

빔프로젝터를 탑재한 AI 자율주행 가정용 로봇 개발

강덕현¹, 박유빈², 손민성³, 은하영⁴, 이경용⁵

¹경희대학교 전자공학과 학부생

²단국대학교 모바일시스템공학과 학부생

³서경대 소프트웨어학과 학부생

⁴수원대 데이터과학부 학부생

⁵동서대학교 소프트웨어과 겸임교수

givesi02@khu.ac.kr, pyb2675@naver.com, andls448@skuniv.ac.kr,

ehy5201@gmail.com, ceo@apptools.co.kr

Development of an AI autonomous home robot with an integrated projector

DeokHyun Kang¹, Yubin Park², MinSeong Son³, HaYoung Eun⁴, KyungYong Lee⁵

¹Dept. of Electronic Engineering, KyungHee University

²Dept. of Mobile System Engineering, DanKook University

³Dept. of Software, SeoKyung University

⁴Dept. of Data Science, Suwon University

⁵Dept. of Applied Software Engineering Dong-Eui University

요 약

현재까지 개발되어온 가정용 로봇은 사용자와의 상호작용과 시각 정보 전달의 한계가 존재한다. 따라서 기존 가정용 로봇에 빔 프로젝터를 탑재하고, AI 자율주행 및 챗봇 기능을 추가하여 가정에서 편리함을 더욱 제공하고자 하였다. 사용자는 어플리케이션 및 음성 명령으로 로봇의 이동과 빔 프로젝터 등 장치를 제어할 수 있으며 모드를 선택하여 원하는 기능을 제공받을 수 있다.

1. 서론

최근 자율 주행 가정용 로봇 기술의 발전으로 다양한 사용자 요구에 맞춘 서비스의 필요성이 높아지고 있다. 그러나 기존의 로봇은 음성 기반 정보 제공에 한정되어 있어 직관적인 상호작용과 시각적 정보 전달의 한계가 있다. [1]

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 빔 프로젝터를 탑재한 AI 가정용 로봇을 제안하며, 음성으로 제공되는 정보를 시각화해 사용자의 이해도를 높인다. 또한 FastAPI와 Flutter를 활용한 어플리케이션을 통해 사용자는 다양한 모드를 손쉽게 제어하고, 실시간 데이터를 모니터링할 수 있다.

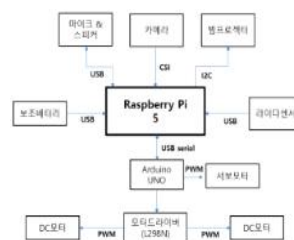
이 로봇은 AutoRAG 기반 챗봇 기능을 통합해 질문 응답을 지원하고, ROS를 이용한 자율 주행과 하드웨어 제어를 통해 각 모드에 맞는 안정적인 동작을 수행할 수 있도록 설계되었다.

2. 세부설계

2.1 하드웨어

로봇의 외형은 3D프린팅으로 모델링하였다. 하단부는 엔코더 DC모터 2개와 모터 드라이버, 서보모

터 그리고 이들을 제어하는 아두이노로 구성되어 있다. 중단부는 메인 프로세서인 라즈베리파이와 빔 프로젝터, 마이크와 스피커가 있다. 빔 프로젝터는 서보모터와 연결되어 각도 조절이 가능하도록 한다. 상단부에는 자율주행을 위한 LiDAR센서가 탑재되어 있다.



(그림1) 하드웨어 구성도.



(그림2) 실제 로봇 사진

2.2 소프트웨어

본 연구에서는 사용자의 원활한 로봇 제어 및 통신을 위해 FastAPI와 Flutter를 사용해 휴대폰 어플리케이션을 개발하였다. 이 어플리케이션은 독거노인 케어, 1인 가구 지원, 반려동물 케어, 자녀 튜터링 등의 다양한 모드를 제공한다. 모드의 기능을 구현하기 위해, FastAPI는 Python 기반의 웹 프레임

워크로 선택되었으며, 빠르고 효율적인 RESTful API를 구현하는 데 사용된다..

각 모드별로 특화된 UI를 제공하기 위해 Flutter는 HTTP 요청을 통해 FastAPI와 상호작용한다.

2-3 음성인식 & 챗봇

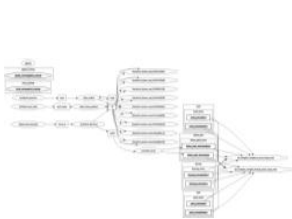
본 연구에서는 인공지능 기반 챗봇 기능 구현을 위해 LLAMA3와 AutoRAG를 활용하였다. 사용자는 STT(Speech-to-Text) API를 통해 음성으로 질문을 입력하며, 인식된 질문은 LLAMA3에 전달된다. LLAMA3는 AutoRAG와 연동되어, 적절한 정보를 검색하고 대화형으로 응답을 생성한다.

RAG(Relevant Answer Generation) 파이프라인은 실제 데이터와 사용 목적에 따라 최적의 조합이 달라지기 때문에, 높은 성능을 내기 위해서는 많은 실험과 평가가 필요하다. 이를 해결하기 위해 AutoRAG를 사용하여 최적의 파이프라인과 조합을 찾아내었다.

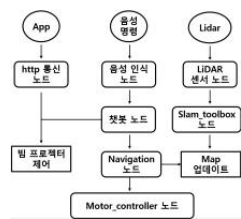
3. 주요 기능 구현 및 결과

3.1 ROS 네트워크 & 제어

본 연구에서 제안한 로봇 시스템의 데이터 흐름은 HTTP 통신, 음성인식, SLAM, 경로 계획을 기반으로 구성된다. 각 노드는 ROS2를 통해 유기적으로 연결되어 있고, 실시간 제어가 가능하다. 다음은 ROS 노드 설계를 rqt_graph로 출력한 결과와, 핵심 노드들을 정리한 그림이다.



(그림3) rqt_graph.



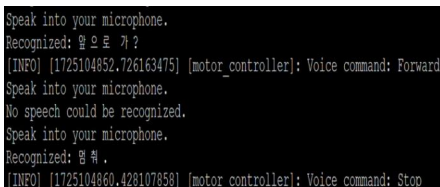
(그림4) 노드 구성도.

이러한 설계를 바탕으로, 로봇은 챗봇, 그리고 어플을 통해 사용자가 쉽게 제어할 수 있었다.

아래의 그림 5는 어플을 통한 로봇 제어, 그림 6은 음성인식 및 챗봇으로 로봇의 이동을 명령하는 모습이다. 이러한 시스템을 통해 사용자와 로봇 간의 실시간 상호작용이 가능해졌으며, 이를 통해 직관적이고 효율적인 제어 방식이 구현되었다.



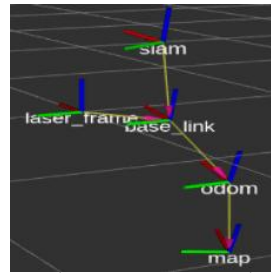
(그림5) 어플 제어.



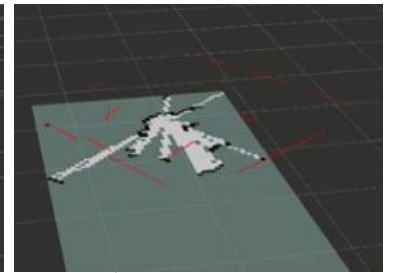
(그림6) 음성 인식 및 챗봇 제어.

3.2 SLAM & 자율주행

자율주행 로봇 시스템은 motor_controller 노드를 통해 모터를 제어하고, cmd_vel 토픽으로 전달된 이동 명령을 처리하여 odom과 base_link 간의 좌표 변환을 수행한다. 로봇의 공간적 관계를 TF Tree로 정의하여 정확한 SLAM을 가능하게 했다. SLAM은 slam_toolbox 노드를 통해 LiDAR 데이터를 기반으로 환경 지도를 생성한다. navigation은 지도를 기반으로 경로 상의 장애물을 회피하며, cmd_vel 명령을 motor_controller로 전달해 실시간 자율주행을 수행한다. [2]



(그림7) TF Tree 구성도.



(그림8) SLAM Mapping.

4. 결론

본 연구에서는 어플, 음성으로 제어가 가능하고, 집안 및 외부 환경에서 다양한 작업을 수행할 수 있는 빔 프로젝터 가정용 로봇을 개발하였다. 음성에 기반한 의사소통만 제공하던 이전 로봇들과는 달리 빔 프로젝터를 이용하여 다양한 시각 정보를 제공하고, 이를 음성, 어플로 제어할 수 있어 사용자에게 편리함을 줄 수 있다. 또한 ROS의 유기적이고 확장 가능한 구조를 채택함으로써, 추가하고자 하는 기능이 있을 때 이에 해당하는 센서와 장치가 쉽게 통합될 수 있어 지속적인 발전이 가능하며, 모드를 통해 사용자에게 맞춤 기능을 제공하는 가정용 로봇으로서 사용 가능할 것이다.

시사문구

※ 본 논문은 과학기술정보통신부 대학디지털교육역량강화 사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

- [1]박주현, 류한영, 가정용 로봇 개발을 위한 사용자 중심의 서비스 컨셉 도출, 2019
- [2] Qin Zou, Qin Sun, Long Chen, Bu Nie, and Qingquan Li, A Comparative Analysis of LiDAR SLAM-based Indoor Navigation for Autonomous Vehicles, 2021