



실내 환경에서 위치 인식 센서 기반의 무인 택배 시스템 구현

이은진*¹, 윤형건*², 김순환***, 김흥수***

Implementation of Unmanned Delivery Service System Based on Localization Sensor in Indoor Environment

Eun-Jin Lee*¹, Hyung-Gun Yoon*², Soon-Hwan Kim***, and Heung-Soo Kim***

이 논문은 2017학년도 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었음

요 약

택배로봇이 안전하게 택배배송을 수행하기 위해서는 자율 주행 중 택배로봇의 현재의 위치를 인식하여야 한다. 택배로봇의 현재 위치 인식은 택배로봇의 핵심 기술로 내 외부에 설치된 위치 인식 센서들을 이용하여 위치 인식 보정, 장애물 감지, 돌발상황 회피, 경로 탐색, 택배함 위치 인식 등을 가능하게 하여, 택배 로봇이 건물 내에서 자율 주행을 할 수 있는 알고리즘을 구현하였다. 또한 지도 생성, 택배 배송 위치 탐색, 택배 배송이 가능한 무인 택배 시스템의 성능을 확인하기 위해 실내 모형 환경을 제작하여 실험한 결과 시스템 모니터링 화면을 통해 지도 생성 및 택배 배송이 정확히 이루어지는 것을 확인할 수 있었으며, 택배로봇의 성능을 평가하기 위해 실제 환경에서 반복적인 주행 실험을 통해 택배로봇이 주행 및 택배 배송이 가능함을 검증하였다.

Abstract

Delivery robot should recognize its current location during navigation to safely deliver. Location recognition enables location recognition correction, obstacle detection, accidental circumstance evasion, route search, and location recognition of delivery box by using location recognition sensors equipped in and out of delivery robot. This leads to implementing algorithm which allows delivery robot to perform autonomous navigation in a building. In addition, indoor module was constructed to check the performance of the unmanned delivery system that can generate maps, search delivery location, and carry out delivery service. As a result of experiment above, it is confirmed that the map creation and delivery service are performed correctly through the system monitoring. Through the repeated experiment in real condition to assess functions of delivery robot, it is verified that the delivery robot is able to travel and deliver.

Keywords

delivery robot, position recognition sensors, autonomous navigation in a building, map creation, obstacle detection algorithm

* 제주대학교 전과정보통신공학전공

- ORCID¹: <https://orcid.org/0000-0002-8280-1594>

- ORCID²: <https://orcid.org/0000-0003-3248-5412>

** 제주대학교 전과정보통신공학전공 교수

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7678-9413>

*** 제주대학교 전과정보통신공학전공 교수(교신저자)

- ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7057-5174>

· Received: Jul. 03, 2018, Revised: Aug. 14, 2018, Accepted: Aug. 17, 2018

· Corresponding Author: Heung-Soo Kim

Dept. of Telecommunication Engineering, Jeju National University, 102

Jejudaehak-ro, Jeju-si, Jeju Special Self-Governing Province, 690-756, Korea,

Tel.: +82-64-754-3634, Email: sookh@jejunu.ac.kr

1. 서 론

국내 택배 산업은 2000년대 접어들어 지속적으로 성장해왔다. 2010년 이후 성장세가 다소 둔화되었으나 최근 모바일 쇼핑, 해외직구 등의 확대로 인해 성장세가 반등하였으며, 최근 10년간 연평균 13.2%의 높은 성장률을 보이고 있다. 2016년 기준 18억 개 이상의 박스물량과 4조원 이상의 시장으로 성장하였다[1][2].

2017년 8월 중국에서는 정부 지원 아래 스마트 물류 시스템을 개발 중에 있다. 이 시스템은 무인 로봇이 택배 배달을 하고 이를 무인배송운영센터 내의 직원들이 실시간으로 확인할 수 있다. 또한 화물의 배송 경로와 진행 상황 등을 통제할 수 있다 [3]. 일본 택배 회사인 야마토 운수는 인력난을 해결하기 위하여 택배 운반 총량 감축 및 무인 택배함 설치를 계획하고 있다[4]. 또한 택배 배송과 관련한 범죄의 급증으로 범죄 예방을 위한 무인 택배 시스템 시장 또한 급속도로 확대되고 있다. 이처럼 무인 택배 시장은 규모가 계속적으로 증가하고 있으며, 범죄 예방 및 인력난 해소를 위해 무인 택배 서비스 시장은 계속적으로 커져갈 것이다.

무인 택배 시스템은 물품보관, 택배화물수발, 물품전달 등 다양한 서비스를 제공하는 시스템으로 최근 신축되는 다가구주택, 도시형생활주택 등 소규모 주거용 건축물에 무인 택배함을 설치하도록 하고 있다. 이런 경우 건물 내 각 호실별 무인 택배함이 설치될 것이며, 무인 택배 기술은 건물 외부에서 뿐만 아니라 건물 내에서도 택배 배송이 무인으로 이루어져야 할 것이다.

최근 무인물류이송에 관련한 연구로 신속하고 안전하게 무인으로 물류를 이송하는 지능형 택배로봇의 연구가 많이 이루어지고 있다. 택배 로봇의 움직임 제어를 위해 흔들림 및 진동 등에 의한 측정 잡음을 제거하여 주행 중 방향전환 시 로봇의 흔들림을 줄일 수 있는 알고리즘, 다양한 위치 인식 센서를 이용하여 안정적이고 정확한 주행을 할 수 있는 주행 알고리즘 등에 대한 다양한 연구 또한 이루어지고 있다. 하지만 이러한 연구들은 건물의 구조를 정확히 인지하기 위해 랜드마크를 이용하여 건물의

위치를 추정하는 방법을 사용하고 있거나, 건물 구조를 알고 있어야만 택배로봇이 택배를 배송할 수 있다. 랜드마크 정보를 이용할 경우 건물 내부에 랜드마크를 설치해야한다는 문제점을 가지고 있으며, 건물 구조의 변경 및 택배로봇이 다른 건물 구조에서 사용되려면 건물 구조 정보를 관리자가 직접 입력해야지만 사용할 수 있다는 문제점을 가지고 있다[5]-[8].

이에 본 논문에서는 건물 내에서 무인으로 택배 배송이 가능한 택배로봇을 제작한다. 택배로봇은 이동체 내·외부에 설치된 위치 인식 센서들을 이용하여 위치 인식 보정, 장애물 감지, 돌발상황 회피, 경로 탐색, 택배함 위치 인식 등을 가능하게 하여, 택배 로봇이 건물 내에서 자율 주행을 할 수 있게 한다. 또한 이렇게 설계된 무인 택배 시스템과 택배로봇의 성능 테스트를 위해 건물 내부의 공간에 택배함의 위치를 설정하고 지도 생성 과정에서 건물 내 경로와 택배함의 위치를 정확히 찾아내는지를 통해 제안한 시스템의 성능을 검증한다.

II. 무인 택배 시스템

2.1 시스템 구성

본 논문에서 제안하는 실내 환경에서 위치 인식 센서 기반의 무인 택배 시스템을 구현하기 위하여 그림 1과 같이 시스템을 구성하였다. 그림 1에 나타난 바와 같이 전체 시스템은 택배로봇의 이동체 부분, 서버 부분, 관리 모니터링 부분으로 나뉜다.

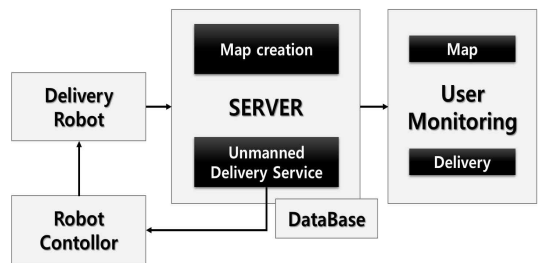


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1. System configuration diagram

택배로봇의 이동체 내부에는 엔코더, 바퀴 속도 제어 장치가 외부에는 다양한 위치 인식 센서가 설치되어있다. 외부에 설치된 위치 인식 센서들은 처음 위치 인식을 하고 주행 중 발생하는 돌발 상황 및 장애물을 피하는데 사용되었다.

서버부분은 지도 생성 및 주행 정보를 저장하기 위한 데이터베이스를 가지며 데이터베이스의 정보를 이용하여 지도 생성과 자율 주행 서비스를 제공하도록 구성하였다. 관리 모니터링 부분은 모니터링 화면의 택배 목적지 위치를 클릭하면 택배가 전달되고 이를 관리자가 알 수 있게 관리 모니터링 화면을 구성하였다.

2.2 자율 주행 택배로봇

자율 주행이 가능한 택배로봇은 ATmega128보드를 사용하였으며 그림 2와 같이 시스템을 구성하였다. 택배로봇 내부정보를 얻을 수 있게 엔코더와 모터 컨트롤러를 설치하였다. 그리고 초기 위치 인식, 돌발상황, 장애물 회피 등을 위한 초음파센서, LRF 센서, PSD 센서 그리고 컬러 센서 등을 택배로봇 외부에 설치하여 외부 정보를 취득할 수 있게 하였다.

엔코더 장치는 접촉식 방식과 비접촉식 방식 두 가지가 있다. 접촉식 방식의 경우 바퀴 홈과 동판이 접촉이 안되는 경우와 한 번의 접촉을 여러 번의 신호로 인지하는 채터링 현상이 발생하는데, 이로 인해 오작동이 발생할 수도 있다.

이에 본 논문에서는 그림 3과 같이 접촉식 방식 대신 바퀴회전 감지 엔코더를 사용하여 바퀴 회전을 감지하는 비접촉식 방식을 사용하였다. 바퀴회전 감지 엔코더는 포토인터럽터와 홈이 있는 디스크로 구성되며 디스크는 바퀴에 연결되어, 바퀴가 돌 때 마다 작은 홈 사이로 적외선이 통과되어 회전을 인식할 수 있으며 이를 통해서 바퀴의 회전수를 측정할 수 있다.

자율 주행을 위해서는 위치 인식 보정, 장애물 감지, 돌발 상황 회피, 경로 탐색, 택배함 위치 인식 등의 기술이 필요하다. 택배로봇의 내부정보만을 가지고는 지도생성 및 무인 배송이 어렵다. 이에 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 그림 4와 같이 택배로봇 외부에 초음파센서, PSD 센서, LRF

센서 그리고 컬러 센서 등을 설치하였다.

2.3 택배로봇의 주행 알고리즘

본 논문에서 자율 주행 알고리즘 구현을 위해 고려한 요소로는 차륜 구동 로봇의 항법 요소, 항법에 있어 실제 환경에서 발생하는 오차 그리고 외부에 연결된 다양한 위치 인식 센서에 의한 센서 정보 등이 있다. 차륜 구동 로봇의 항법 요소는 택배로봇의 이전 위치 정보와 내부정보이다. 즉, 택배로봇의 이전 위치 정보와 내부정보를 이용하여 일정시간이 지난 후 위치를 추정한다.

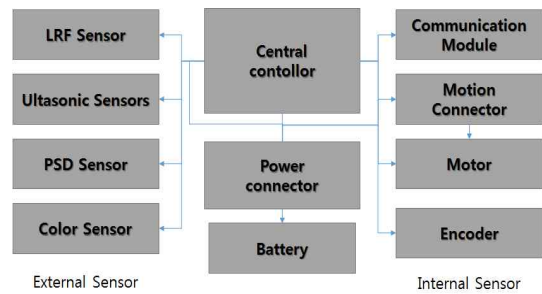


그림 2. 시스템 블록도
Fig. 2 System block diagram



그림 3. 바퀴 회전 감지 엔코더
Fig. 3. Design of mobile robot

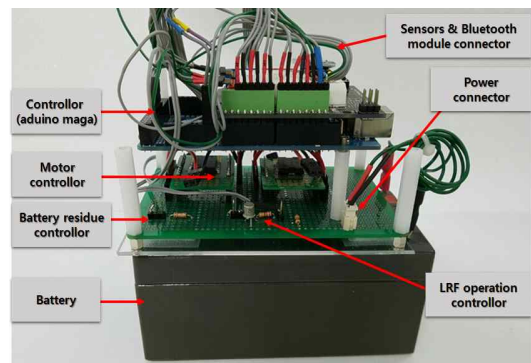


그림 4. 택배로봇 제어부 구성
Fig. 4. Controller configuration of delivery robot

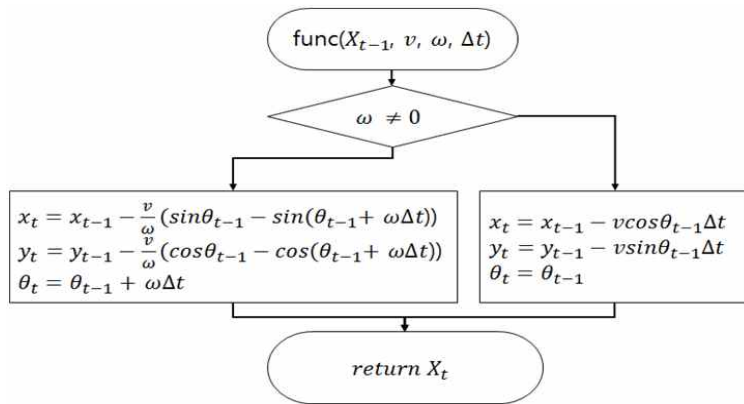


그림 5. 차륜 구동 항법 알고리즘
Fig. 5. Navigation algorithm of delivery robot

그림 5는 차륜 구동 항법 알고리즘으로 t 시각에서 택배로봇의 위치 X_t 는 x_t, y_t, θ_t 로 표시된다. x_t, y_t 는 직교 좌표상의 택배로봇의 좌표 값이다. 그리고 θ_t 는 직교좌표의 x 축과 로봇의 방향이 이루는 각을 나타낸다. 차륜 구동 항법 알고리즘에서 입력으로 사용되는 값은 이전 위치 정보 X_{t-1} , 직진속도 v 와 회전속도 ω , 그리고 시간 간격 Δt 이다. 입력에 의해 x_t, y_t, θ_t 값을 계산하고 그 결과로 추정된 위치 정보 X_t 를 반환한다[9].

택배로봇의 위치 정보를 추정하는 방법은 로봇의 내부정보만으로도 로봇의 위치를 예측할 수 있으나, 실제 환경에서 주행하는 로봇은 많은 오차를 갖는다. 이 오차는 모터의 엔코더로부터 얻게 되는 속도 정보의 오차, 바퀴와 바닥면의 마찰력에 의한 미끄러짐에 대한 오차 등이 있다. 이러한 오차가 지속적으로 누적되면 자율 주행에 문제가 발생된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 로봇의 내부정보로부터 수집한 속도정보에 오차율을 적용하여 속도 정보를 X_t 의 값을 이용하여 보정한다[10].

2.4 지도 생성 및 배송 알고리즘

실내 공간을 이동하는 택배로봇이 어느 위치에 있는지 인식하고 주변의 장애물을 감지하고, 택배함의 위치를 인식하여 경로 탐색을 하기에는 로봇의 내부 정보만으로는 어렵다. 이에 본 논문에서는 택배로봇 외부에 다양한 위치 인식 센서를 설치하여 자동 지도 생성, 위치 인식 보정, 장애물 감지, 돌발

상황 회피, 경로 탐색, 택배함 위치 인식 등을 할 수 있는 알고리즘을 설계한다.

그림 6은 지도 생성 알고리즘을 나타내는 플로우 차트이다. 실내 환경 지도 생성을 위해 사용자가 건물의 면적과 택배로봇이 출발하는 위치만을 입력하게 하여 사용자가 최소한의 작업을 통해 지도를 생성할 수 있게 한다. 사용자 입력이 이루어지면 택배로봇은 내부정보와 외부정보를 이용하여 건물 내부를 이동한다. 택배로봇은 건물 내부를 주행하면서 수집한 경로 정보를 서버로 전송하고 서버는 이를 데이터베이스에 저장한다.

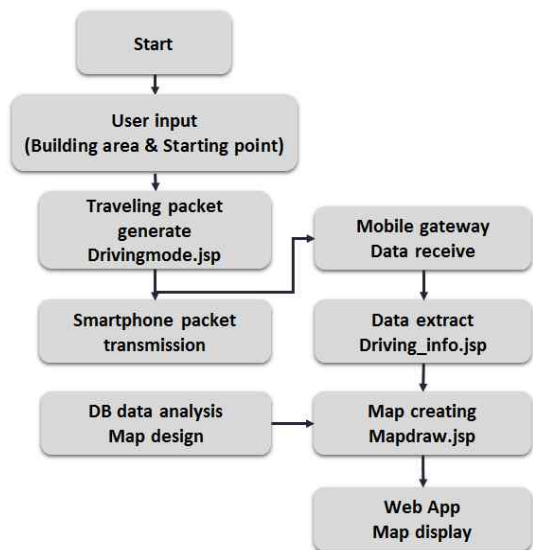


그림 6. 지도 생성 알고리즘 플로우차트
Fig. 6. The flowchart for map create algorithm

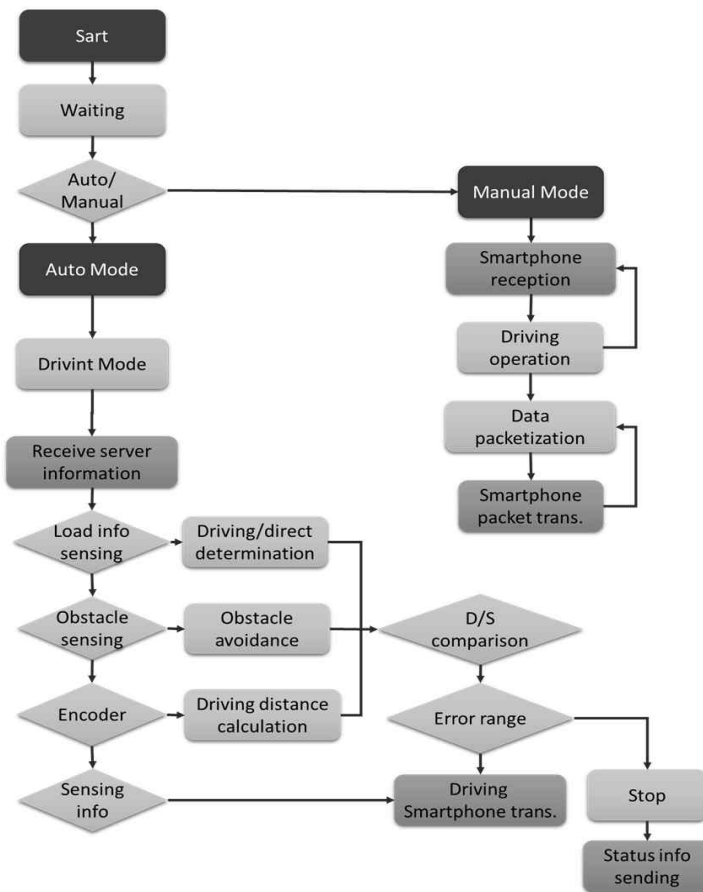


그림 7. 배송 알고리즘 플로우차트
Fig. 7. The flowchart for delivery algorithm

주행이 종료되면 서버는 데이터베이스의 데이터를 추출, 분석하여 지도를 생성한다. 택배로봇이 주행 중 수집한 정보를 이용하여 지도를 생성하기 위해 서버로 주행 정보를 전송하기도 하지만 택배로봇이 실시간으로 동작하는 것을 확인하기 위해 스마트폰으로도 주행 패킷을 전송한다.

지도 생성을 통해 데이터베이스에 저장된 경로 정보를 이용하여 목적지까지 택배가 정확하고 효율적으로 배송되게 하기 위해 데이터베이스의 정보를 바탕으로 계산된 정보와 충돌회피, 위치인식 등에 대한 센싱 정보를 사용한다. 그림 7은 배송 알고리즘을 나타낸 것으로 택배 로봇이 배송 목적지 정보를 수신하면 서버로부터 수신한 경로 정보를 토대로 이동한다. 이동 중 장애물을 감지하면 이를 회피할 수 있게 설계하였다. 또한 수동 모드 제어를 위

해 센싱되는 정보 및 이동 정보를 스마트폰으로 전송할 수 있다. 택배로봇의 오동작이나 경로 외의 곳으로 이동을 위해 수동 모드 기능을 추가로 설계하였다. 수동 모드 제어는 스마트폰을 이용하여 제어할 수 있다. 또한 스마트폰으로 제어되는 주행, 센싱 데이터들은 패킷화하여 스마트폰을 통해 서버로 전송할 수 있다.

III. 시스템 구현 및 주요 결과

3.1 무인 택배 배송 시스템 구현 및 성능 분석

그림 8은 관리자 PC에서 사용되는 배송 관리 모니터링 프로그램으로 개발 환경은 Windows7을 기반으로 Java jdk1.8.0을 이용해 구축하였으며, DB는 MySQL 5.7을 사용하였다.

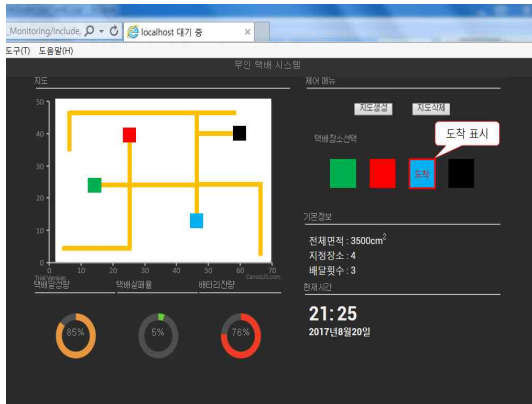


그림 8. 무인 택배 시스템 모니터링 화면
Fig. 8. Monitoring screen of delivery service system

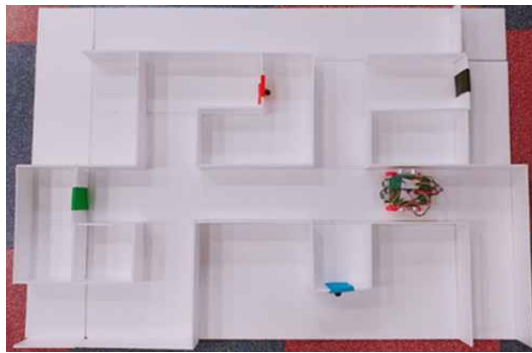
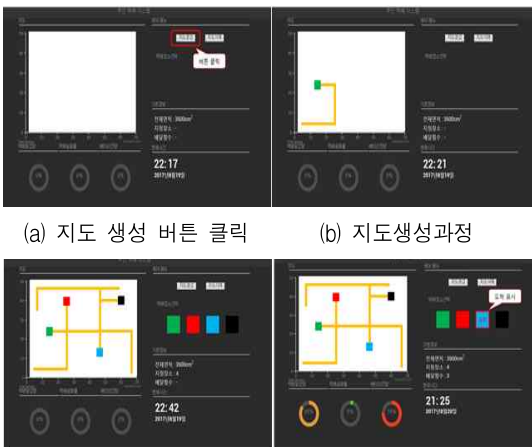


그림 9. 실내 환경 모형
Fig. 9. Indoor environment model



(a) 지도 생성 버튼 클릭 (b) 지도생성과정
(c) 지도 생성 완료 (d) 배송 과정
그림 10. 지도 생성 및 배송 과정

Fig. 10. Map creation and delivery process, (a) Map creation button click, (b) Map creation process, (c) Map generation complete, (d) Delivery process

본 논문에서 구현한 무인 택배 시스템 화면에서 제공하는 기능으로는 지도생성 버튼을 통해 건물 내부 지도를 생성하는 기능과 건물 내부 구조 변경이 있을 경우 기존 지도를 삭제할 수 있는 기능을 그림 8과 같이 구현하였다.

또한 건물 내 경로를 지도로 나타내었으며 지도 위에 택배함의 위치를 색으로 구분지어 표시할 수 있다. 지도 위에 생성된 택배함 색과 동일한 색의 택배 장소 선택 버튼이 활성화되어 버튼을 클릭하면 택배로봇이 택배 배송지로 이동하게 되고 택배 택배 배송이 완료되면 도착 메시지를 알릴 수 있으며 이와 동시에 사용자에게 택배 배송 정보를 제공할 수 있게 구현하였다.

택배로봇의 실내 환경 지도 생성 및 배송을 위한 주행 알고리즘 테스트를 위하여 가로 3m, 세로 2.5m 크기의 실내 모형을 그림 9과 같이 제작하였다. 그림 9의 실내 모형은 실제 건물의 경로를 본떠 설계하였으며, 건물 내부에 택배함의 위치를 설정하여 지도 생성 과정에서 건물 내 경로와 택배함의 위치를 정확히 찾아내는지에 대한 테스트가 이루어졌다.

그림 10은 택배로봇의 주행 정보를 이용하여 서버에서 지도를 생성하는 과정을 나타낸 화면이다. a)에서 지도 생성 버튼을 클릭하면 서버는 택배로봇에게 주행 시작 명령을 전달한다. 택배로봇은 주행이 시작되면 주행 정보를 서버로 전달하고 서버는 이 정보를 이용하여 b)와 같이 지도를 생성한다. c)는 지도생성이 완료된 화면으로 지도 생성이 완료되면 각 택배함의 위치가 버튼으로 활성화된다. 택배 배송은 시스템 관리자가 택배함의 위치를 클릭하면 서버는 배송 위치를 택배로봇에게 전송하고 택배로봇은 이를 이용하여 택배를 배송하게 된다. 택배 배송이 완료되면 d)와 같이 택배 도착 메시지가 나타나는 것을 확인할 수 있다.

3.2 택배로봇의 구현 및 성능 분석

택배로봇은 그림 11과 같이 구현하였으며 택배로봇의 규격은 표 1과 같다. 택배로봇의 외형 크기는 W1700*D2400*H1700(mm)이며, 본체 중량은 50kg이상이며 적재 중량은 25kg이하로 설계하였다.



(a) 택배로봇 외부 (b) 택배로봇 내부
그림 11. 택배로봇

Fig. 11. Delivery robot, (a) Delivery robot outside, (b) Delivery robot inside

표 1. 택배로봇 규격

Table 1. Delivery service robot standard

Classification	Standard
Physical Size	W1700×D2400×H1700(mm)
Body Weight	50kg below
Load Weight	25kg below
Drive thrust	8000 rpm/min
Motor specification	Faulhaber 12V DC Coreless Motor
Operating time	8time below



그림 12. 택배로봇 실험 환경

Fig. 12. Experiment environment of delivery robot

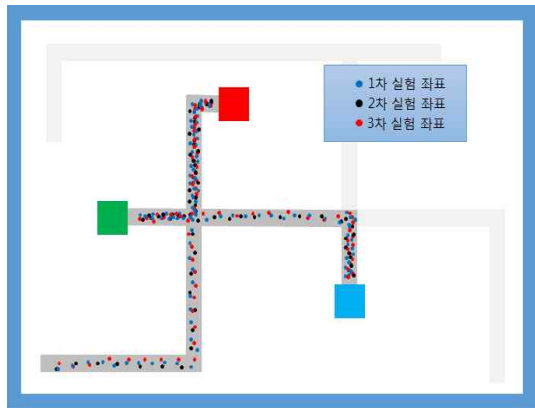


그림 13. 택배로봇의 주행 경로

Fig. 13. The traveling route of delivery robot

실내 모형에서 이루어진 무인 택배 배송 시스템의 지도 생성 및 택배 배송이 실제 환경에서 얼마나 정확히 동작하는지를 분석하기 위해 그림 12와 같이 실제 건물에서 택배로봇의 지도 생성 및 배송을 위한 주행 테스트를 위해 건물 내부에 택배함의 위치를 설정하고 실험을 진행하였다.

실제 환경에서의 성능 테스트는 지도 생성 및 배송을 위해 택배로봇이 이동하는 주행 경로 정보를 기록하였으며 주행 실험은 3차례 반복적으로 진행하였으며 그 결과 택배로봇이 이동한 경로를 그림 13과 같이 확인할 수 있었다. 또한 택배함의 위치를 좌표 정보와 컬러 정보를 이용하여 찾는 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

택배로봇의 자율 주행 및 자동 지도 생성을 위해 택배로봇의 내·외부에 다양한 위치 인식 센서를 설치하였다. 설치된 위치 인식 센서들을 이용하여 위치 인식 보정, 장애물 감지, 돌발상황 회피, 경로 탐색, 택배함 위치 인식 등을 가능하게 하여, 택배로봇이 건물 내에서 자율 주행을 할 수 있도록 알고리즘을 구현하였다. 또한 지도 생성, 택배 배송 위치 탐색, 택배 배송이 가능한 무인 택배 시스템의 성능을 확인하기 위해 실내 모형 환경을 제작하여 실험한 결과 시스템 모니터링 화면을 통해 정확히 동작하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 택배로봇의 성능 테스트를 위해 실제 환경에서 반복적으로 주행 실험을 하여 택배로봇이 주행 및 택배 배송이 가능함을 검증하였다.

본 연구에서 제안한 실내 환경에서 위치 인식 센서 기반의 무인 택배 시스템을 실제 환경에서 적용하기 위해서는 택배함의 인식을 컬러의 조합만으로는 세대수가 많은 건물에 적용하기에 어렵다. 이는 컬러 센서가 오차없이 컬러를 인식하려면 동일한 계열의 여러 가지색의 사용이 어렵기 때문이다. 이에 컬러 센서 대신 QR 코드를 사용한다면 제안한 무인 택배 시스템의 활용 범위가 더욱 넓어질 것으로 사료된다.

References

[1] C. C. Byung, J. S. Mun, J. H. Kim, S. S. Park, J. Y. Park, S. A. Lee, and C. H. Kim, "Logistics Market Research", CHESTER TONS Korea, LOGISTIS-1Q-2018, pp. 1-13, May 2018.

[2] S. H. Lee, "Current situation and countermeasures of domestic courier market", Deloitte Anjin LLC Deloitte Consulting, Standard of Excellence, pp. 1-8, Mar. 2018.

[3] H. C. Lim and J. A. Yu, "The Present Situation and Implications of Smart Logistics in China", Friendship Information, Vol. 108, pp. 63-75, 2017.

[4] Logistics Technology Weekly, <http://lotech.koti.re.kr>. [accessed: Jun. 27, 2018]

[5] S. J. Pack and T. K. Yang, "A Study on Design of Intelligent Mobile Robot based on Localization Sensor for Unmanned Transport Logistics", Journal of KIIT, Vol. 11, No. 9, pp. 7-13, Sep. 2013.

[6] C. H. Park, H. T. Kang, and C. S. Kang, "Development of an IoT-based Unmanned Home-Delivery Box System", Journal of Information Technology Services, Vol. 16, No. 2, pp. 129-138, Jun. 2017.

[7] S. W. Noh, N. Y. Ko, and T. G. Kim, "Implementing Autonomous Navigation of a Mobile Robot Integrating Localization, Obstacle Avoidance and Path Planning", The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 6, No. 1, pp. 148-156, Feb. 2011.

[8] S. J. Park, Y. H. Seo, and T. K. Yang, "SLAM for Indoor Mobile Robot using Position Sensor", Journal of KIIT, Vol. 8, No. 11, pp. 61-69, Nov. 2010.

[9] S. K. Jeong, N. Y. Ko, and T. G. Kim, "Development and Implementation of Functions for Mobile Robot Navigation", The Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, Vol. 8, No. 3, pp. 421-432, Sep. 2013.

[10] T. Sebastian, B. Wolfram, and F. Dieter, "Probabilistic Robotics", The MIT Press, 2005.

저자소개

이 은 진 (Eun-Jin Lee)



1999년 2월 : 제주대학교
통신공학과(공학사)
2003년 2월 : 제주대학교
통신공학과(공학석사)
2015년 2월 : 제주대학교
통신공학과(공학박사)
관심분야 : 센서네트워크, 네트워크
프로토콜, 임베디드시스템, 멀티미디어시스템, 웹, 앱

윤 형 건 (Hyung-Gun Yoon)



1999년 2월 : 제주대학교
통신공학과(공학사)
관심분야 : 센서네트워크,
임베디드시스템, 펌웨어 시스템,
멀티미디어시스템, 웹

김 순 환 (Soon-Hwan Kim)



1980년 2월 : 한양대학교
전자통신공학과(공학사)
1982년 2월 : 한양대학교
전자통신공학과(공학석사)
1985년 ~ 2002년 : 한국휴렛팩커드
2002년 ~ 2012년 : (주)ITpro
대표이사

2002년 ~ 현재 : 제주대학교 전기전자통신컴퓨터공학부
전파정보통신공학전공 교수
관심분야 : Placement with Wire Congestion, 네트워크
관리, 시스템 프로그래밍

김 흥 수 (Heung-Soo Kim)



1980년 2월 : 한양대학교
전자통신공학과(공학석사)
1990년 2월 : 한양대학교
전자통신공학과(공학박사)
1987년 ~ 현재 : 제주대학교
전기전자통신컴퓨터공학부
전파정보통신공학전공 교수

관심분야 : 마이크로파 능동회로, 안테나, RF 회로 설계
기법, 센서 네트워크