

# 강화학습 기반 임베디드 보드를 활용한 실내 자율 주행 서비스 로봇 개발

오현택\*, 백지훈\*, 이승진\*, 김상훈\*  
 \*국립한양대학교 전기전자제어공학과  
 e-mail: wind1104@hanmail.com

## Development of Interior Self-driving Service Robot Using Embedded Board Based on Reinforcement Learning

Hyeon-Tack Oh\*, Ji-Hoon Baek\*, Seung-Jin Lee\*, Sang-Hoon Kim\*  
 \*Dept of Electrical, Electronic and Control Hankyong National University  
 Hankyong National University

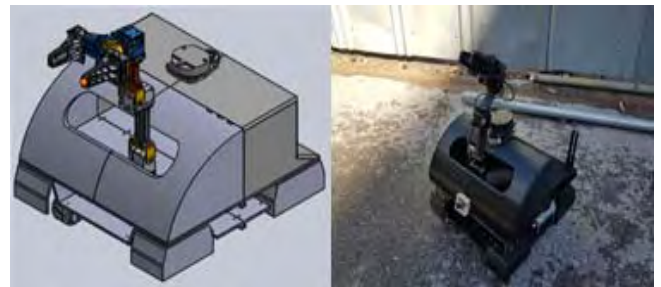
### 요 약

본 논문은 Jetson\_TX2(임베디드 보드)의 ROS(Robot Operating System)기반으로 맵 지도를 작성하고, SLAM 및 DQN(Deep Q-Network)을 이용한 목적지까지의 이동 명령(목표 선속도, 목표 각속도)을 자이로 센서로 측정된 현재 각속도를 이용하여 Cortex-M3의 기반의 MCU(Micro Controller Unit)에 하달하여 엔코더(encoder) 모터에서 측정된 현재 선속도와 자이로센서에서 측정된 각속도 값을 이용하여 PID제어를 통한 실내 자율주행 서비스 로봇

### 1. 서론

4차 산업혁명에 들어서면서 지능형 서비스 로봇은 산업 분야에서 사용되던 로봇이 가정, 의료 등 다양한 분야로의 적용이 활발해 지고 있다. 크게 개인서비스 로봇과 전문서비스 로봇으로 나뉜다. 둘 중에서 살펴볼 분야에서 다양한 서비스를 제공하는 개인서비스 로봇은 청소, 오락, 간병, 교육 등의 분야에서 활용되고 있다. 특히 실내 자율주행 서비스 로봇 분야는 과급효과로 인해 많은 관심을 받고 있다. 센서들을 이용하여 실내 이동 로봇의 위치 공간을 인식하고 이를 기반으로 스스로 위치 인식(localization)을 하는 로봇의 기술이 주목 받고 있다. 실내 자율주행에 있어서 자기 위치 인식(localization)과 동적 장애물에 대해서 능동적으로 회피하여 목적지까지 주행(navigation) 작업 이 수행 되어야 한다. 이를 위해서 어떤 종류의 센서들과 알고리즘으로 사용하느냐에 따라 로봇의 기능이 좌우된다. 기존의 실내 자율주행 로봇은 엔코더, 적외선, 초음파 등의 센서를 이용하여 자기 위치 좌표와 장애물의 여부를 인식하였다. 하지만 본 논문은 인공신경망을 이용하여 스스로 학습하여 동적 장애물에 대한 회피를 판단하여 최적의 경로로 회피하고, 목적지까지의 최적의 경로를 명령해 주며, Rplidar를 이용하여 SLAM을 통해 실내 맵 작성 및 자율주행을 하고, Jetson-TX2와 자이로센서에서 데이터를 MCU에 목표 선속도, 목표 각속도, 현재 각속도를 명령 하달하여 엔코더에서 측정된 선속도 데이터와 선속도, 각속도 PID 제어를 통해서 기존에 구현하지 않은 알고리즘을 기반으로 실내 자율주행을 통한 서

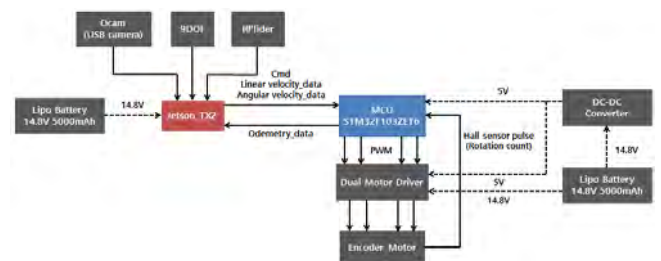
비스 로봇을 구현하였다.



(그림 1) 직접 제작한 3D 모델 및 로봇

### 2. 본론

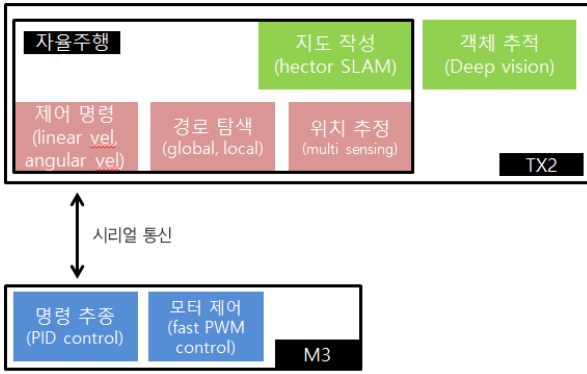
#### 2.1 시스템 구성 및 알고리즘



(그림 2) 실내 자율주행 로봇 구성도

제작된 본 로봇의 전체적인 시스템 구성은 (그림 1)과 같다. 모든 센서의 정보는 Jetson\_TX2에서 송신되어 파싱된 데이터를 가지고 MCU에 전달한 후에 PID알고리즘으로 PWM신호를 모터에 최종적으로 전달하여 기동함으로써

명령을 추종을 하며 실내 자율주행을 한다.

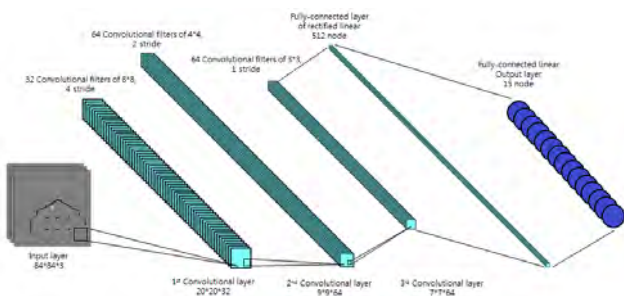


(그림 3) 전체 시스템 알고리즘

(그림 2)와 같이 자율주행부와 영상처리부를 Jetson\_TX2에서 처리하게 되고 제어부는 MCU에서 처리하게 된다. Jetson\_TX2보드에서 RPLidar를 이용해서 hector SLAM을 이용한 지도 맵을 작성하게 되고, 뿐만 아니라 lidar를 통해서 동적 장애물에 대해서도 탐지할 수 있다. OCam을 이용하여 AR Marker를 인식하여 영상처리로만 상대적인 Marker와의 거리를 측정하여 사물을 잡을 수 있는 거리에 도달하게 되면 알려주게 된다. 또한 9DOF센서를 이용하여 현재 로봇이 바라 보고있는 각속도 값을 알 수 있어서 경로탐색 알고리즘을 통해서 MCU에게 목적지까지의 명령을 하달하게 된다.

## 2.2 DQN 기반 이동명령

Gmapping으로 작성된 지도를 기반으로 하여 Dijkstra algorithm을 이용하여 출발지로부터 목적지까지 최단경로 정보와 2D 장애물 스캔 데이터, 로봇의 자세 데이터를 1장의 84\*84 gray 이미지로 표현하여 신경망 모델에서 연결망 가중치에 따라 Q값이 가장 높은 액션을 선택하여 Serial통신을 통해 MCU한테 이동명령 하달.



(그림 4) 전체 네트워크 구조

## 2.3 USB 카메라(Ocam)을 이용하여 AR마커 인식을 통한 사물 탐지

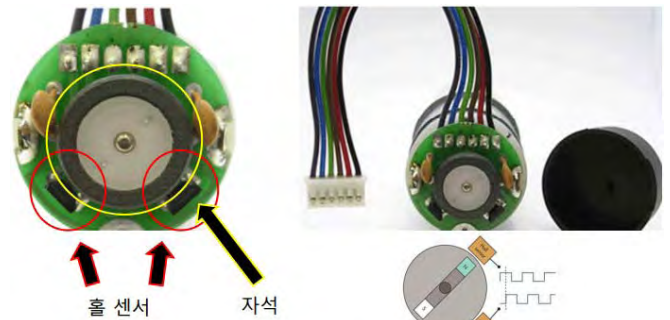
본 논문 로봇의 특징은 부피가 크고 가격이 비싼 depth 카메라를 이용하지 않고 Ocam만을 이용해서 영상처리를

통해서 AR Marker를 인식하고 Marker의 크기에 따라 상대적인 거리측정이 가능하며, Marker의 일부분이 가려지더라도 거리를 인식하는데 문제가 없다.

나아가 Ocam으로 취득한 AR Marker와의 거리 정보를 토대로 일정 거리 범위에 들어오게 되면 로봇팔 (manipulator)을 이용하여 사물을 탐지하고 집어서 옮길 수 있는 기능을 수행할 수 있다.

## 2.4 MCU를 이용한 이동 제어부

### 2.4.1 엔코더 모터를 이용한 이동거리 및 속도 측정



(그림 5) 엔코더 모터의 내부 홀센서 동작



(그림 6) 엔코더의 홀센서 펄스 파형 (좌, 정회전 /우, 역회전시 홀센서 파형 위상차)

모터의 내부에 있는 자석이 회전하게 되면 엔코더에 달려 있는 두 개의 홀센서의 펄스 데이터를 이용하여 회전 수를 알 수 있고, 이동거리와 속도를 측정할 수 있다. 또한 두 개의 홀 센서의 위상차를 가지고 모터의 회전 방향을 알 수 있다. 본 논문에 사용된 엔코더 모터 모델명은 RB-35GM-ENCODER 11TYPE (12V)로써

$$\text{모터기어비} : \frac{1}{50}$$

$$\text{엔코더기어비} : \frac{1}{13}$$

$$\text{엔코더자석이 1바퀴 회전할 때 모터 회전} : \frac{1}{13} \times \frac{1}{50} = \frac{1}{650}$$

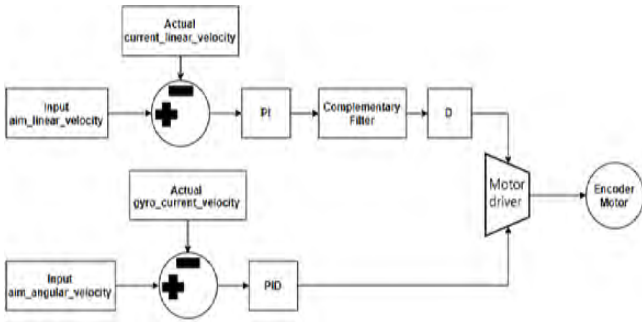
즉, 엔코더에서 펄스가 650번 출력이 되면 모터는 1바퀴 회전하게 된다. 그 결과 펄스당 바퀴의 이동거리는

$$\text{펄스당 바퀴의 이동거리} : \text{바퀴의 반지름} * \frac{2\pi}{650}$$

위의 수식을 통해서 구할 수 있으며, 시간 당 이동한 거리를 엔코더의 펄스로 측정함으로써 속도를 구할 수 있다.

### 2.4.2 자이로센서와 엔코더 모터에서 측정된 각속

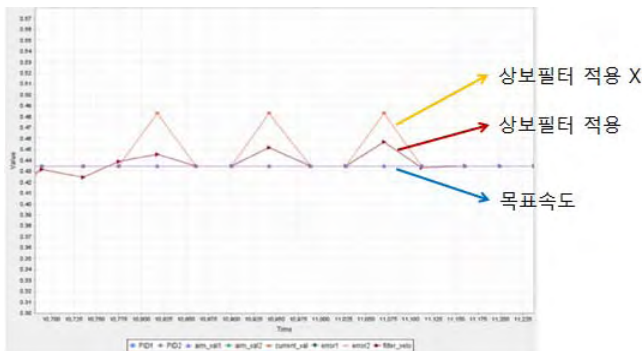
도와 선속도를 이용한 PID제어 알고리즘



(그림 7) 2 step PID 알고리즘

자이로센서에서 측정한 현재 각속도 값을 Jetson\_TX2보드에서 읽고, DQN에서 연결망 가중치에 따라 가장 높은 액션을 선택해서 목표 각속도와 목표 선속도를 MCU에게 명령을 하달하여 두 개의 명령추종을 PID제어를 구현하였다. 먼저 엔코더 4개의 바퀴에 각 하나 마다의 현재 속도 값을 읽어오고 각 각을 PID제어를 통해서 선속도를 추종하고, 각속도의 오차를 가지고 방향 제어를 한다.

2.4.3 상보필터가 적용된 PID 제어



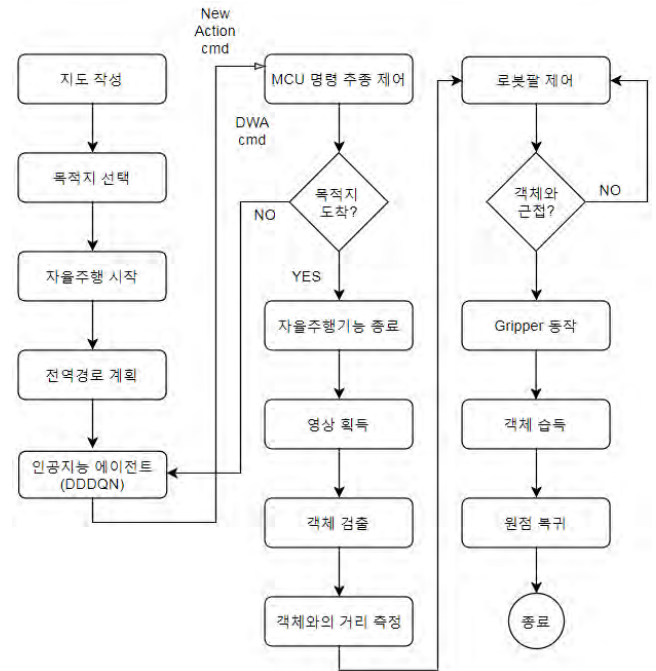
(그림 8) 상보필터가 적용된 2 step PID 파형

기존에 PID제어를 실험할 때에는 상보필터를 적용하지 않고 구현하였을 때는 파형의 기울기가 큰 경향이 있었으나, 상보필터를 D제어에 적용함으로써 기울기를 낮춰서 좀 더 목표값에 빨리 수렴할 수 있고, 오버슈트(overshoot)현상을 줄일 수 있었다.

3. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 실내 자율 서비스 이동로봇의 실내 자율주행을 위한 강화학습을 이용한 방법을 연구하였다. 목적지까지 도달하기 위해 엔코더 모터, 자이로센서, Rplider 센서를 통한 이동거리, 선속도, 각속도, 지도 작성, 자기위치인식을 PID제어와 알고리즘을 통해서 실내 자율주행을 할 수 있도록 하였다. 또한 기존의 방법과 달리 실내 자율주행을 좀 더 잘 할 수 있도록 DQN을 이용해서 목적지까지의 최적의 경로와 동적 장애물에 대해서 학습된 데이터를

통해서 유연하게 회피할 수 있는 능력을 갖추어 목적지까지 도달하여 실내에서 강화학습을 적용한 자율주행 서비스 로봇을 위해 연구하였다. 지금까지 연구한 성과를 바탕으로 좀 더 나아가 실내에서 좀 더 빠른 자율주행을 하며 실내 뿐만 아니라 실외에서도 자율주행을 하는 것을 목표로 하며 서비스 로봇 이외에 재난 현상 복구, 군사 목적, 농작 작물 수확 등 다양한 분야에 적용할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다.



(그림 9) 기능 흐름도

감사의 글

이 논문은 2018년도 과학기술정보통신부와 한국정보산업연합회의 연구비 지원에 의한 것임.

참고문헌

[1] 네이버지식백과, “서비스로봇”, <https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1968169&cid=43667&categoryId=43667>, (2018.09.16.)  
 [2] 풍상가, “상보필터”, <http://alnova2.tistory.com/1085>, (2018.09.16.)  
 [3] mechasolution, “상보필터”, <http://mechasolutionwiki.com/index.php?title=%EC%83%81%EB%B3%B4%ED%95%84%ED%84%B0>, (2018.09.16.)  
 [4] 물병같은 공돌이, “PID 제어”, <http://sensibilityit.tistory.com/440?category=657462>, (2018.09.20)  
 [5] CONTROL ENGINEERING, “PID 속도 제어”, <https://www.controleng.com/single-article/the-velocity-of-pid/0733c0b7bfa474fb659b259808ddc869.html>, (2018.09.20)  
 [6] HelloT 첨단뉴스, “매커넬핍 동작원리”,

[http://www.hellot.net/new\\_hellot/magazine/magazine\\_read.html?code=205&sub=001&idx=26599](http://www.hellot.net/new_hellot/magazine/magazine_read.html?code=205&sub=001&idx=26599), (2018.09.21)

[7] LABS, "실내 자율주행",

<https://www.naverlabs.com/storyDetail/14>, (2018.09.21)