

실내 문서 전달 자율주행 카트 개발을 위한 텍스트 추출 및 객체 인식모듈, 회피 모듈 개발

컴퓨터공학과 4학년 김명현, 이재빈

요 약

최근 머신러닝 기술과 HW의 발전으로 '자율주행'에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 또한 이를 기반으로 응용분야 역시 단순히 노상이 아닌, 실내에서도 충분히 적용가능 함에 따라, 본 문서는 실내 문서 전달용 자율 주행 카트 개발을 위해, 라즈베리파이를 기반으로 한 실시간 영상처리 및 머신러닝 모듈을 통해 데이터를 가공하고 이를 주행정보로 활용할 수 있는 모듈을 개발하며 최종적으로 클라우드 컴퓨팅을 기반으로 한 실내문서 전달 자율주행 카트를 구현한다.

1. 서론

1.1 연구배경

5G network 환경과 더불어 머신 러닝과 같은 SW기술발전으로 인해 점차적으로 자율 주행의 점진적 변화가 예상된다. 이에 미국 자동차 학회(SAE)에서는 자율 주행의 구현 정도에 따라 자율주행 기준 발전단계를 마련하였으며 2020년 현대자동차에서는 향후 2년 이내에 주행 관련 정보를 판단하고 행동을 결정할 수 있는 레벨3단계를 대부분 구축할 수 있을 것으로 보고 있다.

앞서 보듯, 실외용 Autonomous Vehicle의 연구가 현재 활발히 진행되고 연구되고 있으나, 도로 위가 아닌 실내의 경우 또 다른 문제점에 직면하게 된다. 먼저 Guide Line인 차선이 없다는 점과 더불어, 비좁은 통로가 존재하고 사람들의 왕래가 실내에서는 더욱 잦다는 점을 감안하면 단순히 위치정보를 활용한 자율주행카트 구현에는 무리가 있다.

따라서 본 연구는 기존의 실외 자율주행카트의 개념에 덧붙여 실시간 영상처리를 통한 Text Detection, Human Oriented Driving시스템을 구축하고 Edge Computing기술을 덧붙여 보다 정확한 실내주행과 원격제어가 가능한 카트를 제안한다.

1.2 연구 개발 목표

Cloud Computing기술을 기반으로 위치 정보를 수신하며 이와 동시에 전면, 측면에 대한 실시간 영상처리를 통해 보다 정확한 위치정보를 얻도록 Device를 구현한다. 이에 덧붙여, 실내에서의 다양한 특징점을 가진 1)텍스트(예를 들면 연구실 호수 혹은 문에 달려있는 명패)를 기반으로 위치정보를 얻고, 또한 2)Detection을 통해 Human Oriented Driving System을 구축한다. 상세 구축 내용은 다음과 같다.

- Human Detection 영상모듈(전방카메라) : 자율주행 카트 위에 설치된 카메라모듈을 통해 사람을 인식한다.
- Text Detection 영상 모듈(양 측면 카메라) : 양 측면의 카메라를 통해 실내 정보를 파악한다.

1) 클라우드 기술을 활용하여 얻은 위치정보와 전면과 양 측면 카메라를 활용하여 얻은 Text기반 정보를 조합한다.
이를 통해, 정확한 실내정보를 파악함[실내 특징점 기반 위치 트래킹]

2) 이동객체(사람) 회피 주행(Moving-Objects avoidance driving)

- ML모듈 : 머신러닝 모듈로, 영상처리를 통해 가공된 데이터를 학습된 모델을 통해, 최종 정보를 판단한다. Text 정보 해석과, Human Detection정보를 처리한다.
- 회피 알고리즘 : 각 영상모듈에서 수집된 정보를 바탕으로 회피 여부 및 주행방향을 결정한다.
- 통합 모듈 : 영상처리모듈과 ML모듈로부터 다듬어진 정보를 바탕으로 회피알고리즘에 적용, 최종적인 주행 판단을 반환한다.
- 통신 모듈 : 통합모듈로부터 다듬어진 정보를 시리얼 통신을 통해 제어모듈로 전송한다.

2. 관련연구

2.1 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping) 기반 자율주행카트

초음파, 적외선, 관성 측정 장치인 IMU와 LIDAR, 모터등을 사용하여 제어가능한 로봇에 대해 연구가 이루어진 바 있다. 이 원격제어 로봇은 LIDAR센서를 통해 물체와의 거리를 측정하여 장애물 회피기능을 구현하였다. 다만 ³⁾LIDAR센서가 Object의 반사펄스를 이용하여 물체의 거리를 측정하는 특성을 고려하면, 여전히 반사율이 높은 환경에서 정확한 거리인식이 어렵고, 이에 따른 우발적 장애요소에 대한 회피문제점이 잔존한다.

2.2 클라우드 연계 자율주행 맵 시스템 기술 동향

클라우드와 연계하여 생성되는 자율주행 맵을 구성하면 보다 정밀성 있는 맵을 구성할 수 있다. 또한 도로 교통과 관련된 실시간 갱신주기 측면에서 더욱 세밀하고 정확한 위치정보를 제공할 수 있다. 그러나 실내에서의 경우 주행 경로 상의 장애물이 있을 가능성이 높고 좁은 통로의 특성상 많은 우발적 요소가 예상되기 때문에 정적인 지도만을 구축하여 주행하기에는 한계점이 있다.

2.3 위치 추정, 충돌 회피, 동작 계획이 융합된 이동 로봇의 자율주행 기술

실내 이동로봇의 자율주행 방법으로 지도생성, 위치 추정, 장애물 회피, 경로 계획에 대한 연구가 이루어진 바 있다. 위치 추정을 위해서는 지도 정보를 이용, 센서 데이터를 계산하였고 인공전위계⁴⁾를 사용하여 장애물로부터의 척력, 목표위치로의 인력을 구하여 회피알고리즘을 구현하였다. 그러나 ⁵⁾LRF센서를 바탕으로 장애물을 인식하였고 때문에 실내의 좁은 통로 특성상 센서 길이의 제약으로 인해 장애물 감지거리가 55cm에 불과하였다.

※ 기존 연구 분석

구분	연구내용	한계점
SLAM 자율주행카트	IMU, LIDAR, 모터를 사용하여 자율주행 구현	반사펄스를 이용하는 LIDAR, 초음파 센서의 특성상, 반사율이 높은 환경에서 우발적 상황에 대한 한계점 잔존.
클라우드 연계 자율주행 맵 시스템 기술	클라우드 기반 지도 구축 및 도로상의 옛지클라우드 - 카트간 상호작용을 통한 자율 주행 구현	실내의 경우 주행 경로상에 장애물이 있을 가능성과 좁은 도로 폭을 고려해 볼 때 정적인 지도만을 바탕으로 한 자율주행에는 많은 어려움이 존재함.
위치 추정, 충돌 회피, 동작 계획이 융합된 이동 로봇의 자율주행 기술	LRF 센서를 바탕으로 장애물 인식, 인공전위계를 사용하여 회피알고리즘 구현	실내의 좁은 통로 특성상 LRF센서의 길이가 짧아짐에 따라 장애물 감지거리가 약 55cm에 불과하여 실질적인 자율주행에는 어려움이 있음.

3) 레이저 펄스의 반사 시점까지의 시간을 측정하여 반사체의 위치좌표를 측정하는 센서

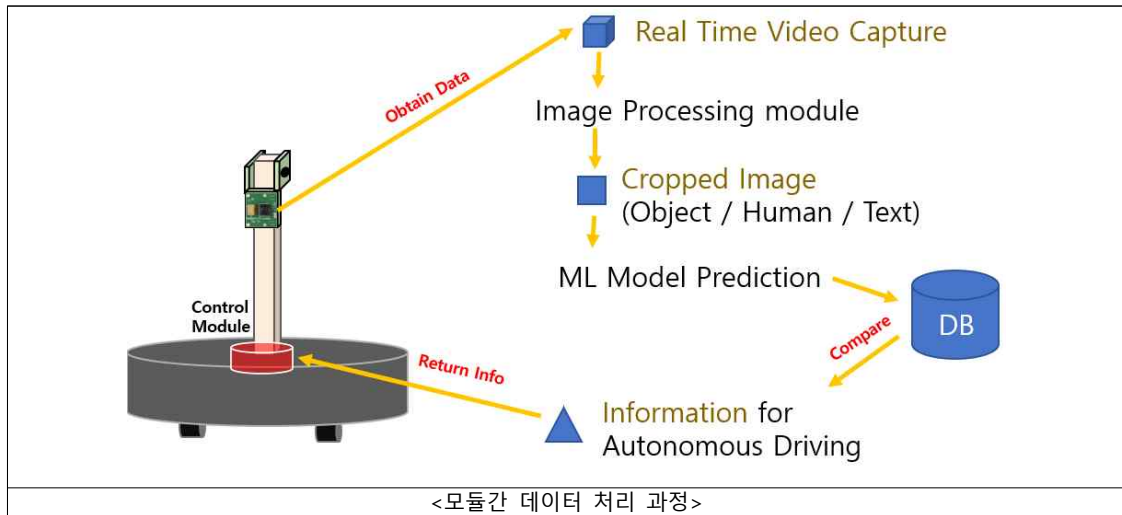
4) 해당 논문에서는 이동로봇의 위치추정방법으로 MCL알고리즘, 삼각측량, 칼만 필터 등을 사용하였다.

5) LIDAR 센서와 동일한 원리로, 레이저펄스를 이용하여 반사체간의 거리를 측정하는 센서

3. 프로젝트 내용

3.1 시나리오 개념도





3.2 세부 시나리오

각종 센서와 라즈베리파이 기반으로 구현된 자율주행 카트에 양 측면 그리고 전방 카메라를 장착하여 실시간으로 영상처리를 지원한다. 이는 로컬디바이스에서 처리되며 실시간 처리 결과에 따라 카트가 자체적으로 행동결정을 하게 되며 주행 중 위치정보는 Cloud의 각 Edge에 의해 보다 세밀화 된다. 각 카메라 렌즈에서 입력되는 영상은 실시간으로 처리되며 이를 통해 물체 Detection과 Text추출이 이루어진다. 주로 전면 카메라는 물체 Detection에 활용되며 양 측면 카메라는 실내의 정보파악을 위한 Text추출이 주요 목적이다.

Text추출은 영상의 각 프레임에서 Crop된 이미지에 대해서 이루어진다. 이때, 기존 OCR알고리즘은 Overhead가 크므로 라즈베리파이의 Local Device에 로드된 머신러닝 모델에 의해 예측된다. 이후 추출된 Text와 갖고 있는 DB정보를 비교하여 보다 세밀화 된 정보식별을 하게 된다.

전면카메라에서의 Object Detection은 파이썬 OpenCV에 의해 이루어진다. 각 물체의 윤곽선을 중심으로 Rectangle객체를 그리고 해당 이미지를 크롭한다. 이후 학습된 머신러닝 Model에 해당 이미지를 로딩하고 이를 통해 예측 값을 도출, 실시간 행동제어 판단을 하게 된다.

3.2 Latency 요구사항

현재 pytesseract의 OCR라이브러리는 720*960 이미지 파일 기준, Text Extraction의 지연 시간은 0.38초로 측정되었다. 라즈베리파이의 경우 CPU, GPU환경이 좋지 않아 많은 Latency가 예상되므로 기존 OCR라이브러리 보다는 학습된 머신러닝 모델을 통하여 예측하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 6)현재 라즈베리파이 환경에서의 실시간 Human Detection 실행시간 약 0.05 - 0.06초로 실시간 Object인식에는 무리가 없다. 다만 Text추출이나 장애물과의 거리 측정의 경우 더 높은 해상도와 머신러닝 모델의 지원이 필요한 부분이므로 학습모델의 경량화와 프레임 조절 및 정확도 높은 크롭(Crop)이 요구된다.

3.3 Object Detection 요구사항

Object Detection의 경우 가장먼저 Human Oriented로 구현되어야 하며, 사람 중심으로 철저히 구동되어야 한다. 최소 5m에서 최대 25m거리에서 사람을 인식할 수 있어야 하며, 우발적인 동작에도 빠르게 반응할 수 있어야 한다.

6) 240*160 해상도, Raspberry pi 4모델 기준

AWS Rekognition Video, OpenCV라이브러리를 사용하여 사람형체의 Object를 Crop하며 이를 머신러닝 기반 물체인식모델에 인자로 전달하여 인지하도록 구현한다. 이외에도 다른 Object를 장애물로 인식하여 피해갈 수 있도록 카트의 HW제어 모듈에 해당 정보를 전달한다.

3.4 HW요구사항

라즈베리파이의 경우 Latency의 부담이 크므로, AWS DeepLens Device 사용을 1차 목표로 한다. 다만 현재 코로나19 사태의 영향으로 해외배송에 차질이 생김에 따라, DeepLens구매가 불가능 할 경우, 라즈베리파이 3대와 웹캠으로 Object Detection을 구현한다.

4. 역할분담 및 향후 일정

- 역할 분담표

구분	상세 내용
영상처리 모듈 개발	영상처리 모듈은 Python환경의 OpenCV라이브러리를 활용한다. 해당 모듈의 개발은 팀원 이재빈이 담당한다. 구현된 모듈은 학습된 머신러닝모델이 추론할 수 있도록 약속된 이미지 객체를 반환한다.
머신러닝 모듈 개발	머신러닝 모듈은 Text Detection, Object Detection을 중심으로 구현한다. Latency가 크므로 학습된 모델을 HW에 로드하는 형식으로 구현된다. 해당 모듈 개발은 팀원 김명현이 담당하며, 인자로 받은 Image객체에 알맞은 Label을 추론하고 결과값을 리턴한다. 다만 모델학습에 필요한 백데이터 조사는 공동으로 진행함.
회피 알고리즘 개발	인식된 객체에 대해 Moving Objects Avoidance Driving알고리즘을 구현한다. 해당 알고리즘은 팀원 김명현, 이재빈 공동으로 구현한다.
네트워크 모듈 개발	네트워크모델은 영상처리 모듈과 머신러닝 모듈에 의해 반환된 결과 값을 하드웨어 제어모듈의 결정에 도움을 줄 수 있도록 객체를 반환한다. 네트워크모델의 개발은 팀원 김명현, 이재빈 공동으로 진행한다.
구현 모듈 결합	구현모듈의 결합으로 최종 프로젝트를 구현한다. 팀원 김명현, 이재빈 공동으로 진행한다.
SW 테스트 및 최종 로드	구현된 최종 모듈을 바탕으로 SW테스트를 진행한다. 테스트 케이스 작성과 7)로컬장치-SW로딩 작업 역시 공동으로 진행한다.

7) 로컬 장치에서 작성된 SW가 운영될 수 있도록 환경 구축 및 코드 로딩을 의미함.

- 향후 일정

4주차 (4.5 ~ 4.11)	공통	<ul style="list-style-type: none"> - 8)필요 하드웨어 및 소프트웨어 자원을 구매 - 영상처리와 머신러닝(객체인식) 모듈 개발을 위한 스터디진행 - 보고서 작성 및 필요 문서 작성 - AWS Library 학습 및 Latency 조사 - 요구사항 분석 및 자료조사 실시 - 회피알고리즘 전략 회의
5주차 (4.12 ~ 4.18)	김명현	- Text Extraction 머신러닝 모델링
	이재빈	- Cropped Image Extraction 모듈 작성
6주차 (4.19 ~ 4.25)	공통	<ul style="list-style-type: none"> - HW 환경 셋팅 - 모듈 간 통합을 위한 객체 설계 - HW에 따른 통신모듈 결정 회의 진행 - ML학습 백데이터 수집 관련 회의 - 회피알고리즘 전략 회의
	김명현	- Text Extraction 머신러닝 모델링
	이재빈	- Cropped Image Extraction 모듈 작성
7주차 (4.26 ~ 5.2)	공통	<ul style="list-style-type: none"> - ML학습 백데이터 수집 관련 회의 - 네트워크 모듈 개발 관련 회의 진행 - Latency 분석 및 모듈별 테스트 진행 - 중간보고서 작성
	공통	<ul style="list-style-type: none"> - 백데이터 수집 및 모델 학습 진행 - 영상처리 모듈, 머신러닝 모듈 결합 - 네트워크 모듈 개발 - 회피알고리즘 구현 - Object Distance 측정관련 회의

5. 결론 및 기대효과

실내용 자율 주행 카트를 개발함에 있어서, 이미 저장된 지도정보가 아닌, 직접 학습을 하고 동적으로 상황에 따라 유연한 대응을 하는 자율주행카트를 개발함으로써, 실내 환경에 최적화된 자율주행 시스템을 연구할 수 있다. 또한 근거리의 경우 센서를 활용한 Object Detection과, 원거리의 경우 영상처리 및 머신러닝모델에 의한 예측으로 보다 동적인 환경을 구축할 수 있을 것으로 보인다.

6. 참고문헌

김용년, and 서일홍. "바닥 특징점을 사용하는 실내용 정밀 고속 자율 주행 로봇을 위한 싱글보드 컴퓨터 솔루션." 로봇학회논문지 14.4 (2019): 293-300.

박세준, 서용호, and 양태규. "위치센서와 레이저거리센서를 이용한 실내용 이동로봇의 SLAM." 한국정보기술학회논문지 8.11 (2010): 61-69.

노성우, 고낙용, 김태균, Noh, Sung-Woo, Ko, Nak-Yong, and Kim, Tae-Gyun. "위치 추정, 충돌 회피, 동작 계획이 융합된 이동 로봇의 자율주행 기술 구현." 한국전자통신학회 논문지 = The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences 6.1 (2011):

8) 필요 HW/SW구매목록은 별도문서 '필요SW_HW목록.pdf'에 기록되어있음.

148-56. Web.

최정단, 민경욱, 성경복, 한승준, 이동진, 박상헌, 강정규, 조용우, Choi, J.D., Min, K.W., Sung, K.B., Han, S.J., Lee, D.J., Park, S.H., Kang, J.G., and Jo, Y.W. "클라우드 연계 자율주행 맵 시스템 기술동향." 전자통신동향분석 = Electronics and Telecommunications Trends 32.4 (2017): 40-47. Web.