

차세대 무선 전기 자동차 충전 로봇

Next Generation Wireless Electric-vehicle Charging Robot

김 범 수, 김 태 영, 이 창 훈, 정 현 민, 오 정 현*

(Tae Young Kim¹, Beom Soo Kim¹, Chang Hun Lee¹, Hyeon Min Jeong¹, Jung Hyun Oh¹)

¹Kwangju University School of Robotics

Abstract: In this paper, we propose a wireless charging vehicle charging robot platform for the commercialization of wireless charging electric vehicles. We developed a mobile robot based on Omni-Wheels for efficient and free driving in a narrow space. The vehicle's license plate is recognized using the deep-learning based object recognition algorithm Yolo v3 tiny, and the normal vector of the license plate is used to estimate the vehicle's pose. A fuzzy controller that has robustness against plant uncertainty and errors was used. Through the qualitative evaluation of the experiment, it was confirmed that the mobile robot delivered power to the vehicle's wireless charging pad, and it was also confirmed that the pose of the actual vehicle was calculated well.

Keywords: Mobile robot, Wireless-charging, Fuzzy control, License plate recognition

I. 서론

최근 자동차 시장에서 전기차가 차지하는 비율이 빠르게 늘고 있다. 'IEA의 세계 전기차 시장 현황 보고 및 전망' 보고서에 따르면 2020년 기준 전 세계 전기차 누적 보급대수는 2019년보다 43% 증가하여 1천만 대를 근접하고 있다. 내연기관 대비 환경 오염이 덜하고 전기에너지 동력전달효율이 높기 때문에 일반적으로 파워트레인 구조가 단순하며 에너지 효율도 더 높다는 장점이 최근 전기차의 비중을 크게 늘리게 된 이유로 꼽힌다.

전기차는 충전 기술을 기준으로 크게 유선 충전 전기차와 무선 충전 전기차로 나눌 수 있다. 현재 상용화된 전기차 충전은 유선 충전 방식을 사용한다. 무선 충전 방식과 비교하여 충전효율이 더 높지만, 유선 충전 케이블을 수동적으로 차량에 연결하는 추가 작업을 필요로 한다. 충전 케이블의 종류도 규격이 통일되기 어렵다는 단점도 있다. 유선 충전 전기차의 단점을 극복하기 위해 최근 무선 충전 전기차에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 특허청에 따르면, 2010년부터 지난 10년간 전기차의 주행 중 무선 충전 특허출원은 총 299건이 있고, 2010년 10건에서 2018년 42건으로 4배 이상 증가한 것으로 나타났다.

기존의 전기차 충전 방식은 공간에 종속적인 경우가 많다. 공간에 종속적인 충전소는 공간이 확보되지 않는다



그림 1. 전기차 등록 및 충전기 보급 현황

면, 인프라 확충에 어려움을 겪을 수 있다. '그림 1'에 따르면 2020년 8월 말 기준 전기차는 10만 9271대가 등록되어 있는 반면, 충전기 수는 5만 4774기로 전기차 100대당 충전기 수는 50.1에 불과한 것으로 나타났다. 따라서 전기차 수요의 증가를 따라가기 위해, 공간에 종속적인 충전 방식이 아닌 다른 형태의 충전 인프라의 개발이 요구된다. 현재 공간에 종속적이지 않은 유선 충전 플랫폼이 개발되고 있다.

현재 동향에 맞추어 본 논문에서는 무선 충전 전기차의 상용화를 위한 무선 충전 전기차 충전 로봇 플랫폼을 제안한다. 충전이 필요한 전기차를 로봇 스스로 찾아내고 공간에 제약적이지 않은 충전 방식을 활용하여 무선 충전 전기차의 상용화를 더욱 가속하는 데 도움이 될 것이다.

충전이 필요한 전기차를 찾기 위해 본 논문에서 제안된 로봇은 객체 검출 알고리즘인 'Yolo v3-tiny'를 이용하여 차량의 번호판을 찾는 방법을 채택한다. 카메라를 활용해 전기차를 인식하는데, 로봇의 부착된 카메라 화각 특성상 차량의 전체적인 모습을 보고 자동차를 인식하는 데는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 자동차 번호판을 보고 차량을 인식하는 방법을 사용했으며, 추후 차량의 포즈를 계산할 때도 사용을 한다.

또한 일반적인 휠베이스 모빌리티(Mobility) 방식의 이동로봇은 장애물에 둘러싸여 로봇의 횡 방향 움직임에 있

논문지도교수: 오정현 (인)

김범수: 광운대학교 로봇학부, 2016741018, qjatn119@kw.ac.kr

김태영: 광운대학교 로봇학부, 2016741023, tyoung96@kw.ac.kr

이창훈: 광운대학교 로봇학부, 2016741010, lch2895@kw.ac.kr

정현민: 광운대학교 로봇학부, 2016741026, minwd97@kw.ac.kr

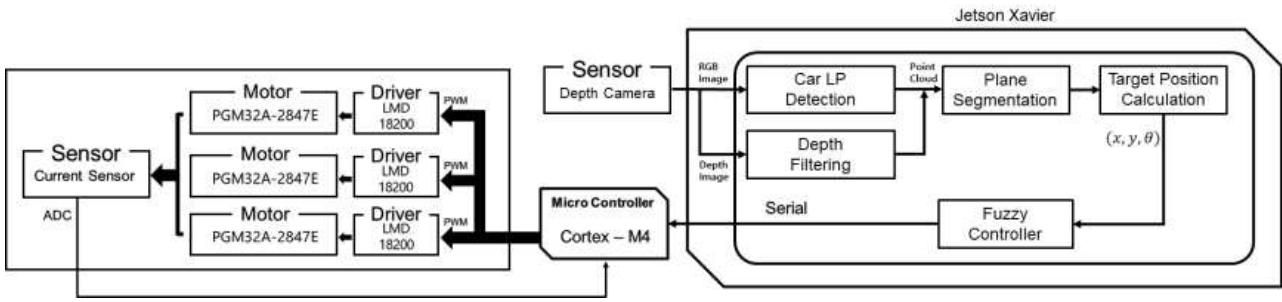


그림 2 모바일 로봇 시스템 아키텍처

어 로봇의 yaw 값이 종속적이기 때문에, 횡 방향 움직임을 위해 로봇의 heading을 수정하는 것이 필요하다. 그러나 Camera로 특정 object를 실시간으로 인식해야 하는 환경에 대해서는, heading 방향 수정은 결국 목표 인식 실패의 결과를 낳는다. 따라서 옴니 휠(Omni-Wheels) 기반의 로봇을 설계해서 횡 방향 이동 시 heading의 방향이 수정될 필요 없도록 설계했다. 그뿐만 아니라 좁은 공간에서 효율적이고 자유로운 주행이 가능한 이동로봇 시스템을 개발할 수 있다. 위와 같은 장점들에 의해 세 개의 옴니 휠을 이용한 홀로노믹(Holonomic) 이동로봇으로 로봇을 개발하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 로봇의 시스템 아키텍처를 소개하고 3장에서는 제어 및 소프트웨어 알고리즘에 관해 설명하며 4장에서는 실험 환경 구성 및 실험 결과에 관해 이야기하며 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

II. 시스템 아키텍처

1. 시스템 아키텍처

본 논문에서 제안한 모바일 로봇의 시스템 아키텍처는 ‘그림 2’와 같다. Main PC로 Jetson Xavier를 사용하고 Main PC에서 번호판 인식 및 자동차 Pose 추정을 위한 번호판의 법선벡터 계산, 그리고 Fuzzy 제어를 활용하여 옴니 휠에 부착된 모터의 각속도를 계산하게 된다. MCU는 Cortex-STM32F4를 사용하고 Main PC에서 받은 각속도로 모터에 들어가는 PWM을 제어한다.

카메라를 활용해 번호판을 인식하고 추출한 ROI(Region of Interest)에서 Depth 값을 추출하기 위해 덤스 카메라인 Realsense D435를 사용했다. 객체 검출 알고리즘인 ‘Yolo v3-tiny’를 활용해 번호판을 인식하고 선정한 ROI 내의 번호판에 해당하는 RGB 정보와 Depth 정보를 활용해 번호판을 Point Cloud 형식으로 변환했다. 번호판의 법선벡터를 계산하기 위해 Point Cloud를 평면으로 근사시키는 작업을 진행했다. 법선벡터를 계산 후 모바일 로봇이 가야 할 차량 앞 원하는 위치를 Target Position으로 정의하였다.

현재 위치에서 Target Position까지의 차이를 로봇 좌표계 기준으로 Error 값(x, y, θ)을 정의하고 Error에 대한 정보와 Error dot 정보를 활용해 Fuzzy 값을 계산한 뒤, Rule base algorithm을 이용하여 선속도와 각속도를 결정했다. 이후 모

바일 로봇의 Kinematics를 고려하여 바퀴 3개의 목표 모터 각속도를 계산하여, Main PC에서 MCU까지 Serial 통신으로 전송했다. Main PC에서 전송받은 목표 모터 각속도를 제어하기 위해 속도, 전류 PI Cascade를 설계하여 모터를 제어했다. 자세한 소프트웨어 알고리즘 및 제어기에 대해서는 3장에서 설명을 진행하겠다.

2. 하드웨어 아키텍처

본 논문에서 제안한 모바일 로봇은 전면부 카메라를 활용하여 번호판을 추적하고 인식하기 위해 횡 방향 이동이 필요하다. 일반적인 모바일 로봇과 달리, 이러한 횡 방향 이동이 가능하도록 옴니 휠을 선정하였다. 차량의 앞쪽으로 들어가기 위한 제한적인 요소가 있다. 모바일 로봇의 전면부 너비가 차량의 윤거 전 길이보다 짧아야 하며, 높이가 차량 밀면까지의 높이보다 낮아야 한다. 시중에 있는 전기차 중 소형차인 ‘스파크 EV’ 차종을 기준으로 하드웨어를 제작하였다. ‘스파크 EV’ 차량의 윤거 전 길이는 1,410mm, 범퍼 높이는 200mm이다. 따라서 모바일 로봇의 최소 높이는 150mm, 전면부의 길이는 700mm로 제작하였다. 또한, 차량마다 하부 높이가 다른 것을 고려하여 Elevation module을 충전기에 장착하여 최대 230mm까지 늘어날 수 있도록 ‘그림 3’과 같이 제작한다. 번호판 기준으로 모바일 로봇의 위치를 정렬하기 위해 세밀한 제어가 필요하다. 이를 위해 감속기어 모터에 고성능 엔코더를 추가 장착하여 최소 0.1rad/s 제어할 수 있도록 한다.

표 1. Specification of Mobile robot

모터	PGM32A-2847E DC12V
카메라	Realsense D435
MCU	Cortex-STM32F4
Main PC	Jetson Xavier
센서	Autonics E40H8-2000-6-L-5
	ACS712-20a
	리미트 스위치

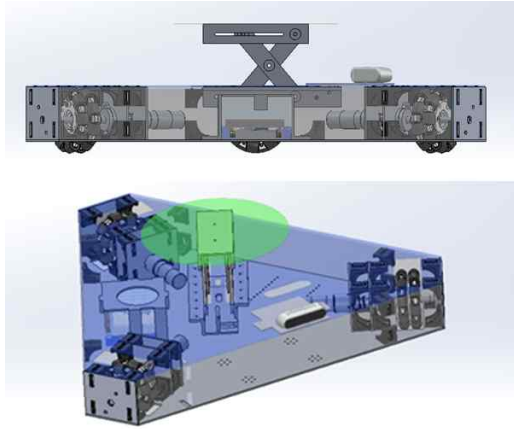


그림 3 하드웨어 모델링

III. 제어 및 소프트웨어 알고리즘

이번 장에서는 모바일 로봇을 설계할 때 사용한 제어기 및 소프트웨어 알고리즘에 대해 설명한다.

1. 제어기 설계

1.1 Fuzzy Control

퍼지 제어기는 설계가 쉽고 구현하기 편하다. 또한 현대 제어 기법을 사용한 제어기들과 달리 플랜트의 불확실성과 오차에 대해 강인성을 가지고 있어서 해당 모바일 로봇의 상위 제어기로 사용하였다.

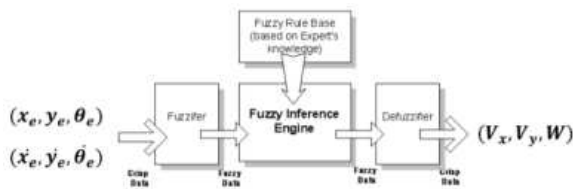


그림 4 Fuzzy 제어기 구조

퍼지 제어기의 구조는 ‘그림 4’와 같다. Fuzzifier, Fuzzy Rule Base를 포함한 퍼지 추론부와 Defuzzifier로 구성되어 있다. Fuzzifier는 수치적인 정보를 fuzzy로 변환 시키는 작업을 수행한다. 이등변삼각형 fuzzifier를 다음과 같이 사용하였다.

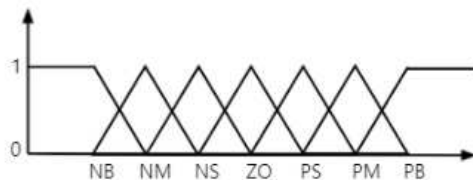


그림 5 사용한 Fuzzifier

Defuzzifier는 퍼지 추론부의 출력을 수치적인 정보로 변환하는 작업을 수행한다. 해당 모바일 로봇에서는 무게 중심법을 사용하였다. ‘수식 1’과 같다.

$$COG = \frac{\int_a^b x \mu_A(x) dx}{\int_a^b \mu_A(x) dx} \quad (1)$$

Position error와 heading error에 대한 값과 미분 값에 해당하는 Rule base를 다음과 같이 구성하였다.

Fuzzy Rule Base		ERROR DOT						
		NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
ERROR	NB	NS	NM	NB	NB	NB	NM	NS
	NM	NS	NS	NM	NM	NM	NS	NS
	NS	NS	NS	NM	NS	NM	NS	NS
	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO
	PS	PS	PS	PM	PS	PM	PS	PS
	PM	PS	PS	PM	PM	PM	PS	PS
	PB	PS	PM	PB	PB	PB	PM	PS

그림 6 Rule base

결과적으로 Fuzzy 제어기의 출력은 로봇의 선속도와 각 속도의 최대 속도의 비율로 나오게 되며 각각의 최대 속도는 로봇의 거동을 보고 수정할 수 있다.

해당 논문에서는 모터의 최대 회전 속도를 계산하여 로봇이 안정적으로 움직일 수 있는 최대 속도를 실험을 통해 얻어 사용하였다. 이때 해당하는 속도는 x축 0.46m/s, y축 0.4m/s, 회전속도 1.264rad/s이다.

1.2 하드웨어 구성

Three Wheeled Omni Directional 로봇의 Kinematics는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

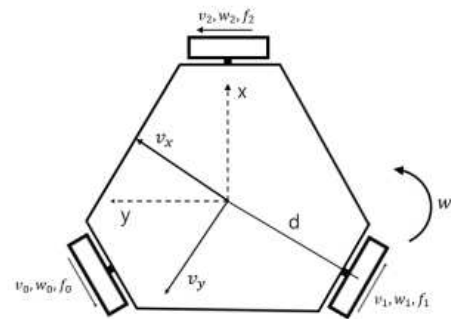


그림 7 옴니 휠을 가지는 3바퀴 로봇

해당 변수는 다음과 같다.

x, y, θ : 로봇의 위치(x,y) 그리고 θ 는 로봇의 전방 각도

d [m] : 로봇의 중심과 바퀴까지의 거리

$v_0 \sim v_3$ [m/s] : 바퀴의 선속도

$w_0 \sim w_3$ [rad/s] : 바퀴 각속도

$f_0 \sim f_3$ [N] : 바퀴의 전인력

1.3 Kinematics Model

옴니 휠 로봇의 속도가 높지 않고 slip과 같이 해석이 어려운 부분을 제외하여 제어기 설계의 간단함을 보장하기 위해 우리는 kinematics만 고려하여 제어기를 설계하였다.

로봇의 world에 대한 속도는 V_x 와 V_y 그리고 회전은 W 로 표현할 수 있으며 이는 로봇 좌표에 대해서 ‘수식 3’과 같이 표현할 수 있다.

$$V_x = \frac{dx(t)}{dt}, V_y = \frac{dy(t)}{dt}, W = \frac{d\theta(t)}{dt}$$

$$V_R = \begin{bmatrix} v_x(t) \\ v_y(t) \\ w(t) \end{bmatrix}, V_{world} = \begin{bmatrix} V_x(t) \\ V_y(t) \\ W(t) \end{bmatrix}$$

$$V_R = \begin{bmatrix} \cos(\theta(t)) & \sin(\theta(t)) & 0 \\ -\sin(\theta(t)) & \cos(\theta(t)) & 0 \\ v_x(t) & v_y(t) & w(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_x(t) \\ V_y(t) \\ W(t) \end{bmatrix} \quad (3)$$

바퀴의 선속도 v_0, v_1, v_2 를 로봇의 선속도와 회전 속도로 나타내면 ‘수식 4’와 같다.

$$\begin{bmatrix} v_0(t) \\ v_1(t) \\ v_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin(\pi/3) & \cos(\pi/3) & d \\ 0 & -1 & d \\ \sin(\pi/3) & \cos(\pi/3) & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x(t) \\ v_y(t) \\ w(t) \end{bmatrix} \quad (4)$$

‘수식 4’에서 inverse kinematics를 적용하여 바퀴의 속도를 로봇의 선속도와 회전 속도로 변환할 수 있다.

$$v_x(t) = (\sqrt{3}/3)(v_2(t) - v_0(t)) \quad (5)$$

$$v_y(t) = (1/3)(v_2(t) + v_0(t) - (2/3)v_1(t)) \quad (6)$$

$$w(t) = (1/(3d))(v_0(t) + v_1(t) + v_2(t)) \quad (7)$$

‘수식 5, 6, 7’을 통해 로봇의 선속도와 회전 속도가 주어졌을 때의 모터의 선속도를 구할 수 있고 반대로 모터의 선속도가 주어졌을 때 로봇의 선속도와 회전 속도를 구할 수 있다.

우리는 Fuzzy제어기를 통해서 나오는 로봇의 선속도와 회전 속도를 모터의 회전 속도로 변환하기 위해 kinematics를 사용하였다.

1.4 모터 상수 및 모델

표 2. Motor Parameters

전류제어기 대역폭 [wcs]	1000 [Hz]
속도제어기 대역폭 [wcc]	100 [Hz]
기어비	27
이너셔	0.0043 [gcm ²]
인덕턴스	0.0023 [H]
마찰 계수	0.0019[Nms/rad]
저항	11 [Ω]
역기전력 상수	0.4307 [mNm/A]

‘표 2’의 값과 DC 모터의 전기방정식과 운동방정식을 통해 DC motor의 전달 함수를 얻을 수 있고 전향보상을 통해

다음과 같이 간단히 할 수 있다.

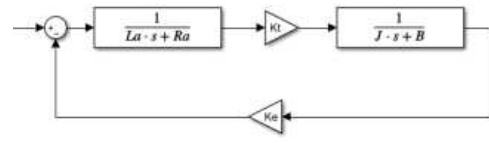


그림 8 Motor block diagram

Motor control을 위해 속도, 전류 등의 제어기들을 Cascade 구조로 사용하였다. PI제어기의 게인 값을 구하기 위해서 Pole-Zero cancellation을 사용하였다.

해당 기법을 통해 전류 제어기의 PI gain은 ‘수식 8, 9’와 같다.

$$K_p = L_a w_{cc} \quad (8)$$

$$K_i = R_a w_{cc} \quad (9)$$

이때 Anti-windup을 사용하였으며 게인은 $\frac{1}{K_p}$ 으로 사용하였다. 또한, 속도 제어기의 PI 게인 값은 ‘수식 10, 11’와 같이 사용하였다.

$$K_p = \frac{Jw_{cs}}{K_t} \quad (10)$$

$$K_i = \frac{Bw_{cs}}{K_t} \quad (11)$$

로봇의 속도를 줬을 때 kinematics를 통해 각 바퀴의 회전 속도를 구할 수 있었고 이를 속도제어기와 전류제어기를 통해 모터제어를 할 수 있었다. 이를 Matlab을 통해 검증하였고 block diagram은 다음과 같다.

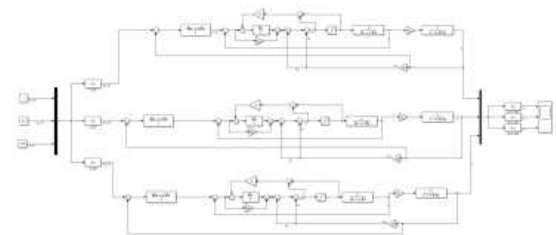


그림 9 제어기 Block diagram

임의의 입력을 주었을 때 수렴을 확인하면 ‘그림 10, 11, 12’와 같다. 초기 진동이 있지만 빠르게 입력 값으로 수렴하는 것을 확인할 수 있다.

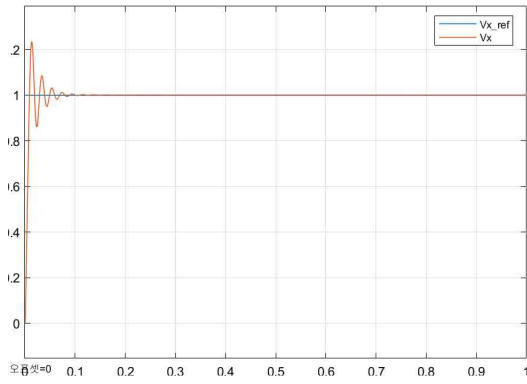


그림 10 x축 속도 출력 값

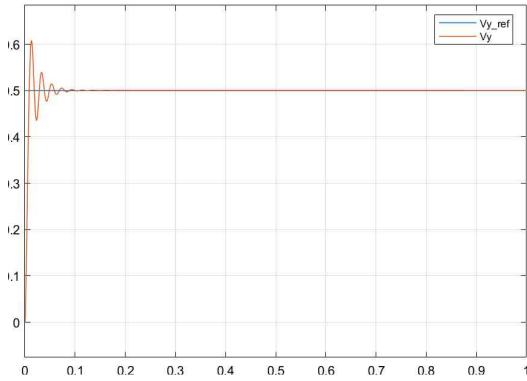


그림 11 y축 속도 출력 값

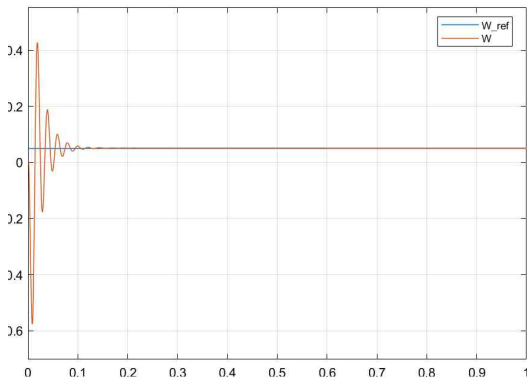


그림 12 회전 속도 출력 값

2. 소프트웨어 알고리즘

2.1 물체 인식 알고리즘

최근 딥러닝의 발전으로 딥러닝 기반 물체 인식 알고리즘의 결과가 크게 향상되었다. 실시간으로 물체 인식을 할 수 있는 ‘Yolo v3 tiny’ 알고리즘을 사용하여 번호판 검출을 진행했다. 딥러닝 모델 학습에는 총 1400장 정도 사진을 사용했으며, Dataset은 직접 촬영을 통해 제작하였다. 2000 epochs로 학습을 진행한 결과, Loss 값은 0.2로 떨어졌고 Evaluation dataset으로 측정한 결과 mAP는 96% 성능을 보였다. Evaluation dataset 또한 직접 촬영을 통해 제작되었으며 학습을 시킨 결과는 ‘그림 13’과 같다.

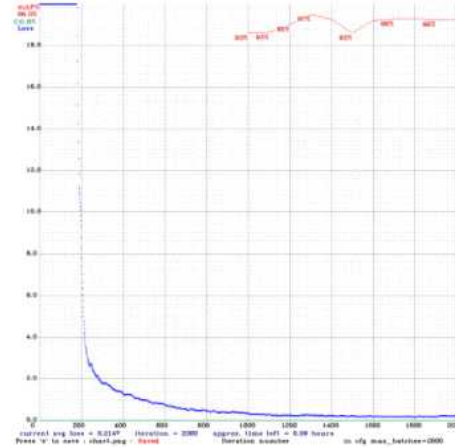


그림 13 Yolo v3 tiny Training Loss Graph

2.2 법선벡터 계산

2.1과정의 ROI 내의 번호판에 해당하는 모든 픽셀을 포인트 클라우드화한다. 전기차 번호판이 파란색이라는 특성을 이용하여, RGB 이미지와 Depth 이미지 정보를 이용해, 로봇 좌표계 기준으로 포인트 클라우드를 만들었다. 이때 depth 값에서 노이즈를 줄이기 위해 depth filtering 과정을 거쳤다. depth filtering된 포인트 클라우드를 연산량을 줄이기 위해 sub sampling 한 뒤, 데이터 노이즈를 제거하고 평면에 근사 시키는 방법인 RANSAC Plane segmentation을 통해, 번호판에 근사 시켰다. 이후 번호판의 평면의 방정식 계수를 이용해서 단위 법선벡터를 계산했다.



그림 14 번호판 Point cloud depth filtering



그림 15 Plane segmentation

2.3 목표 Pose 정의

2.2에서 구한 단위 법선벡터(‘그림 16’의 빨간색 화살표)를 이용해, 차량의 pose를 대신하여, 차량 앞 방향으로 로봇의 Target position을 설정했다. 카메라 좌표의 원점 (0, 0, 0)과 Target position 위치 차이를 위치 Error(x, y)로 정의하였고, 번호판의 법선벡터와 번호판(LP) 중심을 향하는 벡터(‘그림 16’의 보라색 화살표)와의 각도 오차를 θ_{error} 로 정의한 뒤 해당 오차를 Fuzzy 제어기의 Input으로 전송에 주었다.

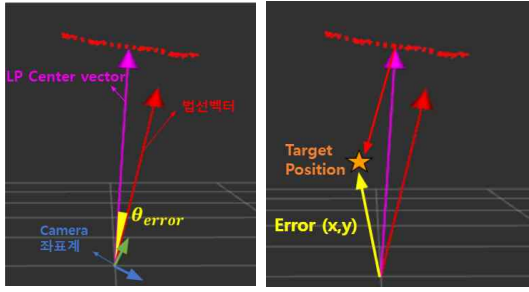


그림 16 좌측: Position error, 우측: Orientation 오차

IV. 실험 환경 구성 및 결과

1. 실험 환경 구성

“스파크 ev” 모델과 같은 윤거 전, 범퍼 높이, 번호판 규격 및 높이를 구현한 간이 전기차 모델을 제작하여 실험 환경을 구성한다. 아직 전기차에 적용된 무선 충전 기술과 규격이 없기에 새로운 기준을 제안하여 제작한다.

2mm 지름의 에나멜선을 활용하여 자기유도 방식의 충전 단자를 제작하여 모바일 로봇과 차량에 적용한다. 모바일 로봇의 elevation module 상단부에 부착하며, 전기차 모델

자기유도 방식 사이 교류로 유도되는 전원은 측정 및 비교하기 어려워 직류전원으로 변환하기 위한 회로를 추가하여 측정한다. 높은 전원 특성을 띠고 있는 TIP35C를 활용하여 교류전원을 직류전원으로 바꾸는 정류기를 추가한다.

위에서 구성된 환경을 통해 크게 두 가지의 실험을 진행한다. 첫 번째는 두 충전 단자 사이 위치에 따른 전원 효율을 측정하는 실험이며, 두 번째는 모바일 로봇의 인식 및 제어에 의한 충전 실험이다. 두 실험 모두 2차원 평면을 기준으로 가정을 기반으로 실험을 진행한다. 충전 단자 간 거리가 가까울수록, 충전 단자의 중심끼리 정렬이 잘 될수록 전달하는 전력의 효율이 클 것이라 가정하여 실험을 진행한다.

2. 결과

본 실험을 진행하여 나온 결과를 정성적 기준을 통해 평가한다. 첫 번째 실험에 DC-DC Converter와 30W LED를 추가한다. 두 충전 단자 위치에 따른 LED의 밝기 및 전압에 대한 실험을 진행한다. 가정과 같은 상황에서 LED의 밝기가 가장 밝은 것을 통해 가정을 증명한다. 두 번째 실험은 모바일 로봇의 인식과 제어를 통한 충전 효율을 평가하는 것으로, 약 50회 정도 실험을 진행하였다. 측정마다 LED의 최대 밝기에 가까운 빛을 내는 것을 통해 모바일 로봇의 인식률과 제어의 성능이 높다고 평가한다.



그림 17 실내 실험 결과



그림 18 실외 실험 결과

V. 결론

본 논문에서 제안한 로봇 시스템은 전기차 유선 충전과 관련된 문제 및 제한 조건에 대한 다른 방안을 제시하는 것이다. 제한적인 공간에서 카메라로 전기차 번호판을 인식하기 위해 오픈ni 휠을 기반으로 횡 방향 이동이 가능한 로봇을 제작한다. 더불어 모터 제어, 카메라를 이용한 번호판 인식 및 번호판의 법선벡터 검출, 검출된 번호판과 Fuzzy 제어를 활용한 상위 제어 활용하여 목표를 이루는 데 있어 성공적이었다. 하지만 규격화된 무선 충전 방식의 부재, 주차장에서 로봇의 자율주행 요소가 없는 것이 다소 아쉬운 부분이다. 주차장의 맵을 활용한 자율주행 요소를 추가 및 보완하여 더욱 완성된 로봇을 기대할 수 있다.

참고문헌

- [1] H. van, “Design of an omnidirectional universal mobile platform” DCT, pp. 17-21, Sep 2005.
- [2] H. S. Kang and D. H. Shin, “DC Motor Model Parameter Identification and Experimental Adjustment for Motor Controller Design,” *J. Korean Soc. Precis. Eng.*, vol. 31, no. 12, pp. 1147-1154, Nov 2014.
- [3] Sangdae Kim and Seungwoo Kim, “A Study on Tracking Control of Omni-Directional Mobile Robot Using Fuzzy multi-Layered Controller, Korea Academy Industrial Cooperation Society, Vol. 12, No. 4 pp. 1786-1795, 2011
- [4] P. Oliveira H., J. Sousa A., Paulo Moreira A. and J. Costa P. Dynamical Models for Omni-directional Robots with 3 and 4 wheels, International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, pp 189-196, 2008
- [5] J. Redmon and A. Farhadi, “Yolov3 : An Incremental Improvement”, arXiv preprint:1804.02767, 2018

- [6] M. A. Fischler, and R. C. Bolles, "Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography," Comm. of the ACM, vol. 24, pp. 381-395, 1981



김 태 영

2021년 광운대학교 로봇학부 재학 중.
관심분야는 딥러닝 물체 인식, 로봇
비전, SLAM



김 범 수

2021년 광운대학교 로봇학부 재학 중.
관심분야는 딥러닝 물체 인식, 로봇
비전, SLAM



이 창 훈

2021년 광운대학교 로봇학부 재학 중.
관심분야는 프랜트제어 및 응용, 모델
링.



정 현 민

2021년 광운대학교 로봇학부 재학 중.
관심분야는 자동차 사시 제어, ADAS
system



오 정 현

2021년 광운대학교 로봇학부 교수로
재직 중. 관심분야는 로봇틱스, 컴퓨터
비전, 머신 러닝