

이산화염소 시스템을 적용한 자율주행 방역 로봇

방걸원

광주대학교 미래자동차공학과 교수

Self-driving quarantine robot with chlorine dioxide system

Gul-Won Bang

Professor, Future Automotive Engineering, Gwangju University

요 약 공공장소에서 지속적으로 방역을 수행하기 위해서는 인력확보가 쉽지 않은데 자율주행 기반 로봇을 활용하면 인력으로 인한 문제를 해결할 수 있다. 자율주행 기반 방역로봇은 별도의 인력 투입 없이 공공기관과 병원 등의 유해 바이러스 확산 및 질병을 지속적으로 예방 가능하다. 자율주행 기능은 피나클 필터 알고리즘을 적용하여 위치를 추정하고, 방역은 UV살균시스템 및 이산화염소 분사시스템을 적용하였다. 주행시간은 3시간 이상, 위치 오차는 0.5m 이내, 정지 회피하는 기능은 95%, 장애물 감지 거리는 1.5m에서 동작하였다, 자동충전 복구는 배터리 잔량 10%에서 충전 거치대로 이동하여 충전이 되었다. 무인방역시스템으로 방역한 결과 인력배치 없이 UV살균은 99%, 이산화염소는 95% 이상 살균되어 막대한 사회적 비용을 절감하는데 자율주행 방역로봇이 기여할 수 있다.

주제어 : 자율주행, 로봇, 방역, UV살균, 이산화염소

Abstract In order to continuously perform quarantine in public places, it is not easy to secure manpower, but using self-driving-based robots can solve problems caused by manpower. Self-driving-based quarantine robots can continuously prevent the spread of harmful viruses and diseases in public institutions and hospitals without additional manpower. The location of the autonomous driving function was estimated by applying the Pinnacle filter algorithm, and the UV sterilization system and chlorine dioxide injection system were applied for quarantine. The driving time is more than 3 hours and the position error is 0.5m. Soon, the stop-avoidance function was operated at 95% and the obstacle detection distance was 1.5 m, and the automatic charge recovery was charged by moving to the charging cradle at the remaining 10% of the battery capacity. As a result of quarantine with an unmanned quarantine system, UV sterilization is 99% and chlorine dioxide is sterilized more than 95%, which can contribute to reducing enormous social costs.

Key Words : Self-driving, Robot, Implementation, UV sterilization., ClO₂

1. 서론

현재 2019년 12월에 발생한 코로나19 바이러스로 인해 진원지인 중국은 물론 인접 국가인 한국과 일본에 막

대한 감염자가 발생하고 있으며, 2020년 03월 03일 현재 전 세계적으로 확산되는 추세다. 이는 과학의 발달로 인해 국가별로 자유로운 왕래가 가능해짐과 동시에 인구 밀집도의 증가와 도시의 대규모화로 급속도로 확산이 되

*This Study was conducted by research funds from Gwangju University in 2021.

*Corresponding Author : Gul-Won Bang(bgcom@gwangju.ac.kr)

Received November 5, 2021

Accepted December 20, 2021

Revised November 30, 2021

Published December 28, 2021

고 있다. 세계보건기구(WHO)는 공기오염에 의한 사망자 수가 300만 명에 육박하여, 실내공기에 의한 사망자 수가 전체 사망자수의 93%에 달한다고 보고 있다[1].

특히, 세균의 감염 위험이 큰 병원의 경우 방역을 할 수 있는 시간적, 비용적인 부분에 대한 부담으로 별다른 해결책이 없어 2차, 3차 감염자가 나타나고 있고, 공공장소에서 지속적으로 방역을 실시하려면, 인력이 직접 방역을 실시하여야 하는데 지속성이나, 인력확보가 쉽지 않으며, 이에 대한 대안으로 자율주행을 기반한 로봇을 활용하는 것이 해결책으로 떠오르고 있다. 자율주행을 기반한 방역로봇의 경우 별도의 인력이 필요없이 공공기관 및 병원 등에 지속적인 방역이 가능하여 유태바이러스 전파 및 질환 발생 예방이 가능하고, 지속적인 방역이야말로 막대한 사회적 비용을 절감할 수 있으며 이를 실현하기 위해서는 반드시 방역 자율주행 로봇이 필요하다.

2. 관련연구

자율주행 기술은 말 그대로 사람이 직접 운전하지 않고 자동차 스스로 도로 상황을 판단해 주행할 수 있는 기술을 말한다. 그 중에는 차선 이탈 방지 시스템, 차량 변경 제어 기술, 장애물 회피 제어 기술 등을 이용해 출발지와 목적지를 입력하면 최적의 주행 경로를 선택하고 자율 주행하도록 하는 시스템이다[2]. 이제는 4차 산업혁명 시대를 이끌고 있는 인공지능(AI), 사물인터넷(IoT) 등의 기술들과 결합되면서 스스로 주행하는 자율주행차로 탈바꿈을 준비하고 있습니다. 자율주행 기술은 미국자동차공학회(SAE)에서 정한 기준으로 0단계에서 5단계까지 총 6단계로 분류하고 있는데, Table 1은 자율주행 기능이 전혀 없는 0 단계부터 완전 자율주행까지 총 6가지 단계로 정의하고 있다[3, 4].

Table. 1 self-driving phase

Level 0	General vehicles without self-driving features
Level 1	Driving aids such as lane departure warning, automatic brake, automatic speed control, etc.
Level 2	Integrated active control stage, such as handle operation, acceleration/deceleration. Requires constant supervision of the driver
Level 3	Most self-driving is possible in the stage of recognizing traffic signals and road flow. Manual switching in case of an emergency
Level 4	No control required, regardless of surrounding environment. Manual Switch on Demand
Level 5	an unmanned vehicle that moves without human riding.

현재 미국 및 네델란드 등 해외의 살균로봇의 경우 UV를 통한 살균을 진행하기 때문에 사람이 있는 경우 유해하므로, 사람이 없는 곳(수술이 끝난 수술실, 환자가 없는 병실등)에만 작동이 가능하다.



Fig. 1. Xenex Sterilization Robot.



Fig. 2. Tru D Sterilization Robot.



Fig. 3. Blue Ocean Robotics Sterilization Robot

Fig 1은 자외선 살균방식을 사용하고 Fig 2와 Fig 3은 자외선 살균방식을 사용하는 방역로봇이다.

에탄올의 경우 인체에 무해 하나 살균력이 약하며, 락스는 살균력은 좋으나 인체에 유해한 성분이 많아 사람이 있는 곳에 살균을 하기가 어렵다. 하지만 이산화염소의 경우 인체에 무해하며 살균력이 뛰어나며 FDA에서 식품으로 취급을 할 정도로 안전함(FAO/WHO 전문위

원회의 1일 허용 섭취량(ADI)은 0.0~30.0mg/kg까지 가능함) 그러나 공기중에 45ppm 이상 노출되면 눈이나 코에 자극이 심하고 350ppm 이상 노출되면 위험하므로 살균이 가능한 양의 이산화염소를 살포하여야 함

3. 연구 방법

Ros 기반 SLAM 알고리즘은 스캔 메팅 방법을 이용한 지도 작성 기술과 격자 지도 분해능 0.1m로 구현하고, 부분적으로 지도편집이 가능(셀 추가, 셀 삭제)하도록 한다[5]. 파티클 필터 알고리즘을 이용한 위치추정은 위치 추정 오차 0.3m 이내, 500개의 파티클 적용 / 50ms 샘플링 시간과 탄력성 기반 물체 회피 알고리즘 적용하여 구현한다[6, 7]. Fig 4.는 SLAM 알고리즘을 이용한 지도 작성하는 방법이다[8].

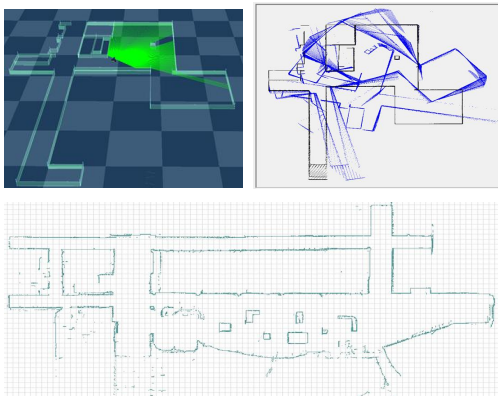


Fig. 4. Create a map using SLAM.



Fig. 5. Estimating the location of a mobile robot for autonomous driving.

Fig 5는 자율주행을 위한 이동 로봇 위치 추정하는 방법이다.

주변 환경에 따라 장애물 회피 및 로봇 정지 선택 기능을 위해 가상의 장애물 영역 센서를 구축하여 주변 환

경에 대응 가능하고 안전 제어 시스템은 자율주행 로봇의 센터 통신 불량 시 로봇 정지 후 음성을 출력한다. 불안정한 주행 동작 시 사용자가 로봇을 정지할 수 있도록 응급정지 버튼 기능을 포함하고, 네트워크 통신 이상 시 알람을 호출하고, 수동 모드 조작 중 전방에 장애물 감지 시 후진 및 회전 구동만 가능 하도록 한다. 자동 충전 시스템은 방역 자율주행 로봇의 배터리가 10%미만 시 이를 감지하고 자동충전 장소로 이동하도록 하고, 충전 포스트의 전극은 자율주행 로봇 충전 헤드의 전극 중심과 정렬한다. 충전 호스트에 유도신호를 송출하여 거리 조절을 통해 안정적인 충전 성능을 지원한다. Fig 6은 자동충전시스템에 로봇이 충전하는 방법이다.

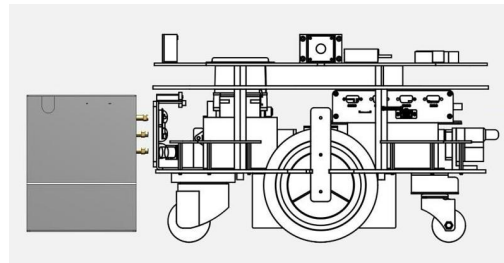


Fig. 6. Automatic charging system

UV 살균 시스템은 자율주행 로봇 바닥에 UV 램프를 설치하여 자율주행 이동 시 바닥살균을 진행한다[9, 10]. Fig 7은 로봇의 밑면에 UV(자외선)LED가 장착되어 있는 위치이다[11, 12].

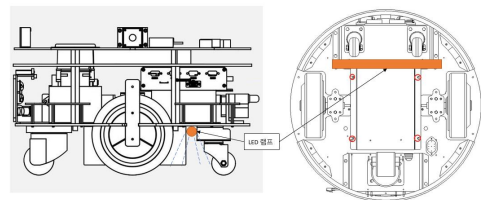


Fig. 7. Installation location of UV LED

이산화염소는 정밀제어가 가능한 제품을 구매하여 로봇 내부에 장착하여 3단계로 조절이 가능한 팬으로 이산화염소를 외부로 불어주는 이산화염소 분사 시스템을 구현한다[13, 14].

Fig 8은 이산화염소를 분사하기 위해 확산형 팬을 장착하고 팬을 제어하여 분사량을 조절할 수 있는 제어장치이다[15].

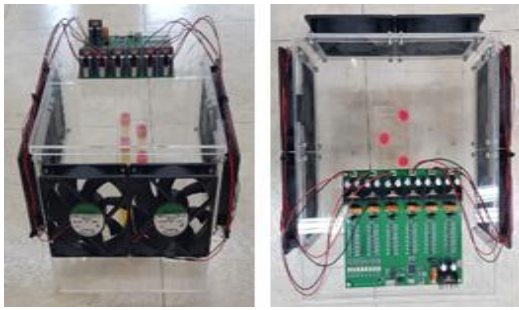


Fig. 8. Diffuse fan control device

Table 2. Self-driving quarantine robot, detailed specifications

Category	Spec
Outline	Size : $\varnothing 50\text{cm} \times (\text{H})30\text{cm}$
Weight	Robot Weight : 40kg
	Total Weight : 70kg
Switch	Air S/W
	Soft S/W
	Emergency Stop S/W
	Parking S/W
Sensor	LiDAR Sensor : SIK 10m
	IMU : 6Axis
	Camera : >120°
Driveing	Speed : 0.8m/s
Changer	Auto / manual : 3h, 10A
Interface	RJ45 Port, TCP/IP
Battery & Driving	Battery : 24V, 26Ah
	Motor : In-Wheel Motor

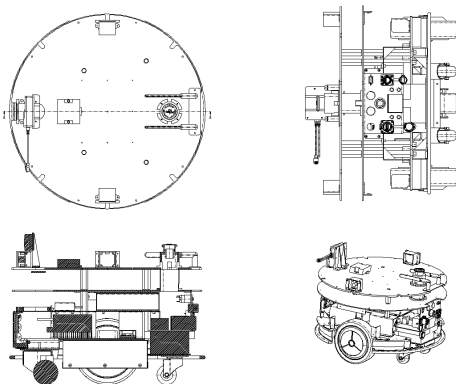


Fig. 9. A blueprint for a self-driving quarantine robot

Table 2는 자율주행 방역로봇에 사용되는 센서, 스위치, 주행속도, 충전방법, 인터페이스 및 배터리 등의 상세 스펙이다. Fig 9는 자율주행 방역 로봇의 설계도이

고, Fig 10은 자율주행방역 로봇의 내부 구조를 나타낸 것이다[16, 17].

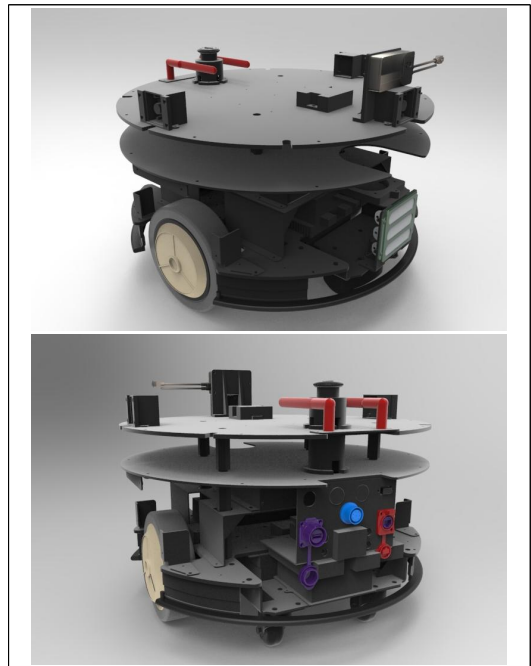


Fig. 10. Internal structure of self-driving quarantine robots

4. 실험결과

주행시간 및 위치인식 오차범위의 측정 방법은 가정용 청소로봇 성능측정 방법을 적용, 장애물 회피 시험은 로봇이 주행할 때 경로상에 정적 장애물과 동적 장애물을 설치하여 이를 감지하여 정지 및 회피하는 것을 측정하고 장애물 감지 시험은 로봇이 주행할 때 경로상에 장애물을 있는 것을 감지하는 거리 측정, 자동충전 복귀 시험은 로봇의 배터리 잔량이 10%미만 시 자동으로 충전기에 가서 충전하는지 여부 판단, UV살균 시험 및 이산화염소 살균시험은 챔버에 박테리아를 넣고 30분 후 로봇의 살균 진행상태를 확인하여 측정하고 이산화염소 농도 측정은 챔버에 농도 측정기를 통해 분당 분사농도를 측정하였다.

구현 결과 주행시간은 3시간 이상이고, 위치인식 오차범위 0.5M이내 이고, 장애물 회피는 로봇이 주행할 때 경로상에 정적 장애물과 동적 장애물을 설치하여 이를 감지하여 정지 및 회피하는 것을 측정하여 95%이상 이

고, 장애물 감지 시험은 로봇이 주행할 때 경로상에 장애물을 있는 것을 감지하는 거리를 측정 1.5m 이내 에서 동작하였다. 자동충전 부키는 로봇의 배터리 잔량이 10%미만 시 자동으로 충전장소로 이동하여 충전하는 정도로 90% 이상의 결과가 나왔다. UV 살균시험에서 챔버에 박테리아를 넣고 30분 후 로봇의 살균 진행상태를 확인결과 99% 이상 살균되고, 이산화염소는 95%이상 살균되었다. 이산화염소 농도는 챔버에 농도 측정기를 통해 분당 분사 농도를 측정 0.1 PPM이하의 결과가 나왔다. Fig 11은 실제 사용한 방역자율주행 로봇이다.



Fig. 11. Self-driving robot for quarantine

5. 결론

로봇이 실내에 돌아다니며 바다 방역은 UV가 살균을 진행하며, 인체의 호흡기 정도의 높이인 1.3m~2.0m는 이산화염소가 방역을 하기 때문에 사람이 있는 곳에서도 지속적인 방역이 가능하다. 에탄올의 경우 인체에 무해하나 살균력이 약하며, 락스는 살균력은 좋으나 인체에 유해한 성분이 많아 사람이 있는 곳에 살균을 하기가 어렵다 하지만 이산화염소의 경우 인체에 무해하며 살균력이 뛰어나 FDA에서 식품으로 취급을 할 정도로 안전하다. 그러나 공기중에 45ppm이상 노출되면 눈이나 코에 자극이 심하고 350ppm 이상 노출되면 위험하므로 살균이 가능한 양의 이산화염소를 살포하여야 한다. 자율주행 방역로봇을 통해 무인으로 방역을 실시할 수 있고, 사람의 유무에 관계없이 방역을 할 수 있는 특징이 있다. 방역로봇은 공공장소(공항, 학교, 공공기관, 병원등)에서 인력이 직접 방역을 실시하지 않고 지속적으로 실시할 수 있어, 인력확보가 쉽지 않은 요즘 시대에 대안으로 떠오르고 있다. 자율주행을 기반한 로봇을 활용하면, 유행 바이러스 전파 및 질환 발생 예방이 가능하고, 지속적인 방역이 야말로 막대한 사회적 비용을 절감할 수 있으며 이를 실현하기 위해서는 방역 자율주행 로봇이 기여할 수 있다.

REFERENCES

- [1] B. W. Min.(2016). An Improvement of Personalized Computer Aided Diagnosis Probability for Smart Healthcare Service System. *Journal of Convergence for Information Technology*, 6(6), 79-84.
- [2] B.H.Lim & S. W. Ha & Y. H. Moon.(2017). Development of Ground Control Software Platform for Industrial Application with Multiple small UAVs. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(5), 75-82.
- [3] J. S. Lim.(2019). A Design of Small Size Sensor Data Acquisition and Transmission System. *Journal of Convergence for Information Technology*, 9(1), 136-141.
- [4] J. S. Kim. & E. K. Kim, Y. T. Ju.(2021). Object Recognition Technology using LiDAR Sensor for Obstacle Detection of Agricultural Autonomous Robot. *The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, 16(03), 565-570.
- [5] J. B. Han. & S. S. Kim. & H. J. Song.(2021). Development of Real-Time Digital twin model of Autonomous Field Robot for Prediction of Vehicle Stability. *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, 27(3), 190-196.
- [6] D. J. Park. & J. W. An. & C. S. Han.(2002). A Path Navigation Algorithm for an Autonomous Robot Vehicle by Sensor Scanning. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 19(8), 1.
- [7] J. M. Kim. & J. M. He. & S. S. KIM. & S. Y. Jung.(2009). Path-planning using Modified Genetic Algorithm and SLAM based on Feature Map for Autonomous Vehicle. *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, 19(3), 381-388.
- [8] S. H. Jeon. & G. Y. Lee. & N. J. Doh. (2011). H ∞ Filter Based Robust Simultaneous Localization and Mapping for Mobile Robots. *System and Control*, 48(1), 55-60.
- [9] J. Y. Jung. & Y. J. Hwang.(2021). A Study of Antibacterial Efficiency according to Direction of UV Irradiation in Cosmetic Case. *Journal of The Korea Society of Computer and Information*.*Journal of The Korea Society of Computer and Information*, 26(2), 119-124.
- [10] B. K. Jung. & B. H. Jeong. & J. J. Lee. & B. S. Jung.(2010). Simulation for the Flowing Water Purification with Spring Shape Inside Chamber *THE TRANSACTIONS OF THE KOREAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS* : P ,59(4), 411-416.
- [11] B. S. Kim. & H. S. Lee. & Y. K. Kim. (2020). Analysis of Microbial Sterilization Based on Ultraviolet LEDs for Smart Farm. *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 34(4), 11-16.
- [12] Y. E. Lee. & H. Y. Choi. & M. S. Jung.(2021). A study

- on the Design of the Optical System to Improve the UV Irradiation dose and Uniformity of the Water Flowing Sterilizer Using UV-C LED. *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, 35(4), 7-13.
- [13] S. J. Yoon. & S. Y. Park. & Y. S. Kim. & H. S. Do. (2017). Evaluation of Efficacy and Development of Predictive Reduction Models for Escherichia coli and Staphylococcus aureus on Food Contact Surfaces as a Function of Concentration and Contact Time of Chlorine Dioxide. *Journal of Food Hygiene and Safety*, 32(6), 507-512.
- [14] K. J. Song. & J. S. Yul. (2017). Biocidal Effects of Chlorine Dioxide on Isolated and Identified Pathogens from Nosocomial Environment - Biochemical and Technical Covergence. *Journal of Digital Convergence*, 15(6), 339-344.
- [15] G. W. Bang & Y. H. Kim.(2018). Dispensing Device of Powder Salt. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(2.33), 1188-1190
- [16] G. W. Bang & Y. H. Kim.(2019). Tracking system of fishing gear on small sized ship. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(8S2), 353-356.
- [17] M. G. Cho.(2018). Design of 3-Sectored Oxygen Chamber with Automatic Control Function based on Embedded System. *Journal of Convergence for Information Technology*, 8(3), 71-77.

방 걸 원(Gul-Won Bang)

[상화]



- 1987년 9월 : 광주대학교 전자계산학과(이학사)
- 2002년 8월 : 전남대학교 소프트웨어공학(공학석사)
- 2008년 2월 : 전남대학교 소프트웨어공학(공학박사)
- 2015년 9월 ~ 현재 : 광주대학교 미래자동차공학 교수

- 관심분야 : 사물인터넷, 센서, 전자제어
- E-Mail : bgcom@gwangju.ac.kr