

사물인터넷 기반의 실내 자율주행 시스템

이성현¹, 곽아은¹, 이승혜¹, 김태국^{2*}

¹국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부 학생, ²국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부 교수

Indoor autonomous driving system based on Internet of Things

Seong-Hyeon Lee¹, Ah-Eun Kwak¹, Seung-Hye Lee¹, Tae-Kook Kim^{2*}

¹Student, School of Computer and Artificial Intelligence Engineering, Pukyong National University

²Professor, School of Computer and Artificial Intelligence Engineering, Pukyong National University

요약 본 논문은 터틀봇3 (TurtleBot3)를 기반으로 ROS(Robot Operating System) 환경에서 SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)과 Navigation 기법을 적용한 사물인터넷 기반의 실내 자율주행 시스템을 제안한다. 제안한 자율주행 시스템을 실내 자율주행 휠체어 및 로봇 등에 적용 가능하다. 본 연구에서는 실내 자율주행 휠체어에 적용하여 동작을 검증하였다. 제안한 자율주행 시스템은 2가지 기능을 제공한다. 첫째, 실내 환경 정보를 수집 및 저장하고, 이를 통해 휠체어가 장애물을 인식할 수 있도록 한다. 이를 통해 만들어진 Map을 이용한 Navigation을 수행하여 탑승자가 원하는 위치까지 휠체어의 자율주행을 통해 이동할 수 있다. 둘째, OpenCV를 이용한 이미지 인식을 통해 특정 로고를 추적하여 이동하는 기능을 제공한다. 이를 통해 기관 고유 로고가 그려진 유니폼을 착용한 안내원에게 안내 서비스를 받을 수 있도록 한다. 제안한 시스템은 기존의 휠체어보다 이동성, 안전성, 사용성을 향상해 탑승자에게 편리함을 제공할 것으로 기대한다.

주제어 : 사물인터넷, 자율주행, 영상처리, 휠체어, 장애보조기구

Abstract This paper proposes an IoT-based indoor autonomous driving system that applies SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) and Navigation techniques in a ROS (Robot Operating System) environment based on TurtleBot3. The proposed autonomous driving system can be applied to indoor autonomous wheelchairs and robots. In this study, the operation was verified by applying it to an indoor self-driving wheelchair. The proposed autonomous driving system provides two functions. First, indoor environment information is collected and stored, which allows the wheelchair to recognize obstacles. By performing navigation using the map created through this, the rider can move to the desired location through autonomous driving of the wheelchair. Second, it provides the ability to track and move a specific logo through image recognition using OpenCV. Through this, information services can be received from guides wearing uniforms with the organization's unique logo. The proposed system is expected to provide convenience to passengers by improving mobility, safety, and usability over existing wheelchairs.

Key Words : IoT, Autonomous Driving, Image Processing, Wheelchair, Assistive Device for the Disabled

이 논문은 국립부경대학교 자율창의학술연구비(2022년)에 의하여 연구되었음.

*교신저자 : 김태국(king@pknu.ac.kr)

접수일 2024년 01월 15일 수정일 2024년 02월 15일 심사완료일 2024년 02월 28일

1. 서론

1.1 연구 배경

현대 우리 사회에서는 주요 장애인보조기구에 대한 필요 및 소지 비율이 지속적으로 늘고 있다[1,2]. 대한민국이 초고령 사회에 진입하게 되면서 이러한 수요는 더욱 올라갈 것으로 전망된다. 이에 따라 노약자가 사용하기 쉬운 전동 휠체어에 대한 연구 필요성이 강조된다.

기존 전동 휠체어는 사용자 인터페이스로 조이스틱을 사용한다[3]. 조이스틱의 경우 장애물이 많은 환경에서 조작성이 복잡해진다는 단점이 있다. 특히 구조물이 많은 실내 공간에서 조이스틱을 사용하는 것은 피로감을 유발할 뿐 아니라 충돌사고로 이어질 수 있다. 또한 구조가 익숙하지 않은 실내 공간에 초회 방문 시 조이스틱 전동 휠체어로 목적지를 찾아가는 것은 쉽지 않은 일이다.

이러한 문제를 해결하고자 본 논문에서는 이동성, 안정성, 사용성을 고려한 사물인터넷 기반의 실내 자율주행 시스템을 제안하였다. 본 연구에서는 실내 자율주행 휠체어에 시스템을 적용하여 동작을 검증하였다. 제안한 휠체어는 ROS(Robot Operating System) SLAM(Simultaneous Localization And Mapping) 및 Navigation 기법을 적용한다. 사용자 인터페이스를 기존 조이스틱에서 스마트폰 어플로 대체하여 입력받은 목적지로 자율 주행한다. 또한 사람의 안내가 필요한 경우, 안내원의 복장에 그려진 기관 고유 로고를 추적하여 서비스를 이용할 수 있도록 한다.

2. 관련 연구

2.1 조이스틱 대체 연구

조이스틱을 대체하는 스마트 휠체어 관련 연구는 지속적으로 수행되어왔다. 주진선의 논문에서는 얼굴 방향과 입 모양을 감지하여 휠체어의 주행 방향을 결정하는 시스템을 연구하였다. Adaboost 기법으로 카메라를 통해 사용자의 얼굴 영역과 입 영역을 검출한다. Statistical analysis와 K-means clustering는 이렇게 얻어진 사용자의 얼굴에서 얼굴의 방향과 입모양을 인식한다[4]. 박세현의 논문에서는 시선을 인식하여 휠체어의 주행 방향을 결정하는 시스템 제안한다. 적외선 카메라와 두 개의 광원을 이용하여 사용자의 각막에 반사점을 생성하고 시선을 추적한다[5]. 강성철의 논문에서는 머리 기용기를 이용한 시스템을 제안하였다. 3축 가속도 신호 변화를

검출할 수 있는 가속도 센서를 사용하여 머리의 기울기를 감지한 후 휠체어 방향 설정에 사용한다[6].

이러한 연구들은 조이스틱 조작성이 미숙한 휠체어 사용자들을 위하여 고안되었다. 그러나 실내 공간과 같이 장애물이 많은 환경에서 사용자가 매번 장애물을 인지하고 조향해야 한다는 문제점은 해결되지 않는다. 또한 신체 일부를 사용자 인터페이스로 사용하는 경우 피로감을 유발할 수 있다.

2.2 사물인터넷을 활용한 스마트 휠체어

최유리의 연구에서 IoT를 활용한 지능형 스마트 휠체어를 제안하였다. 휠체어가 넘어진 것이 감지되면 어플을 통해 알림이 가며 카메라를 통해서 모니터링 한다. 또한 계단을 오를 수 있는 계단용 바퀴와 조도 센서 전조등의 기능을 탑재하였다[7].

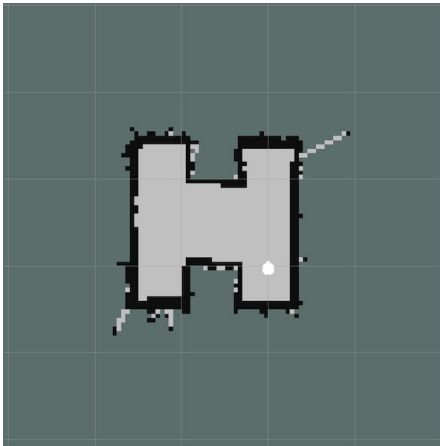
3. 제안한 자율주행 시스템 구현

본 연구에서 사물인터넷 기반의 실내 자율주행 시스템을 제안하였다. 제안한 자율주행 시스템은 사전에 SLAM 기법을 통해 MAP을 작성하여 주행 시 장애물을 자동 회피하고, 출발 전 한 번의 목적지 입력을 통해 자율주행한다. 자율주행은 navigation 모드, logo tracker 모드로 설정할 수 있다. Navigation 모드는 설정한 목적지로 장애물을 피해가며 자율주행한다. Logo tracker 모드는 안내원에 부착된 특정 로고 등을 추적하여 안내원을 따라가며 자율주행한다.

3.1 자율 주행 (navigation 모드)

본 논문의 자율 주행을 수행하는 휠체어는 터틀봇3[8] 버거와 Ubuntu 18.04.6 LTS[9]가 설치된 원격 컴퓨터를 기반으로 구현하였다. 휠체어 역할을 담당하는 터틀봇은 주변 환경을 파악하고 이동하는 역할을 수행하며, 원격 컴퓨터는 터틀봇이 수집한 주변 환경 데이터들을 모니터링하고 터틀봇을 제어하기 위한 용도로 사용된다. 터틀봇은 SLAM을 통해 특정 공간에서 주변 환경의 데이터를 수집하여 지도를 작성하면서 현재 자신의 위치를 추정한다. SLAM을 수행하기 위한 다양한 방법 중 LDS(Laser Distance Sensor)를 이용한 SLAM 방식을 이용한다. LDS는 레이저 빛을 사용하여 거리를 측정하는 기술을 사용하며, 구현에는 LDS-01 모델이 사용되었다. 터틀봇은 로봇 제어와 센서 데이터 처리를 위해

Remote PC와 통신을 수행한다. 통신을 수행하기 위하여 오픈 소스 로봇 플랫폼인 ROS를 이용한다. 터틀봇은 장착된 라즈베리 파이(Raspberry Pi)[10-12]를 통해 수집된 센서 데이터를 처리하고 원격 컴퓨터 간의 통신을 수행한다. 자율 주행 구현을 위하여 ROS를 원격 컴퓨터에 설치한다. 본 논문에서는 ROS의 여러가지 버전 중 Melodic 버전을 설치하여 사용한다. 터틀봇에 장착된 라즈베리 파이는 Ubuntu 18.04를 사용하여 원격 컴퓨터와 동일하게 Melodic 버전의 ROS를 설치한다. 원격 컴퓨터에서 마스터와 노드간의 제어와 통신을 수행하기 위해 원격 컴퓨터에서 `roscore`[13] 명령어를 실행하여 ROS 마스터를 구동한다.



[Fig. 1] Rviz Window

원격 컴퓨터에서 터틀봇에 SSH(Secure Shell) 프로토콜을 통해 원격 접속하고, 로봇을 구동하는 데 사용되는 ROS 런치 파일을 실행한다. 이후 원격 컴퓨터에서 SLAM을 수행하기 위해 사용되는 ROS 런치 파일을 실행한다. SLAM은 `gmapping` 알고리즘을 통해 센서 데이터를 수집하고, 로봇의 현재 위치와 주변 환경의 지도를 작성하는 작업을 수행한다. [Fig. 1]을 RViz(ROS Visualization)[14] Window 화면을 나타낸다. [SLAM 명령어] 또한 SLAM 과정을 실시간으로 시각화하기 위해 RViz가 실행된다. RViz를 통하여 로봇의 현재 위치, 센서 데이터, 데이터를 기반으로 생성된 지도를 확인할 수 있다.

터틀봇이 실내 공간을 이동하며 센서 데이터를 수집해야 하기 때문에, 로봇의 움직임을 제어할 수 있어야 한다. [Fig. 2]는 teleop terminal 화면을 나타낸다. `turtlebot3_teleop` 패키지는 터틀봇의 원격 조종을 담당하는 노드를 제공하며, 다음의 명령어를 실행하여 키보드를 이용

하여 원격으로 터틀봇의 움직임을 제어할 수 있다. W는 전진, A는 왼쪽 방향으로 회전, D는 오른쪽 방향으로 회전, X는 후진, S키는 로봇을 정지한다.

```
Control Your TurtleBot3!
-----
Moving around:
  W
  a  s  d
  X

w/x : increase/decrease linear velocity (Burger : ~ 0.22, Waffle
a/d : increase/decrease angular velocity (Burger : ~ 2.84, Waffle

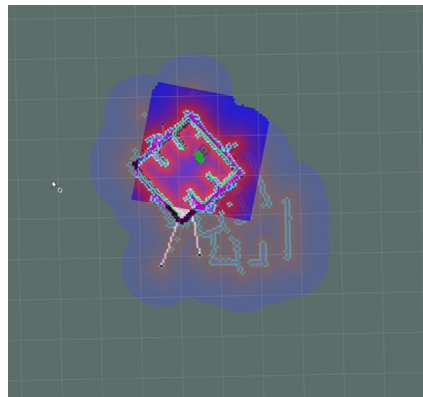
space key, s : force stop

CTRL-C to quit

currently: linear vel -0.18 angular vel 0.8
currently: linear vel 0.0 angular vel 0.0
currently: linear vel 0.0 angular vel -0.1
currently: linear vel -0.01 angular vel -0.1
currently: linear vel -0.01 angular vel -0.2
currently: linear vel 0.0 angular vel 0.0
currently: linear vel -0.01 angular vel 0.0
currently: linear vel -0.02 angular vel 0.0
```

[Fig. 2] teleop terminal

터틀봇의 움직임을 제어하여 실내 공간의 지도를 생성하고, 지도 생성이 완료되면 `map_server` 패키지를 이용하여 지도를 저장한다. 저장된 지도는 OGM(Occupancy Grid Map)을 통해 그리드로 나뉜 지도를 사용하여 환경을 나타낸다. 지도의 흰색 영역은 로봇이 이동 가능한 자유 영역(free area), 검은색은 이동 불가능한 점유 영역(occupied area), 회색은 확인되지 않은 미지의 영역(unknown area)이다[15]. 저장된 지도를 바탕으로 Navigation을 수행하기 위한 `turtlebot3_navigation.launch` 파일을 실행한다. 사용할 지도 파일을 SLAM을 통해 생성해두었던 지도 파일인 `map.yaml`로 설정한다. [Fig. 3]은 RViz에서 실행되는 맵 파일을 나타낸다. RViz 노드를 통해 Navigation 과정을 시각화하여 확인할 수 있다.



[Fig. 3] Map file executed in Rviz

[Fig. 4]는 추정을 통한 Turtlebot3의 위치 조정을 나타낸다. Navigation을 실행하기 전에 초기 위치 추정 작업을 수행해야 한다. 이 과정은 Navigation에서 중요한 AMCL(Adaptive Monte Carlo Localization) 매개변수를 초기화하는 데 중요한 역할을 수행한다. RViz 인터페이스에서 '2D Pose Estimate'를 선택하여 터틀봇의 실제 위치와 방향을 지도에서 설정해준다.



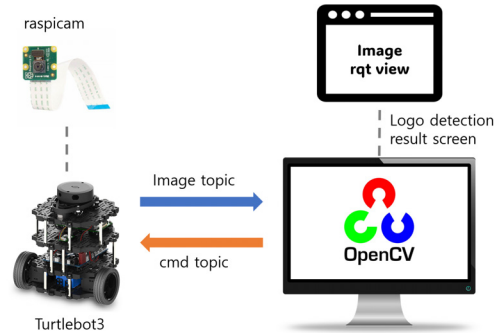
[Fig. 4] Adjustment of TurtleBot3's position through Estimation

해당 작업을 통하여 터틀봇의 현재 위치 추정이 완료되면, RViz 인터페이스의 '2D Nav Goal'을 클릭하여 Navigation 목적지와 방향을 지정할 수 있다. 터틀봇은 추정된 위치를 기반으로 목표 지점까지 이동하게 된다.

3.2 안내원 추적 (logo tracker 모드)

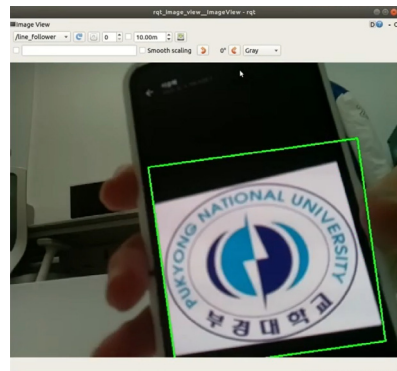
본 기능은 휠체어 조작이 어려운 공간에서 안내원의 서비스를 받을 필요가 있는 경우 사용자의 주행 부담을 줄이기 위하여 고안되었다. 휠체어에 장착된 카메라를 통해 안내원 복장에 그려진 로고를 감지하고, 감지된 로고의 위치를 계산하여 휠체어의 주행 방향을 설정한다.

터틀봇은 라즈베리 파이에 연결된 카메라로 촬영한 전방 영상을 이미지 토픽으로 압축하여 원격 컴퓨터에 publish한다. 원격 컴퓨터는 해당 이미지 토픽을 subscribe한다. 터틀봇으로부터 이미지 토픽을 수신하면 각 이미지에 영상처리 기법을 사용하여 사전에 등록된 로고 이미지를 감지한다.



[Fig. 5] Architecture of logo tracker

[Fig. 5]는 로고 추적기의 구성을 나타낸다. 로고 감지에는 openCV[16,17]를 사용한다. 원격 컴퓨터는 사전에 등록된 로고 이미지를 ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF) 특징 디텍터의 입력 이미지로 사용하여 특징점(KeyPoints)과 해당 특징점의 설명자(Descriptors)를 추출한다. [Fig. 6]은 로고 인식 화면을 표시하는 이미지 rqt 창을 나타낸다. 원격 컴퓨터가 이미지 토픽을 수신하면 Brute-Force Matcher 알고리즘을 사용하여 이전에 추출한 정보와 이미지 토픽 간의 키포인트 매칭을 찾는다. 매칭된 영역은 image rqt view 창에서 초록색 박스로 나타내었다.

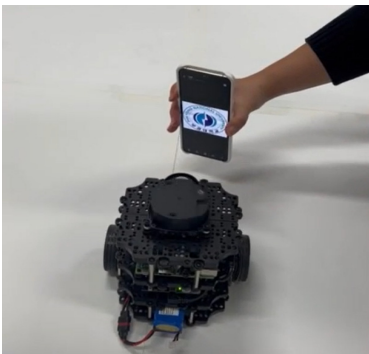


[Fig. 6] Image rqt window displaying logo recognition screen

로고가 감지되면 휠체어의 주행 방향을 결정하기 위해 입력 이미지 상 로고의 위치를 계산한다. 감지된 로고의 영역을 직사각형으로 변환한 후 해당 직사각형의 가로 길이를 2로 나누어 영역 중심의 x좌표를 구한다. 이 값을 입력 이미지 너비를 2로 나눈 값, 즉 프레임 중앙값과

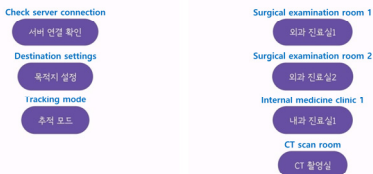
비교하여 위치를 계산한다. 예를 들어 영역 중심의 x 좌표가 프레임 중앙값보다 작으면 왼쪽에, 크면 오른쪽에 있다고 판단한다. 또한 허용 오차를 이용하여 영역 중심 x 좌표가 대략적으로 중간에 있는 경우 주행 방향을 조정하지 않도록 하였다.

Turtlebot 주행에는 six-dimensional velocity를 나타내는 twist 메시지가 사용되며, 이 메시지는 /cmd_vel 토픽이 사용된다. 원격 컴퓨터에서는 이미지 처리를 통해 결정된 주행 방향을 바탕으로 적절한 속도값을 설정하여 터틀봇에게 /cmd_vel 토픽을 publish한다. 터틀봇은 이 토픽을 subscribe하여 자신의 주행에 적용한다.



[Fig. 7] TurtleBot3 navigating through logo tracking

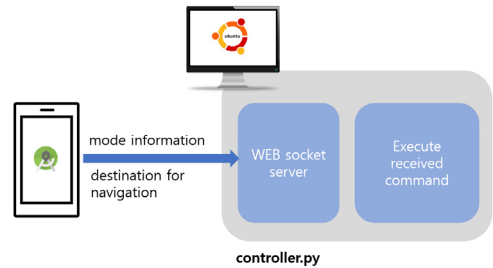
3.3 사용자 인터페이스



[Fig. 8] Mode selection screen (left) and destination list screen (right)

앞서 제시된 navigation, logo tracker 두 가지 주행 기능을 제어하는 사용자 인터페이스 애플리케이션을 구현하였다. 개발 환경은 안드로이드 스튜디오, Java를 사용하였다.

[Fig. 8]은 구현한 애플리케이션 화면을 나타낸다. 사용자는 애플리케이션을 통해 navigation 모드, logo tracker 모드 중 한 가지를 선택할 수 있다. 또한 navigation 모드 선택 시 애플리케이션에서 제공하는 목적지 리스트 중 한 가지를 선택하여 휠체어의 목적지를 지정한다.



[Fig. 9] Architecture for application user interface

[Fig. 9]는 애플리케이션 사용자 인터페이스의 구조를 나타낸다. 해당 어플리케이션은 IPv4를 사용하는 INET 웹 소켓을 통해 원격 컴퓨터의 컨트롤러 프로그램과 통신한다. 컨트롤러 프로그램은 원격 컴퓨터에서 구동되며, 웹 소켓 서버와 커맨드 실행 기능을 포함한다. [Table 1]은 애플리케이션에서의 문자열 동작을 나타낸다. 애플리케이션은 컨트롤러 프로그램에 특정 문자열을 전송한다 이 문자열은 사용자가 선택한 기능 혹은 목적지에 따라 달라진다. 컨트롤러 프로그램에는 각 문자열에 해당하는 커맨드가 매핑되어있다.

<Table 1> String from application

String form app	Function	Command
"navmode"	Start navigation mode	Launch the navigation file
number indicating specific destination	Move the TurtleBot to the destination corresponding to the number	Publish a rostopic of type geometry_msgs with destination coordinates
"logomode"	Start logo tracker mode	Launch the logo tracker file
"cancel"	Exit logo tracker mode	kill the logo tracker process

컨트롤러는 애플리케이션이 전송한 데이터에 따라 커맨드를 실행하여 터블트의 주행 모드를 변경한다. 이에 따라 사용자는 navigation, logo tracker 두 가지 모드를 편의에 따라 선택할 수 있다. 특히 navigation 모드에서는 원하는 목적지를 출발 전 한번 선택하여 휠체어를 자율주행 하도록 한다. 이는 목적지에 도달할 때까지 지속적으로 휠체어를 조작해야 했던 기존 스마트 휠체어와 비교하였을 때 사용자의 부담을 줄이는 효과가 있다.

4. 결론

본 논문은 병원, 관공서, 박물관 등의 실내 공간에서 유용한 사물인터넷 기반의 자율주행 시스템을 제안하였다. 실외 공간에 비해 좁고 구조물이 많은 실내 공간의 경우 조이스틱과 같은 수동 인터페이스로 휠체어를 조작하는 것은 사용자에게 피로감을 줄 뿐 아니라 안전 사고로 이어질 수 있다. 또한 실외 공간과 달리 지도를 얻기 쉽지 않기 때문에 초회 방문 시 길을 헤맬 수 있다. 본 연구는 사전에 작성한 지도를 기반으로 자율주행하는 실내용 스마트 휠체어를 제안하여 장애물 안전사고를 예방하고 초회 방문 시 사용자의 길찾기 부담을 줄이도록 하였다. 또한 안내원의 안내가 필요한 경우 유니폼의 로고를 추적하여 안내원을 따라갈 수 있도록 한다. 따라서 제안한 시스템을 휠체어 등의 실내 자율주행에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] KOSIS(Korean Statistical Information Service), Status of need and possession of major assistive devices for the disabled[Internet], https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=117&tblId=DT_11732S0113&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=117_11732_10_002_04&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_v ar_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE&path=%252FstatisticsList%252FstatisticsListIndex.do.
- [2] S.H.Lee, A.E.Kwak, S.H.Lee and T.K.Kim, "A Study on the Smart Wheelchair," The Korea Multimedia Society Spring conference 2023, Vol.26, No.1, pp.92-94, 2023.
- [3] D.W.Kim, Y.H.Lee, W.H.Jang, K.T.Moon, S.W.Jeong, and J.B.Kim, "Comparative Usability Test between Manual Wheelchairs for the Development of Manual & Power Hybrid Wheelchairs : Focusing on People with Physical Disabilities," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.24, No.3, pp.392-401, 2023.
- [4] J.S.Ju, Y.H.Shin and E.Y.Kim, "Intelligent Wheelchair System using Face and Mouth Recognition," *Journal of KISS : Software and Applications*, Vol.36, No.2, pp.161-168, 2009.
- [5] S.H.Park, "Gaze Recognition Interface Development for Smart Wheelchair," *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, Vol.5, No.1, pp.103-110, 2011.
- [6] S.C.Kang, "Development of powered wheelchair control system using head tilt signal," Dong-A university, Doctoral thesis, 2010.
- [7] Y.R.Choi, K.E.Ko, H.J.Park and K.Y.Lee, "Intelligent Smart Wheelchairs Using IoT," *The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, Vol.22, No.1, pp.89-94, 2022.
- [8] TurtleBot, TurtleBot[Internet], <https://www.turtlebot.com/>.
- [9] Ubuntu, Ubuntu: Enterprise Open Source and Linux [Internet], <https://ubuntu.com/>.
- [10] B.Peng, R.U.Numonov, S.K.Yeo, T.K.Kim, "Implementation of IoT-Based Hydroponic Cultivation System," *Journal of Internet of Things and Convergence*, Vol.9, No.4, pp.56-69, 2023.
- [11] Raspberry Pi Foundation, Raspberry Pi[Internet], <https://www.raspberrypi.com>.
- [12] J.H.Moon, B. Peng, J.H.Kwon and T.K.Kim, "Implementation of Smart Umbrella Stand Based on IoT," *Journal of Internet of Things and Convergence*, Vol.9, No.1, pp.57-64, 2023.
- [13] ROS Wiki, roscore[Internet], <https://wiki.ros.org/roscore/>.
- [14] ROS Wiki, RViz[Internet], <http://wiki.ros.org/rviz/>.
- [15] T.H.Park, "Implementation of an Errand Robot Based on Robot Operating System," Soongsil university, Master's thesis, 2020.
- [16] D.J.Kim, W.S.Choi, S.P.Ju, S.M.Yoo and J.Y.Choi, "Smart Streetlight based on Accident Recognition using Raspberry Pi Camera OpenCV," *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol.17, No.6, pp.1229-1236, 2022.
- [17] S.H.Chun, J.H.Choi, Y.J.Kim and S.K.Kang, "Smart Door Implementation Using Jetson Nano-Based OpenCV and Deep Learning," *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol.46, No.2, pp.380-387, 2021.

이 성 현(Seong-Hyeon Lee) [준회원]



- 2018년 3월 ~ 현재 : 국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부

<관심분야>
사물인터넷(IoT), 데이터베이스

김 태 국(Tae-Kook Kim) [종신회원]



- 2004년 8월 : 고려대학교 전기전자전파공학부(공학사)
- 2006년 8월 : 고려대학교 메카트로닉스학과(공학석사)
- 2014년 8월 : 고려대학교 모바일솔루션학과(공학박사)
- 2016년 3월 ~ 2022년 2월 : 동명대학교 AI학부 교수
- 2022년 3월 ~ 현재 : 국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부 교수

<관심분야>
사물인터넷(IoT), 콘텐츠 전송 네트워크(CDN), 이동성, 인공지능(AI), 빅데이터(Big Data), 모바일 서비스

곽 아 은(Ah-Eun Kwak) [준회원]



- 2020년 3월 ~ 현재 : 국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부

<관심분야>
사물인터넷(IoT), 임베디드 시스템

이 승 혜(Seung-Hye Lee) [준회원]



- 2021년 3월 ~ 현재 : 국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부

<관심분야>
사물인터넷(IoT), 정보통신