

SLAM을 이용한 카메라 기반의 실내 배송용 자율주행 차량 구현

김유중* · 강준우* · 윤정빈* · 이유빈* · 백수황*

Implementation of Camera-Based Autonomous Driving Vehicle for Indoor Delivery using SLAM

Yu-Jung Kim* · Jun-Woo Kang* · Jung-Bin Yoon* · Yu-Bin Lee* · Soo-Whang Baek*

요 약

본 논문에서는 Visual 동시적 위치추정 및 지도작성(SLAM : Simultaneous Localization and Mapping)기술을 응용하여 실내에서 생성된 SLAM 맵을 기반으로 지정된 목적지에 물건을 배달하는 자율주행 차량 플랫폼을 제안하였다. 실내에서 SLAM 맵을 생성하기 위해 소형 자율주행 차량 플랫폼의 상단에 SLAM 맵 생성을 위한 심도 카메라를 설치하고 SLAM 맵 속에서의 정확한 위치추정을 하기 위해 추적 카메라를 장착하여 구현하였다. 또한, 목적지의 표찰을 인식하기 위해 합성곱 신경망(CNN : Convolutional neural network)을 사용하여 목적지에 정확하게 도착할 수 있도록 주행 알고리즘을 적용하여 설계하였다. 실내 배송 자율주행 차량을 실제로 제작하였고 SLAM 맵의 정확도 확인과 CNN을 통한 목적지 표찰 인식 실험을 수행하였다. 결과적으로 표찰 인식의 성공률을 향상시켜 구현한 실내 배송용 자율주행 차량의 활용 적합성 여부를 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed an autonomous vehicle platform that delivers goods to a designated destination based on the SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) map generated indoors by applying the Visual SLAM technology. To generate a SLAM map indoors, a depth camera for SLAM map generation was installed on the top of a small autonomous vehicle platform, and a tracking camera was installed for accurate location estimation in the SLAM map. In addition, a convolutional neural network (CNN) was used to recognize the label of the destination, and the driving algorithm was applied to accurately arrive at the destination. A prototype of an indoor delivery autonomous vehicle was manufactured, and the accuracy of the SLAM map was verified and a destination label recognition experiment was performed through CNN. As a result, the suitability of the autonomous driving vehicle implemented by increasing the label recognition success rate for indoor delivery purposes was verified.

키워드

Autonomous Driving, Convolutional Neural Network, Deep Learning, Indoor Localization, SLAM
자율주행, 합성곱 신경망, 딥러닝, 실내 위치 추위, 동시적 위치 추정 및 지도 작성

* 상명대학교 휴먼지능로봇공학과
(yu jungkim0273@gmail.com, rkdlkakahfl@naver.com,
jungbin55555@naver.com, leeyubin0404@gmail.com)

* 교신저자 : 상명대학교 휴먼지능로봇공학과

• 접수일 : 2022. 06. 28
• 수정완료일 : 2022. 07. 20
• 게재확정일 : 2022. 08. 17

• Received : Jun. 28, 2022, Revised : Jul. 20, 2022, Accepted : Aug. 17, 2022

• Corresponding Author : Soo-Whang Baek

Dept. Human Intelligence and Robot Eng., Sangmyung University,

Email : swbaek@smu.ac.kr

I. 서 론

최근 들어, 자율주행 기술은 여러 가지 분야에 활용되고 있다. 그 중 실외에서의 자율주행 차량은 현재 거의 모든 자동차 회사가 개발에 매진하고 있을 정도로 엄청난 관심과 성장을 이루고 있다[1-3]. 이와 더불어 자율주행 시대가 도래하고 있는 만큼 실내에서의 자율주행 기술을 이용한 서비스 로봇 분야 또한 활발한 연구들이 진행되고 있다. 서비스 로봇은 인간의 업무를 대신 수행하거나 물건 운반 등의 역할을 하며 점점 수요가 증가하고 있다[4-6]. 또한, 식당의 서빙 로봇이나 호텔에서의 안내 로봇을 전보다 자주 볼 수 있다[7-8]. 하지만 자율주행 기능이 부가된 지능형 로봇을 보기 드물다. 회사나 학교 같은 실내 공간에서 흔히 물건을 주고받는 상황은 매우 빈번하게 발생한다. 이러한 상황이 자주 반복될수록 인간의 움직임 발생과 시간 소비가 늘어나게 됨으로써 시간적 경제적 손실이 생기는 문제가 발생한다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해 실내 배송 자율주행차량을 이용하여 서류나 무거운 물건을 사람 대신 배송이 가능한 자율주행 차량을 구현한 연구들이 있다. 그러나 구현된 자율주행차량은 실내에서 활용되는 것을 주된 목적으로 하기 때문에 한정적인 공간, 장애물의 존재 여부 등 다양한 변수가 발생하는 문제점이 존재한다[9-11].

따라서 본 논문에서는 실내에서의 물건배달을 목적으로 하는 자율주행차량 차량을 제안하고 구현한다. 이를 위해 WeGo 사의 ERP-42-Mini 모델에 기초하여 플랫폼의 상단에 추적 카메라와 심도 카메라를 장착하는 하드웨어를 구성하고, 자율주행을 위해 Visual SLAM 기술을 사용하여 건물 내부의 SLAM Map을 구현한다. 이후 목적지를 구분하기 위해 표찰을 인지하고 판단하기 위한 CNN 딥러닝을 사용하는 소프트웨어 알고리즘과 하드웨어 설계 및 제작을 수행하였다. 자율주행 배달의 정확성을 판단하기 위한 실험을 수행하였고, Visual SLAM 기술과 CNN 딥러닝을 사용하여 설정된 실내 목적지까지의 원활한 주행을 확인하였다. 실험 환경과 범위는 상명대학교 한누리관 5층으로 한정하였으며 후속 연구를 통해 사용 가능 범위를 점진적으로 늘려나갈 계획이다. 그리고 SLAM 맵에서 측정된 건물

의 벽과 플랫폼 사이의 거리와 현실에서의 자율주행차량 플랫폼과 벽의 길이를 비교해보고 이에 따른 오차를 구해 자율주행차량 플랫폼이 주행할 때 자율주행차량 플랫폼과 벽의 충돌 확률을 최소화하여 주행할 수 있도록 하였다. 최종적으로 실내 자율주행 시제품을 제작하고 SLAM 맵 생성과 그 기반으로 경로 추종을 하여 실내에서의 배달을 성공적으로 수행하였으며 본 연구의 문제점과 한계를 분석하며 고찰하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템의 구성 및 전체 알고리즘 구성도를 소개하고 하드웨어 설계 및 구현에 관한 내용으로 구성하였다. 3장에서는 구현된 플랫폼을 기반으로 Visual SLAM 기술을 통해 SLAM 맵을 생성하고 목적지 도착을 판단하기 위해 CNN 딥러닝을 통해 강의실의 표지를 인식하기 위한 과정을 서술한다. 4장에서는 구성된 기술을 바탕으로 구현된 실험과 특성을 분석하였고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 하드웨어 구성 및 알고리즘

2.1 시스템 구성

실내에서 물건을 배달하는 것을 목표로 한다는 점을 고려하여 Wego 사의 소형 자율주행 차량 플랫폼 ERP-42-Mini를 기본 플랫폼으로 사용하였고 플랫폼의 상단에 알루미늄 프로파일을 사용하여 물건을 적재할 공간과 카메라를 고정할 거치대 부분을 설계 후 제작하였다. 그림 1은 실내 배달 자율주행 차량의 모델링을 나타낸다.

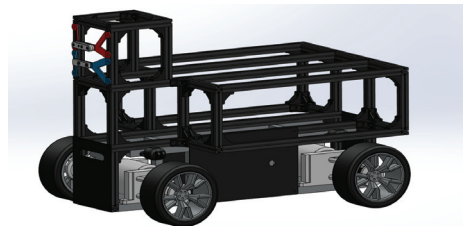


그림 1. 실내 배달 자율주행 차량 모델링
Fig. 1 Modeling of indoor autonomous driving delivery vehicle

그리고 심도 카메라와 추적 카메라를 융합하여 얻은 정보를 바탕으로 SLAM 맵 상에서 플랫폼의 위치를 실시간으로 파악하며 자율주행 차량 플랫폼은 주행한다. 이를 위해 메인 PC는 차량과 시리얼 통신을 통해 연결되고, 심도 카메라와 추적 카메라는 센서 퓨전을 통해 Visual SLAM 기술을 구현하도록 구성되었다. 그림 2에 실내 배달 자율주행 차량의 전체적인 시스템 구성도를 나타내었다.

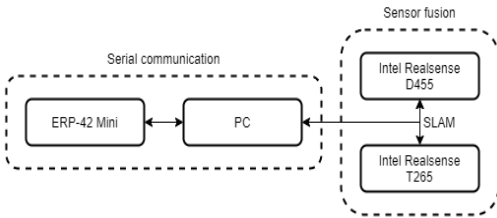


그림 2. 실내 배달 자율주행 차량의 시스템 구성도
Fig. 2 System configuration diagram of Indoor autonomous driving delivery vehicle

2.2 알고리즘

그림 3에 실내 배달 자율주행 차량의 주행을 수행하기 위한 전체 알고리즘의 구성도를 나타냈다.

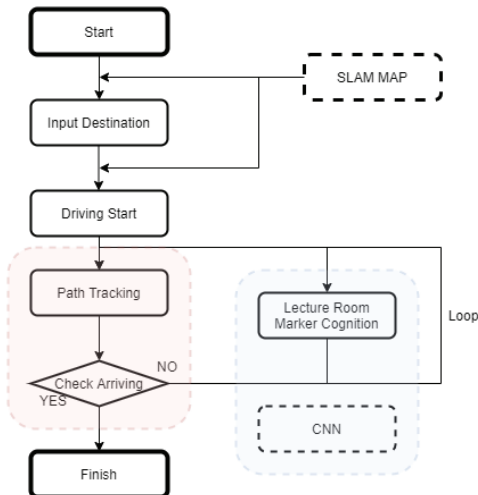


그림 3. 알고리즘
Fig. 3 Algorithm

목적지를 입력받은 이후 미리 생성한 활동 범위의 SLAM 맵을 활용하여 경로를 추종하고 주행을 시작한다. 주행 과정에서 입력받은 목적지(강의실)의 표지를 실시간으로 CNN 신경망을 통해 확인하며 SLAM 맵을 통해 판단할 수 없는 목적지의 세부 위치를 판단할 수 있게 해준다. 목적지에 도착하면 주행을 종료하며 도착하지 못한 경우에는 SLAM 맵의 정보와 실시간으로 입력받는 카메라의 영상을 비교하여 경로를 다시 추종한다.

2.3 심도, 추적 카메라의 융합

실외에서는 GPS를 사용해 위치 추정하는 방식이 주로 사용되지만, 실내에서는 건물의 벽이나 천장에 막혀 신호를 받는 데 있어서 방해를 받기 때문에 불안정함을 보인다. 또한, 제작비용의 절감을 위해 고가의 LiDAR가 아닌 2대의 카메라를 활용하여 SLAM 맵을 생성하였다. 이를 위해 Intel 사의 Realsense D455와 T265 모델을 사용하였다. 이를 그림 4에 나타냈다. 심도 카메라와 추적 카메라를 융합하여 SLAM 맵을 생성하고, 생성된 SLAM 맵의 차량(추적 카메라)의 위치를 파악하고 실시간 움직임을 예측할 수 있다. 그리고 심도 카메라를 사용하여 차량의 위치와 SLAM 맵 속의 일정 포인트와의 거리 정보를 활용하여 차량이 도달하고자 하는 목적지에 정확한 도착 여부를 판별하게 된다.



그림 4. 카메라 (a) 심도 카메라 (b) 추적 카메라
Fig. 4 Camera (a) Depth camera (b) Tracking camera

III. 적용 기술

3.1 Visual SLAM

동시적 위치추정 및 지도작성 (SLAM)은 주변 환

경에 대한 정보가 없는 상태에서 특정 센서를 사용하여 주변의 환경을 인식하고 자신의 움직임과 위치를 추정하는 것을 말한다. 이때 센서로 카메라를 사용하는 경우 Visual SLAM이라고 한다[12]. Visual SLAM은 카메라의 Localization을 통해 주변 환경을 Mapping 하는 과정을 실시간으로 수행한다.

3.2 SLAM 맵을 사용한 실내 위치추정 기술

GPS를 사용하여 현재 위치를 인식하고 지도를 생성하는 실외와 달리 실내는 GPS 신호를 수신받기 매우 어려운 환경이다. 따라서 이를 해결하기 위해 Realsense D455(심도 카메라)와 T265(추적 카메라) 2개의 카메라를 사용하였다. 심도 카메라의 스테레오 모듈과 모션 모듈을 사용하여 영상 속의 윤곽이 있는 물체를 인식하며 이를 바탕으로 SLAM 맵을 생성한다. 이후 추적 카메라를 통해 미리 작성된 SLAM 맵에서 카메라의 실시간 위치를 추적할 수 있다. 이 과정을 통해 SLAM 맵 속에서 차량의 실시간 위치와 목적지까지의 도달 여부를 확인할 수 있다. 2대의 심도, 추적 카메라를 융합한 Visual SLAM 기술과 CNN을 활용한 강의실 표지를 인식하는 방법을 함께 사용하여 차량의 위치를 더욱 정확하게 인식할 수 있도록 구현하였다. 그림 5는 RGB 모듈을 통해 촬영한 일반 이미지와 Depth 모듈을 통해 촬영한 이미지를 나타낸다.

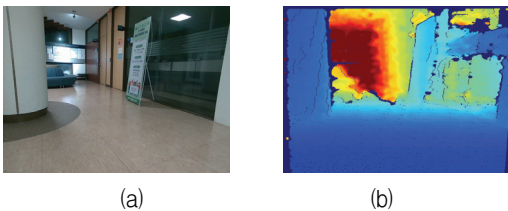


그림 5. 이미지 (a) RGB 이미지 (b) Depth 이미지
Fig. 5 Images (a) RGB image (b) Depth image

이와 같이 심도 카메라를 사용하여 일반적인 RGB 영상을 카메라 렌즈와의 거리를 계산하여 거리별로 색상을 다르게 하여 표현할 수 있다. 이를 바탕으로 영상에서 확인할 수 있는 특정 포인트와의 거리를 실

제 거리와 비교하여 SLAM 맵의 정확도를 확인하는 실험을 수행하였다.

3.3 딥러닝을 사용한 강의실 표지 인식

목적지에 도착하기 위해선 벽에 부착된 강의실 표지를 인식해야 한다. 따라서 딥러닝 기술 중 CNN을 이용한 이미지 분석을 활용해 표지 인식 실험을 수행하였다. 카메라의 높이를 고려하여 시간별로 촬영된 각 강의실의 위치와 사진정보를 활용하여 150장의 이미지 자료를 수집하였다. 이후 은닉층 구성 등을 통해 모델의 정확도를 높이고 이를 학습시켜 강의실의 표지를 정확히 인식할 수 있게 하였다. 이후 SLAM 맵과 연동하여 차량이 목적지에 정확히 도달하였는지 확인하여 차량의 실시간 위치를 보정할 수 있도록 작업을 수행하였다. 아래의 그림 6은 CNN 신경망을 이용한 강의실 표지 인식 실험에 사용된 이미지 데이터이다.



그림 6. 학습에 사용한 이미지 (Case 1 ~ Case 7)
Fig. 6 Images used for learning (Case 1 ~ Case 7)

해당 이미지들은 CNN 신경망을 통과하며 특징 추출과 분류의 과정을 반복 수행하여 Case를 구분하게 된다. 아래의 그림 7은 위의 Case 1 ~ Case 7에 해당하는 이미지들이 학습에 사용되는 과정을 알고리즘화하여 Flowchart로 나타낸 것이다. 아래의 과정처럼 CNN 신경망을 사용한 강의실 표지 인식 실험을 진행하였다.

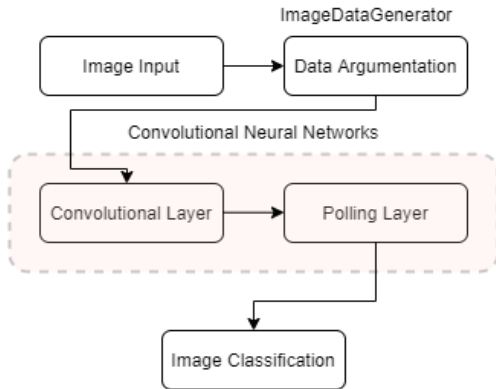


그림 7. 강의실 표지 인식 실험 알고리즘

Fig. 7 Algorithm of destination marker recognition experiment

VI. 실험 결과

4.1 실내 배달 자율주행차량 제작

실내 배달 자율주행 차량은 CAD를 사용하여 기본 플랫폼의 상단에 알루미늄 프로파일을 기본 뼈대로 사용하여 전체적인 프레임을 구성하였다. SLAM 맵의 제작성의 향상과 차량의 위치를 정확하게 추적하기 위해 전방에 타워형의 프레임을 제작하여 카메라를 높이 부착할 수 있도록 했다. 또한, SLAM 맵을 제작하기 위한 카메라를 알루미늄 프로파일과 결합하기 위해서 3D 모델링을 사용하여 맞춤 제작하였다. 그림 8은 실제로 제작한 실내 배달 자율주행 차량을 나타낸다.



그림 8. 실내 배달 자율주행 차량

Fig. 8 Indoor autonomous driving delivery vehicle

4.2 SLAM 맵의 정확도 확인 실험

실내 배달 자율주행 차량은 SLAM 맵을 사용하여 실제 차량 주변의 지형을 저장하며 이후 추적 카메라를 통한 건물 내부에서 차량의 동시적인 위치 추적 및 지도 작성 과정을 수행한다. SLAM 맵을 통해 플랫폼은 주행 경로를 추종할 수 있다. SLAM 맵을 통해 주행 경로를 설정하고 추종하기 위해서는 SLAM 맵의 정확도가 정말 중요하다. 그래서 본 연구에서는 SLAM 맵의 정확도를 확인하기 위해 심도 카메라가 거리를 측정한 수치와 물리적인 측정도구를 사용한 실제 수치를 비교하는 실험을 진행하였다. 그림 9에 정확도 확인 실험을 진행하는 과정을 나타내었다. 그림 9(a)는 심도 카메라를 통해 특정 지점까지의 거리를 계산한 사진이며 그림 9(b)는 심도 카메라를 통해 측정한 거리의 정확도를 계산하기 위해서 해당 지점까지의 실제 거리를 측정하는 사진이다. SLAM 맵의 정확도를 나타낸 결과는 아래의 표 1에서 확인할 수 있다.



(a)



(b)

그림 9. SLAM 맵 정확도 확인 실험

(a) SLAM 맵 측정 (b) 실측

Fig. 9 SLAM Map accuracy verification experiment (a) SLAM Map measurement (b) Actual measurement

그림 10은 실제로 구현한 SLAM 맵의 사진을 나타낸다. 초록색 실선은 차량에 부착된 추적 카메라가 차량이 주행한 경로를 추적한 궤적을 의미한다. 그리고 이는 차량이 주행하는 과정에서 촬영한 Depth Image를 모두 합쳐 하나의 맵으로 생성한 것이다. 벽이나 기둥, 적치물과 같은 장애물은 외벽으로 막혀있기 때문에 검은색으로 이루어져 있고 복도와 같이 트여있는 공간은 정상적으로 색이 출력되는 것을 볼 수 있다.

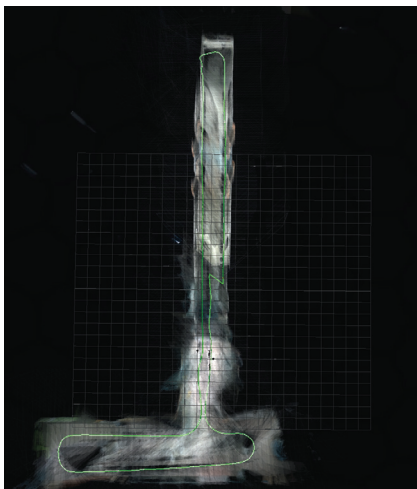


그림 10. 구현된 SLAM Map
Fig. 10 Implemented SLAM Map

표 1에는 SLAM 맵의 측정치와 실측치 간의 오차를 나타냈다. 정지 상태인 차량의 상태에서 SLAM 맵 속의 위치와 실제 위치 간의 거리 차이를 계산한 후 이를 비교하는 과정을 여러 위치에서 실험으로 수행했다. 이를 통해 SLAM 맵 속의 측정치와 실측치 간의 오차가 3%~5% 수준을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

표 1. SLAM 맵의 측정치와 실측치 간의 오차율
Table 1. Error ratio between actual measured and measured values in SLAM map

Case	SLAM [mm]	Actual measurement [mm]	Error [mm]	Recognition ratio [%]
1	1000	960	-400	96.0
2	1450	1420	-300	97.0
3	1651	1550	+101	93.9
4	1248	1290	+42	96.7

4.3 CNN 신경망을 통한 목적지 표찰 인식 실험

차량이 주행 중 목적지의 표찰을 인식하는 과정에서 사용할 CNN 신경망 모델을 생성하고 정확도를 평가하는 실험을 수행하였다. 이후 카메라를 통해 목적지의 표찰을 인식함으로써 차량이 목적지에 도착하였는지를 판단한다. 강의실 표지를 카테고리별로 다각도에서 이미지를 생성하고, 이를 Train Set에 150개, Test Set에 30개로 분할하였다. 그리고 Image Data Generator를 통해 추가적인 이미지 증감을 진행하였으며 이를 통해 더 많은 양의 데이터를 사용하여 학습 과정과 평가 과정을 진행하였다. 표 2는 CNN 신경망 모델이 7개의 목적지의 강의실 표찰을 학습하며 측정한 정확도를 나타낸 결과이다. Case 1 ~ Case 7은 상명대학교 한누리관 5층에 있는 서로 다른 강의실 및 연구실의 표지를 나타낸다.

표 2. CNN 신경망의 표찰 인식 정확도
Table 2. Mark recognition accuracy of CNN

Case	1	2	3	4	5	6	7
Accuracy [%]	72.36	80.96	93.63	91.50	94.93	83.46	98.96

실험결과 Case 1, 2, 6의 경우에는 빛 번짐 및 화질 부족으로 인해 인식 거리가 멀어지는 경우나 빛과

같은 외부의 변수에 대한 적응이 부족하다는 것을 확인하였지만. Case 3, 4, 5, 7의 경우 전체적으로 약 90%의 정확도를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

V. 결 론

본 연구에서는 실내에서 사용자에게 임무를 부여받아 원하는 목적지까지 이동하는 자율주행 차량을 구현하였다. 또한, 실내에서의 배송이 목적이기 때문에 물건을 적재할 수 있는 공간을 플랫폼에 부착하였다. 실외와 달리 실내는 GPS와 같이 외부에서 위치 정보를 받아올 수 없는 환경을 고려하여 Visual SLAM 기술을 통해 외부에서의 정보 제공 없이도 운용할 수 있는 Local 시스템을 구현하였다. 그리고 심도 카메라와 추적 카메라를 이용해 SLAM 맵을 형성하고 이를 기반으로 실내에서의 실시간 위치추정이 가능하도록 하였다. 이후 목적지를 판별하기 위해 CNN 딥러닝을 사용하여 벽에 부착된 강의실 표지를 인식할 수 있게 구현하였으며 약 5m 이내의 근거리에서만 인식할 수 있음을 알 수 있었다. 이러한 기술들을 통합 적용하여 성공적으로 목적지까지 이동할 수 있었다. 현재까지의 연구에서 설계한 자율주행 차량은 목적지에 문제없이 도착하기 위해 Mapping, 실내 위치추정, CNN 딥러닝을 통한 강의실 표찰 인식에 중점을 두고 연구되었다. 하지만 실내에서 가용하기 위해선 장애물을 인식하여 능동적으로 회피할 수 있어야 한다. 따라서 앞으로는 장애물을 회피하는 연구를 추가로 진행하여 여러 변수에 대처할 수 있도록 개선할 계획이다.

감사의 글

이 논문은 2021년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2021R1F1A1061567).

References

- [1] J. Oh, P. Lee, S. Kim, and W. Lee, "A Study on the Delvelopment of In door Autonomous Mobile Robots," *J. of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 24, no. 9, 2018, pp. 814-821.
- [2] J. Kim, J. Heo, S. Jung, and S. Kim, "Path-planning using Modified Genetic Algorithm and SLAM based on Feature Map for Autonomous Vehicle," *J. of the Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 19, no. 3, 2009, pp. 381-387.
- [3] J. Han, J. Hwang, S. Hong, and Y. Ryuh, "Complementary Filtering for the Self-Localization of Indoor Autonomous Mobile Robots," *J. of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol. 16, no. 11, 2010, pp. 1110-1116.
- [4] W. Lee and S. Yun, "Estimation of optimal position of a mobile robot using object recognition and hybrid thinning method," *J. of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 25, no.6, 2021, pp. 785-791.
- [5] J. Shin, J. Yoo, J. Han, I. Hwang, and H. Park, "A Study on Basic Technology for Autonomous-Driving Using RC car," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17. no. 1, Feb. 2022, pp. 49-58.
- [6] J. Kim, Y. Ju, and E. Kim, "Object Recognition Technology using LiDAR Sensor for Obstacle Detection of Agricultural Autonomous Robot," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16. no. 3, June 2021, pp. 565-570.
- [7] U. Kim, B. Kim, and I. Kim, "Implementation of Serving Mobile Robot Using ROS," *The J. of Korean Institute of Information Technology*, vol. 17, no. 2, 2019, pp. 33-43.
- [8] J. Kim and E. Kim, "Agricultural Autonomous Robots System for Automatic Transfer of

Agricultural Harvests," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 4, Aug. 2021, pp. 749-754.

- [9] D. Choi and J. Jang, "A Study on the Development of a Program to Body Circulation Measurement Using the Machine Learning and Depth Camera," *Int. J. of Internet, Broadcasting and Communication*, vol. 12, no. 1, 2020, pp. 122-129.
- [10] Y. Chen, J. Tang, C. Jiang, L. Zhu, M. Lehtomäki, H. Kaartinen, R. Kaijaluoto, Y. Wang, J. Hyypä, H. Hyypä, H. Zhou, L. Pei, and R. Chen, "The Accuracy Comparison of Three Simultaneous Localization and Mapping(SLAM)-Based Indoor Mapping Technologies," *Sensors*, vol. 18, no. 10, 2018, pp. 1-25.
- [11] K. Shokhrukh and J. Yoo, "Lightweight Residual Layer Based Convolutional Neural Networks for Traffic Sign Recognition," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 1, Feb. 2022, pp. 105-110.
- [12] S. Chen, B. Zhou, C. Jiang, W. Xue, and Q. Li, "A LiDAR/Visual SLAM Backend with Loop Closure Detection and Graph Optimization," *Remote Sensing*, vol. 13, no. 14, 2720, 2021, pp. 1-29.

저자 소개



김유중(Yu-Jung Kim)

2021년~ 상명대학교 휴먼지능로봇공학과 재학

※ 관심분야 : 기구 설계, 로봇 제어, 휴머노이드



강준우(Jun-Woo Kang)

2021년~ 상명대학교 휴먼지능로봇공학과 재학

※ 관심분야 : 비전 프로그래밍, 로봇 제어



윤정빈(Jung-Bin Yoon)

2021년~ 상명대학교 휴먼지능로봇공학과 재학

※ 관심분야 : 지능형 로봇, 비전 프로그래밍



이유빈(Yu-Bin Lee)

2021년~ 상명대학교 휴먼지능로봇공학과 재학

※ 관심분야 : 기계 설계, 지능형 로봇



백수황(Soo-Whang Baek)

2005년 한양대학교 전자컴퓨터공학부 졸업(공학사)

2012년 한양대학교 대학원 전자전기제어계측공학과 석박사통합과정 졸업(공학박사)

2012년~2016년 현대캐피코 기술연구소 책임연구원
2016년~2020년 호남대학교 미래자동차공학부 교수
2020년~ 상명대학교 휴먼지능로봇공학과 교수

※ 관심분야 : 친환경미래자동차, 자동차진자제어, 전기기기시스템