

딥 러닝을 이용한 자율주행 쓰레기통 로봇 개발

이준일¹, 길에스터², 김현주³, 이지원⁴¹강원대학교 메카트로닉스 공학과²강원대학교 메카트로닉스 공학과³강원대학교 메카트로닉스 공학과⁴강원대학교 메카트로닉스 공학과wnsdlf980@kangwon.ac.kr, esthergil@kangwon.ac.kr, fgfg0203@kangwon.ac.kr, wldnjs2455@kangwon.ac.kr

Self-driving trash can robot using Deep learning

Jun-Il Lee¹, Esther Gil², Hyun-Ju Kim³, Ji-Won Lee⁴¹Mechatronics Engineering, Kang-Won national University²Mechatronics Engineering, Kang-Won national University³Mechatronics Engineering, Kang-Won national University⁴Mechatronics Engineering, Kang-Won national University

요 약

매년 쓰레기 발생량이 증가하는 시대에서 청소로봇의 중요성이 크게 떠오르고 있다. 이에 노면 청소에 집중되어 있는 기존 청소로봇과 달리 본 연구는 쓰레기를 수거하는 방식의 청소로봇을 제시한다. 딥 러닝을 이용한 자율주행 쓰레기통 로봇은 Computer Vision 을 이용하여 쓰레기를 인식하고 자체 제작한 로봇 arm 을 이용하여 수거하며, 장애물을 피해 자율 주행하는 청소 서비스를 제공한다.

1. 서론

환경부 조사에 따르면, 2019 년 기준 전국의 불법 투기 폐기물량이 33 만톤으로 집계 되었다. [1] 하지만 무단으로 버려진 쓰레기들은 정확한 집계가 어렵기 때문에 실제로 버려지는 쓰레기는 그 이상으로 판단되며 쓰레기의 양이 매년 증가하고 있다.

한국 로봇 산업 진흥원의 2020 “KIRIA ISSUE REPORT”[2]에 따르면 청소 로봇 개발 분야는 블루오션으로 평가되고 있어 가정에서 쉽게 접할 수 있는 로봇 청소기, 사람이 운전을 해서 다니며 청소를 하는 형식으로 대부분 노면에 존재하는 먼지나 액체 등을 흡입하거나 닦아내는 형식의 로봇 차량들이 개발되고 있다고 밝혔다.

기존 로봇들의 한계점은 청소 대상이 먼지 같은 미세한 요소에 국한되어 있으며 어느 정도 이상의 크기와 무게가 존재하는 이물질에 대해서는 청소가 불가능하다는 점이다. 그러한 문제들이 존재하기 때문에 제거하지 못하는 이물질에 대해서는 추후에 인력으로 제거를 해야 한다.

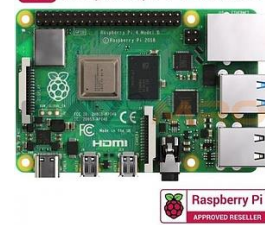
본 연구는 이러한 한계점을 극복하고 쓰레기 수거가 필요한 공간에서 로봇 스스로 자율 주행을 하며 이물질이 존재할 시에 로봇 팔을 이용하여 제거하는 새로운 방식의 청소로봇 개발을 목표로 한다.

2. 개발 준비

본 연구를 위해 사전에 기획 단계에서 기존 청소로봇들의 방식과 활용 분야를 조사하고 로봇의 구성이 어떻게 이뤄지는지에 대해 연구를 하였다.

2.1 개발 보드 및 HW

4GB Raspberry Pi 4 Model B



(사진 1) 라즈베리파이 보드.

(사진 2) 동키카.

초기 기획 단계에서는 사용해본 경험이 있는 아두이노를 이용하여 제작을 생각하였지만 본 연구에서는 딥 러닝을 이용하여야 하기 때문에 센서 제어뿐만 아니라 프로그램 실행이 가능한 라즈베리파이로 메인 보드를 선정하였다. 라즈베리파이는 쉽게 말해 초소형 컴퓨터로 모니터와 연결한다면 리눅스 시스템과 유사한 라즈비안 OS 를 이용한 프로그래밍이 가능하며 GPIO 핀을 이용하여 센서와 모터의 제어 또한 가능하다.

개발을 위한 구동부 HW 는 개발 기간의 단축을 위해 open source 로 개방 되어있는 Donkey car 의 구동부와 HW 프레임을 사용하였다. Donkey car 는 사용자가 직접 자동차를 조종해서 트랙을 돌면 카메라를 통해 인식된 트랙을 딥 러닝으로 학습해 학습 이후에는 스스로 트랙을 주행하도록 한다. 본 연구 목적에 맞게

Donkey car 의 SW 를 변경해 사용하였다.

2.2 개발 언어



(사진 3) Open CV.



(사진 4) Python.



(사진 5) TensorFlow.



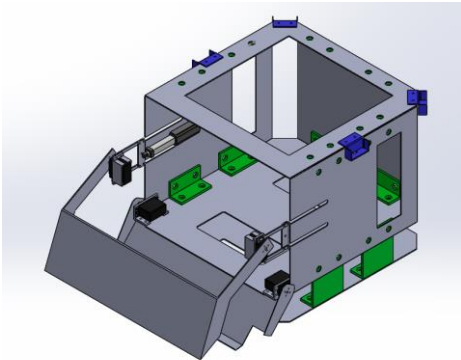
(사진 6) YOLO.

본 연구 목적을 위해서는 카메라를 통해 환경을 인식하고 학습하는 과정, 물체를 인지하는 과정이 필요하기 때문에 카메라를 이용하고 물체를 인지하는 SW 인 Open CV 와 YOLO 를 이용하기로 하였고 딥 러닝을 위한 TensorFlow 를 사용하기로 하였다. 기본 언어는 Python 을 사용하여 개발을 진행하였다.

3. 개발 과정

3.1 HW 설계

본 개발에서 사용된 HW 는 Donkey car 의 기존 프레임 HW 와 SOLIDWORKS 를 이용하여 직접 설계한 HW 로 크게 두가지로 나눠 HW 개발을 진행하였다.



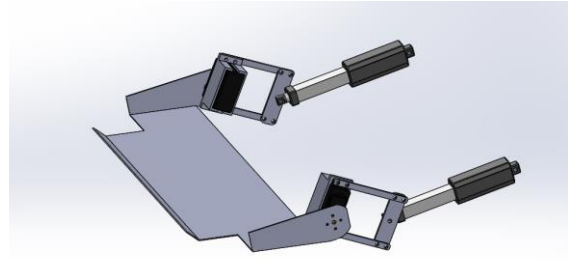
(사진 7) SOLIDWORKS 차체 전체 설계 결과

차량 몸체를 지지하기 위해 구동부의 강성을 높여야 하므로 차량 구동부에 Donkey car 프레임 사용하였다.

로봇 차체의 무게는 쓰레기 수거를 할수록 증가하기 때문에 차체 프레임이 가벼우면서도 강성을 가지고 있어야 한다. 따라서 소재로 MDF 3T 를 선정하였으며 레이저 커팅기를 이용해 제작을 하였다.

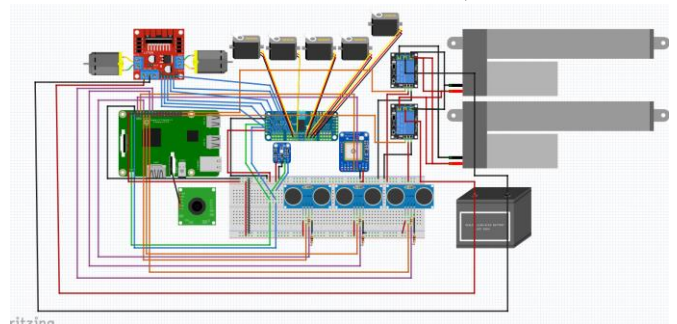
또한, 3D 프린터를 이용하여 설계 부품 사이의 연

결 부분을 ABS 로 제작하였고 추가적으로 센서와 모터를 고정하기 위한 브라켓을 제작하였다.



(사진 8) SOLIDWORKS 로봇 팔 설계 결과

본 개발의 목표는 이물질 수거이기 때문에 이물질 수거를 위한 로봇 팔 부분을 설계하였다. 로봇의 높이와 이물질의 높이에 따라 팔 부분의 길이가 달라지기 때문에 팔의 길이 변화가 가능하도록 리니어 모터를 어깨 부분에 사용하였고, 이물질을 끌어올 수 있도록 손목 부분에 서보모터를 이용해 설계를 하였다. 또한, 이물질을 담고 로봇이 주행을 하고 이물질을 담는 과정에서도 이물질의 이탈을 막기 위해 로봇 앞면부에 서보모터를 이용해 도어를 설계, 제작하였다.



(사진 9) 회로 결선도

Fritzing 프로그램을 이용하여 센서와 모터의 결선도를 제작해 로봇의 최종 형태를 설계하였다.

3.2 SW 설계

본 개발에서는 Open source 로 만들어진 자율주행 자동차인 Donkey car 를 기반으로 크게 감지부, 수거부와 구동부로 나뉜다.

감지부는 로봇이 장애물을 피하면서 쓰레기만을 인식할 수 있도록 설계하였다.

본 연구는 이물질 수거가 목표이므로 YOLO MAKR 를 사용하여 수거하려는 쓰레기 이미지의 라벨링을 직접 설정하여 생성된 가중치로 주행 중의 카메라를 통하여 캔, 페트, 종이컵 등의 이물질을 인식하게 하였다. 또한, 카메라가 인식하지 못하는 위치에서 장애물이나 사람과의 충돌 등의 위험을 방지하기 위하여 전면을 제외한 세 면에 초음파 센서를 부착하여 신호가 감지될 시 로봇이 일정시간 정차하도록 설계하였다.

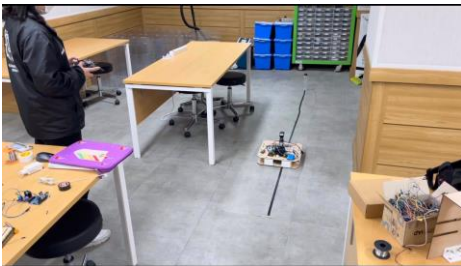
수거부는 카메라로 쓰레기가 인식되면 작동되게 설

계하였다. 로봇 팔이 수거할 수 있는 일정거리를 두고 쓰레기 근처에 다가가게 하였다. 전면부 도어가 열린 후 어깨 부분의 리니어 모터가 앞으로 나오며 손목 부분의 서보모터가 작동하여 쓰레기를 담을 수 있도록 하였다. 수거 후에는 로봇 팔이 복귀하고 다시 자율주행을 시작한다.

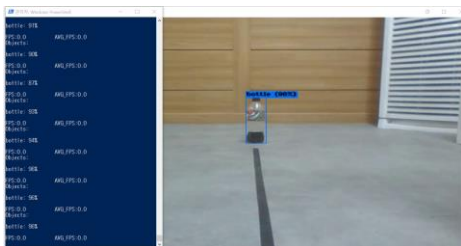
구동부는 사용자가 경로를 직접 설정한 후 그 경로를 따라 자율주행 할 수 있도록 설계하였다. 로봇을 PORT 번호를 지정하여 사용자가 WEB 상의 조이스틱으로 조종할 수 있게 하였다. 사용자가 수동 주행을 하면 내장된 카메라가 녹화를 시작하며, 녹화 데이터를 바탕으로 keras 를 이용하여 주행 된 경로를 CNN 모델로 학습시켰다. 경로 학습 이후에는 사용자가 원하는 공간에 로봇이 자율적으로 작동될 수 있게 하였다.

4. 결과

본 연구의 결과이다. 1 차적으로 사용자의 조작 주행으로 경로를 탐지 후 딥러닝을 통해 경로를 학습하고 주행을 한다. 학습을 시켜 놓은 물체에 대하여 주행 과정 중에서 물체를 찾아낼 시에 물체에 다가가 수거를 수행하기 위한 과정에 돌입한다.



(사진 10) 조종기 조작을 통한 로봇의 움직임 확인



(사진 11) 주행 중 인식한 물체에 대한 식별과정



(사진 12) 리니어 모터와 로봇 arm 과 door 의 작동 성능 확인

리니어 모터가 일정 거리 전진 후에 서보 모터를 이용한 arm 의 하강을 통해 목표 물체와의 닿는 면적을 넓히고 리니어 모터의 후진을 통해 로봇 쪽으로 끌어오는 동작을 통해 로봇의 전체적인 과정의 진행과 기능성을 확인하였다.

5. 결론

본 연구의 로봇은 직관적인 작동 구조와 수거 방법을 통하여 사용자가 어려움 없이 이용이 가능하다. 조작 주행을 통하여 사용자의 편의에 따라서 활동구역을 제한하고, 수거 대상 선정이 가능하며, 기존의 청소 로봇들에 비해서 저렴한 제작비로 제작이 가능하다. 쓰레기 수거뿐만 아니라 원하는 물체에 대한 수집 또는 제거의 방안으로도 활용이 가능하다는 점에서 두각을 보인다.

본 연구를 위해 제작한 로봇은 배터리 팩의 작동 시간, 내구성 부족, 로봇의 크기에 따른 수거 대상의 크기 제한, 물체 탐지 방향에 따른 사각 지대 발생의 문제점이 존재하며. 현재 로봇의 제작 상태에서는 실내에서만 주행이 가능하다는 한계가 존재한다.

이에 따른 추후 연구, 개발의 목표는 첫째, 수거 물체의 크기에 대한 기준을 설정하고 기준에 따른 크기의 로봇을 제작하여 모터의 수 절감. 둘째, 외관 제작에 사용한 MDF 보다 내구성이 강한 HW 재료를 사용하여 내구성을 강화. 셋째, 라이다 센서를 이용한 주변 장애물 탐지와 카메라의 회전 반경을 증가시켜 물체 탐지에 대한 사각지대를 최소화. 넷째, 구동부에 사용되는 휠, 모터, 조향 방식에 변화를 통하여 실외 주행을 도모할 수 있는 안정성과 내구성을 확보하는 방안으로 한다.

본 연구로 기대되는 효과는 첫째, 인구 고령화 및 저출산에 따른 노동력 감소에 대한 대비를 통해 청소의 한계를 극복할 수 있다. 둘째, 로봇의 외형 변화를 통해 사람들에게 친근함과 관심을 유도해 환경오염을 감소시키고 쓰레기 투기를 방지하며 올바른 쓰레기 배출에 동참하게 할 수 있다.

- 본 논문은 과학기술정보통신부 정보통신창의 인재양성사업의 지원을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다. -

참고문헌

[1] 환경부, 정부, 전수조사로 확인된 불법폐기물 120만톤 신속한 처리 착수, 환경부 보도·설명, 2019.
 [2] B. H. Baek, “블루오션(Blue Ocean)”으로 떠오르는 전문청소-리사이클링 로봇동향, KIRIA Issue Report, KIR 20-1, 2020.