

라즈베리파이를 이용한 자율물류 운반 시스템 개발

강영훈* · 박창현* · 이민우* · 김다은* · 이승대**

Development of Autonomous Logistics Transportation System using Raspberry Pi

Young-Hoon Kang* · Chang-Hyeon Park* · Min-Woo Lee* · Da-Eun Kim* · Seung-Dae Lee**

요 약

본 논문에서는 물류센터나 실내의 정해진 위치까지 짐을 자동으로 운반할 수 있는 카트를 라즈베리 파이4를 기반으로 구현하였다. 카트는 초음파 센서를 이용하여 장애물을 인식해 충돌을 방지하고 우회한다. RFID에 방향 제어 코드를 입력해 교차로나 목적지 등 주요 포인트에 설치하였고, 카트의 RFID 리더기가 RFID를 인식하면 정지하거나 상황에 따라 방향을 전환할 수 있도록 하였다. 운송이 끝난 후, 로드 셀(무게추 센서)이 물건을 내려짐을 인식하면 카트가 다시 출발 지점으로 돌아와 회수된다. 카트는 운송 과정에 필요한 인력의 소모를 줄이고 운송 과정을 편리하게 해결할 수 있도록 구현하였다.

ABSTRACT

In this paper, we presented a cart which can automatically transport loads to the distribution center of the appointed indoor place, based on Raspberry pi 4. It can recognize the obstacles by using the ultrasonic sensors so that it prevents the collision and takes a detour. Further, we entered the direction control code in the RFID. It has installed at important points such as the intersections of the destinations, so that if the RFID reader of the cart senses the RFID, the cart would stop or change the direction. After the transportation, if the load cell(weight sensor) recognizes that the baggage is unloaded, the cart returns to the initial point and would be retrieved. Therefore, we embodied the transportation cart which reduces the use of manpower and solves the problems conveniently across the transportation strategies.

키워드

Raspberry pi, RFID, Ultrasonic sensor, Load cell
라즈베리 파이, RFID, 초음파 센서, 로드 셀

1. 서 론

현대사회에 이르러 산업 분야를 위시한 다양한 분야의 기술들이 크게 발전하였으며 그 발전의 중심에

는 자동화된 기계 기술력의 공헌이 있었다. 오늘날까지 계속 발전해온 자동화 기술은 그동안 사람이 해야만 했던 힘들고 위험한 작업을 대신할 수 있게 되어 해당 직종의 종사자들을 포함한 많은 사람들에게 각

* 남서울대학교 전자공학과(xdudgnx1126@naver.com, qkrokdgus97@naver.com, mw1802@naver.com, daoun2008@naver.com) • Received : Oct. 18, 2021, Revised : Dec. 18, 2021, Accepted : Feb. 17, 2022
• Corresponding Author : Seung-Dae Lee
Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

Email : seungdae@nsu.ac.kr

• 접수 일 : 2021. 10. 18
• 수정완료일 : 2021. 12. 18
• 게재확정일 : 2022. 02. 17

광을 받고 있다.

최근 활성화된 온라인 쇼핑에서도 배송을 위한 물류 센터 분류 작업, 물류 입출고 및 하역 자동화 기술에 대한 관심이 높아지고 있다. 최근에는 인공지능, 사물인터넷 기술을 물류 공정에 결합하는 기술 개발이 이어지고 있다. AI, IoT 등 기술 접목이 가속화되고, 코로나19의 영향으로 소비자들의 대면접촉 기피가 확산되는 등 구매 행동이 바뀌면서 온라인 시장이 급성장함에 따라 물류 자동화는 더욱 확대되고 자동화 기술 개발 수요가 폭발적으로 증가할 것으로 예상된다[1].

해외에서도 자동화된 물류 운송 기술이 주목받고 있는데, 미국은 이번 코로나 사태로 AI 산업이 성장하며 비대면 물류 기술 개발 기업에 대한 신규 자본과 투자가 집중되고 있으며 지난해 벤처캐피털 등의 투자자들은 자율주행차를 중심으로 배달 로봇 등 20여 개 기업에 60억 달러를 집중적으로 투자하였다. 또한, 스위스의 기술기업인 ABB 사는 포장 로봇 'IRB 390 플렉스 팩커' 개발 및 도입에 나서 포장 로봇은 물류창고 픽 앤 플레이스 작업을 자동화하는 시스템을 구축해 전체 라인 효율을 극대화할 예정이다[2]. 그러나 급격한 수요 및 발전으로 인하여 물류와 관련된 시스템 개선에는 많은 연구가 진행되고 있으나 시스템 구축 시 발생하는 비용으로 인하여 소규모 물류 시스템에서는 적용하기 어려운 단점이 있다.

이에 본 논문에서는 라즈베리파이 및 RFID를 이용하여 앞서 언급한 물류센터나 실내에서 정해진 목적지까지 쉽게 짐을 운반할 수 있고 초기 시스템 구축 비용을 절약할 수 있는 자동 물류 운송 카트를 구현하고자 한다.

II. 시스템 및 소프트웨어

그림 1은 본 논문의 시스템 구성도이다. 입력부는 RFID 리더기, 초음파 센서, 로드 셀로 구성된다. RFID 리더기 및 초음파 센서, 로드 셀에 Input 신호가 인가되면 데이터가 제어부인 라즈베리 파이 4로 전송되고 전송된 결과에 따라 출력부에서 DC 모터를 이용하여 원하는 위치로 이동할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

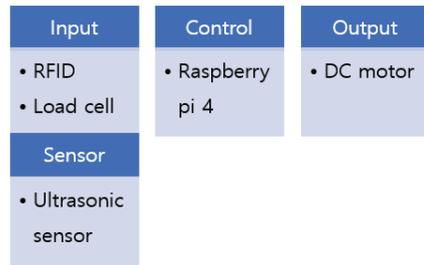


그림 1. 시스템 구성도
Fig. 1 System diagram

2.1 시스템 동작원리

시스템 알고리즘은 그림 2에 보인 바와 같이 구현하였다. 카트가 출발 지점에서 대기하고 카트에 물건이 적재되어 로드 셀 센서에 무게가 감지되면 카트가 출발한다. 로드 셀의 무게 정보에 따라 도착할 목적지에 최단 거리로 도달할 수 있는 방향으로 전환하고 이동하도록 하였다.

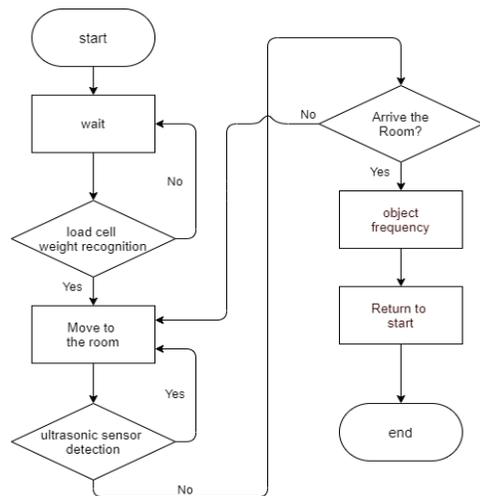


그림 2. 시스템 알고리즘
Fig. 2 System algorithm

이동 중 카트가 장애물을 마주하게 된다면 초음파 센서가 장애물을 인식하고 우회하여 충돌을 방지할 수 있도록 하였으며 카트의 전면과 좌우 양쪽 총 3개의 초음파 센서를 설치하여 모든 초음파 센서에 장애물이 인식되면 위험구역에 들어선 것으로 판단해 카트가 긴급 정지한다. 카트가 교차로나 갈림길 등 주요

포인트에 도착하면 해당 포인트의 필드 바닥에 방향 제어 코드가 입력된 RFID를 설치하여 카트의 리더기가 이를 인식하면 인식된 RFID의 방향 정보에 따라 계속해서 방향을 전환해가며 목적지까지 이동한다. 최종적으로 목적지에 도착하게 된다면 목적지에 설치된 RFID가 다시 인식되어 카트가 정지한다. 그리고 물건이 카트에서 내려지면 로드 셀이 물류의 하차를 인지하고 정해진 구간을 따라 출발 지점으로 돌아와 카트를 회수할 수 있도록 구현하였으며 복귀 구간에서도 RFID와 초음파 센서를 이용하면서 카트가 복귀할 수 있도록 하였다.

2.2 소프트웨어 PWM

PWM 제어란 일정한 주파수의 고/저 전압을 duty 변환에 따라 인가하는 방식으로 디지털 출력으로 아날로그 회로를 제어하는 기술이다.

PWM은 기존의 구조에서 많은 변화를 주지 않고 프로그래밍만을 통하여 손쉽게 제어할 수 있고 타이머 카운터를 사용하여 모터에 PWM 신호를 주기 위해 프로세서에 분담되는 작업의 양을 대폭 줄일 수 있다[3]. 초기에는 통신용으로 개발된 기술이었으나 전류나 전압 제어용으로 탁월한 방식이었기 때문에, 현재는 통신보다는 DC 쪽의 전력제어나 모터 제어 기술로 주로 사용된다. 따라서 본 시스템에서는 PWM 제어를 통해 시스템의 모터를 제어하였다.

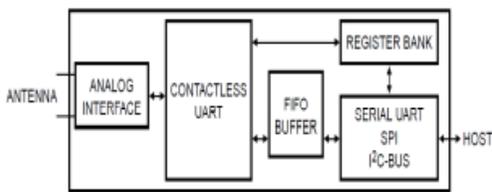


그림 3. MFRC522의 블록다이어그램
Fig. 3 Block diagram of MFRC522

그림 3은 본 논문에서 비접촉 제어를 위한 인터페이스로 사용한 MFRC522의 블록다이어그램이다. 아날로그 인터페이스는 아날로그 신호의 변조 및 복조를 처리하며 비접촉식 UART는 통신 프로토콜 요구 사항을 관리하고 호스트와 협력하여 프로토콜을 사용한다. FIFO 버퍼는 빠르고 편리한 데이터를 보장하고

호스트와 비접촉식 UART 간에 주고받을 수 있도록 설계되어 있다[4].

III. 하드웨어 제작

그림 4는 본 논문에서 구현하고자 하는 물류 운송을 실제로 수행할 시스템의 설계도이다. 필드 바닥에 설치되어있는 RFID를 스캔하기 위한 카트 하단부의 RFID 리더기와 장애물을 인식하고 우회하거나 카트 충돌을 방지하기 위한 전면과 좌우 총 3개의 초음파 센서, 그리고 물류의 무게를 인식하여 카트의 도착지점을 결정짓기 위한 적재칸 하단부의 로드 셀 등의 센서들과 카트를 움직이게 할 DC모터가 이 부품들을 전체적으로 제어할 제어부의 라즈베리 파이4에 연결되어 있다.

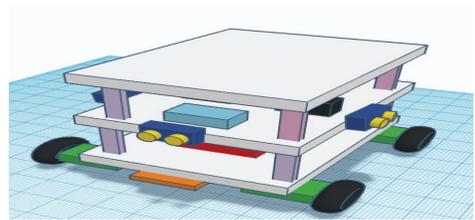


그림 4. 시스템 디자인 설계도
Fig. 4 System design blueprint



그림 5. 라즈베리 파이4
Fig. 5 Raspberry Pi 4

그림 5에 보인 바와 같은 라즈베리 파이 4는 본 논문에서 구현한 시스템의 센서와 모터 제어 등 시스템 전체적인 동작에 대한 명령을 수행한다. 라즈베리 파이 자체에 SD카드를 장착할 수 있는 슬롯이 있으며 그 밖에 USB 포트, HDMI 포트를 이용하여 모니터와 키보드 마우스 등과 같은 주변 장치에 쉽게 연동할

수 있다. 또한 GPIO 포트를 이용하여 다양한 센서와 모터를 제어할 수 있으며 와이파이 연결을 통한 인터넷 제어도 가능해졌다. 비슷한 CPU인 아두이노와 다르게 복잡하고 많은 계산을 처리하는 데 유리하며 다양한 종류의 센서를 제어해야 하는 본 시스템의 CPU로써는 라즈베리 파이의 활용도가 높다고 판단하여 적용하였다[5].

RFID 리더기를 통해 다른 외부 장치 없이 정보를 송수신할 수 있으며 물류센터와 같은 실내에서 정보를 송수신할 수 있는 부품을 조사한 결과 RFID를 이용한 사례가 있어 본 시스템에서 사용하기로 하였다[6]. 본 시스템에서는 방향 전환이 필요한 교차로나 출발점, 도착점을 인식하는 데 사용하였다.

초음파 센서는 트랜스듀서라고 하는 진동 장치를 이용하여 원추형 빔으로 이동하는 초음파 펄스를 방출하여 초음파를 생성하는데 이 초음파가 반사되어서 돌아오는 시간을 측정하여 물체와의 거리를 인식할 수 있다[7]. 본 시스템에서는 카트의 이동 경로에 있는 장애물을 인식하는 역할을 하며 카트의 충돌 방지 및 우회애 사용하였다.

로드 셀 센서는 무게 센서라고도 하며 힘이 가해지면 그 힘만큼의 전기 신호가 발생하여 물체의 무게를 측정하는 역할을 하며 위에서 아래로 힘을 인가하여 압축에 의한 수감부의 변형을 측정하는 압축방식과 아래에서 위로 힘이 인가되어 인장에 의한 수감부의 변형을 측정하는 인장방식이 있다[8].

본 논문에서 구현한 시스템에서는 압축방식을 사용하며 물건의 무게를 인식하여 카트의 출발점이나 도착점 등 작품의 실질적인 동작을 실행하고 카트가 이동할 목적지의 방향을 정하는 데 사용하였다.

IV. 실험 및 고찰

4.1 RFID 태그 거리에 따른 인식률

본 시스템이 구동하기 위해서는 시스템의 리더기와 필드 위 RFID 사이의 인식 범위를 확인할 필요가 있어 리더기와 태그가 인식되는 거리를 측정하는 실험을 하였다. 구현한 시스템의 하단에 리더기를 장착하여 실험하였으며 실험 결과를 표 1에 나타내었다. 표 1에 보인 바와 같이 3cm까지는 대체로 인식되었지만

4cm 이상의 거리는 전혀 인식하지 못한 것을 확인할 수 있다. 시스템이 정상적으로 동작하기 위해서는 시스템 하단부의 RFID 리더기와 구현 필드 바닥에 있는 태그의 인식률이 높아야 하는데, 1cm가 가장 이상적인 인식률을 보였으나 카트와 바닥과의 사이가 좁아 카트가 바닥의 장애물에 부딪히거나 쏠리는 등 사고가 일어날 수 있어 본 시스템에서는 어느 정도 거리를 확보한 2cm로 설정하였다.

표 1. RFID 거리별 인식률
Table 1. Recognition rate by RFID distance

Distance(cm)	Recognition rate(%)
1	100
2	90
3	80
More than 4	0

4.2 초음파 센서의 거리별 인식률과 오차값

표 2에서는 초음파 센서의 거리별 인식률과 라즈베리 파이4 프로그램상에 출력되는 거리와 실제 실험한 거리의 오차범위에 대하여 정리하였다. 1cm 미만의 너무 가까운 거리에서는 센서의 초음파 펄스를 발생시키는 Trig부와 반사파를 수신하는 Echo부 사이의 충분한 각도가 나오지 않아 반사파를 제대로 수신할 수 없어 인식률이 떨어진다는 것을 확인할 수 있다[9]. 초음파 센서에서 발생하는 초음파의 경우 거리의 2승에 반비례해서 감쇄하고 주변 환경에 민감하여 온도, 습도, 소리 등의 노이즈에 의해 반사파가 매몰되기 때문에 너무 먼 거리에 있는 물체는 센서 인식이 어렵다[10].

표 2. 초음파 센서 거리 인식률
Table 2. Ultrasonic sensor distance recognition rate

Distance	Recognition rate	Error value
0 ~ 8	0	-
8 ~ 9.5	10	± 0.2
9.5 ~ 10.5	100	± 0.5
10.5 ~ 11.5	20	± 0.1
11.5 ~	0	-

표 2에 보인 바와 같이 10cm±0.5cm 사이의 거리에서 인식이 완전하게 이루어지고 그 외의 거리에선

거의 인식되지 않는다는 것을 확인할 수 있다. 본 실험의 결과로 초음파 센서에 장애물이 인식되었을 때 시스템이 회피하거나 정지하는 등의 동작을 할 장애물과의 정확한 거리를 조절하여 시스템의 동작 위치를 정할 수 있다는 것을 확인할 수 있으며 시스템의 위치를 조절함으로써 다수의 시스템이 운용되었을 때 비슷한 위치에 있는 시스템끼리의 충돌을 방지하는 등 사고를 예방할 수 있는 효과도 기대할 수 있다.

4.3 로드 셀의 무게 측정

로드 셀은 물체의 무게를 측정하는 센서로 무게추 센서라고도 한다. 본 시스템에서는 로드 셀에 측정된 무게에 따라 물건의 종류를 구분하는 역할을 한다. 표 3은 로드 셀에 인식된 무게 값을 라즈베리 파이4를 이용하여 측정된 값과 무게에 따른 목적지를 정리한 표이다.

표 3. 로드 셀의 무게 측정 실험 결과
Table 3. Load cell weighing test results

Sample Weight	Phone	Bottle	Book
Value	250g	450g	650g
Test 1	250.1g	450.1g	649.9g
Test 2	249.9g	450.1g	649.5g
Test 3	250.0g	450.0g	650.1g
Medium	250.0g	450.1g	649.9g

각각 다른 무게를 가지고 있는 3개의 물건으로 총 3회에 걸쳐 실험을 진행하였으며 측정된 무게와 실제 무게가 0.1% 미만의 작은 오차율을 보이며 무게에 따른 물건의 종류와 목적지를 안정적으로 구분할 수 있는 것을 확인할 수 있다.

4.4 이동 중 RFID 연속 인식

본 실험에 앞서 우리는 RFID가 일정 거리 안에 있다면 시스템이 정상적으로 인식할 수 있는 것을 알았다. 본 논문에서 연구하고자 하는 시스템을 구현하기 위해서는 시스템이 이동 중에도 RFID를 인식할 수 있는지, 연속해서 인식할 수 있는지 확인해야 한다.

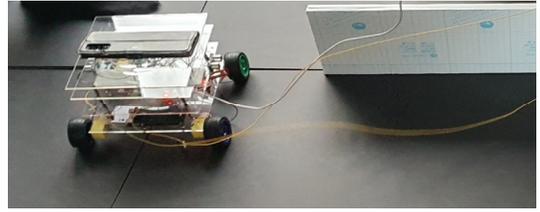


그림 6. 필드 위 RFID 인식 실험
Fig. 6 RFID recognition experiment on the field

그림 6은 실제로 구현한 필드 위에서 바닥에 있는 RFID를 인식하고 방향을 전환하는 모습이다. 시스템을 목적지에 도달할 수 있게 하려면 시스템이 여러 RFID를 연속적으로 인식하고 방향을 전환할 수 있는지를 확인해야 하는데 본 실험에서는 총 6개의 RFID를 이용하여 이동 중에 시스템이 이 RFID를 모두 인식하고 방향을 바꿀 수 있는지 실험하였다

표 4. RFID 연속 인식 실험 결과
Table 4. RFID continuous recognition experiment result

Tag(Direction)	Recognition rate
Tag 1 (Turn Right)	100 %
Tag 2 (Turn Left)	90 %
Tag 3 (Stop)	90 %
Tag 4 (Turn Left)	90 %
Tag 5 (Turn Right)	100 %
Tag 6 (Stop)	100 %

표 4는 시스템이 실제로 동작하면서 여러 개의 RFID를 연속적으로 인식하여 방향전환에 성공했는지를 실험한 결과이다. 시스템의 리더기와 필드 바닥의 RFID 태그 사이의 거리는 2cm로 하였으며 모든 포트에서 90% 이상의 높은 인식률을 보였다.

4.5 최단 거리 복귀

그림 7은 구현된 필드 내에서 시스템의 목적지별 이동 경로와 앞서 언급한 Course 1과 Course 2의 복귀 경로를 자세하게 나타낸 것이다. A 지점과 C 지점의 경우 Course 2를 선택하는 것이 좀 더 간단하고 가까운 경로로 복귀할 수 있는 것을 알 수 있다. B 지점의 경우는 Course 1을 선택하는 것이 거리상으로는 더 가까우나 시스템이 반대 방향으로 회전해야 하는 등 방향 전환을 더 많이 하게 되어 시간이 많이 소요되며 B 지점에 시스템이 도착한 후 바로 전방에 보이

는 교차로에서의 복귀는 C 지점으로 이동 중인 시스템과 충돌할 수 있는 위험성이 있어 필드 외곽의 벽을 따라서 복귀하는 것이 시간과 안전성을 모두 확보할 수 있었기에 이러한 복귀 경로를 채택하였다.

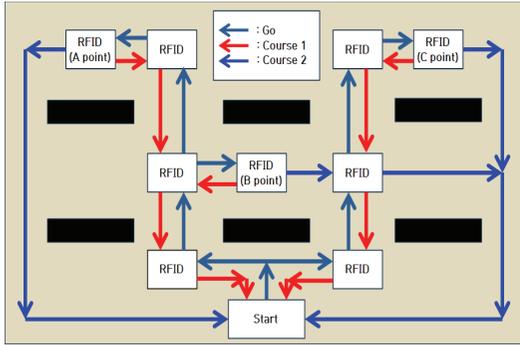


그림 7. 코스별 복귀 경로
Fig. 7 Return route by course

본 실험에서는 시스템이 목적지에 도착하여 물류 운송이 완료된 후 다시 출발 지점으로 복귀할 때 최단 시간으로 복귀할 수 있는 방법을 확인하였다. 표 5는 시스템이 출발지에서 목적지로 이동했던 경로(Course 1)로 그대로 다시 돌아올 때 소요된 시간과 필드의 외곽으로 빠져서 외곽의 벽을 따라 돌아오는 경로(Course 2)의 소요된 시간을 측정된 것이다.

표 5. 경로별 시스템 이동 시간
Table 5. System travel time by route

Course	A Course		B Course		C Course	
	1	2	1	2	1	2
1	24.40s	20.23s	24.40s	20.23s	23.01s	21.61s
2	24.74s	20.82s	24.74s	20.82s	23.19s	22.03s
3	24.83s	21.07s	24.83s	21.07s	23.99s	21.80s
Medium	24.66s	20.71s	24.66s	20.71s	23.40s	21.81s

필드의 A, B, C 각 목적지를 기준으로 총 3번 측정하였는데 실험 결과 본 논문에서 구현한 필드 내에서는 시스템이 필드 외곽의 벽을 따라 복귀하는 시간이 더 빠르다는 것을 확인할 수 있다. 또한, 물류를 운송 중인 시스템과 복귀 중인 시스템의 이동 경로가 달라서 본 시스템이 여러 개가 운용되었을 때 서로 충돌하는 등의 사고를 방지할 수 있고 더 안전하고

원활한 물류 운송 시스템을 구현할 수 있는 것을 알 수 있다. 실험 결과에 따라 본 시스템에서는 이러한 복귀 경로를 채택하는 것이 효율적이라 판단하였다.

V. 결론

본 논문에서는 라즈베리 파이4를 기반으로 RFID 시스템을 이용한 자율물류 운송 시스템에 대하여 연구하였다. 라즈베리 파이4로 초음파 센서와 로드 셀을 제어했으며 PWM 제어를 통해 DC 모터를 작동시켜 동작할 수 있도록 하였다. 앞서 제시한 필드와 시스템의 설계도에 따라 하드웨어를 제작하였으며 초음파 센서로 장애물의 충돌을 방지하고 로드 셀로 적재되는 물건의 무게를 감지하여 물건의 종류를 구분하도록 하였으며 RFID를 이용하여 시스템의 방향전환 및 정지를 할 수 있도록 구현하였다.

초음파 센서의 경우 1cm 미만의 너무 가까운 거리의 물체는 인식하지 못하는 것을 확인하여 카트의 크기를 고려하여 1~10cm 범위 사이의 거리에서 장애물을 인식하고 동작할 수 있도록 구현하였으며 로드 셀에 인식되는 무게에 따라 시스템의 동작을 다르게 프로그래밍하여 다양한 종류의 물건을 각각 다른 위치로 운송할 수 있게 하였다. 시스템 하단부의 RFID 리더기와 필드 상에 있는 태그와의 거리를 3cm 이내로 하였으며 시스템이 이동 중에도 태그를 인식하여 동작하는 것을 확인하였다.

본 논문에서는 RFID를 인식했을 때 프로그래밍으로 직접 딜레이 값을 입력하여 방향을 전환하였는데 시스템의 구현 환경이나 필드의 재질에 따라 마찰력이 달라져서 전환 각도가 달라지는 아쉬움이 있으며 이는 시스템이 수직 방향을 유지할 수 있게 하는 자이로 센서를 이용하여 보완할 수 있다. 또한 시스템이 RFID를 인식할 수 있는 범위가 넓지 않아 RFID를 대신하여 실내 GPS를 이용하여 목적지의 위치를 추적하는 방법을 고려해야 하며 로드 셀의 무게 인식으로 물건의 종류를 구분하였는데 같은 무게 다른 종류의 물건을 구분할 수가 없었기에 바코드, RFID를 물건에 태그를 부착하여 물건을 구분할 수 있도록 보완할 수 있다.

References

- [1] Y. Lee, "Journal of the Korean Society of Mechanical Engineers 61(4)," *The Korean Society of Mechanical Engineers*, vol. 61, no. 4, Apr. 2021, pp. 62-64.
- [2] The Korea Transport Institute, "Global Logistics Technology Trend," *Issue report*, Sept. 2020.
- [3] Y. Ko, "A Study on the Output Voltage Control Algorithm of Three-phase 6-Pulse PWM Rectifier and Simulation Using EMTP-RV," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 1, 2021, pp. 45-52.
- [4] T. Kim, Y. Kim, H. Jeong, Y. Kim, and Y. Park, "Study of Autonomous Navigation for Path Guide System Using RFID," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 1, 2019, pp. 213-218.
- [5] S. Piak and M. Jang, "LTE Load Balancer for emergency based on Raspberry Pi and OpenWRT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 1, 2019, pp. 97-110.
- [6] J. Kim and H. Kim, "Implement of a Bookshelf Management System using powerline communication and RF-ID," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 5, no. 3, 2010, pp. 288-293.
- [7] J. Choi, I. Choi, and H. Cho, "Study on the Development of Multi-Agents Position Tracking System Using Ultrasonic Transducers," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 5, 2013, pp. 725-731.
- [8] S. Lee, T. Kim, S. Gil, S. and Choi, "Development of a force measurement device for curling sweeping with load cells," *Korea Convergence Society*, vol. 8, no. 11, 2017, pp. 49-56.
- [9] C. Sin, B. Kim, J. Kim, and H. Kim, "Distance Measurement of Ultrasonic Sensor-based on Waveform Matching," In *Proc, The Korean Institute of Electrical Engineers (KIEE), Pyeongchang, Korea, 1999*, pp. 3327-3329.
- [10] U. Jeon and T. Park "Development of Avoidance Algorithm using Ultrasonic Sensor," In *Proc, The Korean Academia-Industrial Cooperation Society (KIAS), Seoul, Korea, 2009*, pp. 703-706.

저자 소개

**강영훈(Young-Hoon Kang)**

2016년 남서울대학교 전자공학과
4학년 재학

※ 관심분야 : 웹, 소프트웨어 개발

**박창현(Chang-Hyeon Park)**

2016년 남서울대학교 전자공학과
4학년 재학

※ 관심분야 : 자동제어, 전력전자

**이민우(Min-Woo Lee)**

2016년 남서울대학교 전자공학과
4학년 재학

※ 관심분야 : 디스플레이 공학

**김다은(Da-Eun Kim)**

2016년 남서울대학교 전자공학과
4학년 재학

※ 관심분야 : 전력전자, DC/DC
컨버터

**이승대(Seung-Dae Lee)**

1990년 단국대학교 전자공학과
졸업(공학사)

1992년 단국대학교 대학원 전자
공학과 졸업(공학석사)

1999년 단국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학
박사)

1995년 ~ 현재 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 유무선통신시스템, 네트워크 보안

