

장애인, 노약자를 위한 자율주행 모빌리티 휠체어 개발

이규민, 김근태, 이영욱, 김현서, 박규민
 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과 학부생

kml990608@gmail.com, kgt222@naver.com, gogorabbit1@gmail.com, ilovehsb0517@naver.com
 rbalsdl11@naver.com

Development of Autonomous Mobility Wheelchair for People with Disabilities and the Elderly

Gyu-Min Lee, Gean-Tae Kim, Young-Wook Lee, Hyun-Seo Kim, Gyu-Min Park
 Dept. of Mechanical System Design Engineering, Seoul National University of Science and Technology

요 약

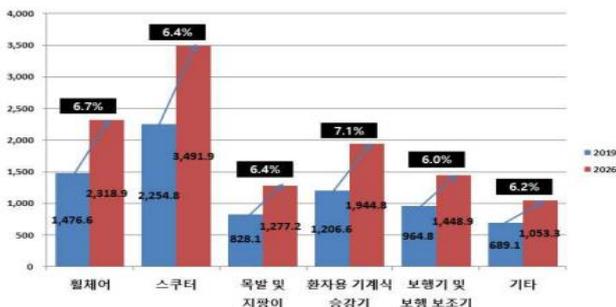
전 세계적으로 고령화가 진행됨에 따라 휠체어 수요가 증가하고 있다. 이로 인해 개인용 이동수단으로서 자율주행 휠체어 시장이 빠른 속도로 성장중이다. 이에 따라 ROS 환경에서 SLAM & Navigation 을 통해 수동 휠체어를 자율주행 휠체어로 변환하는 과정을 개발하였다.

1. 서론

최근 행정안전부의 주민등록인구통계에 따르면 2022년 4월 처음으로 65세 이상 노인인구가 900만 명을 돌파했다[1]. 따라서 이동성과 편리성을 향상시키는 퍼스널 모빌리티에 대한 관심이 높아지고 있으며, 관련 시장 규모도 커지고 있다. 자율주행 휠체어의 시장규모는 59억 달러로 글로벌 고령화 추세가 가속화로 2024년부터 2031년까지 7.6%의 CAGR로 106억에 이를 것으로 예상된다.[2]

2. 자율주행 휠체어 시장 동향

글로벌 고령자 보조 장치 시장 규모 및 전망을 보면 휠체어는 2019년 14억 7,660만 달러에서 연평균 성장률 6.7%로 증가하여, 2026년에는 23억 1,890만 달러에 이를 것으로 전망하고 있다.[3]



(그림 1) 글로벌 고령자 및 장애인 보조 장치 시장 중 이동 보조 장치의 종류별 시장 규모 및 전망

이에 따라 식품의약품안전처는 자율주행 기능이 포함된 전동식 휠체어 관련 17개 품목 분류·정의를 신설하고 안정성, 유효성 성능평가를 위한 가이드라인을 마련하였다.[4]

3. 개발 내용

기존 수동 휠체어에 YDLidar, DC Motor, 안전보조 센서를 부착하기 위해 직접 부품을 설계하고 CNC, 수압 커팅기, 레이저 커팅기를 활용하여 판재를 가공하였고 정밀, 특수 가공을 통해 제작하였다. Caster Wheel 을 사용한 4 point 지지를 통해 안정성을 향상시켰고, Lidar 를 이용해 장애물을 인식하고 자율주행을 구현한다. 심박수 센서, 긴급정지 버튼을 추가하여 사용자의 안정성을 높였다. ROS 개발환경을 기반으로 시스템을 구축하였으며 SLAM[5]을 사용하여 2D 지도 작성을 수행하고, Navigation 을 구현한다. 또한 원격 제어 및 전용 앱과의 통신을 이용해 주행 방법 설정, 목적지 설정 등의 조작이 이루어질 수 있게 한다.

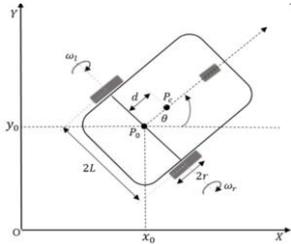


(그림 2) 제작완료된 자율주행 휠체어

4. Odometry

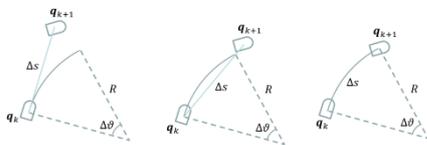
자율주행 휠체어 로봇은 2wheel differential steering mobile robot 구조이며 앞의 하중은 ball wheel 로 지지하고 있는 구조이다. 이와 같은 형상은 z 축 방향으로의 선형 운동이나, x, y 축으로의 회전운동은 구속되어진다. 결론적으로 로봇이 가질 수 있는 velocity 는 linear velocity $v = [v_x \ v_y \ 0]^T$, angular velocity $w = [0 \ 0 \ w_z]^T$ 이다.

이를 기반으로 Odometry 를 구하고 전체적인 구동에 사용할 것이다.



(그림 3) Kinematic Model

전체 구동 시간 $[T_k, T_{k+1}]$ 동안 로봇의 제어기인 openCR로 속도와 각속도 v_k, w_k 가 주어지고 현재의 시간 T에서 로봇의 위치 정보 q_k 를 알고 있을 때, 다음 위치인 q_{k+1} 을 계산하는 방법은 크게 Euler, Runge-Kutta, exact 방법이 있다.



(그림 4) Odometry 추정 방법

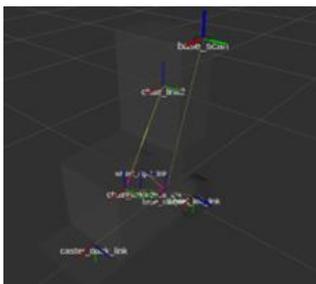
Euler integration 은 속도가 충분히 작아야 다음 위치의 오류가 줄어들므로 Runge-Kutta 2nd integration 을 이용하였다. Runge-kutta 2nd integration 의 위치 추정 방법은 다음과 같이 유도된다.

$$x_{k+1} = x_k + v_k \cdot T_s \cdot \cos(\theta_k + \frac{w_k \cdot T_s}{2})$$

$$y_{k+1} = y_k + v_k \cdot T_s \cdot \sin(\theta_k + \frac{w_k \cdot T_s}{2})$$

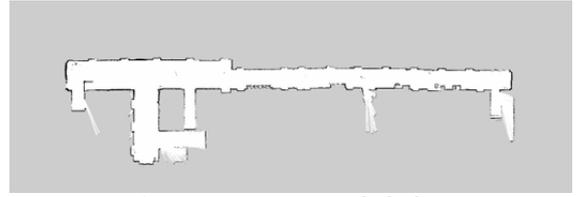
$$\theta_{k+1} = \theta_k + w_k \cdot T_s$$

이후 휠체어 치수에 맞는 URDF Model 을 생성하여 적용하였다.



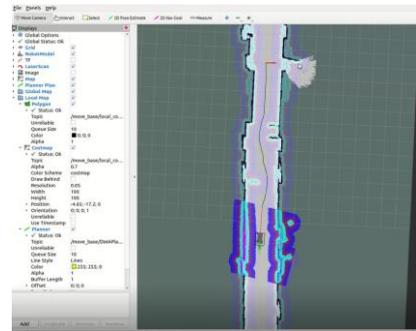
(그림 5) URDF 로 생성한 Robot Model

5. SLAM & Navigation



(그림 6) SLAM 으로 생성된 Map

Navigating 및 SLAM 을 구현하기 위해 YDLidar X2 를 사용하였다. SLAM 을 이용해 작성한 Map 과 Lidar 를 이용하여 주변환경을 인식하며 자율주행을 하게 된다. [5]



(그림 7) RVIZ 상 Navigation

이후 ROS 와 안전보조 센서와 연동하여 환경을 구성하였다. 심박수 센서를 통해 사용자의 심리상태를 파악해 안정되었다 판단했을 때 주행을 시작한다. 추가적으로 긴급제동 버튼을 추가하여 긴급상황 시 주행을 종료하는 로직을 추가하였다.

6. 기대효과

휠체어 사용 인구가 증가함에 따라 시중보다 저렴한 자율주행 모빌리티 휠체어를 개발하여 경제적 취약계층에게 편리함을 줄 수 있을 것으로 예상된다. Lidar, 안전보조 센서와 카메라간의 센서 퓨전을 통해 각 센서의 단점을 보완할 수 있다. 향후 재활시설, 공공시설, 실버타운에 활용될 가능성이 높다.

※ 본 프로젝트는 과학기술정보통신부 대학디지털교육역량강화 사업의 지원을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다.※

참고문헌

- [1] 행정안전부, 주민등록인구통계 행정동별 연령별 인구현황, 2022
- [2] 데이터 브리지 마켓 리서치, 글로벌 자율 휠체어 시장, <https://www.databridgemarketresearch.com/ko/reports/global-autonomous-wheelchair-market>, 2023
- [3] 연구개발특구진흥재단, 고령자 및 장애인 보조 장치 시장, pp.6~8, 2021
- [4] 식품의약품안전처, 자율주행 전동식 휠체어의 성능 평가를 위한 가이드라인, 2023
- [5] Paulus Sakti Laksono, Tubagus Maulana Kusuma. "PERFORMANCE ANALYSIS OF HECTOR SLAM AND GMAPPING FOR NAVIGATION FOR MOBILE ROBOT NAVIGATION"; 2022