

라이다 SLAM을 이용한 교내경비용 4족 로봇

이기현¹, 정창현², 안승현¹¹인하대학교 기계공학과²인하대학교 전자공학과

leekh951@naver.com, jch8635@naver.com, asho227@naver.com

Four-legged walking robot for school security using Lidar SLAM

Ki-Hyeon Lee¹, Chang-Hyun Chung², Seung-Hyun Ahn¹¹Dept. of Mechanical Engineering, Inha University²Dept. of Electronic Engineering, Inha University

요 약

본 프로젝트에서는 다양한 지형에 구애받지 않고 전천후로 활동할 수 있는 로봇을 구현하기 위해 바퀴형 로봇 보다는 4족 보행 로봇을 채택하여 지형 극복에 더 유리하고 안정적인 자세 제어와 보행을 할 수 있는 동시에 LiDAR 센서와 카메라 모듈을 이용한 SLAM(동시적 위치 추정 및 지도작성)과 원격으로 사물과 사람들을 파악할 수 있는 원격조종 탐사로봇을 개발하고자 한다.

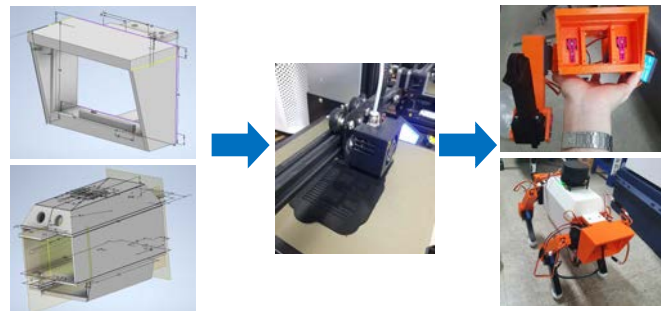
1. 개발동기 및 목적, 필요성

본 프로젝트에서는 기존의 로봇 개 브랜드인 “SPOT”은 비싼 가격에 걸맞게 우수한 성능을 지닌 로봇이지만 시스템 오류가 간혹 나타나고 무엇보다 크기가 크기 때문에 일부 장소에서의 운용이 제한되는 단점이 존재한다. 따라서 비교적 저가로 제작이 가능한 모바일 로봇으로 설계하여 더 효율적으로 교내 시설 경비에 이바지하고자 한다. 또한 교내에는 수많은 방법용 CCTV가 있지만 고정형이면서 높은 곳에 설치되어있는 카메라의 특성상 화질이 낮아지고 사각지대가 존재하게 된다. 따라서 교내의 CCTV가 비교적 부족한 장소에 다양한 지형을 극복할 수 있는 모바일 4족 로봇을 투입하여 교내 안전에 기여하도록 만들고자 한다.

2. 과제 해결 방안 및 과정

- 견고한 로봇 바디 제작

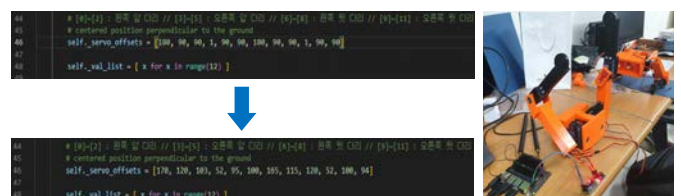
3D 설계 도구인 인벤터를 이용하여 독자적인 로봇 바디를 설계하였다. 몸체 내부를 2층 형태로 나누어 전선 다발을 정리할 여유 공간과 젯슨 나노와 센서 및 전원 버튼을 정리할 공간을 확보하였다. 또한 충분한 외력에도 견딜 수 있는 두께로 설계하여 내충격성을 강화하였다.



(그림 1) 로봇 바디 제작 과정.

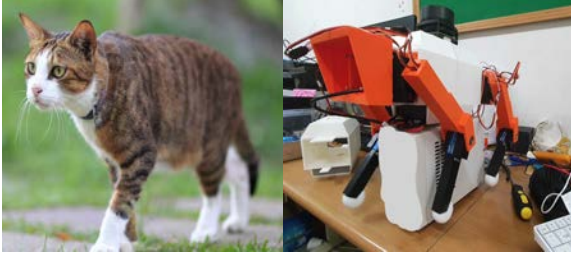
- 모터 Calibration 및 4족 보행 메커니즘 구현

서보모터는 정해진 각도의 범위를 가지고 있다. 하지만 서보모터는 종류마다 다른 토크, 다른 각도 범위를 지니고 있고 고정핀의 초기 설치 각도에 따라서도 로봇을 완전히 조립하였을 때 초기 각도가 모터마다 제각각으로 출력되는 것을 확인하였다. 따라서 기준이 되는 서보모터의 초기 위치 각도를 정한 뒤, 여러 번의 실험적인 방법으로 로봇이 정상적으로 기립할 수 있는 적절한 각도를 찾는 과정이 필요하였고 호환성이 우수한 통합개발환경(IDE)인 Visual Studio Code에서 이 작업을 진행하였다.



(그림 2) 모터 초기 각도 교정 작업 과정.

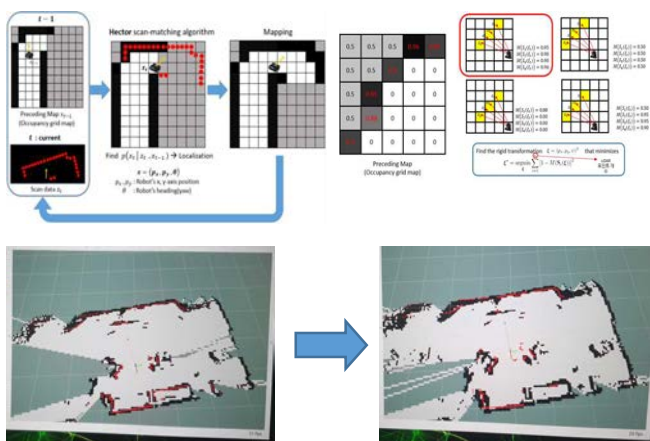
기본적으로 고양이와 같은 4족 동물의 보행 메커니즘을 로봇에 적용하였다. 보행방식에는 8-Phase 보행방식과 4-Phase로 구동하는 Trot Gait 보행방식이 존재한다. 본 프로젝트에서는 접근하기 쉬운 Trot Gait 보행방식을 채택하였고 이 보행에 최적화된 다리관절 각도를 계산하고 기존의 모터 Calibration을 피드백하고 안정성을 더욱 강화하여 적용하였다.



(그림 3) 보행 메커니즘 구현 과정.

- 라이다 기반 SLAM 구현

라이다 SLAM을 시각화하기 위해서 로봇 운영체제 (ROS noetic version)를 사용하였다. ROS는 로봇 개발 작업에 특화되어있고 특히 Rviz라는 프로그램에서 센서들의 데이터를 메시지 통신을 이용하여 전달받고 이를 시각화하여 개발자에게 보여준다. 아래 이미지는 RPLidar와 hector SLAM 라이브러리를 ROS 환경에서 동시에 launch 파일로 구동하는 것을 보여준다. 라이다 센서 (RPLidar A1)를 통해 얻어낸 데이터들을 좌표계로 변환 후 로봇과 장애물 간의 거리와 위치 좌표를 2차원 공간 지도로 산출하는 것이다. 지도작성과 더불어서 라이다 센서로부터 전달되는 데이터들을 계산하고 TF-laser 모델을 만드는 기능을 응용하여 로봇의 현재 위치를 나타낼 수 있도록 구현하였다.



(그림 4) 라이다 SLAM 구현 과정.

3. 출품과제의 기술

- Circuit Python 기반 서보모터 제어

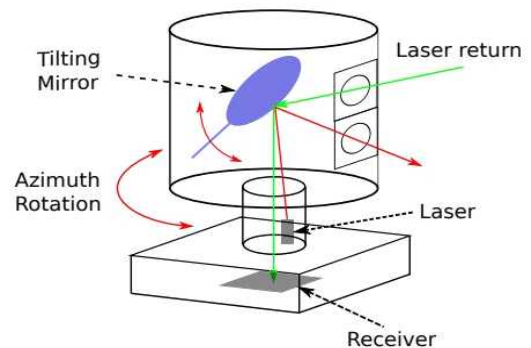
Circuit Python이란 PC 환경이 아닌 임베디드 보드에서 동작하는 파이썬 환경이다. 임베디드 보드 및 프로젝트에서 유명한 Adafruit 에서 공식적으로 배포하고 있는 MicroPython fork(소프트웨어 개발) 버전이다. 여러 가지 라이브러리를 쉽게 사용할 수 있으며, 여러 모듈에 대한 드라이버의 기본적인 예제들을 제공하고 있다.

- 라이다 SLAM 기술

라이다는 주변의 사물을 인식하기 위해 레이저 신호를 이용하는 기술이다. 라이다에서 쏘아진 펄스 레이저 신호가 주변의 사물과 부딪힌 후 되돌아오면, 이를 분석해서 사물의 위치나 운동 방향, 속도 등을 확인하는 방식이다. 영어의 "Light Detection and Ranging"의 약어이며, 이를 일컬어 "라이다"라고 부른다.

① 장점: 카메라나 레이더에 비해 정밀도가 압도적으로 높고, 더 높은 수평 방위각을 가지고 있다.

② 단점: 탐색 범위가 레이더에 비해 좁고 센서를 감추기가 힘들며 환경의 영향을 너무 크게 받는다.



(그림 5) 라이다 센서 원리.

4. 개념설계 및 상세설계

- 로봇 바디 상세설계

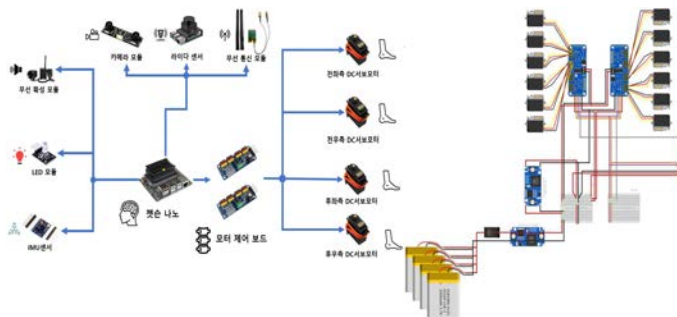
기존의 로봇인 Boston Dynamics 사의 SPOT은 길이 1.1m, 너비 0.5m, 높이 0.84m, 무게 32.5kg으로 크기가 크고 무겁지만, 최대 적재 가능 무게가 13.6kg 정도로 힘이 강하다. 하지만 본 프로젝트에서는 사용되는 서보모터의 출력 토크로 감당할 수 있는 적절한 크기의 로봇 다리 기구부와 몸체가 필요했고 로봇을 소형화를 함으로써 얻을 수 있는 공간적 자율성이 작지 않았기 때문에 아래 이미지와 같이 기존보다 크기를 줄이고 필요한 제작 비용 또한 상당 부분 감소시킬 수 있었다.



(그림 6) 로봇 바디 제원.

- 시스템 구조 설계

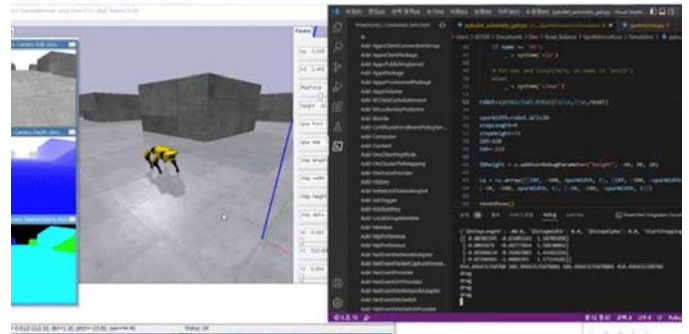
본 프로젝트에서는 가장 핵심적인 부품으로 메인 개발 보드에 젯슨 나노(Jetson nano)를 사용하고 모터 드라이버에 PCA9685 16채널 드라이버를 사용하여 라즈베리파이보다 더 빠른 처리 속도로 모터를 다중 제어할 수 있도록 구현하였다. 외부 모듈들은 젯슨 나노에 USB 포트로 연결하고 모터 드라이버는 i2c 통신이 가능한 GPIO 핀들을 이용하여 연결하였다. 다른 모터 드라이버와 비교하면 PCA9685 모터 드라이버는 5V 핀과 GND핀을 동시에 연결해 놓으면 로봇에 강한 역 토크가 걸릴 때마다 역전류가 흘러버려서 다이오드가 더 쉽게 타버리는 단점이 존재했다. 이를 위한 해결책으로 5V 핀을 직접 모터에 연결하여 역 토크로 인한 부담을 비교적 더 강한 모터가 직접 견디도록 채설계하였고 다이오드가 타버리는 사고를 없앨 수 있게 되었다.



(그림 7) System Diagram 및 모터 회로도.

- Pybullet 시뮬레이션 기반 보행 제어 및 설계

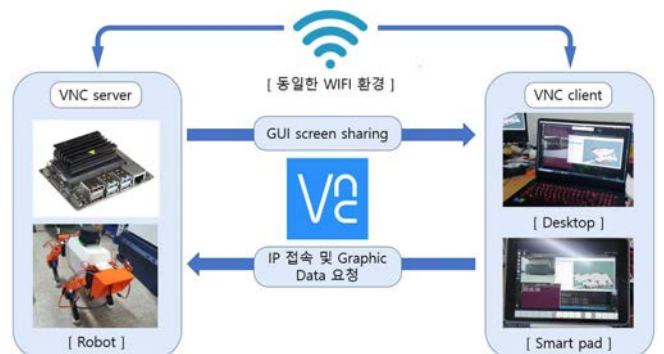
실제 로봇을 이용하여 직접 제어를 수행하기에는 환경 세팅에 시간 소모가 매우 컸기 때문에 Pybullet 로보틱스 시뮬레이션을 이용하여 PD 제어기의 gain 값과 동작 시간을 조정하였다. 시뮬레이션 결과, 로봇의 모터 시스템이 stable 한 상태를 유지하면서 최적의 모터 출력값을 나타내기 위해서는 PD 제어에서 Pgain: 0.045, Dgain: 0.4로, 보행 과정 속도를 step 과정이 200밀리초 drag 과정이 1,100밀리초로 설정하는 것이 가장 최적의 수치였다. (Pgain: 모터 동작의 크기 수치, Dgain: 모터 동작의 안정성 수치, step: 발을 내딛는 과정, drag: 내딛는 발로 지면을 끌어오는 과정)



(그림 8) Pybullet 시뮬레이션 진행 과정.

- VNC 원격제어 원리

로봇을 직접 제어하면서 라이다와 카메라로부터 시각화된 데이터를 얻기 위해서는 무선 통신이 필수적이다. 본 프로젝트에서는 가장 기본적이고 직관적으로 정보를 확인할 수 있는 Jetson nano의 GUI를 다른 PC에서 볼 수 있도록 VNC viewer를 통한 원격 제어방식을 선택하였다. 전체적인 시스템은 ROS의 serial 통신방식과 유사하며 VNC client인 데스크탑에서 VNC server인 Jetson nano의 IP로 접속하여 그래픽 데이터를 요청하면 screen sharing이 허용된 Jetson nano에서 GUI 정보를 데스크탑으로 전송하는 방식이다. 이때 VNC client의 구성은 스마트패드도 가능하므로 무거운 데스크탑 대신 가벼운 모바일 패드로도 로봇 조종을 할 수 있도록 설계하였다. 근거리에서는 블루투스 기능을 이용하여 무선 키보드로도 로봇 조종을 할 수 있도록 제작하였다.



(그림 9) VNC 원격통신 구조도.

참고문헌

[1] Sen Muhammed Arif, Bakircioglu Veli & Kalyoncu Mete. (2017). Inverse Kinematic Analysis Of A Quadruped Robot. International Journal of Scientific & Technology Research. 6.

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