

<고령 친화 1인승 모빌리티 주행 보조 및 자율주행 기술 개발>

변재국**, 차현록**, 김유진**, 황명환**, 김현우**
 과학기술연합대학원대학교*, 한국생산기술연구원**

Abstract

초고령 사회로의 진입에 따라, 고령자에게 적합한 안전성과 편의성을 갖춘 1인승 모빌리티와 주행 안전을 보조하는 자율주행 기술의 개발 필요성이 증대되고 있다. 본 연구는 요철과 단차가 잦은 국내 도로 환경을 고려하여 16인치 대경 타이어, 전·후륜 독립 현가장치, 경량·고강성 프레임 및 FRP(섬유강화플라스틱) 바디를 채택한 고령 친화형 모빌리티 플랫폼 개발 현황을 제시한다. 기본 제어 계층에는 전동식 파워스티어링(MDPS)과 전자기계식 브레이크(EMB)를 적용하여, 전·측방/후·측방 위험 감지, 자동 긴급제동(AEB), 경사로 안전 제어 등 주행보조 기능으로의 확장성을 확보하도록 구조화하였다. 또한 실버타운·복지시설 등 지정 구역 내 운행을 전제로, 지정 지점 간 왕복 자율주행 등 이용 시나리오를 지원하는 시스템 아키텍처를 제시한다. 제어 플랫폼은 차체·새시·제동·조향의 통합 설계와 기능 확장을 통해 고령자의 이동 안전과 운용 편의 향상을 목표로 한다.

1. 서 론

대한민국은 2024년 기준 65세 이상 인구가 전체의 19.2%이며, 2025년에는 20%를 넘어 '초고령사회'에 진입하는 것으로 공식 확인되었다. 이로 인해 교통 약자의 비율이 증가하였고, 이들의 생활권 이동을 스스로 안전하게 수행하기 위한 1인승 개인형 이동수단의 필요성이 증대되고 있다. 이에 따라 고령자의 저하된 신체 능력과 요철 및 단차가 잦은 국내 도로 환경에서 대응하기 위한 새시·조향·제동 보조와 구역 내 자율주행을 갖춘 고령 친화 모빌리티 플랫폼 개발에 대한 필요성이 대두되고 있다. 본 연구에서는 앞선 문제들에 효과적으로 대응하기 위한 (i) 경량·고 강성 프레임의 FRP 바디[1] 및 16인치 대경 휠, (ii) MDPS(Motor Driven Power Steering) 및 EMB(Electro Mechanical Brake)[2]를 기반으로 한 주행보조 조향 모듈 및 컨트롤 시스템, (iii) 지정 구역 내 경로 기반 운행 목적의 LV3 자율주행 제어 시스템이 탑재된 개인형 모빌리티 플랫폼 개발을 제한한다. 모빌리티 국산화 기술 개발을 통해 국내 도로에 적합한 등판, 주행성능을 확보한 고령친화 모빌리티 확보로 외산 제품의 A/S 문제 해결 및 기존 이동기기의 장애물 추돌 및 전복사고 방지 기술에 기여 및 고령자들의 이동성을 개선함으로써 노년기의 사회 참여 및 경제 참여를 촉진하며 이는 고령자들이 독립적으로 활동하고 사회적으로 연결될 수 있는 기회 확대에 기여하고자 한다.

2. 본 론

2.1 차체·현가·구동 설계

본 연구는 고령 사용자가 생활권 내에서 저속·근거리 이동을 수행할 수 있도록 지원하는 1인승 전동 모빌리티이다. 운용 범위는 실버타운·복지시설 환경을 기본 가정으로 하며, 요철·단차·완만한 경사 등 국내 보행·도로 환경의 특성을 반영하였다.

2.1.1 경량·고 강성 프레임

저중심 뒷바퀴 구동, 배터리 장착 등을 고려한 차량 레이아웃을 바탕으로 메인, 언더바디, 구동, 시트 및 리어의 분리형 프레임으로 구성하여 강성 확보 및 경량화를 수행하였다.(그림 1) 메인 프레임은 메인 각관, 크로스 빔과 결합된 구조를 절곡 판재로 구성하여 강성을 확보하였고, 언더바디 프레임은 CNC 파이프 밴딩 머신을 활용하여 메인프레임 시트와 연결하는 구조로 고 강성 경량화를 달성하였다.

2.1.2 현가장치 및 구동장치 개발

앞바퀴 더블위시본 방식의 독립현가장치와 뒷바퀴 일체 차축식 대응을 위한 스윙암 현가장치를 적용하여 승차감을 향상하였다(그림 2).

트랜스엑슬 모터에 후륜 구동 허브를 장착하여 16인치 알로이 휠&타이어를 직결하여 구동력을 확보하였다(그림 3).



<그림 1> 경량·고 강성 프레임 3D 모델링



<그림 2> 승차감 향상 현가장치



<그림 3> 16인치 타이어 일체형 고성능 구동장치

2.2 주행 보조 조향 모듈 및 컨트롤 시스템

고령 사용자의 근력·미세조작 능력·반응속도 저하로 인해 레버·페달 위주의 전통적 조작계에서 과조작(over-input)과 지연반응에 따른 차량 사고를 방지하고자 조이스틱과 통합 컨트롤 모듈을 적용한 주행 보조 조향 모듈 및 컨트롤 시스템을 제한한다. 조이스틱 컨트롤 모듈과 통합 컨트롤 모듈은 사용자의 전진, 후진 조작에 따라 구동 모터를 제어하며 총 10단계로 속도를 제어, 후진은 50% 감속, 속도에 따른 구동력 제어 가능, 사용자의 좌·후 조작에 따라 PID제어를 통해 조향모터를 구동하도록 제작하였다(그림 4).

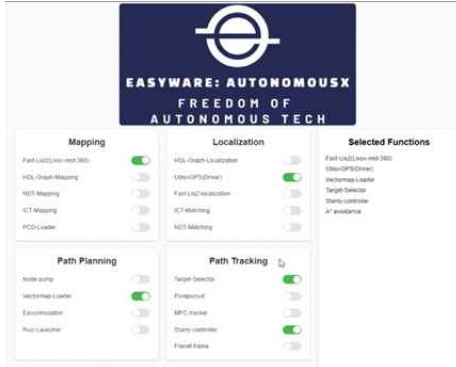


<그림 4> 조향 시스템 및 통합제어 모듈 구조

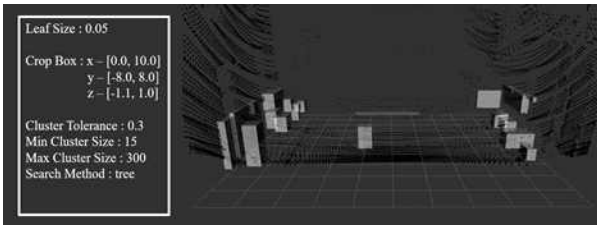
2.3 자율주행 제어 시스템 개발

실버타운·복지시설 등 지정 구역 내에서 사전에 생성한 경로를 기반 하여 목적지까지 자율로 주행할 수 있도록 시스템을 제작하였다 (그림 5).

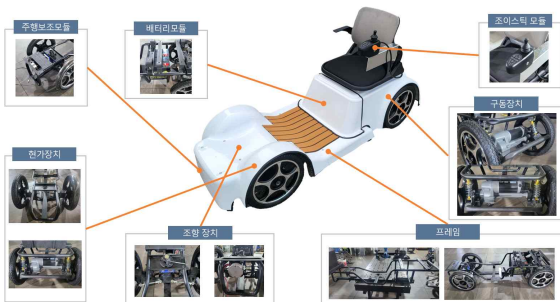
Fast lio[3]와 hdl localization[4] 알고리즘을 통해 3D 고해상도 맵 제작과 자율 주행 모빌리티의 위치를 추정할 수 있도록 하였고, Pure pursuit 추종 방식을 통해 모빌리티가 목적지까지의 조향 각도를 계산하여 운행할 수 있도록 설계하였다. 자율주행의 안정성을 확보하기 위하여 LiDAR 센서를 통해 획득한 포인트 클라우드 데이터를 활용한 장애물 감지 알고리즘 (그림 6)과 Dynamic window approach 기반 주행 경로 상에 장애물이 존재할 경우 회피 및 정지 기능을 탑재하였다.



<그림 5> 자율주행 실행 통합 프로그램 UI



<그림 6> LiDAR 센서 기반 객체 감지 알고리즘



<그림 7> 고령 친화 1인 모빌리티 차량 제작 모습

3. 결 론

본 연구는 고령자 특성과 국내 노면 조건을 반영해 경량·고강성 프레임, FRP 바디, 16인치 대경 휠, 전·후륜 독립 현가를 기반으로 한 1인승 모빌리티 플랫폼을 제안하고, MDPS·EMB 중심의 주행보조 시스템과 조이스틱통합 제어 모듈(10단 속도, 후진 50% 감속, 속도연동 구동력, PID 제어)을 통해 안전·조작성 향상을 도모하였다. 또한 지정 구역 내 LV3 자율주행을 전제로 경로 기반 운행과 안전성 향상을 위한 회피 및 정지 기능을 탑재한 고령 친화 1인 모빌리티 플랫폼 개발을 수행하였다. 해당

연구를 통해 교통 약자인 고령자들의 주행 안정성 및 편의성 향상과 중소·벤처 중심의 모빌리티 제작 생태계 활성화와 공급망 내재화를 기대할 수 있다.

※ 본 연구는 ‘[융복합-대표]제품 제조현장 작업파트너 로봇 기술 개발(6/6)’ (E0250005), ‘[통합이지바로]고령 친화 모빌리티 주행보조 및 자율주행 기술 개발(1/1)’ (RT240006)에 의하여 연구되었음

[참 고 문 헌]

- [1] Adil Wazeer, Apurba Das, Chamil Abeykoon, Arijit Sinha, Amit Karmakar, “Composites for electric vehicles and automotive sector: A review.”, Green Energy and Intelligent Transportation, 2.1, 100043, 2023
- [2] Congcong Li, Guirong Zhuo, Chen Tang, Lu Xiong, Wei Tian, Le Qiao, Yulin Cheng and Yanlong Duan, “A review of electro-mechanical brake (EMB) system: Structure, control and application.”, Sustainability, 15.5, 4514, 2023
- [3] Wei Xu, Yixi Cai, Dongjiao He, Jiarong Lin, Fu Zhang, “Fast-lio2: Fast direct lidar-inertial odometry.”, IEEE Transactions on Robotics, 38.4, 2053-2073, 2022
- [4] Koide, Kenji, Jun Miura, and Emanuele Menegatti, “A portable three-dimensional LIDAR-based system for long-term and wide-area people behavior measurement.”, International Journal of Advanced Robotic Systems, 16.2, 1729881419841532, 2019