

# 병원내 비접촉식 물품 배송을 위한 모듈형 플랫폼 기반 로봇 시스템 연구

## A Study on a Modular Platform-based Robot System for Contactless Delivery of Supplies within Hospitals

양견모<sup>1</sup>·구재완<sup>1</sup>·곽정훈<sup>1</sup>·서갑호<sup>†</sup>

Kyon-Mo Yang<sup>1</sup>, Jaewan Koo<sup>1</sup>, Jeonghoon Kwak<sup>1</sup>, Kap-Ho Seo<sup>†</sup>

**Abstract:** The most essential functionality for robots operating in hospital during outbreaks, such as COVID-19, is the prevention of cross-contamination. This necessity arises as medical staff, overwhelmed by various duties, are at high risk of infection through patient contact. Moreover, the infection of medical personnel can exacerbate infectious disease control challenges due to workforce shortages. This paper introduces a robot specifically engineered to transport necessary items to patients, thereby reducing human exposure to infectious materials. We implements a modular platform for performing transfer and delivery tasks, and design an algorithm for marker-based service execution to ensure ease of use for users without specialized knowledge. The effectiveness of proposed delivery service platform was assessed through the System Usability Scale (SUS) by 20 medical personnel working in an isolation ward, yielding an average score of 77.12. This indicates a high level of usability, suggesting that the robot could significantly contribute to safe and efficient hospital operations during pandemics.

**Keywords:** Delivery Service Robot, Contactless Service, Cross-Contamination

### 1. 서 론

배송 로봇은 식당, 병원, 물류창고 등의 환경에서 물품 배송 자동화를 위해 적용되고 있다<sup>[1,2]</sup>. 특히, 코로나-19 팬데믹 상황에서 의료진이 수행하는 식사, 생필품 배달 등의 반복적인 단순 배송 업무를 대체하기 위해 배송 로봇이 적용되었다. 하지만 기존 배송 로봇의 경우 구조적인 한계로 인해 환자, 의료진간의 교차감염을 예방하지 못하는 문제가 있다<sup>[3,4]</sup>. 본 논문에서는

물품 적재 및 전달을 위한 물품 배송 플랫폼과 물품 배송 플랫폼을 작업 위치로 이동시키기 위한 모바일 플랫폼을 이용한, 물품 배송 서비스 로봇을 제안한다.

[Fig. 1]은 물품배송 서비스 로봇이다. 배송 로봇은 물품이 적재된 선반을 로봇으로 운반하는 모듈형 서비스 로봇과 물건을 플랫폼 상단 또는 내부에 적재하고 하고 운반하는 단일형 서비스 로봇으로 구분할 수 있다. 아마존 물류창고에 적용된 키바(Kiva)와 같이 자율이동로봇 기반의 물품 운송 서비스는 물품

Received : Jul. 19, 2024; Revised : Aug. 13, 2024; Accepted : Aug. 30, 2024

※ This work was supported by the Industrial Technology Innovation Program (2410003901, Development of Autonomous Multicar Tow Robot for Indoor and Outdoor Logistics in Complex Manufacturing Process and Demonstration of Electric Vehicle Battery Pack Manufacturing Facility) funded By the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE, Korea).

1. Senior Researcher, Korea Institute of Robotics and Technology Convergence, Pohang, Korea (kmyang, jwkw3236, jeonghoon@kiro.re.kr)

† Chief Researcher, Adjunct Professor, Corresponding author: Korea Institute of Robotics and Technology Convergence and, Department of Robot and Smart System Engineering, Kyungpook National University, Daegu, Korea (neoworld@kiro.re.kr)



[Fig. 1] Delivery service robot

을 선반에 적재하고 로봇의 리프트를 이용하여 특정 위치로 운반한다<sup>[5]</sup>. 로봇은 적재와 운반 작업이 독립적으로 수행 가능하여 작업의 대기 시간이 적다는 장점이 있지만, 물품의 위치만 이동하기 때문에 병원에서 운영할 때 교차 감염을 발생시킬 수 있다. 식당, 병원과 같이 상대적으로 저중량의 물건을 배송하기 위한 단일형 구조의 배송 로봇은 물품을 적재하고 배송 위치로 이동하여 물품을 사람이 직접 빼내거나, 컨베이어 벨트, 로봇팔 등을 이용하여 전달한다<sup>[6-8]</sup>. 단일형 구조의 로봇은 한정된 시간에 물품을 배송하기 위해 다수의 로봇이 적용되어야 하며, 물품 배송시 적재를 별도로 할 수 없어 작업자 배송 후 돌아올 때까지 대기해야 한다.

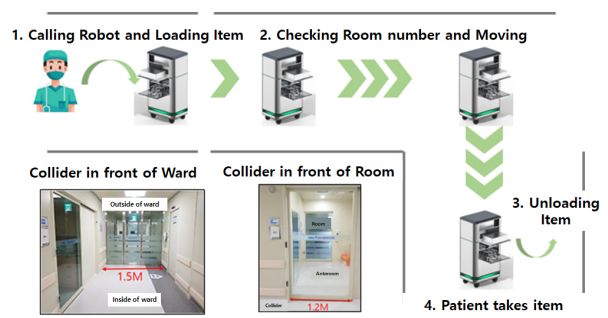
본 논문에서는 모바일 플랫폼과 물품 배송 플랫폼을 모듈형으로 구성하여 물품 배송서비스를 수행하는 방법을 제안한다. 제안하는 물품 배송 서비스 로봇은 의료진들이 배송 물품 배송 플랫폼에 물품 적재 작업을 일괄적으로 수행하고 대기시간 없이 다른 업무를 수행할 수 있도록 하였으며, 물품 배송 플랫폼의 배출 작업기를 통해 물품이 자동으로 배출하도록 하여 교차 감염 문제를 예방하였다. 모바일 플랫폼은 자율주행 및 도킹(Docking) 알고리즘을 적용하여 물품 배송 플랫폼을 배송 목적지로 운반한다. 제안하는 플랫폼을 이용한 물품 배송 시나리오를 정의하고 정의된 시나리오를 기반으로 플랫폼의 기능을 검증하였다. 또한, 격리병동 근무 경험이 있는 간호사 20명을 대상으로 제안된 로봇의 구현 및 서비스 성능을 보여주는 영상을 통해 사용성 평가를 진행하였다. 그 결과 사용성 점수는 77.12점으로 수용 가능한(Acceptable) 수준으로 나타났다. 본 논문의 기여사항은 다음과 같다.

- 의료진의 교차 감염 방지 및 작업 효율성을 위한 모듈형 물품 배송 로봇 시스템
- 제안하는 서비스 로봇의 구조에 대한 격리병동 근무 경험이 있는 간호사 20명에 대한 사용성 평가

본 논문의 2장은 물품 배송 서비스 시나리오 구성, 3장은 서비스 수행을 위한 물품 배송 로봇의 구조에 대한 내용이다. 4장은 서비스 수행을 위한 소프트웨어이며, 5장은 시나리오 기반 실험 결과 및 사용성 평가결과이다. 마지막으로 6장에서 결론으로 마무리한다.

## 2. 병실 물품 배송 시나리오 정의

병원에서 실효성이 있는 물품 배송 서비스를 설계하기 위하여, 격리치료시설 환경 분석 및 근무하는 의료진과 인터뷰를 진행하였다. 격리치료 시설은 병실과 복도로 구분되며, 병실은 전실을 이용하여 복도와 연결되어 있다. 또한, 외부와의 감염 차단을 위해 복도 중간에 패스박스(Pass box)를 이용하여 물건



[Fig. 2] Delivery service scenario

을 전달하게 되어 있으며, 의료진은 방호복을 착용하고 서비스를 수행한다. 방호복은 일회성으로 사용하고 폐기해야하기 때문에 의료진은 병실에 물건을 배송할 때마다 방호복을 교환해야 하며, 이는 의료진의 업무에 어려움을 초래하고 자원의 낭비가 발생한다. 이러한 문제점을 고려하여 제안하는 배송 서비스는 의료진이 물품 배송 플랫폼에 물건을 적재하고 패스박스안에 넣으면, 모바일 플랫폼이 물품 배송 플랫폼과 결합 및 운반하여 배송서비스를 수행하도록 설계하였다.

[Fig. 2]는 정의한 물품 배송 시나리오이다. 식사, 택배, 의복 등 물품 배송이 필요할 때, 의료진들은 물품 배송 플랫폼에 물품을 적재하고 모바일 플랫폼을 호출한다. 운반 로봇은 물품 배송 플랫폼이 있는 공간으로 이동하여 물품 배송 플랫폼과 연동 후 물품 적재 장소로 이동한다. 이동이 완료되면 의료진들은 적재할 물건들을 적재한 후, 적재 완료 버튼을 누른다. 적재시 물품 배송 위치를 나타내기 위해 병실호실 정보를 바코드로 출력하여 물품에 부착한다. 모바일 플랫폼은 물품 배송 플랫폼과 결합하고, 적재 물품의 바코드를 스캔하여 목적지를 인식한 후, 자율 주행 시스템을 이용하여 목적지로 이동한다. 목적지에 도착하면, 물품을 받기 위한 선반에 접근하고 물품 배송 플랫폼에서 물품을 배출한다. 배출이 완료되면, 추가로 적재되어있는 물건이 있는지 확인하고, 적재된 물건이 있으면 위 과정을 반복하며, 없으면 물품 적재 공간에 물품 배송 플랫폼을 내려놓고, 모바일 플랫폼은 대기 공간으로 이동한다.

[Table 1]은 정의된 시나리오에 대하여 기존 로봇과 제안하는 플랫폼을 활용하였을 때의 병실 로봇의 중요 특성인 교차감

[Table 1] Comparison of each robot performance with scenario

Platform	Possibility of cross-contamination	Loading and transportation task dependency	Task scalability
Kiva <sup>[5]</sup>	Exist	None	Ease
DELI-Buddy <sup>[6]</sup>	None	Exist	Difficult
CAVER <sup>[7]</sup>	Exist	Exist	Difficult
TiAGo Conveyer <sup>[8]</sup>	Exist	Exist	Difficult
Proposed method	None	None	Ease

염, 의료진의 작업 대기시간 감소를 위한 작업의 중속성, 제안하는 시스템을 다른 작업에 활용 가능 여부인 작업의 확장성에 대하여 비교하였다.

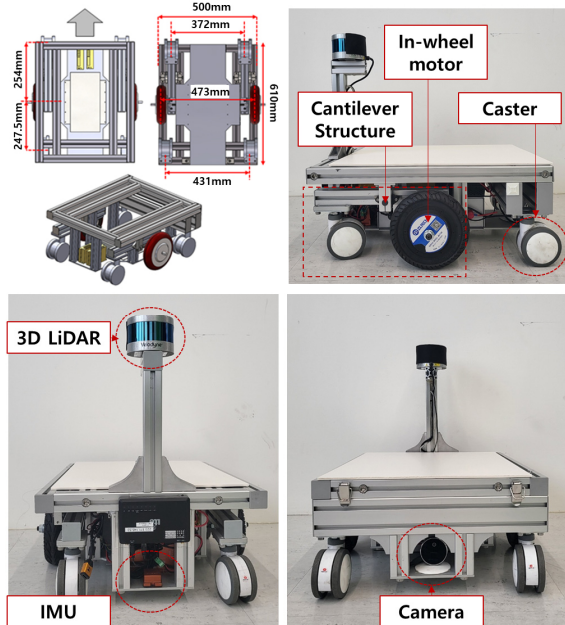
### 3. 물품 배송 서비스 플랫폼 개발

본 장에서는 정의한 배송 서비스를 수행하기 위하여, 모바일 플랫폼과 물품 배송 플랫폼의 구조적 특성 및 병원환경에 적용하기 위한 외형 설계에 대하여 설명한다.

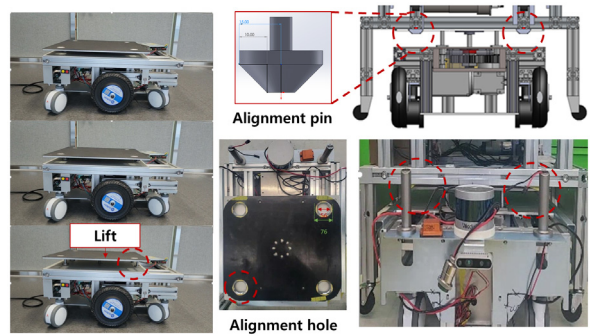
#### 3.1 모바일 플랫폼

[Fig. 3]은 물품 배송 플랫폼을 운반하기 위하여 개발한 모바일 플랫폼이다. 모바일 플랫폼은 좁은공간에서 방향 전환이 가능하도록 중심에 2개의 구동 모터를 배치하고, 가장자리에 4개의 캐스터(Caster)를 배치하여 주행 안전성을 확보하였다. 구동 모터는 비상시에 사용자가 수동으로 이동이 가능하도록 인휠 모터(In-wheel)를 적용하였다. 또한, 실내 주행시 구동바퀴와 바닥면의 접지상태를 유지하기 위해 구동바퀴와 전면 캐스터를 하나의 축으로 연결하고, 축 중간을 플랫폼과 연결하는 캔틸레버(Cantilever)구조와 현가장치를 적용하였다. 이러한 구조를 이용하여 모바일 플랫폼에 고중량의 물품이 적재되어도 무게를 분산하여 주행 제어가 가능하도록 하였다.

물품 배송 플랫폼을 운반하기위하여 모바일 플랫폼에 가반 하중 100 kg의 리프팅 장치를 적용하였다. 물품 배송 플랫폼과 결합하기 위해 모바일 플랫폼은 물품 배송 플랫폼과 정렬하여



[Fig. 3] Mobile base platform design



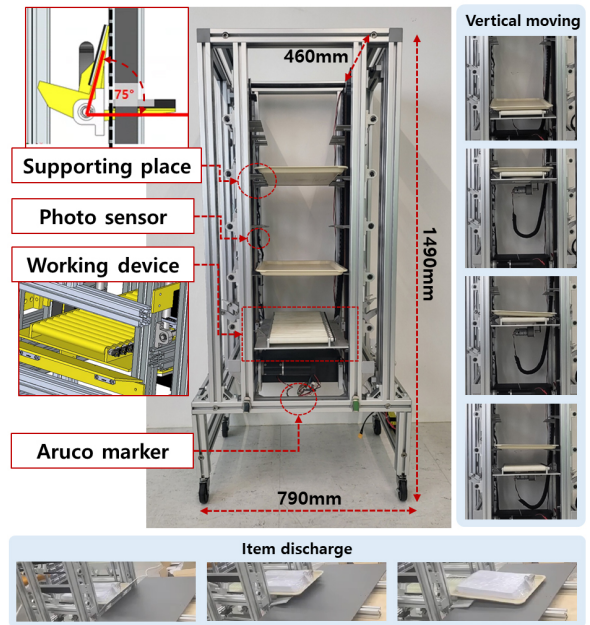
[Fig. 4] Design of connectors for ensuring safety in coupling

도킹되며, [Fig. 4]와 같이 리프트 상판의 각 모서리에 45도 경사의 결합핀을 설계하여 두 플랫폼의 정렬 오차가 전후좌우 10 mm까지 대응할 수 있도록 하여 안전성을 확보하였다.

#### 3.2 물품 배송 플랫폼

[Fig. 5]는 물품을 적재하고, 배출하기 위한 물품 배송 플랫폼이다. 물품 배송 플랫폼은 최대 4개의 물품을 동시에 적재할 수 있으며, 적재된 물품의 배송 목적지를 인식하기 위한 인식 장치, 물품을 배출 작업기 위에 놓기 위한 상하이동, 작업기 위에 있는 물건을 배출하기 위한 수평 이동이다.

수시로 변경되는 물품 배송 목적지의 입력에 대한 사용 편의성 향상을 위해 바코드로 출력하여 부착하도록 서비스를 정의하였으며, 작업기에 부착된 바코드 스캐너를 이용하여 물품의 배송 목적지를 인식한다. 따라서 배송 목적지 및 적재 위치를



[Fig. 5] Logistic Delivery Platform

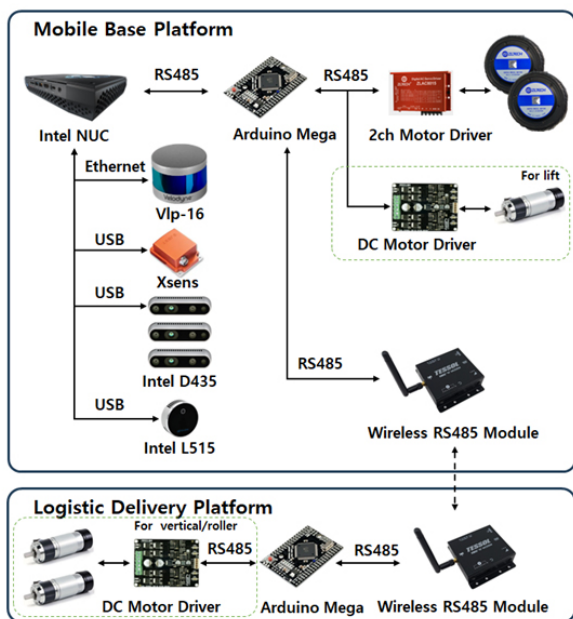
순차적으로 적재할 필요가 없다. 물품 배송 플랫폼은 최대 4개의 물품을 적재할 수 있게 설계하였으며, 각 물품을 접이식 지지대를 이용하여 적재가 가능하다. 접이식 지지대(Supporting place)는 사용자가 물건 적재시 회전을 통해 지지할 공간을 생성하며, 작업기가 수평이동을 할 때, 지지대의 무게중심 변화에 의해 안쪽으로 접히도록 설계하여, 별도의 구동 장치 없이 작업기가 최대 높이까지 이동할 수 있다.

적재된 물품을 작업기 위에 놓기 위한 수평이동은 타이밍 벨트(Timing belt)와 리니어 가이드(Linear guide)를 이용하여 개발하였다. 작업기의 한쪽 면에는 DC모터와 풀리를 이용하여 타이밍벨트를 회전시켜, 작업기가 수직 이동하도록 설계하고, 반대쪽 면은 리니어 가이드를 적용하여 작업기가 수평을 유지하며 이동하도록 설계하였다. 물품을 적재된 위치에 포토센서(Photo sensor)와 초기위치에서 이동된 시간을 이용하여 배출 작업기가 몇 층의 물건을 적재했는지 인식한다.

배출 위치에 작업기가 도달하였을 때, 물품을 배출하기 위한 수평이동은 리니어 모터와 롤러의 회전을 이용하여 수행한다. 리니어 모터는 작업기를 앞으로 배출할 수 있게 하여 배출 선반에 근접하도록 하며, 실리콘으로 처리된 롤러를 회전하여 물품을 외부로 배출시킨다. 또한, 모바일 플랫폼과의 결합시 정렬을 맞추기 위해 Aruco 마커를 사용하였다.

### 3.3 플랫폼 제어 시스템

[Fig. 6]은 모바일 플랫폼과 물품 배송 플랫폼의 제어를 위한 장치 구조이다. 서비스를 위한 제어는 모바일 플랫폼내의 메인



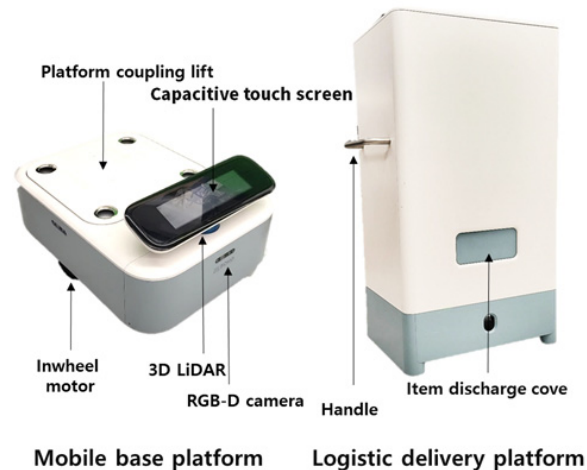
[Fig. 6] Driving system configuration of each platform

제어기에서 수행되며 본 시스템에서는 Intel NUC PC를 이용하여 구현하였다. 메인 제어기는 모터 제어를 위한 아두이노 기반의 제어 보드와 RS485 통신 인터페이스를 통해 연결되며, 플랫폼 구동을 위한 각 인휠 모터의 속도 제어 명령과, 리프트 구동을 위한 DC모터의 속도 제어 명령을 전달한다. 아두이노 제어 보드는 2개의 모터 드라이버를 이용하여 각 모터를 입력받은 속도 명령 값으로 구동시킨다. 자율주행을 위한 SLAM과 내비게이션은 주 제어기에서 수행되며, 이를 위한 3D LiDAR, IMU, Camera 센서는 각 인터페이스를 이용하여 주 제어기와 연결되어 있다. 카메라는 전방 및 좌, 우에 D435를 설치하여 지도 생성시 마커를 인식하며, 후방의 L515 카메라는 도킹을 위해 근접 접근 제어를 할 때 사용된다.

물품 배출을 위한 물품 배송 플랫폼은 상하이동 및 수평 이동을 위해 2개의 DC모터를 제어하며, 모바일 플랫폼과 동일한 아두이노 보드를 이용하여 제어된다. 주제어기에서 물품 배송 플랫폼의 작업을 요청하면 운송플랫폼의 아두이노 보드에서 무선 RS485장치를 이용하여 물품 배송 플랫폼 내 제어 보드에 명령이 전달되며, 제어 보드는 모터드라이버를 이용하여 각 모터를 제어한다.

### 3.4 플랫폼 외형

병원환경에 적합한 로봇 외형을 설계하기 위하여 격리치료 시설 운영 경험이 있는 간호사들의 의견을 반영하였다. 좁은 복도에서 로봇이 이동할 때, 시각적으로 느껴지는 위험성을 줄이기 위해 로봇의 외형 면을 라운드 처리하였다. 외형의 색상은 주로 흰색인 병원 복도에서 시각적인 이질성을 감소 및 오염에 대한 파악이 쉽도록 로봇 외형도 흰색과 회색의 조합으로 설계하였다. [Fig. 7]은 의료진의 의견을 반영하여 설계되고 적용한 외형 모습이다.



[Fig. 7] External casing implement with Mock-Up

운송로봇의 목표는 4개의 카메라와 LiDAR센서가 방해없이 외부로 노출되도록 설계하였으며, 터치 스크린을 부착하여 외부에서 명령을 입력 및 로봇의 상태정보를 확인할 수 있도록 하였다. 리프트의 상판은 바디와의 색상을 일치하기 위해 실리콘으로 커버를 제작하고 도색하였다. 물품 배송 플랫폼은 외부의 오염을 방지하게 위해 작업기의 수평이동을 통해 커버가 열리도록 설계하였다. 또한, 물품 적재의 안전성을 확보하기 위하여 뒷면에 문을 적용하였다.

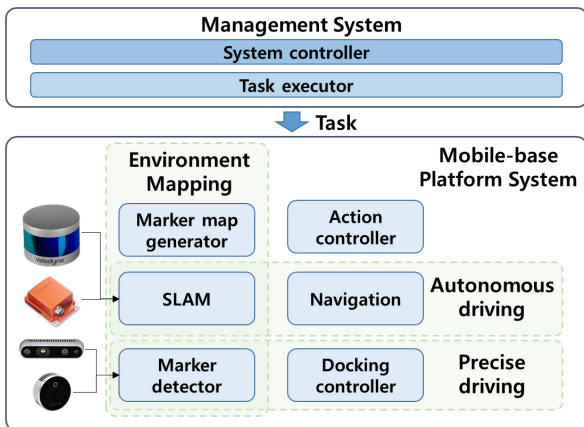
### 4. 물품 배송 서비스를 위한 소프트웨어

본 장에서는 플랫폼의 기능 구현을 위한 소프트웨어의 구조를 설명한다. 로봇에 대한 전문 지식이 없는 사용자가 편리하게 사용할 수 있도록 마커를 기반으로 서비스를 수행하기 때문에, 지도 생성시 마커인식 방법 및 마커로의 정밀제어 기반 접근을 위한 도킹 알고리즘을 설명한다.

#### 4.1 서비스 수행을 위한 소프트웨어 구조

[Fig. 8]은 모바일 플랫폼 제어기의 소프트웨어 구조도이다. 제어기는 ROS (Robot Operating System)를 이용하여 3개의 주요 기능을 구현하였다<sup>9)</sup>. 첫째, 지도 생성시 마커를 인식하고, 마커의 전역위치를 설정하기 위한 마커인식기, SLAM, 마커맵 생성기를 이용한 지도내 마커 인식 기능, 둘째, Google Cartographer SLAM과 A\*알고리즘 기반 자율주행 기능<sup>10)</sup>, 셋째, 물품 배송위치를 표시하는 마커를 인식하고 근접 위치로 이동하는 도킹 알고리즘을 이용한 정밀 주행 기능이다. 액션 제어기(Action controller)는 로봇과 연결된 물품 배송 플랫폼의 인식, 수직이동, 수평이동 명령을 통한 제어를 수행한다.

로봇의 배달 서비스 수행 과정은 이전 개발한 로봇 관제 시스템으로부터 임무 명령을 받는 것으로부터 시작된다<sup>11)</sup>. 시스



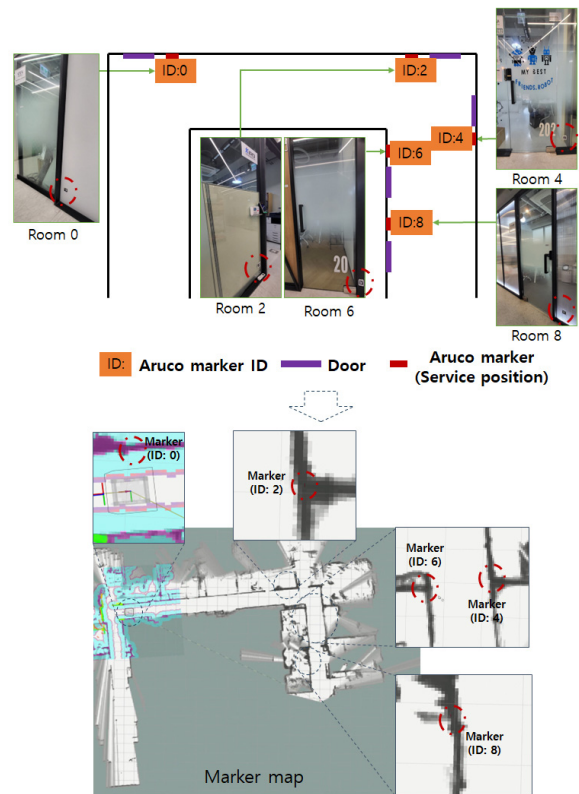
[Fig. 8] Software Structure of Delivery Service Robot

템 제어기(System controller)에서는 각 로봇의 상태를 관제하고, 임무 수행기(Task executor)에서 임무를 액션(Action)형태로 분할하여 전달한다. 물품 배송 서비스 임무는 물품 배출 작업 플랫폼을 이용한 배송 위치 인식, 배송 위치로의 이동, 정밀 주행 기반 배송 위치 접근, 물품 배송 플랫폼을 이용한 배출로 분할되어 상황에 맞게 수행된다.

#### 4.2 사용 편의성 향상을 위한 마커 지도 생성

서비스 적용 환경내 마커를 부착하고 활용하기 위한 마커 지도 생성을 위해 의료진은 배송 목적지에 Aruco 마커를 부착한다. 배송할 위치에 마커를 부착하면 모바일 플랫폼을 주행하여 지도를 생성한다. 모바일 플랫폼은 전면, 좌 우에 부착된 카메라를 이용하여 마커를 인식하고 상대거리를 계산한다. 계산된 상대 거리를 기반으로 생성된 SLAM지도내 마커의 전역위치를 계산하여 배송 위치를 인식한다.

지도가 생성되면, 의료진은 마커의 ID와 동일한 ID로 바코드를 생성하고 물품에 부착하면, 배송 목적지를 플랫폼이 인식하여 배송을 수행한다. [Fig. 9]는 실제 환경에서 마커 지도를 생성하는 예이다. 5개의 마커를 배송 목적지인 문 앞에 부착하였으며, 모바일 플랫폼을 수동으로 주행하여 지도를 생성하였다. 생성된 지도에서 마커의 절대 위치와 ID를 확인할 수 있다.



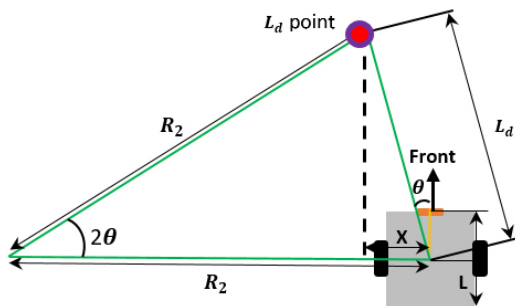
[Fig. 9] Exampe of Marker map generation

### 4.3 물품 배송을 위한 마커 기반의 정밀 주행

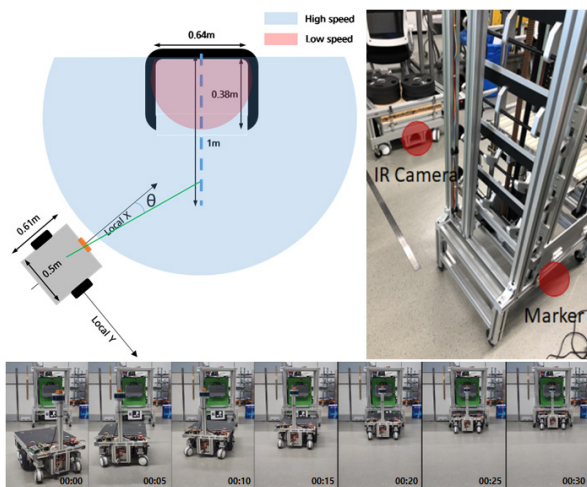
Aruco 마커에 근접 접근을 위한 정밀 주행을 위해 모바일 플랫폼은 마커와의 상대거리 및 방향을 기반으로 모바일 플랫폼 제어를 수행한다. Aruco 마커는 크기에 따라 최소, 최대 인식 거리가 결정되기 때문에, 제안하는 시스템에서는 크기가 다른 두 개의 마커를 혼합하여 사용한다<sup>[12]</sup>. 한 번의 길이가 5 cm와 15 cm인 두 개의 마커를 조합하여, 최소 인식거리 10 cm, 최대 인식 거리 150 cm가 가능하도록 적용하였다.

인식된 마커로 근접하기 위한 정밀 주행 제어는 pure-pursuit 알고리즘을 기반으로 모바일 플랫폼을 제어한다. 두 개의 구동 모터를 이용하여 제자리 회전이 가능한 모바일 플랫폼의 구조를 고려하여, 플랫폼은 선속도와 각속도르 이용하여 제어된다. [Fig. 10]은 pure-pursuit 알고리즘기반 플랫폼 제어 방법의 개념도이다.  $L_d$ 로봇의 회전 중심으로부터 목표 지점까지의 거리이고,  $\theta$ 는 로봇의 목표지점으로의 방향 오차이다.  $L_d$ 의 값이 증가하면, 로봇은 상대적으로 둔감하게 제어되며, 작아지면 민감하게 각속도를 제어하며,  $L_d$ 값은 실험적으로 결정하였다.

[Fig. 11]은 정밀제어를 이용하여 모바일 플랫폼의 도킹 수



[Fig. 10] Pure pursuit algorithm for mobile base platform



[Fig. 11] Mobile base platform control for docking

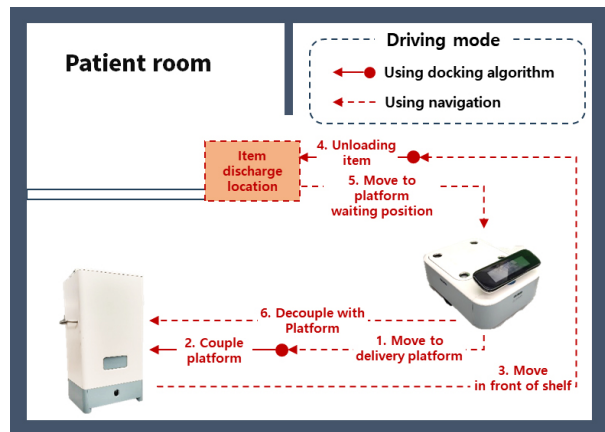
행 예이다. pure-pursuit 알고리즘의 경로는 마커로부터 수직으로 생성하여 적용하였으며, 선형 제어는 PID 제어 알고리즘을 사용하였다. 또한, 마커와 근접할수록 속도를 저속으로 제어하여 도킹 알고리즘의 안전성을 확보하였다. 마커가 최소 인식 거리보다 근접해야 하는 상황에서는 마지막 마커의 위치를 기반으로 제어를 수행한다.

## 5. 실험

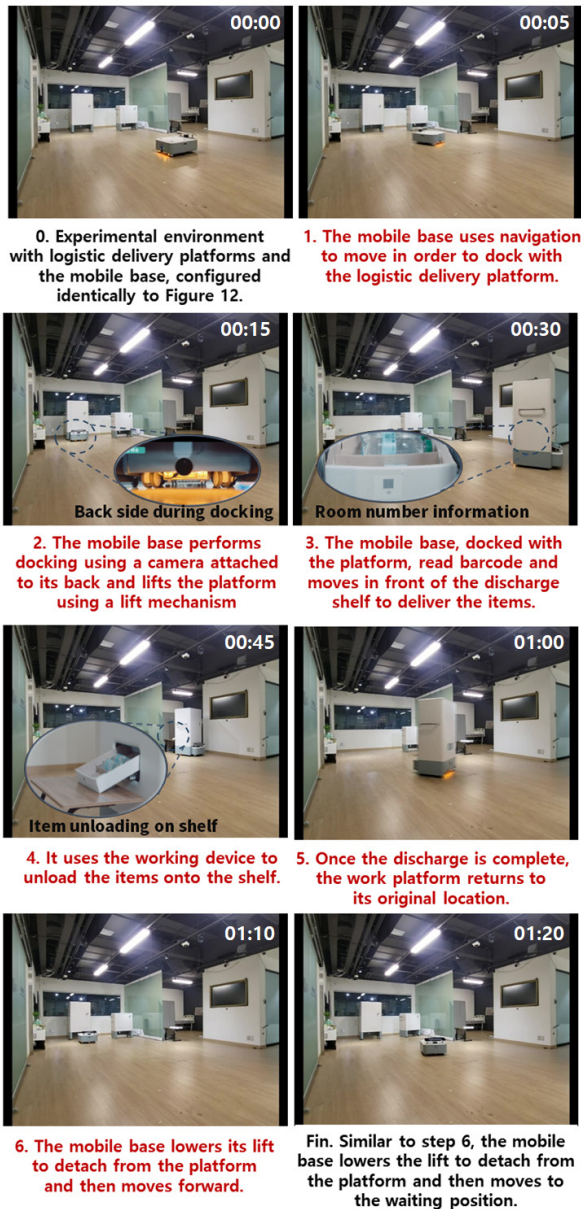
### 5.1 물품배송 서비스 운용 검증

[Fig. 12]는 제안하는 플랫폼을 이용하여 시나리오를 검증하기 위한 환경 구성이다. 의료진이 물품 배송 플랫폼에 바코드를 부착한 물품을 적재하고, 물품 배송 요청을 입력한다. 모바일 베이스는 자율주행 알고리즘을 이용하여 물품 배송 플랫폼이 있는 위치로 이동하고, 물품 배송 플랫폼 하단의 마커로 도킹 알고리즘을 이용하여 접근한다. 접근이 완료되면 리프트를 이용하여 물품 배송 플랫폼과 결합된다(단계 1~2). 결합이 완료되면 로봇은 배송 위치로 이동하고, 배송 위치의 마커를 기준으로 정밀 제어를 수행한다. 마커와의 거리가 배출 거리인 10 cm로 접근되면, 물품 배송 플랫폼을 이용하여 물품을 배출한다(단계 3~4). 배출이 완료되면 결합된 모바일 플랫폼은 물품 배송 플랫폼 대기 장소로 이동하고, 리프트를 하강하여 물품 배송 플랫폼과의 결합을 해제하고, 모바일 플랫폼은 대기 장소로 이동한다(단계 5~6).

[Fig. 13]은 정의한 환경에서 개발한 플랫폼을 이용하여 서비스 시나리오를 검증한 결과이다. 사용자가 물품 배송 플랫폼에 물건을 적재하고 서비스 수행을 요청하면 목적지에 물품을 배송하고 오는 것을 확인할 수 있다.



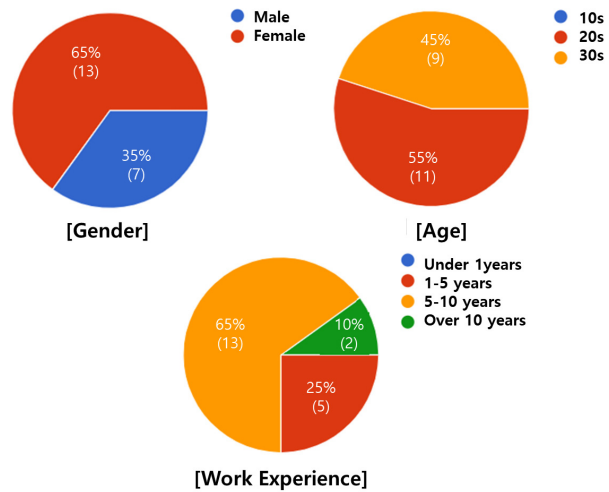
[Fig. 12] Experimental environment and each step of performing scenario



[Fig. 13] Snapshot of each step within scenarios

### 5.2 SUS기반 사용성 평가

제안하는 시스템의 사용성 평가를 위하여 격리치료시설에서 근무 경력이 있는 20명의 간호사에게 시스템 사용성 검사 (System Usability Scale, SUS)를 수행하였다. [Fig. 14]는 사용성 평가를 수행한 간호사들의 일반적인 정보이다. SUS의 점수 계산 방법은 긍정적인 문항(홀수)은 응답자가 체크한 점수에서 -1점으로 계산하며 부정적인 문항(짝수)은 총점 5점에서 응답자가 체크한 점수를 빼서 계산 후 모든 문항의 점수를 집계한 후 2.5를 곱하여 계산 하였으며, 그 결과 평균 77.12점으로 Bangor가 제시한 형용사적인 평가 기준 Acceptable로 평가되었다<sup>[13]</sup>.



[Fig. 14] Information of experiment subjects

SUS검증 결과와 의료진의 의견을 종합하여 보면, 제안하는 로봇 시스템이 기존 적용된 로봇보다 교차 감염 예방에서 우수한 면을 보일 것이라는 의견을 받았으며, 반복적으로 수행하는 단순 작업을 로봇이 도와줌으로써 의료진의 업무에 집중할 수 있을 것 같다고 하였다. 또한, 로봇에 대한 전문 지식이 없는 의료진들이 로봇을 사용하기 위한 접근성을 향상시킬 수 있다고 하였다.

## 6. 결론 및 향후 연구

본 논문은 병원에서 물품 배송 서비스를 수행하기 위한 플랫폼의 구조와 서비스 시나리오를 개발하였다. 제안하는 플랫폼은 교차 감염 및 작업 효율성을 위해 모바일 플랫폼과 물품 배송 플랫폼으로 작업을 구분하여 모듈형으로 구성하였다. 또한, 로봇 활용의 전문 지식이 없는 의료진들이 빠르게 사용할 수 있도록 마커 기반 지도 생성 및 주행 알고리즘을 개발하였다. 제안된 시스템을 검증하기 위해 환경을 설정하고 물품 배송 시나리오를 실행했습니다. 제안한 시스템의 유용성은 20명의 간호사를 대상으로 SUS 평가를 수행하였으며, 그 결과 평균 77.8점, 수용 가능한 범주안에 들어오는 것을 확인하였다.

향후에는 마커 지도를 자동으로 생성하는 방법을 추가하여 지도 생성시 사용자의 노력이 필요 없도록 하며, 폐기물 처리, 방역 등의 다양한 작업을 수행할 수 있는 작업 플랫폼을 개발하여 서비스를 확장할 예정이다. 또한, 실제 병원에서 운용을 수행하여 제안하는 시스템의 운영 결과에 대한 검증이 필요하다.

## References

[1] D. Lee, G. Kang, T. Kim, H. Shim, H. Jung, and E. Kim, "Route Planning and Elevator Boarding Algorithms for Last Mile

Delivery Service in Multi-floor Environments,” *The Journal of Korea Robotics Society*, vol. 18, no. 1, pp. 10-17, Feb., 2023, DOI: 10.7746/jkros.2023.18.1.010.

[2] M. Hossain, “Autonomous delivery robots: A literature review,” *IEEE Engineering Management Review*, vol. 51, no. 4, pp. 77-89, Dec., 2023, DOI: 10.1109/EMR.2023.3304848.

[3] S. Ali, S. Noreen, I. Farooq, A. Bugshan, and F. Vohra, “Risk assessment of healthcare workers at the frontline against COVID-19,” *Pakistan journal of medical sciences*, vol. 36, 2020, DOI: 10.12669/pjms.36.COVID19-S4.2790.

[4] G.-Z. Yang, B. J. Nelson, R. R. Murphy, H. Choset, H. Christensen, S. H. Collins, P. Dario, K. Goldberg, K. Ikuta, N. Jacobstein, D. Kragic, R. H. Taylor, and M. McNutt, “Combating COVID-19 —The role of robotics in managing public health and infectious diseases,” *Science Robotics*, vol. 5, no. 40, Mar., 2020, DOI: 10.1126/scirobotics.abb5589.

[5] J. Laber, R. Thamma, and E. D. Kirby, “The impact of warehouse automation in amazon’s success,” *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, vol. 7, no. 8, pp. 63-70, Aug., 2020, [Online], [https://ijiset.com/vol7/v7s8/IJISSET\\_V7\\_18\\_07.pdf](https://ijiset.com/vol7/v7s8/IJISSET_V7_18_07.pdf).

[6] S. Yoon, *Now we are entering an era where ‘robots’ are involved in medical and healthcare services*, [Online], <https://www.epnc.co.kr/news/articleView.html?idxno=236649>, Accessed: May 09, 2025.

[7] K. Thamrongaphichartkul, N. Worrasittichai, T. Prayongrak, and S. Vongbunyong, “A framework of IoT platform for autonomous mobile robot in hospital logistics applications,” *2020 15th International Joint Symposium on Artificial Intelligence and Natural Language Processing (iSAI-NLP)*, Bangkok, Thailand, pp. 1-6, 2020, DOI: 10.1109/iSAI-NLP51646.2020.9376823.

[8] V. Seidita, F. Lanza, A. Pipitone, and A. Chella, “Robots as intelligent assistants to face COVID-19 pandemic,” *Briefings in Bioinformatics*, vol. 22, no. 2, pp. 823-831, Mar., 2021, DOI: 10.1093/bib/bbaa361.

[9] A. Koubâa, *Robot Operating System (ROS)*, 1st ed. Springer Cham, 2016, DOI: 10.1007/978-3-319-26054-9.

[10] Y. K. Tee and Y. C. Han, “Lidar-based 2D SLAM for mobile robot in an indoor environment: A review,” *2021 International Conference on Green Energy, Computing and Sustainable Technology (GECOST)*, Miri, Malaysia, pp. 1-7, 2021, DOI: 10.1109/GECOST52368.2021.9538731.

[11] Y. Kwon, S. Shin, K. Yang, S. Park, S. Shin, H. Jeon, K. Kim, G. Yun, S. Park, J. Byun, S. H. Kang, K.-H. Song, D. Kim, D. H. Kim, K. Seo, S. S. Kwak, and Y. Lim, “Heterogeneous Robot-Assisted Services in Isolation Wards: A System Development and Usability Study,” *2023 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Detroit, MI, USA, pp. 8069-8076, 2023, DOI: 10.1109/IROS55552.2023.10341857.

[12] D.-G. Gwak, K.-M. Yang, M.-R. Park, J. Hahm, J. Koo, J. Lee, and K.-H. Seo, “Marker-based method for recognition of camera position for mobile robots,” *Sensors*, vol. 21, no. 4, Feb., 2021, DOI: 10.3390/s21041077.

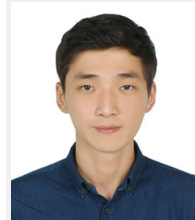
[13] A. Bangor, P. Kortum, and J. Miller, “Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale,” *Journal of usability studies*, vol. 4, no. 3, pp. 114-123, May, 2009, [Online], [https://uxpajournal.org/wp-content/uploads/sites/7/pdf/JUS\\_Bangor\\_May2009.pdf](https://uxpajournal.org/wp-content/uploads/sites/7/pdf/JUS_Bangor_May2009.pdf).



### 양 견 모

2011 세종대학교 디지털콘텐츠학과(공학사)  
2014 연세대학교 컴퓨터과학(공학석사)  
2018~현재 한국로봇융합연구원 지역연구  
본부 선임연구원

관심분야: 인공지능, 지식추론, 상황인식



### 구 재 완

2017 계명대학교 의용공학과(공학사)  
2020 경북대학교 기계공학과(공학석사)  
2019~현재 한국로봇융합연구원 지역연구  
본부 선임연구원

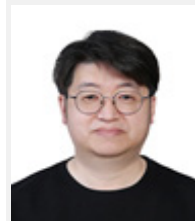
관심분야: 기계설계, 구조해석



### 곽 정 훈

2015 계명대학교 게임모바일콘텐츠학과  
(공학사)  
2017 계명대학교 컴퓨터공학과(공학석사)  
2021 동국대학교 멀티미디어공학과(공학박사)  
2022~현재 한국로봇융합연구원 지역연구  
본부 선임연구원

관심분야: 인공지능, 딥러닝, 로봇 제어



### 서 갑 호

1999 고려대학교 전기공학과(공학사)  
2001 KAIST 전기및전자공학(공학석사)  
2009 동대학(공학박사)  
2009~현재 한국로봇융합연구원 지역연구  
본부 수석연구원  
2021~현재 경북대학교 로봇 및 스마트 시스템  
공학과 겸임교수

관심분야: 시스템 제어, 농업로봇, 웨어러블로봇, 모바일로봇