

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2022.22.1.77>

JIIBC 2022-1-12

그린 스마트 스쿨을 위한 공간 적응형 자율주행 공기청정 로봇 설계 및 구현

Design and Implementation of Space Adaptive Autonomous Driving Air Purifying Robot for Green Smart Schools

오석주*, 이재형**, 이채규***

Seokju Oh*, Jaehyeong Lee**, Chaegy Lee***

요 약 실내공기오염이 인체에 미치는 영향이 실외공기오염보다 더 크며 위험하다. 일반적으로 사람은 실내에 머무는 시간이 길고, 밀폐된 실내는 오염물질이 지속적으로 쌓여 오염된 공기가 폐에 더 잘 전달된다. 특히 어린 아이들의 경우 실내공기에 매우 민감하며 치명적이다. 이와 더불어 코로나19로 인한 더 잦은 실내활동과 지속적으로 증가하는 외부 미세먼지와 함께 환기를 못하는 현재 실내공기오염을 줄이는 방법은 더욱 중요해지고 있다. 본 논문은 기존 자율주행 공기청정 로봇의 문제점을 개선하고자 지도를 분할과 UCT(Upper Confidence bounds applied to Trees) 기반의 알고리즘을 통해 자율주행 로봇이 구역을 살균하지 않거나 한곳에 계속 머무르는 문제점과 실내공기오염에 취약한 아이들의 문제를 개선할 수 있는 그린 스마트 스쿨을 위한 공간 적응형 자율주행 공기청정 로봇을 제안한다.

Abstract The effect of indoor air pollution on the human body is greater and more dangerous than outdoor air pollution. In general, a person stays indoors for a long time, and in a closed room, pollutants are continuously accumulated and the polluted air is better delivered to the lungs. Especially in the case of young children, it is very sensitive to indoor air and it is fatal. In addition, methods to reduce indoor air pollution, which cannot be ventilated with more frequent indoor activities and continuously increasing external fine dust due to Covid 19, are becoming more important. In order to improve the problems of the existing autonomous driving air purifying robot, this paper divided the map and Upper Confidence bounds applied to Trees(UCT) based algorithm to solve the problem of the autonomous driving robot not sterilizing a specific area or staying in one space continuously, and the problem of children who are vulnerable to indoor air pollution. We propose a space-adaptive autonomous driving air purifying robot for a green smart school that can be improved.

Key Words : Green Smart School, Indoor Air Pollution, Space Adaptive Autonomous Driving, Upper Confidence bounds applied to Trees

*정회원, 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 석사과정

**정회원, 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 박사과정

***정회원, 경희대학교 경영대학원, 성균관대학교 산학협력단 (교신저자)
접수일자 2022년 1월 19일, 수정완료 2022년 1월 31일
게재확정일자 2022년 2월 4일

Received: 19 January, 2022 / Revised: 31 January, 2022 /

Accepted: 4 February, 2022

Corresponding Author: leechgyu@skku.edu

Kyung Hee University Graduate School of Business and
Sungkyunkwan Research & Business Foundation, Korea

I. 서 론

가속적인 경제개발과 산업화를 통한 에너지 소비의 급증 그리고 인구의 증가로 인해 환경오염이 가중되면서 본격적으로 대두되고 있다. 환경오염에서 가장 심각한 문제는 공기의 오염이다. 공기는 인간과 직접적으로 맞닿아 있으며 건강을 해칠 수 있다. 미국질병통제예방센터에 따르면 대기오염 증가로 인해 암, 심장질환, 폐렴 등의 문제를 가져올 수 있는 것으로 나타났다. 실내 공기 오염의 경우 실외 공기 오염보다 더욱 위험하다. 일반적으로 실내에 머무는 시간이 더 길고, 밀폐된 실내는 오염물질이 밖으로 배출되지 못하고 쌓여 오히려 실외 보다 오염된 공기가 폐에 더 잘 전달된다^[1]. 특히 어린 아이들의 경우 체중당 오염물질에 노출되는 양이 많고 면역력 및 신체 장기의 미발달 등으로 실내 환경 중 발생 되는 오염된 공기에 민감하여 건강에 영향을 줄 수 있다^{[2][3]}. 이와 더불어 코로나 19와 외부 미세먼지와 함께 환기를 못 하는 현재 실내 공기 오염을 줄이는 방법은 더욱 중요해지고 있다.

위와 같은 문제를 해결하기 위해 국내에서는 공기질 관리를 위한 법제 구조를 통해 관리를 진행하고 있다. 실외공기질의 경우 대기환경보전법 및 수도권 대기 환경개선에 관한 특별법을 통해 관리되며, 실내공기질의 경우 유형에 따라 실내공기질관리법, 학교보건법, 산업안전보건법 등 분산 관리하고 있다. 또한 환경부에서는 각 시설별로 실내공기질 관리를 위한 행동지침을 제작 및 배포하고 있으며 자가 체크리스트를 통해 시설의 운영 주체로 하여금 실내공기질을 관리할 수 있도록 권고하고 있다^[4]. 이러한 노력에도 불구하고 실내공기질 개선이 잘 이뤄지지 않고 있다. 해외의 경우 실내공기질에 대한 독립적, 종합적 관리법령은 마련하지 않거나, 일률적인 규제는 시행하지 않고 있다. 대신 오염물질 및 농도 그리고 시설별 공간과 인원 에 맞는 적합한 에 초점을 맞춰 개선하고자 하는 활동을 하였다. 해외에 비해 한국은 실내 인원 및 오염물질 농도에 따른 개선방안은 부족한 것을 알 수 있다.

2020년 에너지와 자원의 효율적 사용으로 기후변화와 환경오염을 줄일 수 있는 청정에너지와 녹색기술 연구를 통한 신성장 동력확보를 목표로 한국판 그린 뉴딜 정책이 발표되었다. 함께 친환경 신재생에너지 인프라 구축 및 탄소중립 등 경제사회 구조에서 환경의 중요성이 더욱 커지고 있다. 한국판 뉴딜 대표 과제 중 그린 스마트 스쿨은 그린과 디지털의 결합, 에너지 절약과 학생

의 건강을 위한 제로 에너지 학교로 정의할 수 있다^[5]. 그린 스마트 스쿨은 학교와 집이라는 공간이 일상과 가장 밀접하게 닿아있는 점에서 국민과 접점이 가장 큰 분야이다^[6]. 이에 따라 학교 공기질에 대한 관심이 점점 커지고 있으며, 이를 해결하기 위한 방안이 필요해지고 있다.

본 연구는 한국판 그린 뉴딜 정책과 함께 오염된 실내 공기질 문제를 효율적으로 해결할 수 있는 방법과, 실내 공기오염에 취약한 아이들의 문제를 개선할 수 있는 그린 스마트 스쿨 에 적용 가능한 공간 적응형 자율주행 공기청정 로봇을 제안한다.

II. 관련연구

1. 자율주행 시스템

자율주행은 대표적으로 세가지 단계를 거치며 작동하게 된다^[7]. 첫째 인지단계로 센서를 이용하여 자신의 위치를 인지하는 자차위치인지 기술과 주변의 차량 또는 사물, 신호등 등을 파악하는 주변인지 기술로 구분된다. 인지단계에서는 주변 환경을 인지하기 위해 카메라, 라이다(LiDAR), 레이더(RADAR)등의 센서로 주변을 인지한다^[8]. 레이더 센서는 2차원 정보를 제공하여 차원은 낮으나 추돌 위험 상황을 빠르게 파악할 수 있다. 때문에 위급하고 도발적인 상황을 감지하기에 유용하다. 라이다 센서는 3차원 정보를 제공하여 자율주행에 사용하여 전체적인 인지를 하기 쉽다. 카메라의 경우 제공되는 정보는 많으나 객체들을 인식하기 위해 여러 계산이 필요한 단점이 있다. 자율주행에서 센서 하나로는 고장 및 위험에 대처하기 어렵고 아직은 단일 센서의 인식률이 신뢰할 수 없기 때문에 다양한 센서를 규합하여 사용한다.

둘째 판단단계, 이 단계에서는 차량의 위치 및 주변 장애물 등 인지된 환경을 재해석하여 자율주행 차량의 움직임에 대한 전략을 수집하고 판단한 결과를 기반으로 정적/동적 장애물을 전역 경로에 매핑하여 경로를 생성하게 된다^[9]. 최근 인공지능 기술의 발전과 하드웨어의 발전으로 판단 기술의 성능이 개선되고 있다. 셋째 제어 단계 제어에서는 판단에 의한 경로를 기반으로 가속 및 감속 조향을 제어한다. 기존에는 제어 방식을 전자제어 장치들이 개별로 동작하는 분산방식을 사용하였으나, 대량의 데이터를 효율적으로 처리하기 위해 중앙집중형 방식으로 변화하고 있는 추세이다^[10]. 자율주행은 각 단계마다 여러 기술이 사용되며 이를 문제없이 사용해야 원활한 자율주행이 가능하다^[11].

2. 실내 공기청정 시스템

실내 공기청정 시스템은 공간 및 설치 유형에 따라 두 가지 범주로 나뉜다. 첫째 고정 공간 범위 공기청정 기술이다. 고정된 공간 범위에서 특정 장소나 공간의 공기를 정화 시킨다. 보통 난방로에 필터 및 기타 장착하여 공기 정화를 한다. 대표적으로 HAVC(Heating Ventilation & Air Conditioning) 시스템의 온풍 반환구 통로에 설치되어 청정한 공기가 실내로 유입되게 하는 시스템이었다^[12]. 이러한 필터는 실내의 공기 질을 향상하는 데 한계가 있기 때문에 다양한 필터들이 연구되고 있다. 둘째 유동 공간 범위 공기청정 기술이다. 이동식 공기청정 기술이라고 불리며 대표적으로 고정형 보다 비교적 작은 크기의 휴대형 공기청정기로 독립된 방 또는 특정 공간만 공기를 청정하게 된다. 최근 고정적인 공간 범위의 공기청정 기술에서 자율주행 기술 및 휴대용 공기청정 기술의 발전을 통해 유동적인 공간 즉 이동식 공기청정 기술이 연구되고 있다.

3. Upper Confidence bounds applied to Trees

UCT(Upper Confidence bounds applied to Trees)는 MCTS(Monte Carlo tree search)와 UCB(Upper Confidence Bound)의 결합으로 생성된 알고리즘으로 현재 MCTS의 변형 중 가장 성공적이고 자주 사용되는 알고리즘이다^[13]. MCTS의 목적은 가장 최선의 움직임을 분석하는데 있으며 무작위로 이동하면서 얻은 정보를 트리를 통해 확장하며 진행된다^[14]. MCTS 기반의 알고리즘들은 보통 게임에 많이 사용되는데 그 중 UCT의 가장 대표적인 사례는 알파고이다. UCT의 식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$UCT = \bar{X}_j + C \sqrt{\frac{2 \ln(n)}{n_j}} \quad (1)$$

\bar{X}_j 는 어떠한 j 를 선택했을 때의 이길 확률이며 평균 보상을 의미하고, n 은 전체 횟수를 의미 C 는 탐사계수를 의미한다. C 의 값을 크게 조절하면 오른쪽 항의 증가 폭이 커져서 탐사되는 횟수가 많아진다.

III. 공간 적응형 자율주행 공기청정 로봇

이 절에서는 제안하는 아이디어의 전체적인 아키텍처

및 그린 스마트 스쿨 에 적용 가능한 공간 적응형 자율주행 공기청정 솔루션을 제안한다. 자율주행 공기청정 로봇이 움직이기 전 실내에 장착되어 있는 IoT를 통해 실내공간 대비 인원에 의한 산소 소모량을 수집하여 실내 산소 소모량 상태 파악을 위한 LSTM 모델을 제작한다. 그 후 LSTM 모델의 예측이 설정한 실내공간 대비 인원에 의한 산소 소모량 임계치를 넘게 되면 자율주행 공기청정 로봇이 실내를 움직이며 공기청정 작업을 진행하게 된다. 로봇과 센서 IoT장비간의 통신은 MQTT와 ROS를 사용하였다. 로봇 내부에는 살균을 위한 UV 램프, 공기질을 측정하는 센서가 부착되어 있으며 상단부에는 실시간으로 공기질을 모니터링할 수 있는 패널을 설치하였다.

공기청정 로봇의 자율주행을 위해 처음 로봇은 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)을 통해 지도를 생성하게 된다. 로봇은 시작 위치에서 벽을 따라 시계방향으로 돌며 라이다 센서를 이용하여 벽의 위치 정보를 받아들이고 SLAM 기반으로 정보를 취합하여 지도를 생성하게 된다. 이후 지도가 완성되지 않은 부분은 다시 한번 처음 위치를 기준으로 동작하여 SLAM을 마무리한다. 이를 정해진 시간과 LSTM을 통한 알람이 오면 반복 작업을 수행하여 공간이 변해도 언제나 지도를 제작할 수 있다. 그 후 로봇이 완성된 지도 안에서 자신의 위치를 파악하며 이동할 수 있도록 Navigation 시스템을 적용하였다.

그 후 전체 지도의 구역을 적절하게 나누고 RRT 경로 생성 알고리즘을 사용하여 각 구역별로 이동하며 공기질 개선 활동을 진행한다. 로봇이 각 구역을 움직이는 순서는 UCT(Upper Confidence bounds applied to Trees) 기반 알고리즘을 변형하여 사용하였다. UCT 알고리즘은 특정 게임의 순서를 탐색할 경우에도 쓰이는데, 이를 이용해 구역 간의 이동순서를 세우는 UCT_i 를 제작하였다. 식은 다음과 같다.

$$UCT_i = A Q + C_n \sqrt{\frac{2 \ln(n)}{n_i}} + C_t (Time_Constant)^t \quad (2)$$

센서 데이터를 통해 얻은 공기질, 구역 방문 횟수, 구역에 방문한 시간을 반영하였다. 이를 통해 로봇이 지도에서 방문하지 않는 현상을 방지하고 로봇이 한 공간에 계속 머무르는 현상을 방지하였다. 위 알고리즘을 전체 지도에 적용하여 구역별로 결과가 가장 높은 곳으로 로봇이 이동하도록 하였다. 이를 기반으로 제안하는 아키텍처의 플로우차트는 그림1과 같다.

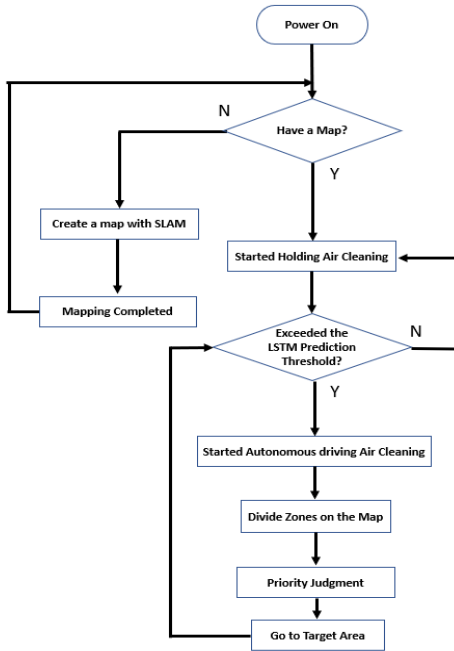


그림 1. 제안한 자율주행 공기청정 로봇의 플로우차트
Fig. 1. Proposed Autonomous Driving Air Purifying Robot Flowchart

IV. 구현 및 결과

구현은 제작한 공간 적응형 자율주행 공기청정 살균 로봇으로 진행하였으며 실험은 성균관대학교에서 진행하였으며 SLAM을 통해 지도를 구현하였다. 로봇이 작동을 시작하면 지도가 없는 상태이기 때문에 벽을 따라 움직이면서 라이다 센서를 통해 센서 측정 거리값과 특징값 그리고 속도 정보가 포함된 기록값을 받아 지도를 제작한다. 정확한 지도를 제작하기 위해 제작되지 않은 부분은 다시 한번 이동하게 하였고 구역을 세부적으로 분할하여 모든 곳을 차례로 다시 돌아 지도상에 비는 공간이 없도록 하였다. 지도는 3가지가 사용된다. 로봇의 센서 데이터를 통해 만드는 Local 지도와 앞서 진행한 SLAM을 통해 만들어진 Global 지도 그리고 장애물의 크기를 부풀려 일정한 거리를 유지하면서 주행할 수 있도록 하는 Local Cost 지도가 있다. 3개의 지도 정보를 기준으로 이동 계획을 세우고 장애물을 회피하며 이동하게 된다. 그림 2는 3개의 지도를 기반으로 로봇이 특정 경로로 향해 움직이는 모습을 보여준다.

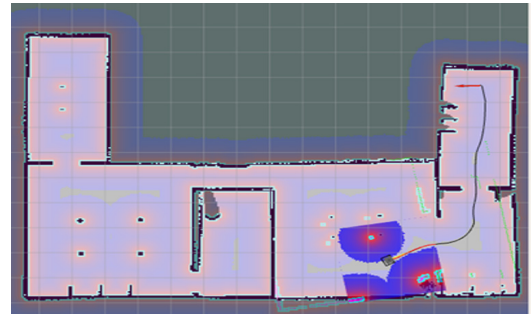


그림 2. 제작된 지도 기반 로봇의 경로 이동
Fig. 2. Path movement of the created map-based robot

전체적인 지도를 구성한 다음 고정적인 움직임을 수행하는 자율주행 로봇이 아닌 변화하는 공간에 특화된 자율주행과 실내의 효율적인 공기청정을 위해 지도를 분할하고 UCT_t 알고리즘을 적용하여 이동을 진행한다. 그림 3은 지도를 분할 하는 과정을 보여준다.

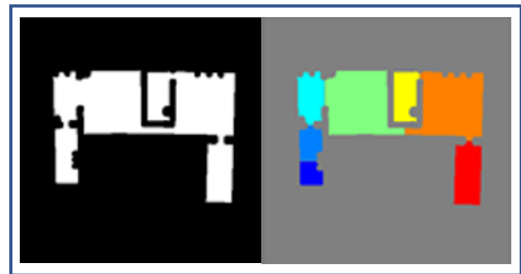


그림 3. 지도 분할 이미지
Fig. 3. Map Split Image

왼쪽의 제작된 지도를 기반으로 Watershed 기법을 사용하여 구역을 나누게 된다. 각 구역의 중앙점을 대표점으로 선택하여 로봇이 구역을 움직이게 된다. 나누어진 구역의 이동순서를 UCT_t 알고리즘을 사용하여 계산 결과가 가장 높은 곳으로 이동하도록 하였다. 이때 그림 3 오른쪽에 나타난 것처럼 각 계산의 결과가 높은 순으로 색을 나누어 이동하게 된다. 색의 기준은 실내 공기의 위험도 즉 UCT값에 따라 빨강 값을 취하도록 하였으며, 양호할수록 파랑색을 띄게 된다. 이를 통해 편향된 이동을 방지하였다.

위 과정을 진행한 후 로봇은 자율주행을 하며 구역을 살균하게 된다. 이때 살균은 UV램프와 로봇 내부 살균 필터를 사용한다. 실시간으로 주변에 공기질을 파악하기 위해 로봇 내부에 설치된 센서를 통해 데이터를 수집하게 된다. 수집된 데이터는 로봇의 상단 대시보드 디스플레이

레이에 표시되며 실시간으로 사용자가 공기질을 더욱 직관적으로 파악할 수 있도록 설계하였다. 그림 4는 로봇 상단에 설치된 디스플레이의 대시보드 화면을 보여준다. 로봇이 공기질 데이터를 측정하다가 급격하게 변하는 이상치를 감지할 경우 이에 대한 정보를 대시보드 디스플레이 하단에 표현 가능하게 알림 서비스를 구현하였다.



그림 4. 로봇 상단 디스플레이의 대시보드
 Fig. 4. Robot top Display Dashboard

최종 제작된 공간 적응형 자율주행 공기청정 살균 로봇의 외형과 내부 구성은 그림5와 같다. 내부는 로봇이 움직일 수 있는 모터와 모터 제어기가 하단에 존재하며 상단은 디스플레이, 라이다 센서, 살균 필터 및 각 환경에 대한 정보를 수집할 수 있는 센서로 구성되어 있다. 하단 위 상판에는 메인 제어기를 두어 모든 상황을 제어할 수 있도록 구성하였다.



그림 5. 공간 적응형 자율주행 공기청정 살균 로봇 내부 및 외부
 Fig. 5. Space Adaptive Autonomous Driving Air Cleaning Sterilization Robot Inside and Outside

V. 결 론

실내공기오염의 경우 실외공기오염보다 더욱 위험한 결과를 가져온다. 밀폐된 실내는 오염물질이 지속적으로

쌓이게 되어 실외보다 오염된 공기가 폐에 더 잘 전달된다. 일반적으로 사람은 실내에 머무는 시간이 더 길고 어린이들의 경우 오염물질에 노출되는 양이 많아 더욱 위험에 처할 수 있다. 본 논문은 실내공기오염을 효과적으로 개선할 수 있는 공간 적응형 자율주행을 통한 접근 방식을 보여준다. 기존 자율주행 공기청정기의 문제점을 개선하고자 지도를 분할 하였으며, UCT 기반의 알고리즘을 통해 자율주행 로봇이 구역을 살균하지 않거나, 한 곳에 계속 머무르는 문제를 해결하였다. 제안하는 방법이 실내공기질 개선에 효과적이며 더 나아가 그린 스마트 스쿨에 적용 가능할 것으로 판단된다.

향후 연구에서 더 많은 지역에서 실험을 진행할 것이며 최소한의 움직임으로 최대의 효율을 낼 수 있도록 기존에 없는 로봇의 움직임을 위한 알고리즘과 UCT 알고리즘을 기반으로 이동 순서를 구성할 때 대시보드를 통해 실시간으로 공기상태를 보여주는 시각화를 연구할 것이다. 또한, 기존 살균 방법의 변화를 통해 효과적으로 실내 오염물질을 제거할 수 있도록 설계할 것이다.

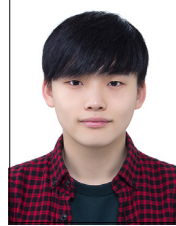
References

- [1] Kim, Ungtae, Kim, Yong-Chul, and Kwak, Sooyeong. "Iot Based Indoor Air Quality Monitoring System." The Journal of the Korea Contents Association 16, No. 2, pp. 143-51, February 28, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5392/JKCA.2016.16.02.143>.
- [2] Park, Hwan-Chul, Lee, Dong-Hyeon, and Yee, Jung-Jae, "A study on Development and Application of Sequential Control Algorithm of Ventilation and Air Cleaning System for Improving Indoor Air Quality in School Classroom." JOURNAL OF THE ARCHITECTURAL INSTITUTE OF KOREA Structure & Construction, 36(5), pp. 187-194, 2020. DOI: https://doi.org/10.5659/JAIK_SC.2020.36.5.187.
- [3] Young-A Choi, Tae-Jung Lee, and Dong-Sool Kim, "Investigation of indoor air quality and characteristics of particulate matters concentration followed by indoor activities in preschool classrooms." Journal of Korean Society for Indoor Environment 3.3 pp. 237-284, 2006. UCI: G704-002156.2006.3.3.002
- [4] Hyun-jin Choi . "National Policy for Management of Indoor Air Quality" Prospectives of Industrial Chemistry 23, No.4, pp. 30-36, 2020. UCI: I410-ECN-0102-2021-500-001020830
- [5] Jin-Wook, Kim, "Green Smart School Project and Architectural Space Innovation", Review of Architecture and Building Science 64 (11), pp. 15-18, 2020.

- [6] Choi, Hyeong-ju, and Hwaj Shin. "Research on the State of Utilization of Green School and Suggested Improvements Focusing on the Analysis of Case." The Journal of Sustainable Design and Educational Environment Research 17, no. 1, pp.1-11 April 30, 2018.
DOI: doi:10.7743/KISEE.2018.17.1.001.
- [7] Jaehong Park, Duk Geun Yun "The recognition prioritization of road environment for supporting autonomous vehicle" Korea Academy Industrial Cooperation Society 19 (2), pp.595-601, 2018.
DOI: https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.2.59.
- [8] A. Manjunath, Y. Liu, B. Henriques and A. Engstle, "Radar Based Object Detection and Tracking for Autonomous Driving," 2018 IEEE MTT-S International Conference on Microwaves for Intelligent Mobility (ICMIM), pp. 1-4, 2018.
DOI: https://doi.org/10.1109/ICMIM.2018.8443497.
- [9] G. Bresson, Z. Alsayed, L. Yu and S. Glaser, "Simultaneous Localization and Mapping: A Survey of Current Trends in Autonomous Driving," in IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, vol. 2, no. 3, pp. 194-220, Sept. 2017.
DOI: https://doi.org/10.1109/TIV.2017.2749181.
- [10] N. Deo, N. Meoli, A. Rangesh and M. Trivedi, "On Control Transitions in Autonomous Driving: A Framework and Analysis for Characterizing Scene Complexity," 2019 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshop (ICCVW), pp. 2422-2426, 2019.
DOI: https://doi.org/10.1109/ICCVW.2019.00296.
- [11] Hyun, Jae Hoon. "The Strategy of GM for the Development of Autonomous Driving Technology and Related Policies." Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society vol. 21 no. 3, pp. 51-56 2020.
DOI: https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.3.51
- [12] M. Nahdia, A. Y. Ponco Wardoyo, H. A. Dharmawan, M. Nurhuda, A. Budianto and A. Nadhir, "A Development of an Indoor Air Purification System with an Integrated Filtration Stages for Reducing Ultrafine Particle Concentration," 2021 International Symposium on Electronics and Smart Devices (ISESD), pp. 1-6, 2021.
DOI:https://doi.org/10.1109/ISESD53023.2021.9501782.
- [13] Yun-Ching Liu, Yoshimasa Tsuruoka, "Modification of improved upper confidence bounds for regulating exploration in Monte-Carlo tree search", Theoretical Computer Science, vol 664, pp 92-105, 2016.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.tcs.2016.06.034.
- [14] D. A. Chentsov and S. A. Belyaev, "Monte Carlo Tree Search Modification for Computer Games," 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), pp. 252-255, 2020.
DOI:https://doi.org/10.1109/EIConRus49466.2020.9039281.

저 자 소 개

오 석 주(준회원)



- 2020년 : 한국산업기술대학교 메카트로닉스공학과 졸업
- 2020년 ~ 현재 : 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 석사과정 재학 중
- 주관심분야 : 스마트팩토리, Deep Learning, IIoT, IT

이 재 형(정회원)



- 2014년 : 광운대학교 전자재료공학과 졸업(공학사)
- 2019년 : 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 졸업 (공학석사)
- 2022년 : 성균관대학교 스마트팩토리융합학과 수료 (공학박사)
- 2017년 ~ 현재 : (주)사이버테크프렌드 부설연구소장
- 주관심분야 : 스마트팩토리, AI, IoT, 로봇, 비전, IT 융합

이 채 규(정회원)



- 1984년 : 경남대학교 전자공학과 졸업
- 2009년 : 삼성전자 무선사업부 해외생산법인장
- 2019년 : 호서대학교 벤처경영학과 졸업 (기술경영박사)
- 2020년 ~ 현재 : 경희대학교 경영대학원 겸임교수 & 성균관대학교 산학 교수
- 주관심분야 : 스마트팩토리, 경영/마케팅, AR/VR, Metaverse, 자율주행