Check for updates

Journal of KIIT. Vol. 22, No. 2, pp. 53-61, Feb. 28, 2024. pISSN 1598-8619, eISSN 2093-7571
http://dx.doi.org/10.14801/jkiit.2024.22.2.53

RFID와 LiDAR 센서를 이용한 자율주행로봇의 ROS 기반 경로 이동 시스템 개발

양아름*[1], 정현준**[1], 이석훈*[2], 온병원*[3], 정동원**[2]

Development of ROS-based Path Navigation System of Autonomous Driving Robot using RFID and LiDAR Sensor

Areum Yang*[1], Hyunjun Jung**[1], Sukhoon Lee*[2], Byung-Won On*[3], and Dongwon Jeong**[2]

※ 이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행되고 있습니다
(No. NRF-2022R1G1A1008493)

요 약

이 논문에서는 RFID와 LiDAR 센서를 이용한 자율주행로봇의 ROS 기반 경로 이동 시스템을 제안한다. 인력난이 심화되고 있는 농업 현장에서 작물 운반 업무는 작업자에게 물리적인 피로도 증가와 신체 부담으로 부상을 유발한다. 이에 자동화 기계의 필요성이 대두되고 있는 가운데, 기존의 레일 기반 운반 로봇 시스템은 고정된 경로로 인한 제한된 경로 이동과 장애물 대처 능력 부족 등의 한계가 존재한다. 따라서 이 논문에서는 이러한 한계를 개선하고 효율적인 경로 이동을 위해 RFID와 LiDAR 센서를 사용한 자율주행 시스템을 제안한다. 실험 결과에서, 제안 시스템은 RFID 태그를 사용한 유동적인 목적지 설정과 LiDAR 센서를 이용한 장애물 감지로 유연한 경로 이동이 가능함을 보였다.

Abstract

This paper proposes a ROS-based path navigation system for autonomous robots using RFID and LiDAR sensors. In agricultural sites where manpower shortages are intensifying, crop transportation work causes injuries to workers due to increased physical fatigue and physical burden. Accordingly, while the need for an automated machine is emerging, the existing rail-based transport robot system has limitations such as limited path navigation due to a fixed route and lack of ability to cope with obstacles. Therefore, this paper proposes an autonomous driving system using RFID and LiDAR sensors to improve these limitations and to efficient route movement. The experiment results show that the propose system can provide the flexible route movement by setting flexible destinations using RFID tags and detecting obstacles using the LiDAR sensor.

Keywords
autonomous driving, RFID, ROS, agricultural automation

* 군산대학교 소프트웨어학부
- ORCID[1]: https://orcid.org/0009-0006-9600-0719
- ORCID[2]: https://orcid.org/0000-0002-3390-5602
- ORCID[3]: https://orcid.org/0000-0001-6929-1388
** 군산대학교 소프트웨어학부 교수(교신저자)
- ORCID[1]: https://orcid.org/0000-0002-6717-1395
- ORCID[2]: https://orcid.org/0000-0001-9887-5336

· Received: Dec. 27, 2023, Revised: Jan. 29, 2024, Accepted: Feb. 01, 2024
· Corresponding Authors: Hyunjun Jung and Dongwon Jeong
School of Software, Kunsan National University, 558, Daehak-ro, Gunsan, Jeollabuk-do, Republic of Korea
Tel.: +82-63-469-8917, Email: {junghj85, djeong}@kunsan.ac.kr

Ⅰ. 서 론

자율주행(Autonomous driving)이란 차량 또는 로봇 등이 학습된 알고리즘이나 인공지능을 통해 사람의 직접적인 조작 없이 스스로 판단하고 움직이는 것을 의미한다. 현재 자율주행은 물류 이동, 농업 등 다양한 산업 분야에서 활용되고 있으며, 고강도의 노동이나 인력이 부족한 분야에 많이 사용된다. 자율주행의 대표적인 예는 자율주행 자동차와 자율주행 드론 등이 있다.

최근 농촌 지역에서는 인건비 상승, 인구 감소 및 고령화로 인해 인력난 문제가 심화되고 있다. 통계청에서 발표한 2021년 농림어업조사 결과에 따르면 농림어가 고령인구 비율은 모두 전년 대비 최소 4.5%에서 최대 6.5% 증가했고, 경영 형태별 농가 구성비 중 채소, 특용작물, 과수산업의 비율도 전년 대비 최소 0.3%에서 최대 7.5% 증가했다[1]. 특히 과수산업과 같이 대량의 수확물을 수레에 싣고 운반하는 난도 높은 업무는 많은 인력을 요구하기 때문에 인력난 문제가 두드러진다. 농촌의 인력난 문제는 농사 포기 문제로 이어질 우려가 있어 국내외에서 이를 해소하기 위한 대책으로 농업용 자동화 기계 연구가 진행되고 있다. 농업용 자동화 기계 사용 시 인력난 해소 및 비용 절감, 작업시간 단축, 작업 효율성 향상 등 긍정적 영향을 기대할 수 있다.

기존의 농업용 자동화 기계는 제초 및 방역에 초점이 맞춰져 있었지만, 최근에는 작물 수확 및 운반 로봇 시스템 개발이 이루어지고 있다. 작물 수확 로봇 시스템은 네덜란드에서 개발한 파프리카 수확 로봇 스위퍼, 벨기에 기업 옥티니온에서 개발한 딸기 수확 로봇 루비온 등이 있다. 루비온은 하루에 180~360kg의 딸기를 수확할 수 있어 사람의 하루 딸기 수확량인 50kg보다 약 7배 더 효율적이다. 작물 운반 작업은 작물 크기가 크고 수량이 많을수록 작업자의 물리적인 피로도와 신체 부담 증가로 부상 발생 위험이 증가한다. 이 때문에 자동화 로봇 사용은 부상 발생 위험을 감소시키고 작업의 효율을 크게 높일 수 있어 작물 운반 작업에 로봇 자동화의 필요성이 대두된다.

기존의 레일 기반 운반 로봇 시스템은 고정된 레일을 따라 이동하기 때문에 주행 경로가 유연하지 못하고, 주행 중 장애물을 인식해도 레일 범위에서 이동할 수 있어 장애물 회피에도 한계가 존재한다.

이 논문에서 제안하는 자율주행 로봇은 기존 레일 시스템의 한계를 극복하고 효율적인 경로 이동을 위해 RFID와 LiDAR를 사용한다. RFID를 이용한 사용자 위치 파악으로 로봇은 사용자를 추종하며 수확물 운반을 도울 수 있다. 자율주행 로봇의 다기능 제공 및 성능 향상을 위해 사용하는 다량의 센서는 높은 초기 비용투자와 유지보수 비용을 발생시킬 수 있으며 온·습도와 같은 외부 환경 변화에 민감하다. 이에 상대적으로 저렴하고 외부 환경 변화에 큰 영향을 받지 않는 RFID[2]를 사용하는 방안을 제안한다.

ROS(Robot Operating System)는 로봇 응용 프로그램 개발을 위한 프레임워크이다. ROS에는 노드(Nodes)라는 기본 실행 단위가 있으며 각각의 노드는 독립적으로 실행되고 특정 기능이나 작업을 수행한다. 노드는 주로 Python이나 C++로 작성된다. 노드 간의 통신은 메시지를 토픽(Topic)에 발행(Publish)하고 해당 토픽을 구독(Subscribe)하는 방식으로 이루어진다.

RFID(Radio-Frequency Identification)는 무선 주파수를 이용하여 객체를 식별하는 기술이다. 태그와 리더로 이루어져 있으며, NFC에 비해 인식 거리가 길기 때문에 태그의 직접적인 접촉 없이 먼 거리에서도 정보를 인식할 수 있다. RFID를 활용한 차량 위치 추적, 교통 제어 등 차량 제어 관련 연구가 진행되었으며[3]-[5], 대표적인 응용 기술로 하이패스가 있다.

ROS와 RFID는 자율주행 분야에서 다양한 접근법으로 연구가 진행되고 있다. 최근에는 서빙 로봇과 관련하여 ROS를 활용한 연구[6]와 RFID를 활용한 연구[7]가 진행되었다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 관련 연구를 분석하고 기술한다. 제3장에서는 이 논문에서 제안하는 RFID를 이용한 자율주행로봇의 ROS 기반 경로 이동 시스템에 관해 기술한다. 제4장에서는 실험 환경 및 실험 방법, 실험 결과를 기술한다. 마지막으로 제5장에서는 결론 및 향후 연구를 기술한다.

II. 관련 연구

2.1 농업용 자율주행 로봇

수확물 자동 이송을 위한 농업용 자율주행 로봇 시스템에서는 카메라와 LiDAR 센서를 사용해 객체 인식 및 장애물 회피 시스템을 구현했다[8]. 영상데이터와 LiDAR 센서 데이터를 통하여 장애물 간섭 여부와 주행 가능 여부를 판별한다. 객체 인식, 거리 유지 주행, 장애물 회피 반응, 일정 거리 유지하며 객체 따라가기 등을 보여준다.

LiDAR 센서 활용 객체 인식기술이 적용된 농업용 자율주행 이송 로봇 개발에서는 객체 인식 기반 자율주행에 최적화할 수 있는 농업용 이송 로봇을 구현했다[9]. 이 논문에서는 카메라를 통해 영상 데이터를 수집하고 LiDAR 센서를 활용, 최적화하여 자율주행 시스템에 객체 인식 기술을 적용했다. 객체 인식 기술을 통해 객체와의 거리 및 장애물 인식을 최적화했다.

2.2 ROS를 사용한 자율주행

컴퓨팅 계산 오프로딩을 위해 ROS를 사용한 딥러닝 기반의 자율주행카트에서는 ROS를 이용하여 복잡한 연산을 무선 통신으로 오프로딩하는 기법을 제안했다[10]. 자율주행카트에 맵 구성을 위한 LiDAR 센서, 고객 추적을 위한 전면 카메라, 음성 인식 모델에 필요한 마이크를 탑재하여 특정 고객을 추적하는 카트를 구현했다. 특정 고객을 지정하는 방법으로 객체 검출 과정 중 전면 카메라에 가장 높은 빈도로 검출되는 고객을 지정하는 방법을 사용했다. ROS를 사용함으로써 복잡한 연산을 무선 통신으로 오프로딩하는 것을 보여준다.

ROS 기반의 지하광산용 자율주행 로봇 개발과 경유지 주행 실험에서는 SLAM을 사용한 맵 생성과 LiDAR 센서를 이용한 전방 주행환경 인지 및 장애물 회피, 다중 지점 경유지 환경에서의 주행과 복귀를 구현했다[11]. 엔코더와 LiDAR 센서를 통해 추정한 위치 데이터의 보정을 위해 AMCL 기법을 활용했다. 장애물 회피 능력을 확인하기 위해 이동 경로에 장애물을 배치했으며 6개의 경유지를 순차적으로 이동하도록 했다. 로봇은 장애물 인식 시 회피 기동했으며 경유지 순차 주행 후 복귀하는 안정적인 주행 성능을 보였다.

2.3 RFID를 사용한 자율주행

RFID 정보와 거리센서 융합을 통한 자율주행로봇의 구현에서는 초음파 센서로 근거리 내의 물체를 탐지하고 태그에 절대적인 위치 정보를 삽입한 뒤 바닥에 격자 형태로 부착하여 맵을 생성했다[12]. 하지만 바닥에 태그를 부착할 경우 노지와 같은 야외 농가에서 사용 시 태그가 유실될 수 있어 야외 환경에선 사용하기 어렵다는 단점이 있다.

RFID를 이용한 자율주행 안내 시스템 연구에서는 호텔과 같이 실내에서 길 안내 및 짐 운반을 할 수 있는 자율주행 안내 시스템을 연구했다[13]. 로봇은 방 정보가 있는 태그가 인식되면 안내를 위해 자율주행을 시작하고 운행 중에 초음파센서로 장애물을 감지한다. 장애물이 감지되면 정지하고 이후 1초 이상 장애물에 대한 초음파 신호가 수신되지 않으면 안내를 재개한다. 로봇이 인식하는 태그는 실내 바닥과 객실마다 장착되어 있다. 하지만 장애물 감지 시 새로운 경로를 탐색하지 않는 이러한 주행 방식은 장애물이 로봇의 진로를 1초 이상 방해할 경우 로봇의 움직임이 빈번하게 중단될 가능성이 있다. 복잡한 실내 환경에서 잦은 중단은 작업 효율성이 저하되며 사용자의 불편을 초래할 수 있다.

이처럼 다양한 환경에서 자율주행 기술을 사용하기 위한 연구들이 진행되었다. 그러나 기존 연구에서는 고정 장애물에 대한 회피 실험이 진행되거나 장애물을 감지해도 회피 주행하지 못한다는 한계가 있다. 카메라를 사용한 객체 인식은 강한 직사광선 등 센서가 오인식할 수 있는 상황이 발생할 수 있다는 문제가 있다[14]. 따라서 이 논문에서는 기존 연구의 한계와 성능을 개선하기 위해 RFID와 LiDAR 센서를 사용하여 실시간 장애물 회피 및 사용자 추종 시스템을 제안한다.

III. 제안 방안

SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)은 동시적 위치추정 및 지도 작성으로, 임의의 공간에서 현재 위치를 추정하여 지도를 그리는 기법을 의미한다. LiDAR 센서는 주변 환경에 레이저를 발사 후 빛이 반사되어 되돌아오는 시간을 측정함으로써 주변 사물과의 거리 정보를 수집한다.

LiDAR 센서와 SLAM으로 맵을 생성한 후 로봇이 사용자의 위치를 알 수 있도록 위치 태그를 일정 거리마다 배치한다. 태그의 유실을 방지하기 위해 측면에 배치하며, 해당 지점을 나타내기 위해 위도, 경도가 아닌 'T1'과 같은 문자열 형태로 저장한다. 'T1'이 가리키는 위치는 ROS에서 발행하는 'amcl_pose' 토픽의 위치 정보와 같다.

그림 1은 농가에 태그가 배치된 예시를 나타낸다. 사용자가 리더에 'T5' 태그를 인식시키면 로봇은 태그의 위치 정보를 전달받고 목적지인 'T5' 위치로의 경로를 탐색 후 이동한다. 수확물 운반을 위해 로봇에도 태그를 부착해 태그 인식 시 저장고 등으로 복귀할 수 있도록 한다.

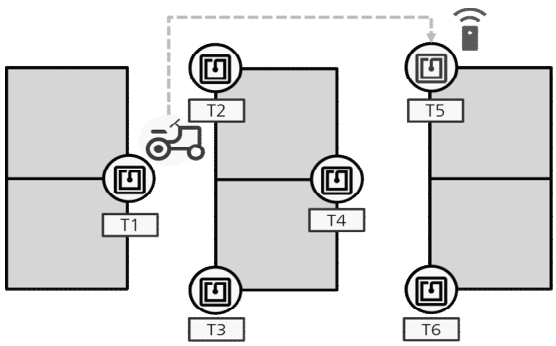

그림 1. 태그가 배치된 예시
Fig. 1. Example with tags placed

RFID는 실내·외 환경에서 사용할 수 있고 빛이나 온·습도 등 환경 변화에 민감하지 않다는 특징이 있다. 이 때문에 유지 보수에 용이하고, 태그를 통한 객체 위치 파악으로 객체를 직접적으로 감지하는 카메라나 LiDAR 센서 대비 안정적이다.

그림 2는 이 논문에서 제안하는 전체적인 시스템 구조도이다. 로봇은 이동 중 새로운 위치가 입력될 경우 현재 진행 중인 주행을 중단하고 새로운 목적지를 설정하여 효율적인 이동을 할 수 있다. RFID를 이용함으로써 사용자는 실시간으로 목적지를 변경할 수 있다. 이는 기존의 레일 시스템과는 달리 유동적이고, 변화가 잦은 환경에서 로봇의 목적지를 설정하는데 용이하다.

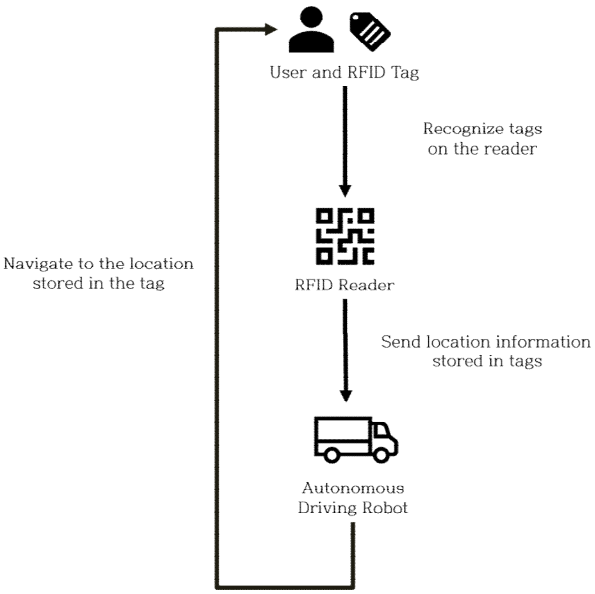

그림 2.. RFID를 이용한 목적지 이동 시스템 구조도
Fig. 2. Structural diagram of the destination movement system using RFID

IV. 실험 및 평가

4.1 실험 환경

이 논문에서 사용된 실험 환경은 표 1과 같다.

표 1. 실험 환경
Table 1. Experiment environment

Component	Specification
OS	Ubuntu 18.04 LTS
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-10700KF CPU @ 3.80GHz
RAM	32GB
GPU	NVIDIA GeForce RTX 3060
Robot Model	TurtleBot3 Burger
SBC	Raspberry Pi 4
SBC OS	Ubuntu 18.04 LTS Server on Raspbian Buster
ROS Version	ROS2 Dashing
Sensors	LDS-02, MFRC522

OS는 Ubuntu 중 안정성이 높은 18.04 LTS 버전을 사용했으며, Oracle VM VirtualBox에서 구동되었다. 로봇은 Raspberry Pi 4가 내장된 Turtlebot3 Burger 모델을 사용했다. ROS는 2023년 11월 기준 머신 러닝, 장애물 인식, 좌표 이동 등 ROS2에서 가장 많은 기능을 지원하는 ROS2 Dashing 버전을 사용했고 장애물 인식 및 맵 구현을 위해 LDS-02, MFRC522 센서를 사용했다.

4.2 실험 및 평가

먼저 LiDAR 센서와 SLAM을 이용해 맵을 생성했다. 그림 3은 상단에 LiDAR 센서를 부착한 실험 로봇이다. 그림 4와 그림 5는 SLAM을 통해 실내에서 맵을 생성하는 모습을 나타낸다. 로봇의 전방에 카메라를 부착하여 그림 4와 같이 로봇의 시야에서 맵을 생성하였다. 그림 6은 2D LiDAR 센서 사용으로 평면적 맵이 생성된 모습을 나타낸다.

그림 3. 실험에 사용된 로봇
Fig. 3. Robot used in the experiment

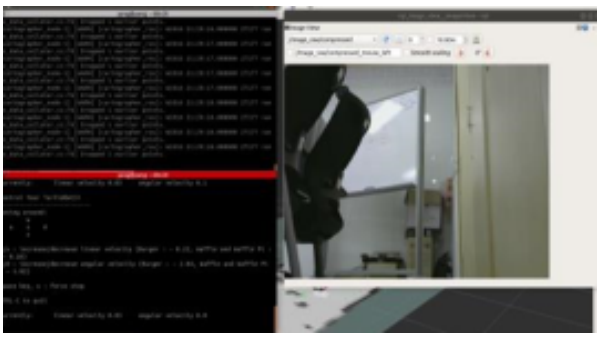

그림 4. SLAM을 이용한 맵 생성 과정 (1)
Fig. 4. Process of map creation using SLAM (1)

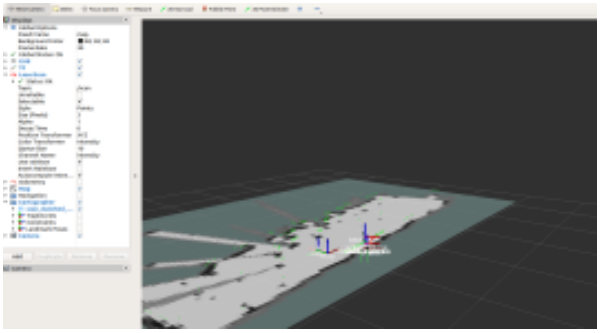

그림 5. SLAM을 이용한 맵 생성 과정 (2)
Fig. 5. Process of map creation using SLAM (2)

그림 6. SLAM으로 생성된 맵
Fig. 6. Map generated by SLAM

생성된 맵에 RFID 태그를 10m 간격으로 배치한 후 태그에 구역별 위치 정보를 입력했다. 그다음 태그를 인식시켜 로봇의 주행 성능과 장애물 회피 성능을 평가했다. 기본 주행 성능 평가에서, 로봇은 사용자가 태그를 인식시키면 태그에 저장된 위치로 즉시 이동하는 안정적인 성능을 보였다. 주행 중 새로운 태그의 정보가 인식되면 즉시 새로운 목적지로 이동했다. 장애물 회피 평가는 정적 장애물과 동적 장애물의 회피 성능을 각각 평가했다. 정적 장애물은 태그 인식 전 로봇의 이동 경로에 장애물을 미리 설치하고, 동적 장애물은 로봇이 주행 중일 때 전방에 무작위로 배치했다. 정적 장애물 인식 시 로봇은 장애물을 회피하는 새로운 경로로 이동했지만, 동적 장애물 인식 시 장애물 회피 경로를 바로 탐색했으나 즉각 주행하지 못했다. 새 경로로 주행하기까지 시간 지연이 발생했고, 이후 목적지에 도달하지 못한 채 주행이 종료됐다. 로봇이 목적지에 도착하지 못한 상태로 주행이 종료되는 것은 실제 환경에서 사용자를 추종하지 못함을 나타낸다.

이를 개선하기 위해 DQN 강화 학습으로 정적 장애물 회피 학습을 진행했다. 자율주행에서 강화학습은 시스템이 동적 환경에서 안정적이고 효율적으로 작동할 수 있게 한다[15].

동적 장애물에 대한 DQN 학습 결과는 그림 7과 같다. 에피소드 10 에이전트의 랜덤 행동 발생 확률은 약 91.35%로 에피소드가 누적될수록 랜덤 행동 발생 확률이 감소했으며, 에피소드 300 이후 랜덤 행동 발생 확률은 약 4.95%로 학습 종료까지 고정된 수치를 보였다. 학습된 모델을 바탕으로 주행 중 장애물 인식 시 발생한 오차 비교 실험을 진행했다.

표 2는 장애물 회피 후 목적지 이동까지의 시간을 DQN 학습 전후로 비교한 내용을 나타낸다.

실험 결과에서, 표 2에서 DQN 학습을 통해 장애물 회피 후 목적지 도착 시간이 단축된 것을 확인했다. 학습 전 로봇은 장애물을 발견해도 즉시 회피하지 못하고 새로운 경로로 주행하기까지 시간 지연이 발생한다는 점과, 목적지에 도달하지 못한 채 주행이 종료돼 목적지와 로봇의 위치 오차가 크다는 문제점이 있었다. 학습 후 로봇은 주행 중 동적 장애물이 발견되어도 즉시 새로운 경로로 이동할 수 있으며, 이는 자율주행 로봇의 실시간 대응 능력이 향상된 것을 나타낸다.

표 2. 장애물 회피 후 목적지 이동 시간 비교
Table 2. Comparison of destination travel time after avoiding obstacl

Learning status / Distance	Before DQN learning	After DQN learning
10m	38sec	20sec
20m	1min	37sec
30m	1min 36sec	1min

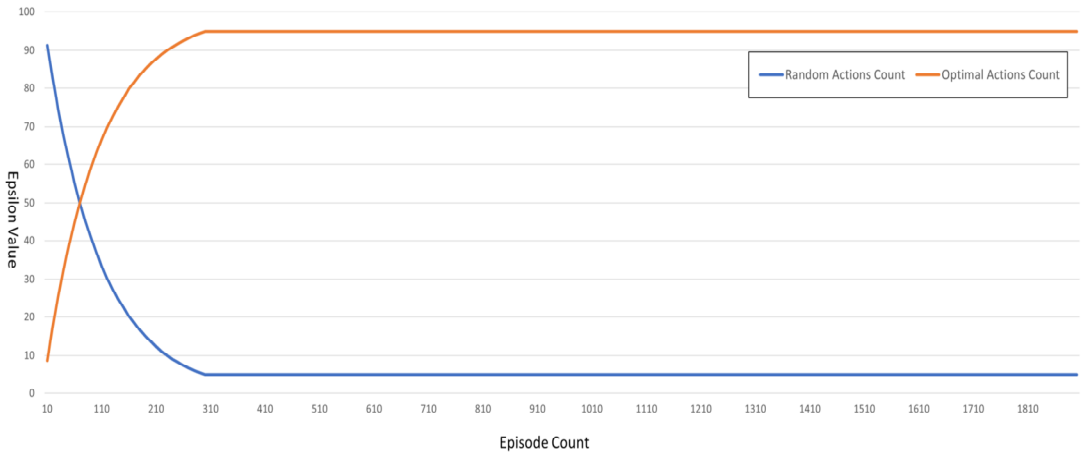

그림 7. 동적 장애물에 대한 학습 결과
Fig. 7. Learning outcomes for dynamic and static obstacles

표 3. 기능 별 비교 평가
Table 3. Comparative evaluation by function

Evaluation system / Evaluation criteria	Obstacle avoidance	Real-Time moving obstacle avoidance	Object following
Jong-Sil Kim and Eung-Kon Kim [8]	O	O	O
Jongsil Kim, Yeong-Tae Ju and Eung-Kon Kim [9]	O	N/A	N/A
Jisu Han, Ji-Yoon Park, Chae-won Kim, Sang-soo Park and Hieonn Kim [10]	O	N/A	O
Heonmoo Kim and Yosoon Choi [11]	O	N/A	N/A
Sang-Hon and Yong-Ju Song [12]	O	O	O
Taek-Su Kim, Youn-Gon Kim, Hyeon-Woo Jeong, Young-Jun Kim and Yong-Wook Park [13]	N/A	N/A	N/A
Proposed system	O	O	O

표 3은 제안 시스템의 특징을 보이기 위한 기능별 정성 평가 결과를 보여준다. 평가 항목은 정적 장애물 회피, 동적 장애물 회피, 객체 추종 가능 여부이다. 대부분의 시스템에서 정적 장애물 회피는 가능하지만, 동적 장애물 회피는 불가한 것으로 평가됐다. 제안 시스템은 실험 결과 동적 장애물 회피뿐만 아니라 정적 장애물 회피, 객체 추종이 가능한 것을 확인할 수 있다.

Ⅴ. 결론 및 향후 과제

이 논문에서는 농업 환경에서 사용할 수 있는 RFID를 이용한 ROS 기반 자율주행 로봇의 경로 이동 시스템을 제안 및 구현했다.

고정된 레일을 따라 움직이는 기존 방식과 달리 RFID를 사용하여 목적지를 유동적으로 설정할 수 있어 사용자 추종 및 유연한 경로 이동이 가능하다. GPS 센서는 실외 환경에서만 사용할 수 있다는 단점이 있어 실내·외 환경에서 사용할 수 있는 RFID를 사용했다. 바닥에 태그를 부착했던 기존 방식의 태그 유실 위험을 개선하고자 일정 간격으로 측면에 부착했다.

객체를 직접적으로 감지하는 것이 아닌 태그를 통한 감지로 카메라 센서 사용 시 발생할 수 있는 객체 오인식 문제를 보완하고, 로봇에게 사용자의 정확한 현재 위치 정보를 전달했다. 로봇은 태그 호출을 따라 사용자를 추종하고, 로봇에 부착된 태그가 인식되면 저장고 등 지정된 장소로 이동하는 시스템을 구현했다. 로봇을 사용자의 위치로 호출하는 시스템으로 반복 작업으로 인한 작업자의 신체 부상을 방지할 수 있고 로봇의 복귀 기능으로 작업 효율 향상을 기대할 수 있다.

로봇의 기본 주행 능력을 평가하기 위해 주행 실험과 LiDAR 센서를 이용한 장애물 회피 주행 실험을 진행했다. 동적 장애물 실험에서 발생한 회피 시간 지연, 목적지와 로봇 간 거리 오차 문제점을 DQN 강화학습을 통해 개선했다. 이러한 장애물 대처 능력 향상은 노지 환경과 같이 장애물 변화가 잦은 상황에서 원활한 주행을 지속할 수 있다.

RFID와 LiDAR 센서를 이용한 추종 시스템은 로봇의 직접적인 사용자 추종 시스템이 아닌 사용자의 위치로 로봇을 호출하는 시스템으로, 추후에는 농업 환경뿐만 아니라 산업 현장, 의료 현장 등 여러 분야에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구에는 실제 대규모 환경에서 사용할 수 있도록 여러 대의 로봇과 여러 사용자가 있는 환경에서 동작할 수 있는 RFID를 이용한 사용자 추종 및 경로 이동 시스템 연구를 진행할 예정이다.

References

[1] https://kostat.go.kr/board.es?mid=a10301010000&&bid=226&act=view&list_no=417699 [accessed: Oct. 16, 2023]

[2] H.-J. Lee, M. C. Lee, and M.-S. Kim, "Absolute Position and Orientation Recognition Technology Using an RFID for Mobile Robots", Journal of ICROS, Vol. 29, No. 10, pp. 804-811, Oct. 2023. https://doi.org/10.5302/j.icros.2023.23.0049.

[3] K. H. Lee and Y. H. Jung, "Object tracking using blockchain-based IoT sensor and RFID Active", JKAIS, Vol. 23, No. 11, pp. 865-871, Nov. 2022. https://doi.org/10.5762/kais.2022.23.11.865.

[4] B. R. Sundaram, S. K. Vasudevan, E. Aravind, G. Karthick and S. Harithaa, "Smart Car Design using RFID", Indian Journal of Science and Technology, Vol. 8, No. 11, Jun. 2015. https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i11/71767.

[5] D. Bajaj and N. Gupta, "GPS Based Automatic Vehicle Tracking Using RFID", International Journal of Engineering and Innovative Technology, Vol. 1, No. 1, pp. 31-35, Jan. 2012.

[6] U.-S. Kim, B.-S. Kim, and I.-S. Kim, "Implementation of Serving Mobile Robot Using ROS", JKIIT, Vol. 17, No. 2, pp. 33-43, Feb. 2019. https://doi.org/10.14801/jkiit.2019.17.2.33.

[7] M. Kim and H. Seonguk, "Development of Unmanned Serving System for Generating Serving Map using RFID", Korea Computer Congress, pp. 1991-1992, Jun. 2023.

[8] J.-S. Kim and E.-K. Kim, "Agricultural Autonomous Robots System for Automatic Transfer of Agricultural Harvests", Journal of the KIECS, Vol. 16, No. 4, pp. 749-754, Aug. 2021. https://doi.org/10.13067/JKIECS.2021.16.4.749.

[9] J. Kim, Y.-T. Ju, and E.-K. Kim, "Object Recognition Technology using LiDAR Sensor for Obstacle Detection of Agricultural Autonomous Robot", Journal of the KIECS, Vol. 16, No. 3, pp. 565-570, Jun. 2021. https://doi.org/10.13067/JKIECS.2021.16.3.565.

[10] J. Han, J.-Y. Park, C. Kim, S. Park, and H. Kim, "Deep Learning Based Autonomous-Driving Cart Using ROS for Computation Offloading", Annual Spring Conference of KIPS, Vol. 28, No. 1, pp. 100-103, May 2021.

[11] H. Kim and Y. Choi, "Development of a ROS-Based Autonomous Driving Robot for Underground Mines and Its Waypoint Navigation Experiments", Tunn Undergr Space, Vol. 32, No. 3, pp. 231-242, Jun. 2022. https://doi.org/10.7474/TUS.2022.32.3.231.

[12] S.-H. Kim and Y.-J. Song, "Implementation of an Autonomous Mobile Robot Using Sensor Fusion with Passive RFID and Range Sensors", Annual Conference of KIPS, Vol. 18, No. 2, pp. 249-252, Nov. 2011. https://doi.org/10.3745/PKIPS.y2011m11a.249.

[13] T.-S. Kim, Y.-G. Kim, H.-W. Jeong, Y.-J. Kim, and Y.-W. Park, "Study of Autonomous Navigation for Path Guide System Using RFID", Journal of the KIECS, Vol. 14, No. 1, pp. 213-218, Feb. 2019. https://doi.org/10.13067/JKIECS.2019.14.1.213.

[14] H.-J. Son, S.-Y. Yu, K.-H. Kim, and H.-J. Lee, "Problems of autonomous car and recognition of light", Proc. of the Korean Institute of Information and Commucation Sciences Conference, pp. 683-686, May 2018.

[15] G.-S. Lee and J.-C. Lee, "Indoor autonomous driving system using reinforcement learning", Journal of the KAIS, Vol. 25, No. 10, pp. 863-868, Oct. 2023. https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.10.863.

저자소개

양 아 름 (Areum Yang)

2020년 3월 ~ 현재 : 군산대학교 소프트웨어학부 소프트웨어학전공 학사과정
관심분야 : 자율주행, 인공지능

정 현 준 (Hyunjun Jung)

2008년 : 삼육대학교 컴퓨터과학과(학사)
2010년 : 숭실대학교 컴퓨터학과 (공학석사)
2017년 : 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과(공학박사)
2017년 8월 ~ 2020년 8월 : 광주과학기술원 블록체인인터넷경제연구센터 연구원
2021년 ~ 현재 : 군산대학교 소프트웨어학과 교수
관심분야 : 블록체인, 데이터 사이언스, 센서 네트워크, 사물인터넷, 머신러닝, 자율주행, 인공지능

이 석 훈 (Sukhoon Lee)

2009년 2월 : 고려대학교 전자및정보공학부(학사)
2011년 2월 : 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과(공학석사)
2016년 2월 : 고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과(공학박사)
2016년 3월 ~ 2017년 3월 : 아주대학교 의료정보학과 연구강사
2017년 4월 ~ 현재 : 군산대학교 소프트웨어학과 교수
관심분야 : 사물인터넷, 메타데이터, 센서 레지스트리, 시맨틱 웹, 경로 예측

온 병 원 (Byung-Won On)

2007년 : 펜실베이니아주립대학교 컴퓨터공학과(박사)
2008년 : 브리티시컬럼비아대학교 컴퓨터과학과 박사후연구원
2010년 : 차세대디지털과학센터 선임연구원
2011년 ~ 2014년 : 차세대융합기술연구원 선임연구원
2014년 ~ 현재 : 군산대학교 소프트웨어학부 교수
관심분야 : 자연어처리, 인공지능, 강화학습

정 동 원 (Dongwon Jeong)

1997년 2월 : 군산대학교 컴퓨터과학과(학사)
1999년 2월 : 충북대학교 전자계산학과(석사)
2004년 2월 : 고려대학교 컴퓨터학과(박사)
2005년 4월 ~ 현재 : 군산대학교 소프트웨어학부 소프트웨어학전공 교수
관심분야 : 데이터베이스, 시맨틱 서비스, 빅데이터, 사물인터넷, 엣지컴퓨팅, 지능형 융합 서비스