

영상인식 및 임베디드 시스템을 활용한 Reverse Vending Machine 개발 (Developing RVM System Based on Computer Vision and Embedded system)

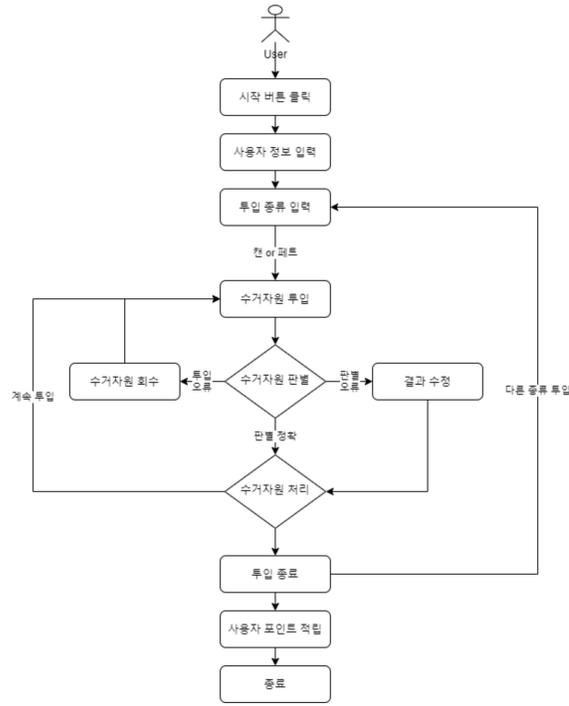
*심용헌, 강승찬, 김민수, 손현중, 유태영, 윤연상
서울시립대학교 기계정보공학과



▶ 연구 개요

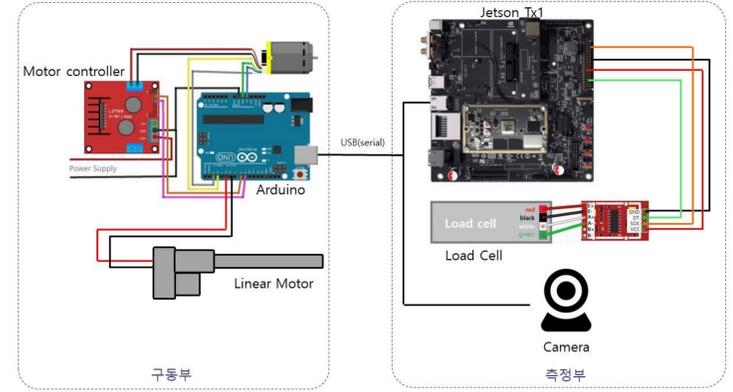
개발 과제 요약:

- 영상 인식 기술(Computer Vision)과 임베디드 시스템(Embedded System)을 활용하여 RVM을 개발하고자 한다.
- RVM이란 Reverse Vending Machine으로 사용자에게 페트와 캔과 같은 재활용 자원을 받고 적절한 보상을 주는 역 자판기이다. 기존 RVM과 같은 바코드 인식 방법과 달리 영상 인식을 통해 수거자원을 판별하도록 한다. 이를 통해서 올바른 재활용 방법을 홍보하고, 동시에 페트와 캔의 재활용률의 높임을 기대할 수 있다.
- 본 과제에서 설계하고자 하는 RVM의 서비스 시나리오는 우측 그림과 같다. 사용자가 시작버튼을 클릭하면 RVM 작동이 시작된다. 정보를 입력한 뒤 투입할 수거자원의 종류를 결정한다. 사용자가 수거자원을 투입하면 기계 내부에서 판별한 뒤 처리한다. 투입이 종료되면 적절한 보상을 지급하게 된다.



제어부 및 회로 설계 :

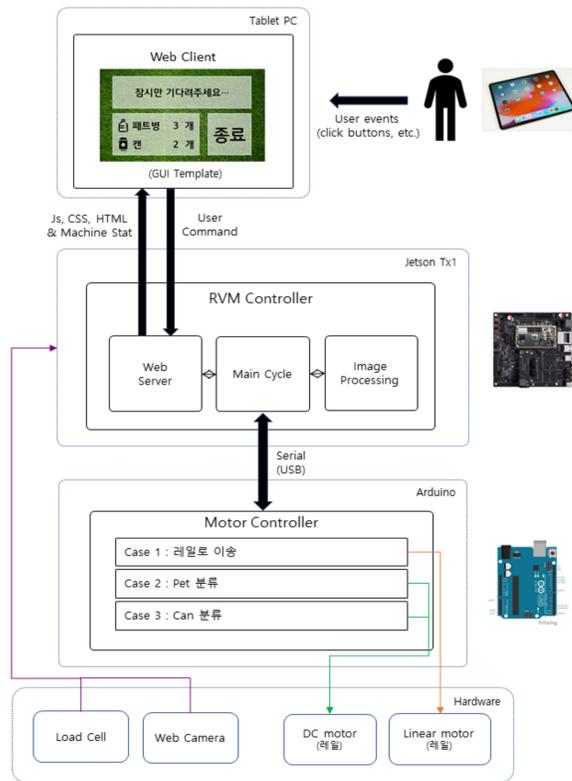
- 본 과제에서는 Jetson Tx1 보드와 아두이노를 사용한다. Jetson Tx1 보드는 Nvidia에서 개발자용으로 출시한 인공지능용 보드이다. 수거자원 판별을 위한 Load Cell, Camera와 수거자원 처리를 위한 DC 모터, Linear 모터가 각각의 보드에 연결된다. 아래의 그림은 RVM의 회로를 나타낸 그림이다.



▶ 소프트웨어 구조 및 영상 인식 설계

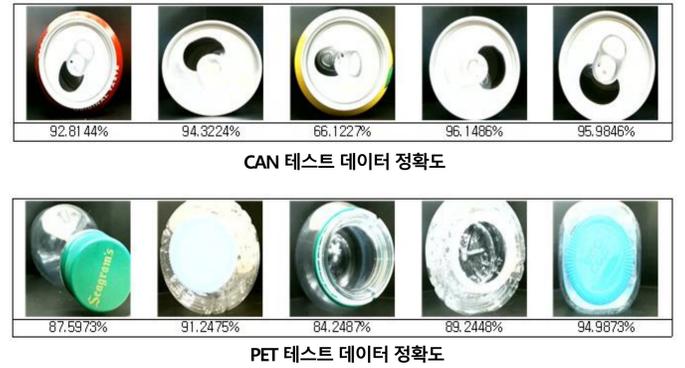
소프트웨어 구조 :

- 본 과제에서 제안하는 RVM의 소프트웨어 구조는 우측 그림과 같으며, 총 3개의 프로세스로 이뤄져 있다.
- 클라이언트는 사용자가 조작하는 UI이며 Web 기반으로 구현되었다. 태블릿 PC에서 브라우저로 구동하여 사용자가 쉽게 접근할 수 있도록 디자인했다. 서버와 무선통신을 하며 사용자 명령과 기계의 상태 정보를 주고받는다.
- RVM 컨트롤러는 전체 시스템을 제어하는 프로세스를 의미하며 웹 서버, Main Cycle, 이미지 처리 모듈로 구성된다. 서버는 Flask 프레임워크를 사용하여 구축하였으며, 전체 시스템을 제어하는 Main Cycle과 Multi Threading을 활용하여 병렬 실행된다. Main Cycle은 각 단계에 맞게 동기화되어 Load Cell, Camera 등을 제어한다.
- 모터 컨트롤러는 아두이노에서 구동되는 프로세스로서 RVM 내부의 각 모터를 제어한다. DC 모터, Linear 모터를 구동하며 총 3가지 모션을 구동한다. RVM 컨트롤러와 USB serial 통신을 통해 명령을 전달 받고 결과를 전송한다.



영상 인식 :

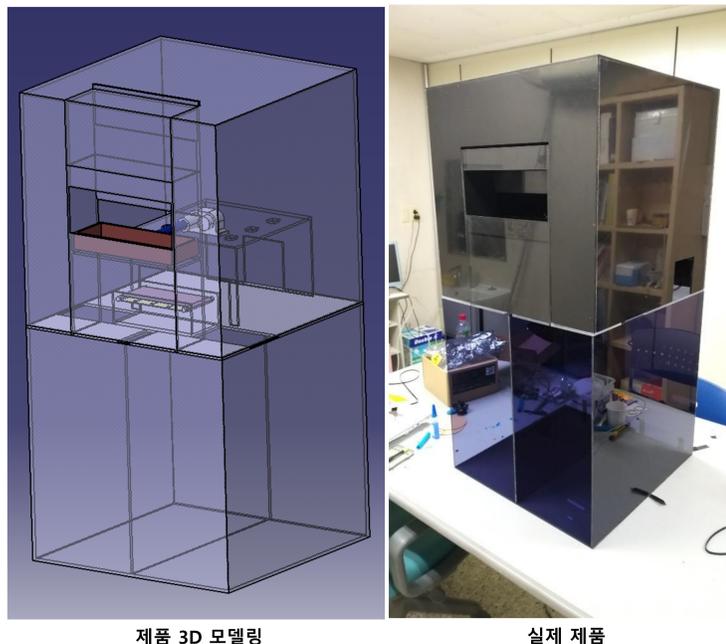
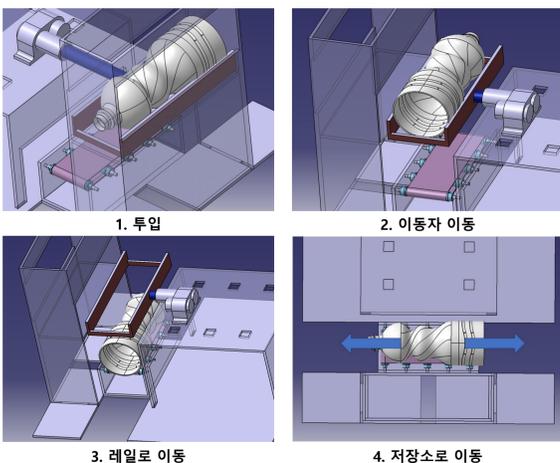
- 영상인식은 투입된 수거자원의 이미지를 촬영하여 이를 페트, 캔, 나머지로 분류하는 기능이며 인공지능 기술을 활용하여 구현하였다.
- Convolution Neural Network(CNN) 기반의 오픈소스 Resnet을 사용하였다. CNN 신경망은 시각적 데이터를 분석하기 위해 사용되는 다층의 Feed-Forward 인공신경망이다.
- 수거자원 앞면, 뒷면을 촬영하여 이미지 처리를 진행하였다. 이러한 촬영 방법은 판별에 큰 영향을 주는 라벨을 최소화하고 페트와 캔의 차이점을 부각시킬 수 있다.



▶ 하드웨어 설계 및 성능 평가

수거자원 처리 과정 및 3D 모델링 :

- RVM 내부에서 수거자원의 기계적인 처리과정은 총 4단계로 이뤄져 있다. 4단계를 거쳐 수거자원은 최종적으로 RVM 하단의 저장소로 떨어진다.



평가 항목 및 결론 :

- 영상인식 정확도는 투입된 수거자원에 대한 판별 결과의 정확도를 의미하며, 초기 목표치에 비해 5%정도 더 높은 성능을 보인다.
- RVM 응답속도는 한 개의 수거자원에 대한 시스템의 처리 시간을 의미하며 초기에 15초를 목표로 설계를 했지만, 각 모터의 동착속도가 저하되어서 5초 정도 지연되었다.
- 시스템 처리 오류율은 시스템이 오작동하는 비율을 의미하며, 0% 오류율의 성능을 보인다.

평가 항목	단위	목표치	실제 성능
영상인식 정확도	%	80% 이상	85%
RVM 응답속도	s	15s	20s
시스템 처리 오류율	%	5% 이하	0%