

딥러닝 기반 객체 인식을 통한 실내 위치 정보 탐색 자율 주행 로봇 개발

김영인, 최인훈, 김명현, 김승직, 허의남*

경희대학교

{rladuddls3, inhun321, freckie, ksj961323, *johnhuh}@khu.ac.kr

An Implementation of Self-driving Robot to Search for Indoor Location Information through Object Recognition based on Deep Learning

Yeong-In Kim, In-Hun Choi, Myung-Hyun Kim, Seung-Jik Kim, Eui-Nam Huh*
Kyung Hee University

요 약

본 논문은 실내 환경에서 딥러닝 기반의 객체 인식 결과를 기반으로 출발지점에서 목표지점까지 자율 주행하는 로봇 제어 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 360 도 라이다 센서를 통한 실시간 주변 환경 인식 결과를 이용하여 장애물 회피 및 중앙 주행을 수행하고 딥러닝 기반의 객체 인식을 통해 획득한 실시간 위치 정보를 이용하여 목표지점 도착여부를 파악한다. 이를 통해 로봇은 실시간으로 변하는 주변 환경의 제약없이 스스로 목표지점까지 도달 가능하며, 실내 무인 배달 서비스 등 다양한 분야에 활용이 가능할 것이다.

1. 서론

본 논문은 실내 환경에서 자율 주행 로봇의 위치 정보 탐색에 관한 내용으로, 딥러닝 기반 객체 인식을 통해 로봇의 현재 위치 정보를 추정하는 시스템을 제안하고 있다. GPS 등과 같은 위성항법 장치의 도움을 받기 힘든 실내 환경에서는 로봇의 정확한 위치 추적이 매우 어려운 상황이다. 또한 건물 복도와 같은 실내 환경은 길이 매우 좁으며 보행자가 수시로 나타나는 등 변화가 매우 많은 환경이므로, 관성항법을 통한 위치 추정 또한 로봇의 제어에 어려움이 생긴다.

따라서 본 논문은 360 도 라이다 센서와 딥 러닝 기반 객체 인식을 통해 주변 환경을 파악하며 스스로 목표 지점에 도달하는 자율 주행 로봇 제어 시스템을 제안하고자 한다.

2. 본론

2-1. 시스템 구조

Fig. 1 은 시스템의 전체 구성도이다. 시스템은 목적지를 입력으로 받는 웹서버, 객체 인식을 위한 카메라와 라즈베리파이, 로봇의 바퀴를 제어하기 위한 stm32f4discovery 보드와 모터드라이버(l298n), 실시간 주변 환경을 인식하기 위한 360 도 라이다 센서로 이루어져있다. 라이다 센서와 stm 보드, stm 보드와 라즈베리파이 간에는 시리얼 기반의 UART 통신을 통해 데이터를 주고 받는다.

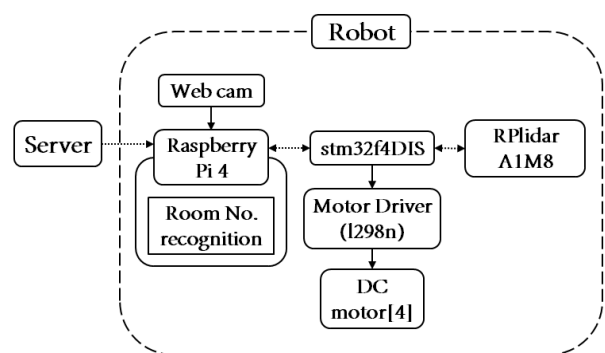


Fig. 1 시스템 구조도

2-2. 로봇 주행

본 논문의 로봇 휠은 4륜 구동 메카넘휠로써 전방향으로 이동이 가능하다. 4 개의 휠에서 발생하는 벡터의 합의 방향이 로봇이 향하는 방향이 되며 각 휠의 벡터 방향은 모터의 회전 방향에 따라 결정된다. 모터의 회전 방향은 정방향 혹은 역방향으로 설정이 가능한데 이는 모터 드라이버를 사용하여 설정해주었다. 모터의 회전 속도는 pulse width modulation(PWM) 방식으로 제어하였다. 기본 주행 속도는 범위가 0 에서 9999 사이인 pulse width 가 4000 일 때로 설정하였다.

또한 PID 제어기를 사용하여 로봇이 효율적으로 목표속도에 도달하도록 하였다. PID 제어는 피드백 제어기의 형태로 목표치와 실제 측정치를 비교하여 오차를 계산하고 이를 이용하여 제어값을 계산하는 구조이다.

모터의 실제 회전 속도는 엔코더를 사용하여 측정한다. 본 논문에서는 각 PWM 값에 따른 평균적인 엔코더 출력 값을 표로 만들어 전달함수 형태로 관계식을 구하였다.

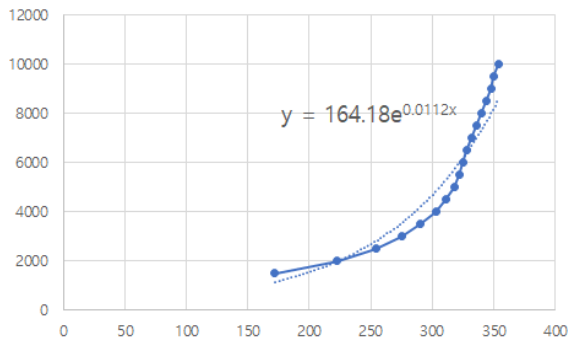


Fig. 2 엔코더 출력 변환 함수

2-3. 실시간 주변 환경 인식

본 논문은 360 도 라이다 센서를 사용하여 자율주행 알고리즘을 구현하였다. 로봇 전방의 180 도에 대한 거리 데이터만 주행에 사용하였으며 180 도를 좌우로 나누어 거리의 평균을 계산하고 좌우 평균의 차이를 PWM 제어값에 활용하였다. 거리 측정에 실패한 경우 좌우 평균 값 계산에 영향을 미치지 않도록 하기 위해 측정에 성공한 횟수를 세어 평균 값 계산에 사용하였다. 이에 따라 로봇이 수시로 나타나는 장애물을 빠르게 우회하고 좁은 건물 복도를 안정적으로 중앙주행하도록 하였다.

2-4. 딥러닝 기반 위치 탐색

본 연구에서는 실내 위치 정보 획득을 위해 딥 러닝 기반 문패(Door Plate) 인식 모델을 구현하였다. 문패 인식 모델은 Fig. 1 의 Web cam 의 영상을 입력으로 하여 실시간으로 분석, 문패 이미지를 추출하고 포함된 숫자를 인식해 출력하는 모델이다.

입력 프레임에서 문패를 인식하는 과정은 OpenCV 라이브러리를 통한 Canny Edge 검출, Contour 분석 등을 거치고, 디자인한 CNN 모델을 통과하게 된다. 이렇게 인식된 문패 이미지는 YOLO 모델 기반의 숫자 추출 모델에 전달된다.

문패 이미지 판별 모델은 직접 디자인한 CNN 모델로, 48*48 Grayscale 이미지를 입력으로 하여 0, 1 의 결과를 도출하는 이진 분류 (Binary Classification)을 수행한다. Table 1.은 문패 이미지 판별 모델의 아키텍처를 표현한 테이블이다.

TABLE 1. 문패 이미지 판별 모델 아키텍처

CONV. 2D	filter=32	(5, 5)
CONV. 2D	filter=32	(5, 5)
DROPOUT	0.5	
MAXPOOL. 2D	stride=2	(2, 2)
CONV. 2D	filter=64	(5, 5)
CONV. 2D	filter=64	(5, 5)
DROPOUT	0.5	
MAXPOOL. 2D	stride=2	(2, 2)
FULLY CONNECTED	1024	
FULLY CONNECTED	2	

문패 이미지 판별 모델은 SVHN Validation Set 의 경우 99.8%의 정확도를 보여주었으며, 실제 주행에서 수집한 데이터의 경우 93.3%의 정확도를 보여주었다.

이렇게 인식된 문패 이미지는 YOLO 모델 기반의 숫자 추출 모델에 전달된다.

숫자 추출 모델은 YOLOv5s[1] 기반으로 SVHN 데이터셋 [2]을 학습하였다. 기존 YOLO 모델은 80 종류의 실생활

객체를 학습했으나 본 논문의 숫자 추출 모델은 10 종류의 숫자 객체를 인식 대상으로 설정하였다.

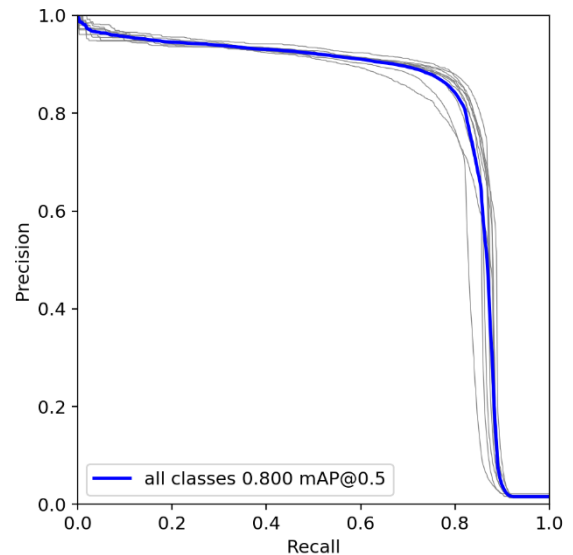


Fig. 3 숫자 추출 모델의 Precision-Recall Curve

Fig. 3 은 숫자 추출 모델의 성능을 평가하기 위해 Precision 과 Recall 을 나타낸 그래프이다. IoU(Intersection over Union)가 0.5 인 경우 0.8 의 mAP(mean Average Precision) 값을 보여주었다.

3. 결론

본 논문에서는 방 호수 인식 모델을 통해 로봇이 사용자가 원하는 곳까지 자율주행하는 로봇 제어 시스템을 제안하였다. 로봇은 라이다 센서를 통해 실시간 주변 환경 변화에 신속하게 반응하며 주행할 수 있었고, PID 제어기를 사용하여 보다 안정적인 주행을 할 수 있었다. 문패 인식 모델은 약 93.3%의 정확도를 보였고, 숫자 추출 모델은 mAP@0.5 의 값이 80%로 두 모델 모두 높은 성능을 보였다.

본 논문의 시스템은 향후, 로봇에 서스펜션을 장착해 충격을 완화하여 영상의 흔들림을 감소시키고, 사람이 봄비는 환경에서는 일시적으로 저속으로 주행하는 저속 주행 모드를 추가하는 등 기능을 향상시킬 예정이다. 또한 문패 이미지 판별 모델의 정확도를 높여 노이즈를 줄이고, 이를 통해 숫자 추출 모델의 호출 횟수를 줄여 전체적인 시스템의 효율을 증대시킬 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2017-0-00294, (대학ICT기초연구실) 서비스 이동 지원을 위한 분산형 클라우드 핵심원천기술 연구)

참 고 문 헌

- [1] Joseph Redmon, ed., "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection", p. 6, 2015.
- [2] <http://ufldl.stanford.edu/housenumbers> (format 2)