

무인자율차량을 위한 주행알고리즘 개발

Development of Autonomous Navigation Algorithm for Unmanned-Ground-Vehicle

*유병갑¹, #한창수², 이승열³, 이상호⁴, 이정엽⁵

*B. G. Yu¹, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)², S. Y. Lee³, S. H. Lee⁴, J. Y. Lee⁵

¹ 한양대학교 기계공학과, ²한양대학교 기계공학과교수, ³한양대학교 기계공학과, ⁴한양대학교 메카트로닉스공학과, ⁵한양대학교 메카트로닉스공학과(로템주)

Key words : autonomous navigation algorithm, unmanned ground vehicle

1. 서론

최근 세계적인 이슈가 바로 자동화를 위한 로봇에 대한 것이다. 로봇은 가정과 건설현장 그리고 환경이 가장 험한 군대에서도 점차 그 범위를 넓혀 가기 시작했다. 자동차의 자동화 분야도 예외는 아니다. 첨단 전자 장치들이 자동차에 들어오게 되었다. 이런 흐름에 편승하여 보다 편하고 안전함을 추구하기 위한 연구로 가장 크게 대두 되고 있는 것이 바로 자율주행 분야이다. 미국에서 2005년 10월에 열린 제 2회 그랜드 챌린지 대회에서 미 스탠포드 대학 레이싱 팀이 일반 상용차량을 이용하여 평균시속 30.1km/s 로 미국 캘리포니아주 모하비 사막의 험지에서 280km 를 완주하였다. 이 대회에서 총 완주한 차량은 5 대이다. 사막의 난코스들 센서와 컴퓨터로만 완주하였다는 것은 스스로 생각하고 움직일 수 있는 무인 차량의 가능성에 있어서 큰 의미가 있다.

본 연구에서 개발한 차량은 특징이 크게 원격 조종기를 이용한 조종이 가능하다는 점과 레이저 센서를 틸팅하여 3차원 형태의 지형 데이터를 받을 수 있게 고안되었다는 점, 그리고 실제 상용차량을 개조하여 안정성과 신뢰성이 높다는 점이다. 이 무인 차량의 연구는 군사용 무인 자율 차량을 개발하는 것이며 험한 지형에서도 적응 할 수 있는 시스템을 고안하는 것을 목적으로 하였다. 또한 원격주행 시스템을 통한 사람이 조종을 하는 시스템(OCU)을 개발하였다. 4X4 상용 차량을 무인 차량 형상으로 개조 및 제작하였다. 승무원 1인 탑승 및 수동 조종이 가능하도록 하였으며 소형 UGV 를 탑재하여 필요 시 적재/적하 할 수 있는 램프를 설치하여 운용할 수 있도록 하였다.

2. 무인 자율 주행 차량

무인자율차량은 상용차량을 기본으로 하여 개조하였다. Fig. 1 에서 보는 바와 같이 개발된 무인자율차량은 군사적 목적으로 개발되었다. 차량의 특징을 보면 야지에서 구동이 가능한 4X4 디젤차량이며 자동변속기를 가진 차량을 개조하



Fig. 1 Unmanned Ground Vehicle

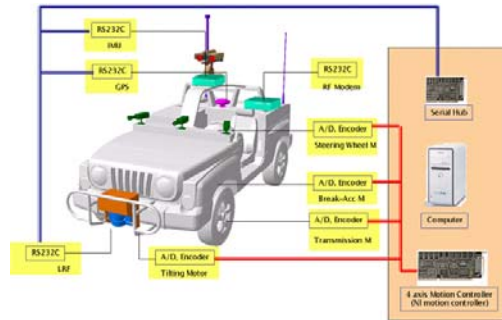


Fig. 2 sensor-actuator-controller signal block diagram

였다. 또한 RWS(Remote Weapon System) 와 무인자율차량의 원격제어가 가능한 OCU 시스템도 장착되어 있다. 무인자율주행을 구현하기 위해 차량의 조향, 구동, 기어변속 부분에 전동 액츄에이터를 적용하였다. Fig. 2 는 무인자율주행을 위한 차량에 장착된 센서들과 액츄에이터 간의 신호선도를 나타내었다. 각각의 액츄에이터를 제어하는 서보 컨트롤 드라이버가 차량에 탑재된 메인 컴퓨터의 실시간 제어기에 의해, 제어명령에 따라 야지나 비포장도로에서도 안정되게 제어될 수 있도록, 방수 및 방진용 케이블 및 인터페이스를 구성하였다. 자율주행에 필요한 센서로 DGPS(Differential Global Positioning System), IMU(Inertial Measurement Unit), LRF(Laser Range Finder)를 장착하여 알고리즘에 적용하였다. 또한 레이저 센서의 틸팅 기능을 서보 모터를 이용하여 3 차원 스캐닝이 가능한 구조로 구현하였다.

3. 자율주행 알고리즘

주행 알고리즘을 구현하기 위해서는 크게 2 가지로 구분할 수 있다. 먼저 차량의 위치 및 자세를 결정하는 거동 부분과 환경에 대한 정보를 받아들이는 인지부분으로 나눌 수 있다. 먼저 거동부분을 보면 지구 방위 좌표의 정보를 알 수 있는 Rover 와 Base station 을 이용한 DGPS 와 자세 정보를 알 수 있는 IMU 센서를 통해 알 수 있게 된다. 인지부분에서는 레이저 센서를 통하여 환경에 대한 정보를 인식한다. 이 두 부분의 정보들을 이용하여 자율주행 알고리즘을 구현하도록 하였다.

자율 주행 차량에는 크게 센서부, 제어부, 구동부로 나눌 수 있다. 목표지점이 입력되면 경로가 생성되고 센서에 의한 명령으로 제어기가 동작하여 구동부에 출력으로 산출되어 원하는 경로 및 목표지점까지 도달하게 된다. 센서에 의한 주행 알고리즘 구현에 있어서도 상당히 복잡하기 때문에 대부분의 알고리즘 구현에 있어서 구동부에 대한 제어는 그 타당성을 가지고 있다고 가정하였다.

기존의 차량 기구학적 모델을 근거한 제어 알고리즘을 바탕으로 조향 제어 알고리즘 유도를 위해 2 륜차 모델(Bicycle model)과 차량의 운동특성 고찰을 위한 전차량 모델(Full car model)을 구성하여 모델을 검증하였다. 또한 모델을

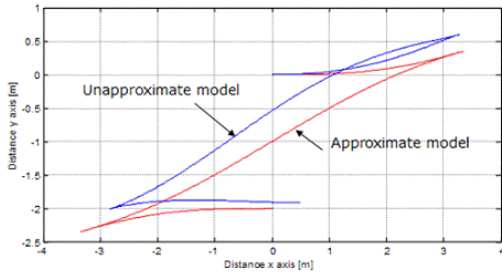


Fig. 3 The path comparison of linear UGV and nonlinear UGV

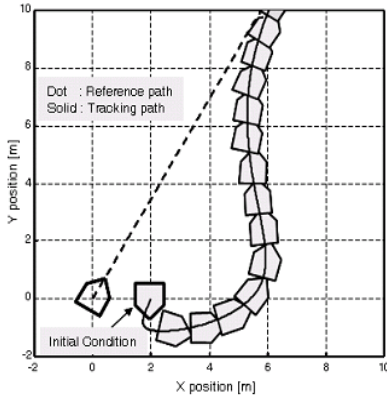


Fig. 4 The result of reference path following algorithm simulation

통해 경로를 생성하고 추종하는 알고리즘을 모델에 적용하여 시뮬레이션을 하였다. Fig. 3는 비선형 모델을 선형화 하여 비선형 모델과 선형 모델에 대한 경로에 대한 시뮬레이션 비교를 하였고 모델간의 오차가 적으므로 선형모델을 근간으로 하여 경로를 추종하는 제어를 설계하였다. 최적제어를 통해 경로를 생성, 추종하였다. Fig. 4는 차량 모델을 통한 경로와 초기조건에 의한 경로 추종을 하는 시뮬레이션 결과이다.

경로 생성과 경로 추종 알고리즘을 바탕으로 경로를 이동 중에 레이저 센서를 이용하여 장애물에 대한 인식을 하는 알고리즘이 필요하다. 레이저 센서의 모델은 스캔범위에 따른 측정 거리와 시간에 따른 변화 값으로 나타난다. 또한 장애물에 대한 인식 알고리즘은 Fig. 5와 같이 복잡한 형상의 물질을 쉽게 인식하는 인식 모델링을 이용하였다. 여기서 사용한 형상인식은 5-point interpolation 방법을 사용하였다. 5개의 데이터를 추출하여 가장 가까운 점에 대해 2 point로 interpolation 하는 방법이다. 무인자율차량이 주행 도중 장애물을 만나게 되면 이 장애물을 인식하고 회피한다. 장애물회피에 의해 경로 이탈이 일어났을 때, 다시 경로를 추종하는 경로 추종알고리즘이 적용된다.

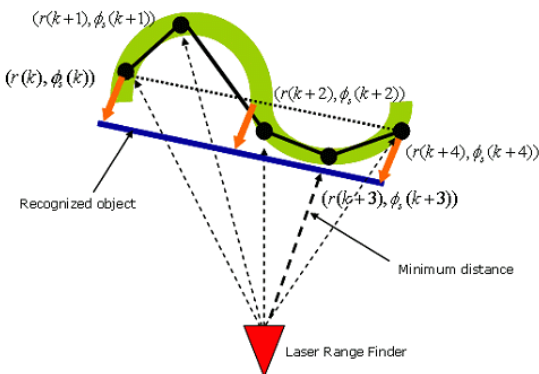


Fig. 5 Obstacle perception of complex form

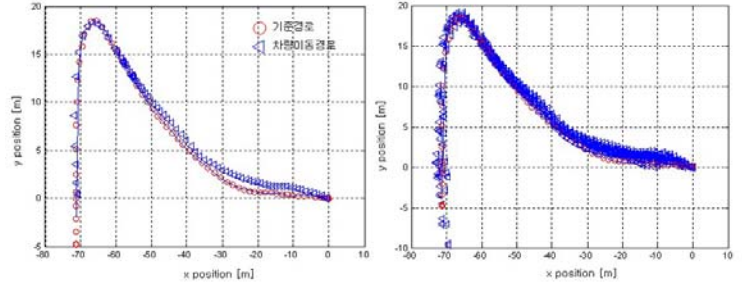


Fig. 6 Path following experiment of UGV

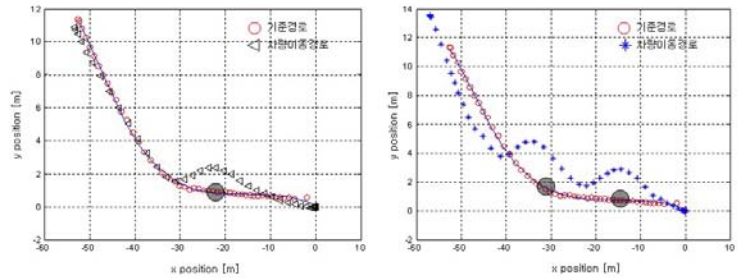


Fig. 7 Obstacle avoidance experiment of UGV

4. 실험

기준경로 추종 실험으로 추종형태는 Fig. 6에서 보는 바와 같다. 차량의 속도는 5km/h에서 실험하였으며 반복실험을 통해 개연성을 나타내었다. 기준경로 추종 실험은 현재 DGPS의 샘플링 주파수가 1Hz로 낮은 것 원인으로 5km/h일 때의 오차가 2m 이내였으나 10km/h일 경우 오차가 5m 정도 나왔다. Fig. 7은 경로 이동 시 장애물이 있을 경우 회피 후 다시 경로 추종하는 모습이다. 각각 장애물이 1개일 경우와 연속 2개일 경우의 실험 데이터 모습이다. 1개일 경우는 경로 이탈 후 다시 경로에 잘 추종하는 모습을 보이나 연속 2개일 경우는 차량의 미끄러짐 등의 발생으로 위치 변화가 생김을 볼 수 있다.

5. 결론

- 야지 자율주행을 위한 실제 차량을 제작하였다
- 경로 알고리즘을 형성하기 위해 UGV 비선형 차량의 기구학적 모델링을 하였고 검증하였다.
- 기준차량의 속도 및 자세를 추종하는 최적제어 알고리즘을 개발하였다.
- 경로알고리즘을 실제 제작차량을 통한 실험으로 그 타당성을 검증하였다.

후기

본 연구는 건설교통부 건설기술혁신사업의 연구비지원 (06 첨단융합 C01)에 의해 수행되었음.

참고문헌

1. Kanayama, Y., Kimura, Y., Miyazaki, F. and Noguchi, T., IEEE/RSJ International Workshop on Intelligent Robots and Systems, pp. 1236, 1991.
2. Romuald Aufrere., Jay Gowdy., Christoph Mertz., "Perception for collision avoidance and autonomous driving," Mechatronics, **13**, 1149- 1161, 2003.
3. 유병갑, 박동진, 한창수, "Design and Development of an Unmanned-Ground-Vehicle Using a Real-time Remote Control System," Dom. Conf. on KSME, 2005.
4. Yongxing Hao., Sunil K. Agrawal., "Planning and control of UGV formations in a dynamic environment: A practical framework with experiments," Robotics and Autonomous Systems, **51**, 101-110, 2005.