

포스코 Big Data & AI 아카데미 16기

AI 프로젝트 최종발표

User Tracking AI Cart

“PORY”

A2조 강지우 김호준 노소은 조현영 박나희

User Tracking AI Cart

목차

01. 추진배경

02. 기존 사례

03. 구조도

04. 사용 기술 및 구현 내용

05. 시연 영상

06. 개선 기회

01. 추진배경

‘최저 임금 인상 및 코로나 19 영향 → 무인 판매 시장 확대’
→ 시장 수요에 대응하여 유연성, 경제성을 지닌 자율주행 카트로 관련 시장 선점 목표 수립

상용 중인 국내 스마트 카트 부재

정용진 이마트 부회장이 자율주행 카트 '일라이'를 선보이며 자사에 스마트 쇼핑 도입을 예고한 뒤 2년 지남.

하지만 실제 상용화된 스마트 쇼핑은 단 한 건도 없음 (2021.6)

AI 스마트 카트
필요성 대두

User Trackig AI 카트 제작

활용 방안

작업장 내에 사용자를 추적하며 물품을 나르는 일과 충돌 방지를 위해 사용자와 일정 거리를 유지

→ 작업장 내 안전사고 예방에도 적용 가능

매장에서 고객을 tracking하며 상품을 자동으로 인식하고 상품 위치를 알려주는 카트 시스템

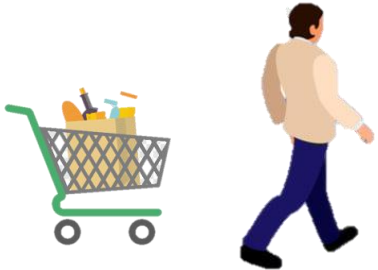
자율주행 카트에 상품 적재



카트 음성 인식 기능






사용자 Tracking






02. 기존사례

■ 매장에서 고객을 tracking 하며 상품을 자동으로 인식하는 카트들

<div>Eli E-Mart</div> <div>자율 주행 카트</div> <div></div>	<div>Kroger Amazon Go</div> <div>스마트 식료품 카트</div> <div></div>	<div>Dash Cart Amazon</div> <div>스마트 카트</div> <div></div>
공통점 : tracking, 상품 인식 및 자동 계산		
<ul style="list-style-type: none">• 3D Camera + Lidar<ul style="list-style-type: none">- 장애물 감지 및 회피, 사용자 트래킹• Voice Recognition<ul style="list-style-type: none">- 사용자 음성 인식 서비스 제공• 실내 GPS<ul style="list-style-type: none">- 카트 위치 인식 및 물품 장소 안내• Mecanum Wheel<ul style="list-style-type: none">- 4방향 이동이 가능한 특수 바퀴 사용	<ul style="list-style-type: none">• 이미지 스캐닝<ul style="list-style-type: none">- 카트에 담긴 상품 인식• 카트 내부 딥러닝 센서<ul style="list-style-type: none">- 제품 2차 확인• 무게 센서, 저울<ul style="list-style-type: none">- 상품 인식• 터치스크린<ul style="list-style-type: none">- 제품 정보 및 프로모션 정보 제공	<ul style="list-style-type: none">• 무게 센서, 저울<ul style="list-style-type: none">- 상품 인식• QR 시스템<ul style="list-style-type: none">- QR 코드 회원 인증• 바코드 시스템<ul style="list-style-type: none">- 상품 및 가격 인식• 터치스크린<ul style="list-style-type: none">- 제품 정보 및 프로모션 정보 제공

■ 사용자 추적 기능을 지닌 자율 주행 카트, Eli(일라이)

사용자 추적 기능		
Eli E-Mart 자율 주행 카트	Kroger Amazon Go 스마트 식료품 카트	Dash Cart Amazon 스마트 카트
		
공통점 : 상품 인식 및 자동 계산		
<ul style="list-style-type: none">• 3D Camera + Lidar<ul style="list-style-type: none">- 장애물 감지 및 회피, 사용자 트래킹• Voice Recognition<ul style="list-style-type: none">- 사용자 음성 인식 서비스 제공• 실내 GPS<ul style="list-style-type: none">- 카트 위치 인식 및 물품 장소 안내• Mecanum Wheel<ul style="list-style-type: none">- 4방향 이동이 가능한 특수 바퀴 사용	<ul style="list-style-type: none">• 이미지 스캐닝<ul style="list-style-type: none">- 카트에 담긴 상품 인식• 카트 내부 딥러닝 센서<ul style="list-style-type: none">- 제품 2차 확인• 무게 센서, 저울<ul style="list-style-type: none">- 상품 인식• 터치스크린<ul style="list-style-type: none">- 제품 정보 및 프로모션 정보 제공	<ul style="list-style-type: none">• 무게 센서, 저울<ul style="list-style-type: none">- 상품 인식• QR 시스템<ul style="list-style-type: none">- QR 코드 회원 인증• 바코드 시스템<ul style="list-style-type: none">- 상품 및 가격 인식• 터치스크린<ul style="list-style-type: none">- 제품 정보 및 프로모션 정보 제공

■ 사용자 추적 기능을 지닌 자율 주행 카트, Eli(일라이)

Eli

E-Mart



자율 주행 카트



- **3D Camera + Lidar**
 - 장애물 감지 및 회피, 사용자 트래킹
- **Voice Recognition**
 - 사용자 음성 인식 서비스 제공
- **실내 GPS**
 - 카트 위치 인식 및 사용자 찾는 물품 장소 안내
- **Mecanum Wheel**
 - 4방향 이동이 가능한 특수 바퀴 사용



■ 딥러닝/스크린 기능을 지닌 스마트 카트, Kroger와 Dash Cart

<div>Eli E-Mart 자율 주행 카트</div> <div>딥러닝/스크린 기능</div> <div><ul style="list-style-type: none">3D Camera + Lidar<ul style="list-style-type: none">- 장애물 감지 및 회피, 사용자 트래킹Voice Recognition<ul style="list-style-type: none">- 사용자 음성 인식 서비스 제공실내 GPS<ul style="list-style-type: none">- 카트 위치 인식 및 사용자 찾는 물품 장소 안내Mecanum Wheel<ul style="list-style-type: none">- 4방향 이동이 가능한 특수 바퀴 사용</div>	<div>Kroger Amazon Go 스마트 식료품 카트</div> <div></div> <div>공통점 : tracking, 상품 인식 및 자동 계산</div> <div><ul style="list-style-type: none">이미지 스캐닝<ul style="list-style-type: none">- 카트에 담긴 상품 인식카트 내부 딥러닝 센서<ul style="list-style-type: none">- 제품 2차 확인무게 센서, 저울<ul style="list-style-type: none">- 상품 인식터치스크린<ul style="list-style-type: none">- 제품 정보 및 프로모션 정보 제공</div>	<div>Dash Cart Amazon 스마트 카트</div> <div></div> <div>공통점 : tracking, 상품 인식 및 자동 계산</div> <div><ul style="list-style-type: none">무게 센서, 저울<ul style="list-style-type: none">- 상품 인식QR 시스템<ul style="list-style-type: none">- QR 코드 회원 인증바코드 시스템<ul style="list-style-type: none">- 상품 및 가격 인식터치스크린<ul style="list-style-type: none">- 제품 정보 및 프로모션 정보 제공</div>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

■ 딥러닝/스크린 기능을 지닌 스마트 카트, Kroger



Kroger
Amazon Go
스마트 식료품 카트



- **이미지 스캐닝**
 - 카트에 담긴 상품 인식
- **카트 내부 딥러닝 센서**
 - 제품 2차 확인
- **무게 센서, 저울**
 - 상품 인식
- **터치스크린**
 - 제품 정보 및 프로모션 정보 제공

■ 딥러닝/스크린 기능을 지닌 스마트 카트, Dash Cart



Dash Cart Amazon

스마트 카트



- **무게 센서, 저울**
 - 상품 인식
- **QR 시스템**
 - QR 코드 회원 인증
- **바코드 시스템**
 - 상품 및 가격 인식
- **터치스크린**
 - 제품 정보 및 프로모션 정보 제공

03. 구조도

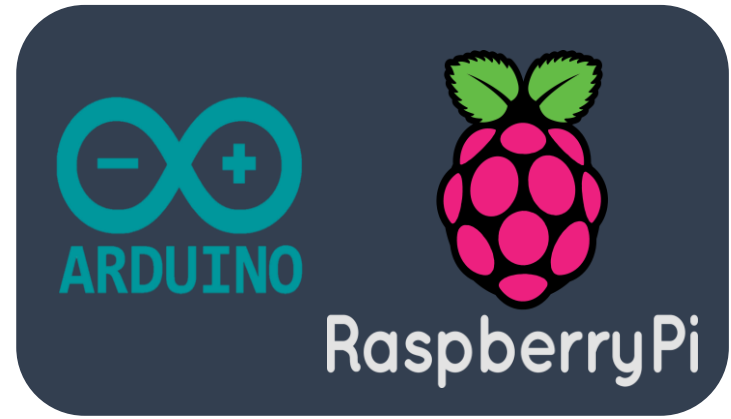
프로젝트를 진행하며 사용한 language / tool



language



통신



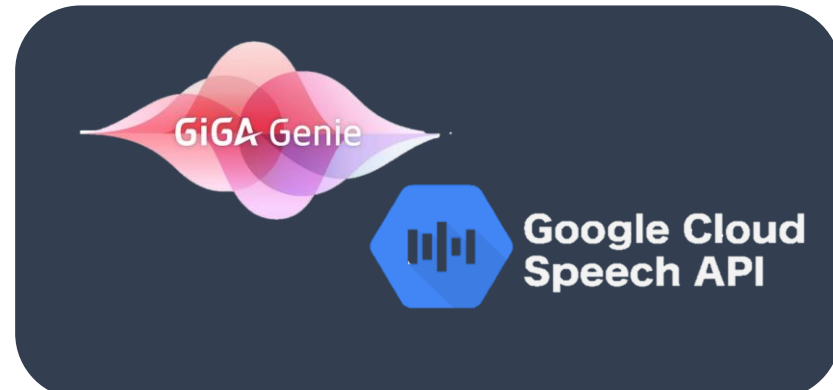
IoT



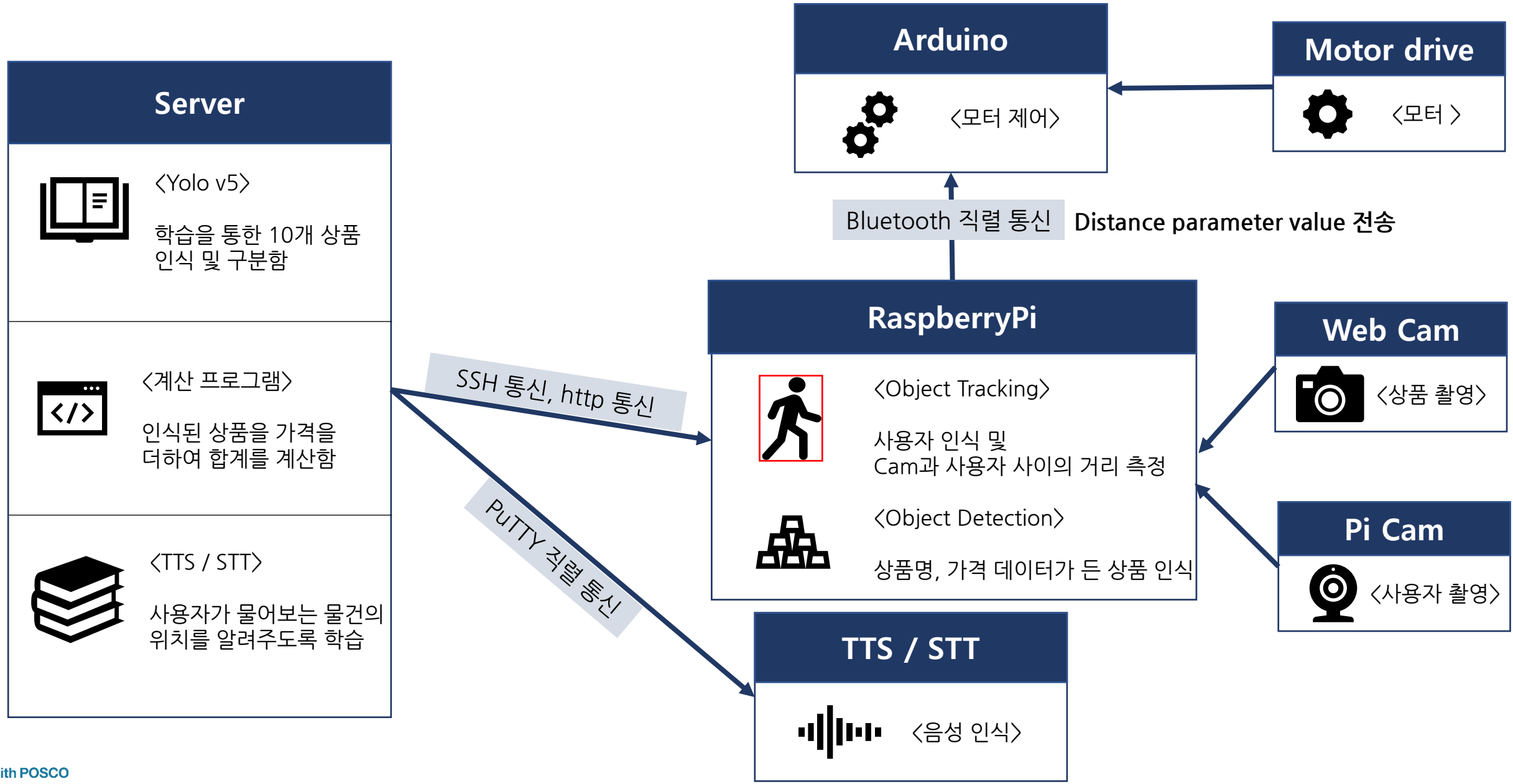
OS



modeling



TTS / STT



04. 사용 기술 및 구현 내용

카트를 처음부터 설계하고 디자인하여 새로 제작함

사용자 tracking 및 상품을 자동으로 인식하고 계산하는 카트 기능에 2가지 기능을 추가함

카트를 새로 제작
하고 기존에 없던
2가지 기능을
추가함

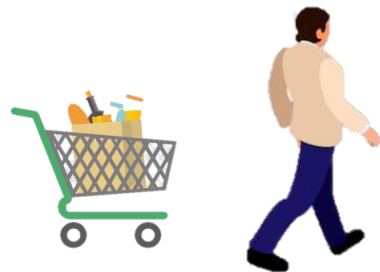
카트 음성 인식 기능

사용자가 카트를 부르고 특정 상품의 위치를 물어보면 카트가 해당 상품의 위치를 정확히 알려주는 기능이다. STT에는 동기 인식, 비동기 인식, 스트리밍 인식의 3가지 방식이 있는데 우리 조는 동작이 제대로 되는지 확인하고 실제 함수를 짜기 때문에 스트리밍 인식 방식을 사용했다.



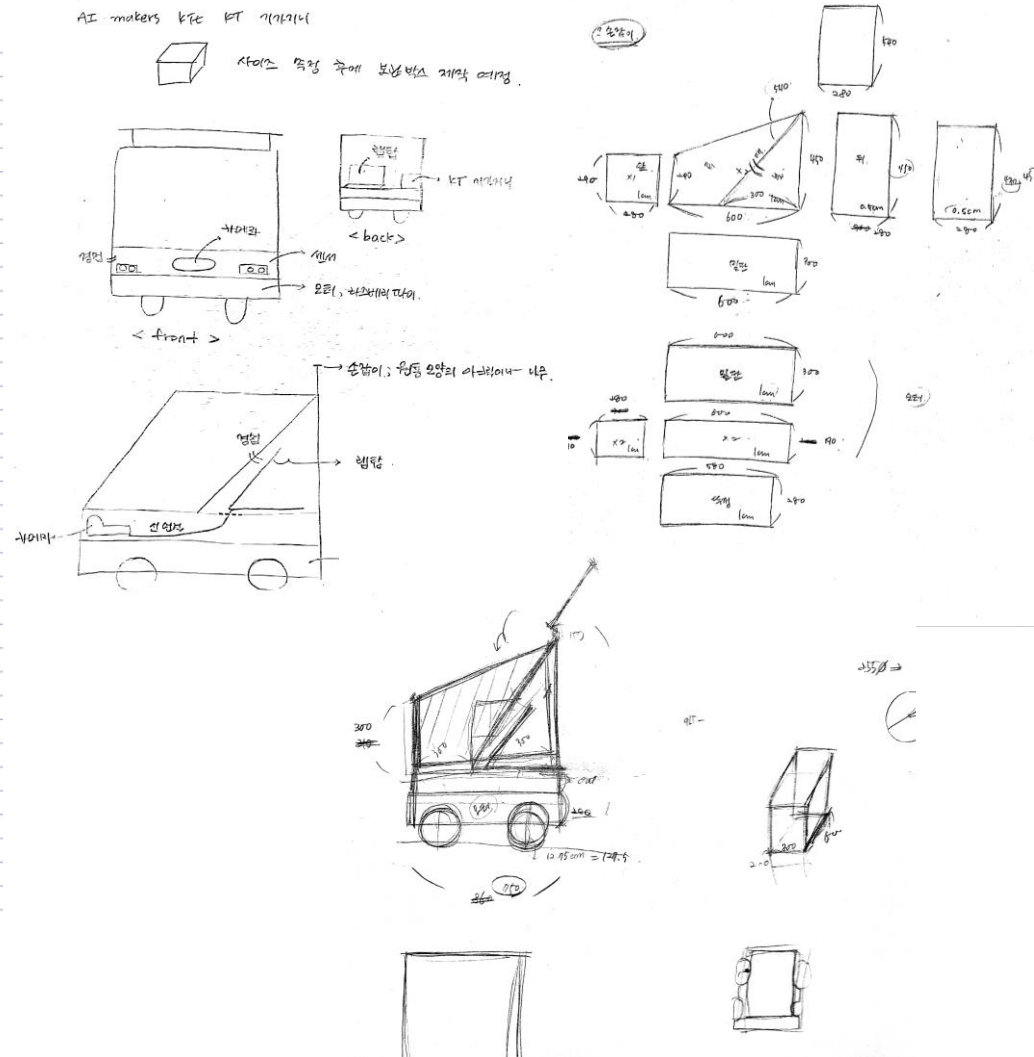
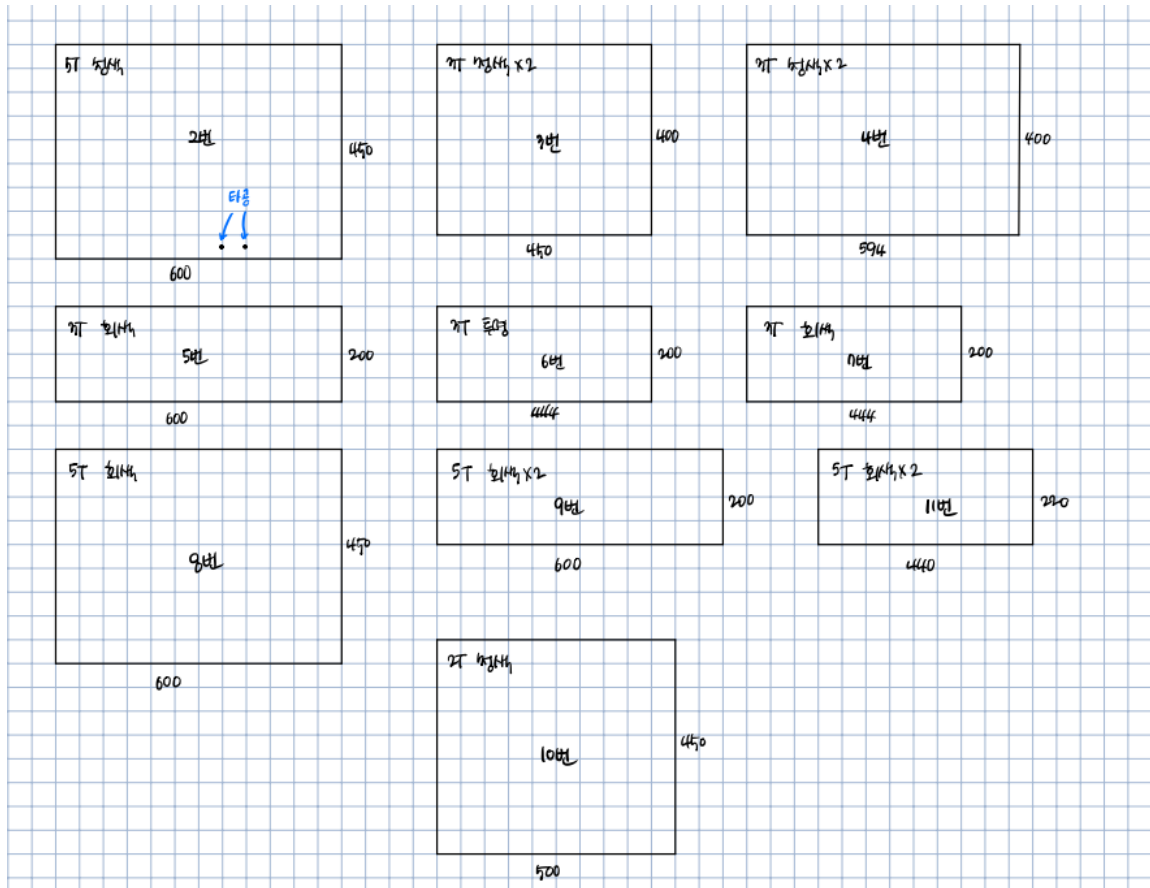
사용자 Back Tracking

사용자를 따라가던 카트가 사용자의 움직임에 맞춰 같이 후진 할 수 있다. 이는 Raspberrypi에서 인식된 사용자와의 distance parameter value를 통신으로 받아 구간을 나누고 사용자와의 거리가 특정 구간에 해당할 경우 함께 모터를 역회전 시키는 방법으로 구현할 수 있었다.



4-1. 하드웨어

외관 디자인을 고려한 부품 선정, 내구성, 카트 무게 등을 고민하며 카트 “PORY”를 새로 제작함



■ 새로 제작한 카트, “PORY”



4-2. 소프트웨어

SST & TSS - 자연어 처리

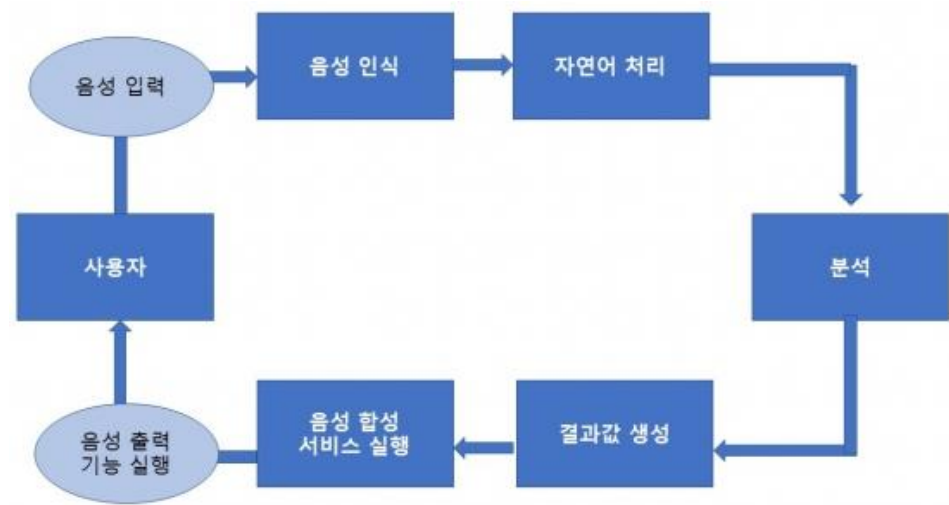
Google API를 이용한 AI 음성인식 구현

사용자가 상품 위치를 물어보면 어디에 있는지 대답해주는 기능

카트 AI 챗봇 구현

사용자의 음성을 인식한 챗봇이 이를 텍스트로 변환하면 해당 질문에 대한 답변을 생성한다. 그 후 챗봇이 답변을 음성 파일로 변환하여 스피커로 출력한다. 이를 구현하기 위해 다음 2가지 기능을 썼다.

- 1. **호출어 인식 기능** : 사용자가 '청년마트', '안녕'으로 정해진 호출어를 발화할 시 AI 챗봇이 이를 인식하고 물건 위치를 소개함.
- 2. **물건 위치 소개 기능** : 사용자가 호출어를 발화한 후 특정 물건의 위치를 물어보는 문장을 발화할 시, AI 챗봇이 이를 인식하고 물건 위치를 음성으로 안내함.



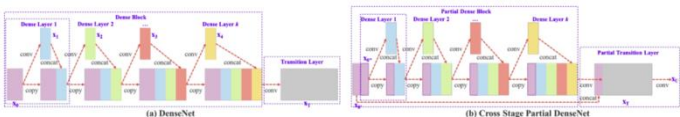
Google TTS 모듈인 gtts와 python STT 모듈인 Playsound를 활용하여 여러 번의 테스트 후 음성인식 기능을 구현했다. 그러나 playsound 실행 시 매개변수 오류 문제가 생겨 Google Speech API와 음성을 출력해주는 pyaudio를 활용하여 머신러닝 기술을 이용하여 음성을 분석하고 텍스트로 변환했다.

사용자 Detecting

모델링

사용자 학습 & 인식

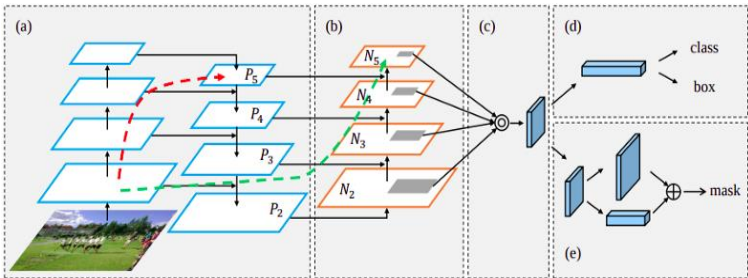
DenseNet과 Cross Stage Partial DenseNet



Yolo v5는 CPU에서 빠른 속도를 제공한다. CSPNet은 입력 기능을 동일한 두 부분으로 나눈다. 하나는 전환 블록에 저장되는 그대로 유지되고 다른 하나에는 밀집 블록과 전환 블록이 제공된다.

CSPNet 연결은 복잡한 모델을 줄이면서 이전 계층의 정보를 저장하는데 도움을 줄 수 있다.

네트워크가 깊을수록 더 많은 정보가 손실된다. 그래서 작은 물체를 감지하기 위해 FPN(Feature 피라미드 네트워크)을 제안했습니다. PANet(Path Aggregation Network)은 최상위 계층에서 현지화된 정보를 개선하는 FPN의 혁신이다.



(a) FPN 백본. (b) 상향식 경로 보강. (c) 적응형 기능 풀링. (d) 상자 가지. (e) 완전히 연결된 융합

초당 프레임 수가 가장 높은 s를 사용했다. 사용자 Detection의 성능을 측정할 때는 accuracy도 중요하지만 speed도 중요하다. 때문에 FPS를 고려하여 모델링하여 사용자를 인식할 수 있도록 했다.

Small YOLOv5s	Medium YOLOv5m	Large YOLOv5l	XLarge YOLOv5x
14 MB _{FP16} 2.2 ms _{V100} 36.8 mAP _{COCO}	41 MB _{FP16} 2.9 ms _{V100} 44.5 mAP _{COCO}	90 MB _{FP16} 3.8 ms _{V100} 48.1 mAP _{COCO}	168 MB _{FP16} 6.0 ms _{V100} 50.1 mAP _{COCO}

사용자 Tracking

1m 거리에서의 사용자의 너비, 높이 측정 후 카메라 사이의 거리 계산 알고리즘 구현



거리 계산 알고리즘

Yolo v5를 이용하여 사용자 이미지 데이터를 모아 augmentation을 통해 데이터 양을 늘린다. batch size와 epoch을 적절히 조절하여 최적의 정확도를 목표로 학습한다. 이를 통해 Raspberrypi에 연결된 cam을 이용하여 사용자를

거리 계산 알고리즘을 이용한 사용자 Tracking

추적할 수 있다. 1m 거리에서의 사용자의 너비와 높이를 측정한 뒤, 전방에 추적된 사용자 좌표를 입력 받아 cam 사이의 거리를 구한다. 이 때, 너비의 오차율은 사용자 너비에서 높이를 나눈 값으로 구할 수 있다. 너비의 오차율과 높이를 비교하여 더 작은 값을 좌표로 적절히 나누고 반올림해 거리를 구한다.

이 거리를 5개 구간으로 나누고 우측 코드와 같이 라즈베리파이에서 직렬 통신을 활용해 아두이노로 송신한다.

```
if dis < 80 : #지우와의 거리가 지나치게 가까우면
    ser.write(serial.to_bytes([int('1'),16])) #아두이노에 1 값을 보낸다. "역회전"
elif 80 <=dis and dis < 130 : #지우와의 거리가 가까우면
    ser.write(serial.to_bytes([int('1'),16])) #아두이노에 2 값을 보낸다. "정지"
elif 130 <= dis and dis < 160 : #지우와의 거리가 조금 가까워지려하면
    ser.write(serial.to_bytes([int('2'),16])) #아두이노에 3 값을 보낸다. "속도 내려서 가기"
elif 160 <= dis and dis < 200 : #지우와의 거리가 일정 거리 유지되면
    ser.write(serial.to_bytes([int('3'),16])) #아두이노에 4 값을 보낸다. "계속 쭉 가기"
else: #지우와의 거리가 멀면
    ser.write(serial.to_bytes([int('4'),16])) #아두이노에 5 값을 보낸다. "속도 올려서 가기"
```

■ 상품 인식 및 계산

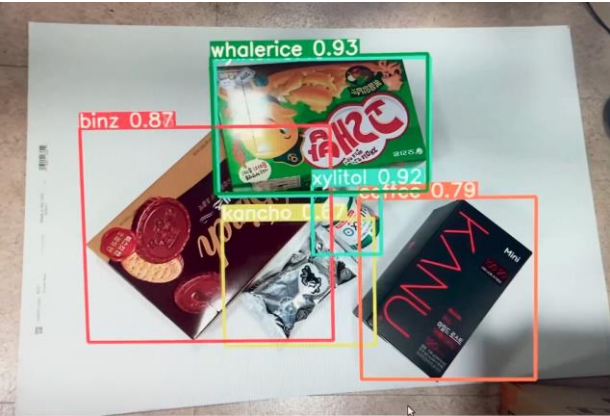
상품 인식 및 총 금액 계산

상품 인식과 label data 추출을 이용한 가격 계산

상품 인식 및 자동 계산

Yolo v5를 이용하여 10개 상품을 촬영해 사용자 이미지 데이터를 모아 augmentation을 통해 데이터 양을 늘린다. batch size와 epoch을 적절히 조절하여 최적의 정확도를 목표로 학습한다.

인식된 상품의 label data를 추출하여 xml 파일로 추출하고, 추출된 label data로 가격을 계산할 수 있다.



```
Label = BoundingBox(x1=196.5668, y1=94.2832, x2=362.3242, y2=203.5783, label=whalerice)
Label = BoundingBox(x1=196.5668, y1=94.2832, x2=362.3242, y2=203.5783, label=whalerice)
Label = BoundingBox(x1=196.5668, y1=94.2832, x2=362.3242, y2=203.5783, label=binz)
Label = BoundingBox(x1=196.5668, y1=94.2832, x2=362.3242, y2=203.5783, label=coffee)
```

label_data.xml

[1048490]			
마스크	3,000원	1	3,000원
[1057372]			
주스	700원	2	1,400원
[1939248]			
커피	7,800원	1	7,800원
	총액	1	12,200원

가격 계산 프로그램

05. 시연 영상



06. 개선 기회

H/W 개선 기회



1. 바퀴 6개로 속도를 올리는 방법을 강구해봐야 한다.
또한 앞 바퀴에 서브모터를 달아서 조향 기능을 넣을 수 있다는 점은 참고해볼만하다.
2. 아크릴 보다 조금 더 가벼운 소재를 이용해 볼 수 있다.
예를 들어, 3D 프린터 이용하여 카트 본체를 제작할 수 있다.
3. 현재의 바퀴보다 조금 더 큰 바퀴를 사용하고 성능이 좋은 모터를 사용하여 출력이 향상된 카트를 제작할 수 있을 것이다.
4. 디스플레이를 장착할 수 있다.

S/W 개선 기회



1. Kinect 카메라를 잘 사용한다면 거리 계산 알고리즘을 직접 짤 필요 없이 카메라로부터 대상 물체 사이의 거리를 구할 수 있을 것이다.
2. 터치형 디스플레이를 장착하여 코드를 짤다면 특정 상품의 위치를 시각적으로 볼 수 있어 위치 이해가 좀 더 쉽게 될 수 있다.
3. 아두이노와 라즈베리파이 모두 이용했는데, 운영체제 설치가 가능한 라즈베리파이에 능숙하여 이를 이용해 모터를 구동한다면 통신할 필요가 없기 때문에 제작이 좀 더 수월했을 것으로 예상된다.

감사합니다.