

자율주행 스마트 캐리어 로봇

문유빈, 오유민, 이서우, 전준상, 홍주완
경희대학교 기계공학과

cucuda13@khu.ac.kr, dbals3517@khu.ac.kr, evf7849@khu.ac.kr, junsang@khu.ac.kr,
0901ju@khu.ac.kr

Self-driving Smart Carrier Robot

Yu-Bin Moon, Yu-Min Oh, Seo-Woo Lee, Jun-sang Jeon, Ju-Wan Hong
Dept. of Mechanical Engineering, Kyung Hee Univ.

요 약

최근 서빙 로봇과 AGV(Auto Guided Vehicle) 등 다양한 산업 분야의 무인으로 동작하는 수단에 대한 관심이 점점 커지고 있다. 이러한 수단이 요구되는 곳 중 하나는 공항이다.

이에 본 논문에서는 사용자의 뒤를 따라다니거나 목표 지점으로 사용자를 안내하며 무게 측정 기능을 통해 사용자의 짐의 도난을 방지하고, 사용 이후 자동으로 복귀하는 스마트 캐리어를 구성하여 많은 사람이 공항을 편리하게 이용하고자 한다.

1. 서론

최근 요식업계에는 서빙 로봇 등이 등장하며 자율주행을 통해 무인으로 손님에게 음식을 전달하는 방식이 증가하고 있다[1]. 그뿐만 아니라 세계 무인 반송차(AGV) 시장은 약 10년 내 연간 3조 원대 시장으로 커질 것으로 전망된다[2].

이렇듯 점차 다양한 산업 분야에서 무인으로 동작하며, 자율적으로 주행하고 작업을 수행하는 수단에 대한 관심이 점차 증가하며 이에 대한 다양한 사용자층의 수요가 증가하고 있다.

인천 국제공항은 2021년 8월 한 달 동안 총 약 34만여 명이 이용하는 공항이다. 많은 수의 사람들이 공항을 이용하게 되면 공항의 목적상 필연적으로 많은 수의 캐리어가 모임에 따라 혼잡도가 증가하게 된다[3]. 이에 따라 사용자들은 한 손의 자유를 잃게 되고 동작에 제한이 존재하게 된다. 따라서 사용자의 동작을 자유롭게 하고 자율적으로 주행하는 스마트 캐리어의 필요성이 대두되었다.

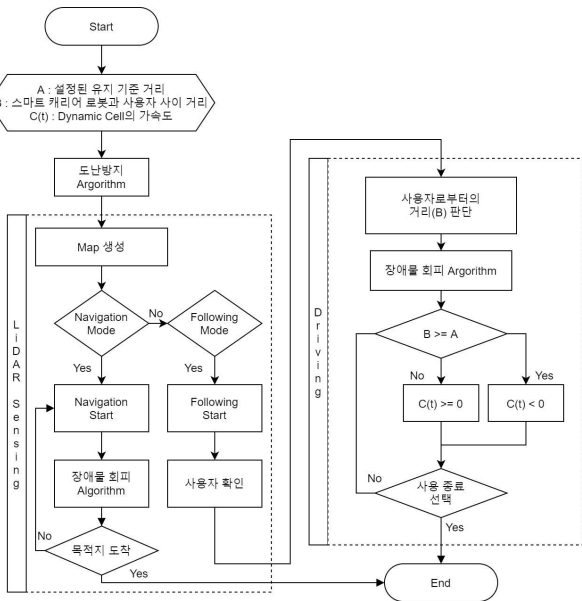
그러나 기존에 존재하는 스마트 캐리어는 사용자가 직접적으로 이용하는 캐리어에 대한 기능이 추가되어 있다. 따라서 리튬 배터리 등으로 인한 위험에 따라 위탁 수하가 불가하고, 사용자가 직접적으로 가격의 부담을 져야 하는 문제점이 제기되었다[4].

본 논문에서는 사용자가 캐리어를 싣는 카트 형태의 스마트 캐리어를 통해 캐리어를 직접 이동시키지 않고도 Mapping을 통해 자율적으로 주행하고 장애물을 회피하면서 사용자의 뒤를 따라다니는 형태의 시스템을 제작하였다. 그뿐만 아니라 사용자가 가고자 하는 목적지가 존재하는 경우, 사용자보다 앞에서 해당 목적지로 안내하는 기능을 수행할 수 있으며, Load Cell을 통해 짐의 무게를 측정해 수화물 위탁 전 상황과 도난 상황에 미리 대비할 수 있다. 또한, 모니터의 사용을 통해 사용자가 손쉽게 스마트 캐리어의 동작과 기능을 제어할 수 있으며, 스마트 캐리어가 공항에 귀속되어 있으므로 모든 사용이 종료되면 지정된 Station으로 복귀하게 된다.

2. 본론

2.1 구성도

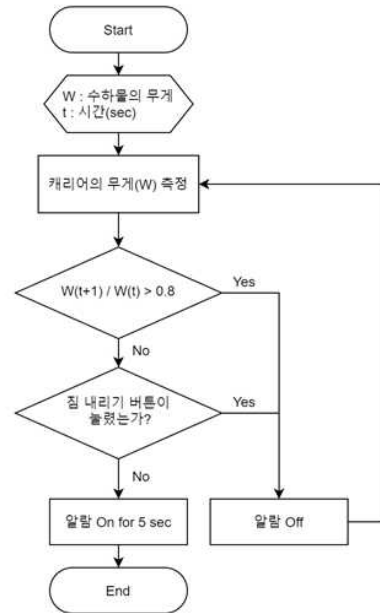
2.1.1 S/W Following & Follower Algorithm



(그림 1) S/W Following & Navigation Algorithm

스마트 캐리어 로봇은 사용자를 따라가는 Following Mode와 사용자를 지정 목표까지 안내하는 Navigation Mode가 있다. 모든 Mode에는 도난방지 Algorithm과 장애물 회피 Algorithm이 적용되며, Raspberry Pi에 연결된 LiDAR를 통해 작성한 지도를 기반으로 동작한다. 사용자가 UI를 통해 원하는 위치를 선택하고 Navigation Mode를 실행하면 Algorithm에 따라 장애물을 회피하며 지정된 위치까지 사용자를 안내한 뒤 종료한다. 사용자가 Following Mode를 실행하고 스마트 캐리어 로봇 앞에 서면, 로봇은 이를 장애물이 아닌 사용자로 인식하고 이를 따라간다. 스마트 캐리어 로봇이 사용자를 따라가면서 LiDAR를 통해 사용자와의 거리를 판단하여 기준 거리를 유지하도록 Dynamic Cell의 속도를 조절한다. 이때 사용자가 사용종료 버튼을 누르면 Following Mode를 종료한다. Mode 실행 이후 사용이 끝난 스마트 캐리어 로봇은 Station으로 복귀한다.

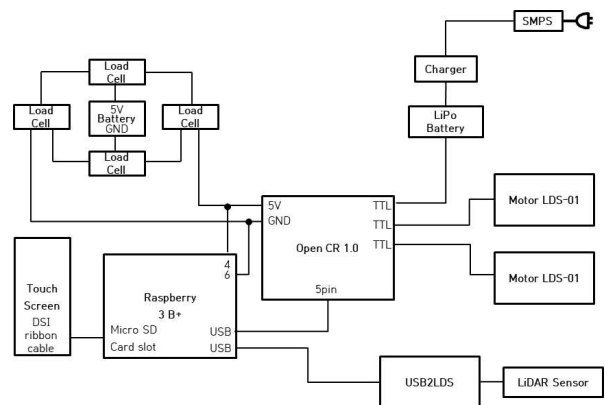
2.1.2 S/W 도난방지 Algorithm



(그림 2) 도난방지 Algorithm

Load Cell을 통해 카트 내의 무게를 측정한다. 도난방지 Algorithm은 설정 시간(1초) 이내에 카트 내 실린 무게가 설정 비율(80%) 이내로 감소했을 경우 이를 감지한다. 이때 사용자가 짐 내리기 버튼을 누르지 않았다면 무게 변화를 알리기 위해 알람을 설정 시간(5초) 동안 알람을 울린다.

2.1.3 H/W 구성도



(그림 3) H/W 구성도

1차 Energy Source는 리튬 폴리머 전지이다. 이 전지는 Open CR에 전원을 공급하며 Open CR에서 Raspberry Pi와 Dynamic Cell(Motor LDS-01)로 전원을 공급한다. Raspberry Pi에서 Load Cell과 LiDAR, Touch Screen에 전원을 공급한다. Load

Cell은 사용자의 짐이 실리는 카트의 바닥 면에 부착되어 카트에 실리는 수하물의 무게를 측정한다. Raspberry Pi는 Load Cell이 측정한 전압 데이터를 볼터와 무게 데이터로 변환하고 출력한다. LiDAR는 센서 모듈(USB2LDS)을 통해 Raspberry Pi와 연결되며, 카트의 상단에 부착되어 로봇 주변을 Mapping하고 장애물을 판단한다. Touch Screen에는 사용자가 스마트 캐리어 로봇을 사용할 수 있게 하는 UI가 표시된다. Dynamic Cell은 구동 로봇과 카트가 이동할 수 있게 하는 동력 장치이다. Open CR을 통해 양쪽 바퀴의 Dynamic Cell 제어한다.

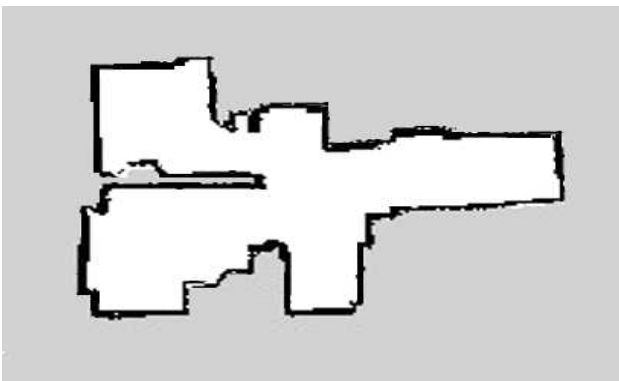
2.2 S/W 적용기술

2.2.1 LiDAR를 이용한 follower

스마트 캐리어의 상단부에 위치한 LiDAR를 이용하여 앞의 물체와의 거리를 판단한다. 스마트 캐리어가 주행할 때 센싱, 위치 추정, 모션 계획을 계속해서 수행하며 장애물을 DWA(Dynamic Window Approach) 알고리즘을 사용하여 회피한다. 스마트 캐리어가 여러 대 있는 경우, 하나의 스마트 캐리어를 선두로 나머지 캐리어들이 follow 할 수 있도록 그룹핑한다.

2.2.2 자율주행 Navigation

Navigation을 수행하기에 앞서, 사용하려는 위치의 정보를 SLAM(Simultaneous localization and mapping)을 통해 수집하여 Mapping 한다. 여기서 SLAM은 로봇이 움직이며 동시적 위치 추정하는 것을 뜻한다. 위 과정을 통해 작성된 지도에서 필요한 위치의 좌표를 추출한다. 사용자가 원하는 위치를 지정했을 때, 그 위치 좌표 정보를 topic 형태로 전송한다.



(그림 4) SLAM을 이용한 Mapping

2.2.3 Load Cell을 이용한 무게 측정

스마트 캐리어 수레의 바닥 부분에 Load Cell 센서 4개를 배치하여 개인 수하물의 무게를 측정하고 이를 터치스크린에 나타낸다.

Load Cell의 무게 측정 기능을 활용하여 현재 수하물의 무게와 1초 전 수하물의 무게를 비교하여 급격한 무게 변화가 있을 시 도난방지 알고리즘이 작동하고, 사용자에게 알람을 제공한다.

2.2.4 모니터를 통한 캐리어 제어 및 정보 확인

스마트 캐리어 본체에 Raspberry Pi 터치스크린을 장착하여 여러 기능을 가시화하고, 사용자의 접근성을 높인다. 모니터에서는 Load Cell을 이용하여 측정한 개인 수하물 무게 측정정보, 공항 내 시설 위치 정보, 항공권 관련 정보 등을 확인할 수 있다. 또한, 캐리어 수동 위치 제어, 추종 기능 on/off 설정을 모니터에서 제어할 수 있다.

모니터 UI를 디자인하고 Python을 이용하여 터치스크린에 적용하여 모니터 화면을 구성하였다.



(그림 5) 모니터 UI의 사용자 follow 동작 화면

2.3 기대효과

기존에 존재하는 수동으로 끌고 다니는 캐리어의 활용성을 높이기 위해 본 논문에서는 사용자의 캐리어를 운반할 수 있는 스마트 캐리어를 제시하였다. 사용자를 인식하고 따라가는 follower 기능은 공항에서의 편의성을 극대화한다.

또한, 운반에서의 편리성뿐 아니라 스마트 캐리어 상단부에 위치하는 터치스크린을 통하여 공항의 여러 안내 정보를 볼 수 있게 하였다. 특히 특정 장소 정보의 경우, 사용자가 해당 장소를 터치하면 스마트 캐리어가 해당 장소로 안내하는 자율주행 Navigation 기능을 탑재하였다. 이는 공항 이용 경험이 적은 사용자가 어려움 없이 공항을 이용할 수 있도록 한다.

Load Cell을 통해 측정된 무게 정보를 터치스크린에 실시간으로 나타내어 수화물 무게를 초과하지 않도록 미리 확인할 수 있도록 하였다. 또한, 스마트 캐리어가 사용자를 follow하는 과정에서의 사용자의 짐 도난방지 기능을 Load Cell 기능으로 구현하여 짐 분실 우려를 줄이고 더욱 효과적인 캐리어 이용을 가능하게 하였다.

이러한 기능을 갖춘 스마트 캐리어를 공항에서 누구나 대여할 수 있도록 하여 모든 공항 이용객의 편의를 도모하고 이동 효율을 높일 수 있다.

2.4 활용 분야

본 스마트 캐리어는 캐리어가 사용자를 따라가는 과정에서 사용자의 동선을 분석하고, 이를 빅데이터화하여 스마트 캐리어의 이동 효율을 높일 수 있다.

몸이 불편한 노인 혹은 어린이 등의 사회적 약자 또한 본 캐리어의 기능을 통해 신체적 자유를 얻고, 편리한 공항 이용을 할 수 있다.

공항 내 Navigation 기능을 통해 사용자가 쉽게 길을 찾을 수 있고, 누구나 이용할 수 있어 공항 이용객의 편의를 도모할 수 있다.

여러 기능이 탑재된 스마트 캐리어가 상용화되면 공사 현장 혹은 공장에서 필요 자재를 운반하는 경우와 같이 다양한 산업 분야에서도 이용할 수 있다. 또한, Load Cell 무게 측정 기능을 활용하여 공장 혹은 택배 물류 운반 시 물품 분류 등에 활용할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 공항 내에서 캐리어가 자율적으로 사용자의 뒤를 따라다니며 주행함으로써 사용자의 손에 자유를 보장하는 시스템을 제작하였다. 기존에 공항에 비치된 캐리어 카트 형태를 활용하여 공항에서 보유하고 관리하는 형식으로 진행함으로써 사용자에게 가격 부담을 줄일 수 있고, 모든 여행객이 사용 가능하다는 점에서 활용성이 높다.

또한, LiDAR 센서를 활용하여 follow 기능을 제공하는 동시에 장애물 회피 기능을 수행함으로써 안전상의 문제를 해결할 수 있다. Load Cell의 실시간 무게 측정 기능을 통해 수화물 위탁 시 무게 측정의 번거로움을 줄일 수 있고, 급격한 무게 변화 시 경고를 울려 도난방지 기능을 수행한다.

본 논문에서 자동제어, IoT, 센서, 인공지능을 자율주행 스마트 캐리어 로봇에 적용함으로써 공항 내

부 상황에 맞추어 사용자에게 편리한 서비스를 제공할 수 있다.

'본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의인재 양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.'

참고문헌

- [1] 이지, ““잠시만요, 지나갑니다” 누군가 봤더니 ‘서빙 로봇’”, <http://m.mdilbo.com/detail/c3QycN/649164>, 2021
- [2] 오대석, “AGV 시장, 10년 안에 25억달러 돌파할 것”, <https://m.etnews.com/20180917000233>, 2018
- [3] 인천국제항공공사, 인천공항 항공통계, <https://www.airport.kr/co/ko/cpr/statisticCategoryOfDay.do>, 2021
- [4] 신동윤, “규제를 넘지 못하는 아이디어 상품의 한계”, <http://www.epnc.co.kr/news/articleView.html?idxno=81015>, 2018
- [5] Farzeen Munir, Shoaib Azam, Seongmin Hwang, Jihoon Jeong, Moongu Jeon, “Semantic Mapping and Autonomous Navigation using TurtleBot”, 한국정보과학회 학술발표논문집, Vol.2020 (12), p.418-420, 2020
- [6] 표윤석, “ROS 로봇 프로그래밍”, 루비페이퍼, 2017
- [7] ROBOTIS, e-Manual, <https://emanual.robotis.com/docs/en/platform/turtlebot3/overview/>, 2021
- [8] Raul Mur-Artal, J. M. M. Montiel ´, Member, IEEE, and Juan D. Tardos ´, Member, IEEE, “ORB-SLAM: A Versatile and Accurate Monocular SLAM System”, IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS, VOL. 31, NO. 5, OCTOBER 2015
- [9] Pramod Thale, Sumegh ,Mangesh Prabhu, Mihir , Vinod Thakur, Pranjali, Kadam, Pratik, Vyawahare, V.A, Patil, M.D, “ROS based SLAM implementation for Autonomous navigation using Turtlebot”, ITM web of conferences, Vol.32, p.1011, 2020