF 처리 과정

Serial 포트를 사용하게 되므로 Serial 포트를 초기화한다. 무인자동차 본체와 원격제어모듈의

ZigBee 모듈간에 미리 정의된 프로토콜에 따라 각 문장은 0x55라는 종료문자가 있으므로 Serial Buffer를 읽어 종료문자를 기준으로 하나의 문자열로 저장한다. 저장된 문자열의 헤더부분을 분리하여 원격제어 헤더가 일치하는지 비교한다. 원격 제어 헤더와 일치할 경우 저장된 문자열의 헤더부분을 제거한 뒤 다시 속력과 조향각을 분리한다. 속력과 조향각은 문자열이므로 숫자형으로 변경하여 각 변수에 저장한다. 그림 19는 RF Sub VI 처리 순서도이다.

6.3 원격제어 시스템

무인자동차 원격제어 시스템은 아래의 그림 20과 같이 상용 Racing Wheel을 이용한 경우와 Haptic Device를 이용한 경우의 두 가지 실험환경을 구축하여 실험하였다. Racing Wheel을 이용한 원격제어의 경우 Steering Wheel, Accelerator, Brake, Gear shift 등이 잘 갖추어져 있어 무인자동차에서 수신된 영상만을 보면서도 원격운전이 용이하게 가능한 실험결과를 보였지만, Haptic Device인 SensAble Technologies사 PHANTOM Omni 모델 [13]을 이용한 경우에는 통신 프로토콜, 원격제어, 영상수신 등의 같은 조건에서 실험하였지만 Haptic Device 자체의 조작 불편함으로 원격제어의 어려움이 있었다. 그러나 가상현실상의 Steering Wheel, Accelerator, Brake, Gear shift 등을 구현하고 원격제어를 구현해 본 점에 대해서는 의미 있는 실험이었다고 본다.

IV. 결 론

산업화가 가속화 되고 차량운행이 증가함에 따라 차량이 과거의 운송수단에서 업무 및 개인 공간으로 확대되므로 장시간 운행으로 인한 피로와 교통사고, 교통흐름 지연으로 인한 비효율성과 다량의 오염물질 배출로 인한 대기오염, 에너지 소비 등과 같은 차량과 관련된 문제들이 해결해야 할 이슈로 대두되고 있다. 이러한 문제해결의 혁신적 방안으로 무인자동차 개발이 활발히 진행되고 있는 상황이다. 무인자동차는 차량에 최첨단 지능성을 부여하여 안정성을 우선적으로 확보하는 동시에 운송수단인 만큼 최대한 빠른 경로를 선택하여 안전하게 이동할 수 있게 해주는 것이 궁극적 목표이다. 무인자동차 자체의 향상된 지능성뿐만 아니라 종합적 교통정보를 제공해주는 지능형 교통시스템 (Intelligent Transport System: ITS)과의 접목이 현실화된다면 보다 실용적 무인자동차시대의 도래가 보다 가까워

질 것이라 판단된다.

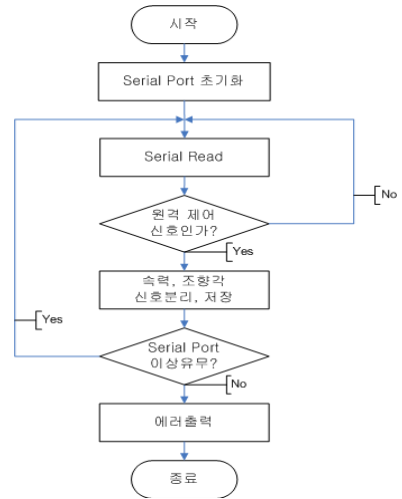


그림 19. RF Sub VI 처리 순서도
Fig. 19. RF Sub VI flowchart

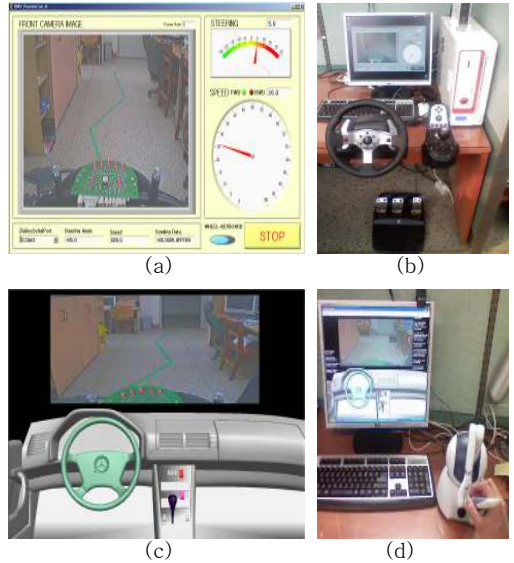


그림 20. 상용 Racing Wheel(a, b) 과 Haptic Device(c, d)를 이용한 무인자동차 원격제어
Fig. 20. Remote control by using a commercial racing wheel(a, b) and a haptic device(c, d)

본 연구에서는 무인자동차가 스스로 목표점으로 가기 위한 차선인식과 장애물 회피알고리즘 등을 다루었다. 자동차의 종방향 제어를 위해 DC배터리에서 동력을 얻어 주행모터를 구동하였고 횡방향 제어를 위해서는 위치제어용 서보모터 드라이브와

AC서보모터를 이용하여 정밀한 조향제어를 가능케 하였다. Vision과 초음파센서 정보에 의해 결정되어지는 조향각을 조향제어시스템에 지령하여 신속하게 반응하도록 하였다.

조향각을 결정하기 위해서 기본적으로 카메라에서 차선을 인식, 판단하여 차량이 진행해야 할 방향을 결정하지만 진행도중 장애물을 만날 시 초음파 센서에 의한 장애물회피모드의 조향각을 우선적으로 지령하여 장애물을 피하고 원래 주행방향으로 복귀하는 알고리즘을 구현하였다. 초음파 센서는 센서 특성상 불확실한 데이터 값이 나오기 때문에 확실한 안전거리 확보에 어려움이 있었으나 레이저 스캐너와 같은 고가의 장비를 이용한 정확한 장애물 검출이 가능하다면 보다 향상된 성능을 보일 것이다.

향후에는 카메라를 이용하여 차선이 있는 도로뿐만 아니라 차선이 없는 도로에서도 주행이 가능할 수 있도록 하여 현재 연구의 이동성 제약을 줄이고 GPS모듈을 이용한 경로계획으로 목적지까지 안전하고 빠른 경로를 찾아갈 수 있는 시스템으로의 지속적인 연구가 필요하다. 각 부분에 대한 성능향상으로 무인자동차가 실험적 공간이 아닌 현실적 공간의 교통체계 속에서도 완벽하게 자율주행을 할 수 있도록 해야 할 것이고, 더불어 가장 중요한 안전에 대해서는 최우선적으로 고려되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Bok-Joong Yoon, Jung-Hun Na and Jung-Ha Kim, "Navigation method using multi-sensor for UGV(Unmanned Ground Vehicle)", International Conference on Control, Automation and Systems 2007, October 2007.
- [2] E. J. Bernabeu, J. Tornero, M. Tomizuka, "A navigation system for unmanned vehicles in automated highway systems", Proceedings of the 2002 IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and System, Vol. 1, pp. 696-701, October 2002.
- [3] S. G. Kim, T. Galluzzo, D. Macarthur, S. Solanki, E. Zawodny, D. Kent, J. H. Kim, and C. D. Crane III, "Design of an unmanned ground vehicle, tailgator theory and practice", International Journal of Automotive Technology, Vol. 7, No. 1, pp. 83-90, 2006.

- [4] "The Joint Architecture for Unmanned Systems - Compliance Specification (CS)", Ver. 1.2, October 2006.
- [5] <http://www.u-blox.com>, AEK-4R.
- [6] <http://www.alliedvisiontec.com>, AVT Marlin F-033B / F-033C.
- [7] D. Kang and J. Ha, Digital Image Processing Using VC++, SciTech, 2005.
- [8] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Wood, "Digital Image Processing 2nd edition", Prantice Hall.
- [9] 조규상, "윈도우 분석법을 이용한 이동로봇의 장애물 회피와 경로계획", 대한전자공학회 학술대회 논문집 제21권 2호, 1998.
- [10] 박은영, 임하영, 유환신, 김정하, "모형차량을 이용한 차선인식과 장애물회피 알고리즘에 관한 연구", 한국자동차공학회 2004년 춘계학술대회 논문집 Volume III, 2004.
- [11] Se-Jin Lee, Jong-Hwan Lim, Dong- Woo Cho, "Feature-based map building using sparse sonar data in home-like environment", Journal of Mechanical Science and Technology Vol.21 No.1, 2007.
- [12] <http://www.metronix.com>, User Manual APD -VS Standard series Ver. 3.6, 2007.
- [13] <http://www.sensable.com>, PHANTOM Omni Developer Kit, SensAble Technologies.

저 자 소 개

김 윤 구(Yoon-Gu Kim)



1996년 2월 : 계명대학교 경영
정보공학과 학사
2005년 2월 : 영남대학교 컴퓨터공학과 석사
2008년 8월 : 영남대학교 컴퓨터공학과 박사
2008년 9월~현재 : 대구경북과학기술원 박사후연구원

관심분야 : 로보틱스, 센스네트워크, 무인자동차
Email : ryankim8@ynu.ac.kr

이 기 동(Ki-Dong Lee)

1985년 2월 : 서울대학교 제어
계측공학과 학사
1987년 2월 : 동 대학원 석사
1994년 2월 : 동 대학원 박사
1995년~현재 : 영남대학교 전자
정보공학부 교수

관심분야 : 로보틱스, 지능제어, 무인자동차, 정보보안
Email : kdrhee@yu.ac.kr