

자동 레벨 컨트롤 적재물 운반 시스템의 구현

임성재* · 이태근* · 장진녕* · 고예은* · 이승대**

Implementation of Automatic Height Adjustment System

Seong-Jae Lim* · Tae-Geun Lee* · Jin-Nyeong Jang* · Ye-Eun-Ko* · Seung-Dae Lee**

요약

본 논문에서는 물류센터 종사자들의 업무 부담을 덜어주고 사고를 방지하기 위한 시스템을 설계 및 제작하였다. 주 제어장치 아두이노를 기반으로 로드셀 센서를 이용해 무게를 측정하도록 하였다. 작동 시 적재물을 올려 놓는 적재판을 최상단에 위치시켜 허리를 숙이지 않게 하여 편의성을 개선하였고, 적재물이 설정된 값을 초과하면 적재판이 내려가도록 설계하여 안전성도 도모하였다. 라인트레이서를 적용해 지정 루트에서만 작동하게 하여 적재물 이동 시 편리성 증대를 목적으로 제작하였다.

ABSTRACT

In this paper we present the system we produced to help workers at logistic centers and prevent accidents, in which they could get hurt. As a base we use the main control device, named Arduino uno, which measures the weight by using load cells. When operating with the system, by placing object on it, the system measures the weight of the object and keeps the highest point at the same height by lowering its board. This improves the convenience while placing and removing objects from the board. If the weight of the placed object is exceeding the set value the board will also lower itself to secure the safety. By using a line tracer system, the objects are being moved only on a set route with the goal to make it even more comfortable to use.

키워드

Arduino Uno, Line Tracer, Load Cell, L-Type Cart, Linear Actuator
아두이노 우노, 라인트레이서, 로드셀, L-타입 카트, 리니어 액츄에이터

1. 서론

코로나 19로 인해 비대면을 기반으로 한 이커머스 시장이 크게 성장하고 있다. 시장의 호황에 물류센터 역시 넘치는 적재물들을 감당하기 어려울 지경에 이

르렀다. 그림 1은 2017년부터 2020년까지의 택배 시장의 수요도 증가를 나타낸 그림이다. 국토교통부, 통계청에 따르면 국내 택배 물동량은 2017년 23.2억 상자에서 2020년 33.7억 상자로 증가하였고, 월간 인터넷 쇼핑 거래액은 2017년 8.7조에서 2020년 15조억원

* 남서울대학교 전자공학과 (ehrdlf0204@hanmail.net, leehg4677@naver.com, rhdpdms789@naver.com), jinneyong@naver.com

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

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

• Received : Oct. 18, 2021, Revised : Dec. 18, 2021, Accepted : Feb. 17, 2022
• Corresponding Author : Seung-Dae Lee
Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,
Email : seungdae@nsu.ac.kr

으로 증가한 것을 볼 수 있다. 또한, 코로나 19 사태가 장기화 되면서 택배 수요가 더욱 늘어날 것으로 전망된다. 이에 따른 물류센터 종사자들의 업무 부담 이들의 주간 평균 노동시간은 71.3시간으로 집계되었으며 이는 법정 근로시간인 주 52 시간을 상회하는 수준이다.

이에 본 논문에서는 택배 종사자의 업무 효율을 높이고 안전한 작업을 수행할 수 있도록 하기 위하여 적재물의 무게에 따른 L-타입 카트의 높이 조절, 라인트레이서를 이용한 자동 이송 시스템을 구현하고자 하였다[1].

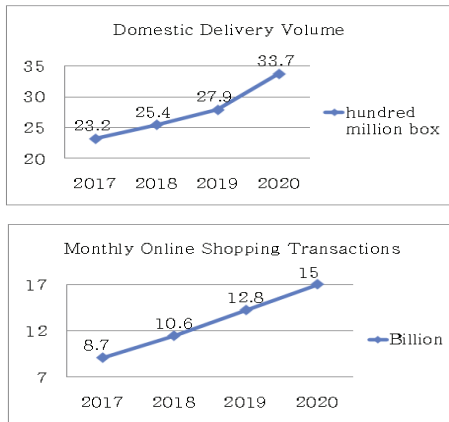


그림 1. 택배 수요도 증가
Fig. 1 Increase in courier demand

II. 시스템 구성

2.1 전체 시스템 구성도

본 작품에서는 라인트레이서 기능을 하는 하단부에 TRCT5000, DC 모터, 서보모터, 드라이버 모듈, 아두이노를 사용하였고, 자동 높이조절을 하는 상단부에 레이저 센서, 적외선 센서, 로드셀, 전동실린더, 아두이노를 사용하였다. 적외선 센서를 이용하여 동작시키면 트랙을 따라 움직이게 되고, 적재판에 무게가 실리면 로드셀과 전동실린더로 높이를 조절한다. 그림 2는 아두이노를 기반으로 한 시스템 구성도이다. 입력부에서 레이저 센서와 TRCT5000, 그리고 로드셀의 데이터 값이 입력되면 아두이노로 제어하고 그 결과값이 DC 모터와 전동실린더를 통해 출력된다.

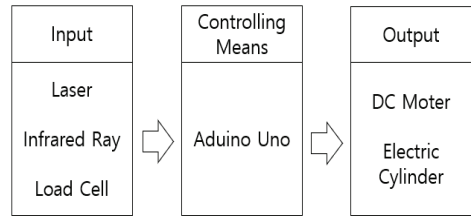


그림 2. 시스템 구성도
Fig. 2 System configuration diagram

2.2 하드웨어 구성

하드웨어의 구성은 상단부, 하단부로 구성된다. 아두이노는 본 논문에서 센서의 제어부로 사용된다. 그림 3에 보인 바와 같은 아두이노 우노 제어부는 센서나 부품을 자유롭게 연결할 수 있고 아두이노 오픈소스를 기반으로 한 단일 보드 마이크로 컨트롤러로 완성된 보드와 관련 개발 도구 및 환경을 말한다. 아두이노는 입출력 핀이 기본으로 14개가 제공되며 그 중 6개는 PWM 출력이 가능하여 본 논문에서는 PWM 핀에 DC 모터를 연결하여 속도 제어를 하도록 구현하였다[2-3].

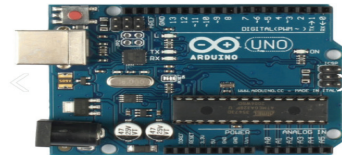


그림 3. 아두이노 우노
Fig. 3 Arduino Uno

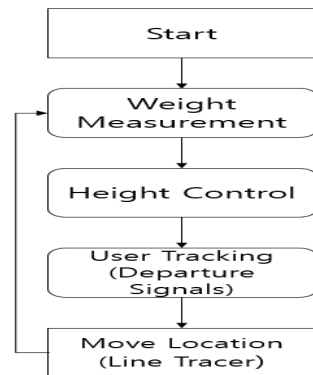


그림 4. 시스템 흐름도
Fig. 4 System flow chart

그림 4는 본 논문에서 구현하고자 하는 시스템의 흐름도이다. 적재물의 무게 측정 범위 및 이동 경로 등을 제어할 수 있도록 설계하였다.

상단부에서 사용되는 레이저 센서는 발광부에서 레이저 빛 반사 여부를 수광부가 인식해서 값을 출력하여 높이조절 장치의 브레이크 역할을 한다. 무게측정에서는 3선식 로드셀이 사용된다.

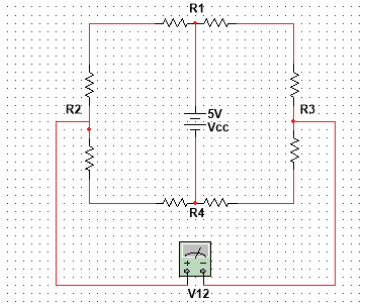


그림 5. 로드셀 회로도
Fig. 5 Loadcell diagram

그림 5는 본 논문에서 구현한 로드셀의 회로도이다. 식 (1)에서 보는 바와 같이 로드셀에 하중이 가해져 변형률이 발생한 경우 스트레인 게이지의 저항변화량이 휘스톤브릿지에 의하여 전압변화량을 값으로 환산하여 양쪽 두 지점의 전압 차를 출력한다[4-6].

$$V_{12} = V_{CC} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1 + R_4} - \frac{\Delta R_2}{R_2 + R_3} \right) \quad (1)$$

이 전압은 미세하여 24bit 컨버터 hx711을 통해 증폭시키고 아날로그에서 디지털로 값을 변환한다. 리니어 액추에이터는 모터의 회전 운동을 기계적으로 변환을 하여 직선 운동으로 변환한 모터이고, 로드셀로부터 신호를 입력받아 높이조절을 한다. 하단부에서 사용한 적외선 센서는 25mm의 거리 안에 있는 물체에서 반사되는 적외선의 양을 감지하여 값을 읽는다. 서보모터는 HS-422를 사용하였고, 일반적으로 중립(0°) 상태이고 기준으로부터 -90°, 90°로 회전한다. 따라서 총 180° 범위 내에서 모터를 가동할 수 있다. DC 모터는 HM-GM-25-370을 사용하며 정격전압 9V의 DC 모터로 아두이노의 PWM 핀을 사용해 속도를 제

어한다[7-8].

그림 6은 모터 구동 전압을 매우 일정한 짧은 시간 간격으로 스위칭을 시켜준 경우를 나타내었다.

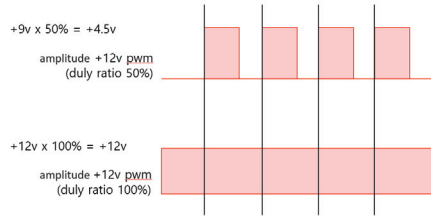


그림 6. 듀티비
Fig. 6 Duty cycle

스위치가 ON 되어 전원이 공급되는 시간을 스위칭 주기로 나눈 비가 듀티비(Duty Cycle)이다. 이 듀티비가 50% 라는 것은 결국 전체 동작 시간의 50% 동안은 전원이 공급되지 않았다는 뜻이고, 결국 평균 값인 공급전압 9V x 50%(듀티비) = 4.5V를 끊임없이 공급한 것과 동일하다. 공급전압이 변하지 않았지만, 펄스폭의 변화가 전압의 변화와 같은 효과를 갖게 되어 모터의 회전속도를 제어한다[9-10].

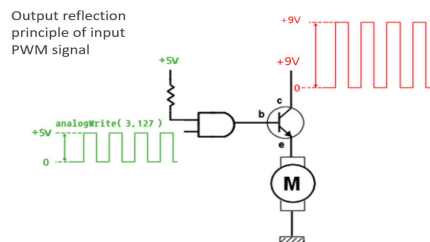


그림 7. PWM 신호
Fig. 7 PWM signal

구동전류를 스위칭하는 BASE에 직접 아두이노 포트를 연결하지 않고 입력되는 PWM 신호와 AND게이트를 거쳐 입력하게 되면 아두이노 포트 출력이 HIGH인 동시에 입력PWM 신호가 +듀티(Positive Duty) 싸이클 동안만 흐를 수 있고 이로 인해 모터에 가해지는 전압 9V도 같은 주기와 듀티비를 갖는 PWM으로 공급되어 구동할 수 있도록 하였다.

2.3 동작 알고리즘 설계

그림 8은 상단부의 높이조절 알고리즘이다. 본 논문에서 4kg까지의 적재물을 든다고 가정하였고, 상자 한 개당 10:1의 비율인 400g으로 규격화하였다. 높이 조절을 3단계로 설정하였고 규격화된 400g의 적재물의 무게를 측정했을 경우, 800g 미만 시 최상단 부분인 1단계에 위치, 800g 이상 1,600g 미만 시 2단계인 중단 부분에 위치, 1,600g 초과 시 3단계인 최하단 부분에 위치로 적재판이 이동한다[11-13].

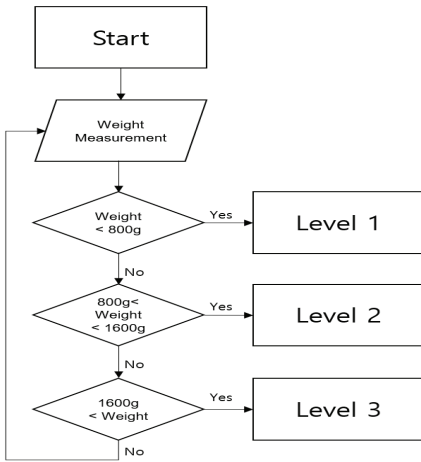


그림 8. 높이조절 알고리즘
Fig. 8 Height adjustment algorithm

III. 실험 및 고찰

상단부는 적재물의 무게를 측정하는 로드셀, 무게를 측정하여 높이조절이 가능한 리니어 액추에이터, 물체 감지를 위한 레이저 센서로 구성되어 있다. 그림 9는 상단부 전체 부품을 포함하여 무게 측정실험을 위해 구상한 회로도이다.

로드셀 무게 측정실험을 위해 적재물 실제 무게를 4kg 가정하고 10 : 1 비율로 환산해 적재물당 400g으로 각 무게마다 총 10회씩 측정을 하여 무게의 평균 값을 측정하였다. 실험 결과, 평균 오차율이 2% 미만인 것을 확인하였다.

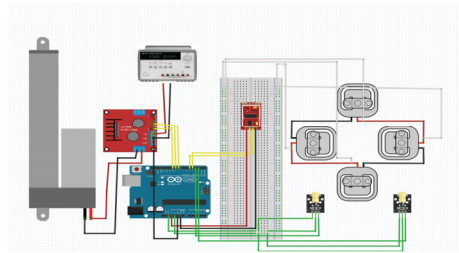


그림 9. 상단부 회로도
Fig. 9 Top circuit diagram

표 1. 무게 10회 측정 값, 평균 값, 오차율
Table 1. Weight 10 measurements, average value, error rate

	0.4kg	0.8kg	1.2kg	1.6kg	2kg
1 st	0.4	0.78	1.19	1.61	2.0
2 nd	0.4	0.79	1.2	1.62	2.01
3 rd	0.39	0.79	1.2	1.63	2.02
4 th	0.4	0.8	1.21	1.64	2.03
5 th	0.4	0.8	1.22	1.64	2.03
6 th	0.4	0.8	1.23	1.64	2.03
7 th	0.4	0.8	1.24	1.64	2.03
8 th	0.4	0.8	1.24	1.63	2.03
9 th	0.39	0.8	1.24	1.64	2.03
10 th	0.39	0.8	1.24	1.64	2.03
Average	0.397	0.796	1.24	1.644	2.024
Error Factor (%)	0.75	0.5	1.75	2.1	1.2

하단부는 색 구분이 가능한 라인 트래킹 모듈, 조향을 위한 서보모터 주행을 담당할 DC 모터로 구성되어 있고 회로 구성은 그림 10과 같다.

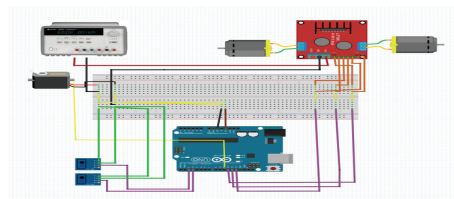


그림 10. 하단부 회로도
Fig. 10 Bottom circuit diagram

그림 11의 트랙에서 작품의 전면 하단부 적외선 센서로 선의 색깔을 인식해 왼쪽 적외선 센서가 흰색

위에 있고 오른쪽 센서가 검은색 위에 있으면 인터럽트를 사용하여 좌회전을 해야함으로 서보모터의 각도를 150°로 이동시키고 오른쪽 적외선 센서가 흰색 위에 있고 왼쪽 센서가 검은색 위에 있을 때 각도를 50°로 이동시켜 조향한다.

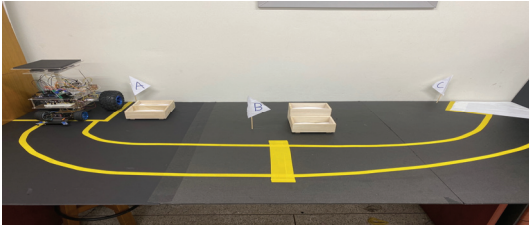


그림 11. 라인트레이서 트랙
Fig. 11 Linetracer track

표 2에서 보는 바와 같이 고정된 트랙을 기준으로 실험한 결과로 $\pm 10\sim 30^\circ$ 사이 각도에서는 어떤 트랙이든 원활하게 주행할 수 있다는 것을 확인하였고, 가장 성공률이 높은 $\pm 20^\circ$ 를 기본으로 설정하였다.

표 2. 좌회전, 우회전 각도 실험 값

Table 2. Left turn, right turn angle experimental value

Left Turn					Right Turn				
50°	40°	30°	20°	10°	-10°	-20°	-30°	-40°	-50°
2/10	4/10	7/10	9/10	5/10	5/10	9/10	7/10	4/10	2/10

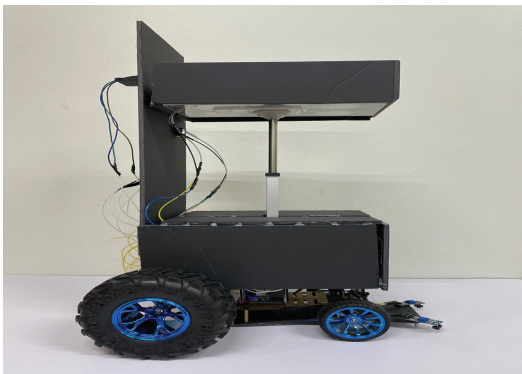


그림 12. 완성된 시스템 실사
Fig. 12 The shot of system

IV. 결론

언택트 시대에 맞춰 늘어난 수하물에 맞는 인프라 구성을 위하여 자동 레벨 컨트롤 적재물 운반 시스템을 구현하였다. 규격에 맞춰진 물건을 옮기기 위해 상체를 구부리는 일이 없도록 적재판은 최상단에 위치시켰으며 일정 무게 이상 적재되었을 때 내려가게 되어, 처음 적재하던 것처럼 적재할 수 있도록 하였다. 적재 후, 이동은 라인트레이서를 이용하여 설정된 루트대로 이동하도록 설계하였다.

본 논문에서 구현한 시스템에서 로드셀의 무게 측정 범위 및 라인트레이서의 최적 각도를 도출하기 위하여 최적의 조건을 모의실험에서 도출하였다. 로드셀 무게측정 시, 측정 불가 사각지대는 존재하지 않았으며 오차를 또한 최대 2.1% 수준으로 정확성 높은 측정 결과를 보여주었다. 조향을 위한 각도로는 20° , -20° 로 설정하는 것이 최상의 결과를 나타낸다는 것을 확인하였다.

향후 규격화된 물건뿐만 아니라 비규격화된 즉, 다양한 적재물들도 측정하여 높이 조절이 가능하도록 개선될 필요성이 있고, 라인트레이서의 단점을 보완하기 위하여 GPS 모듈을 사용해 이동할 좌표를 지정하여 원하는 위치에 정확히 도착하게 하도록 하는 시스템 개선이 필요할 것으로 사료된다.

References

- [1] KOSTAT, "annual shopping trends," press release, 2021.
- [2] K. Yoon and D. Seo, "Study on the Smart Filter System for External Environment Recognition," *J. of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, vol. 16, no. 01, Apr. 2018, pp. 183-190.
- [3] T. Bae, J. Gang, J. Park, B. Kim, and B. Lee, "Improving Safety of Bicycle Driver System using Arduino," *J. of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, vol. 12, no. 4, Aug. 2017, pp. 525-532.
- [4] H. Jin, K. Ae, and S. Lee, "Study of system using load cell for real time weight sensing of

- artificial incubator," *J. of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, vol. 11, no. 2, Apr. 2018, pp. 144-149.
- [5] B. Kim, "Developing a Smart Pillbox to Improve the Medication Adherence of the Patients Requiring a Long-term administration," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 8, no. 4, Apr. 2013, pp. 611-617.
- [6] B. Choi and C. Ryu, "Understanding the Principles of Wheatstone Bridge Circuit," *J. of Korean Society of Explosives & Blasting Engineering*, vol. 35, no. 2, June 2017, pp. 9-17.
- [7] H. Kwon, H. Ko, Y. Song, E. Son, and B. Lee, "Knee Rehabilitation System through EMG Signal and BLDC Motor Control," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 14, no. 5, Oct. 2019, pp. 1009-1018.
- [8] S. Byun and J. Park, "Single Motor and Solenoid Actuator-based Steering Structure Design for Improved Maneuverability of 4 Wheel Drive Robots," *2021 Summer Conference of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, Seoul, Korea, June 2021.
- [9] J. Park, M. Kim, M. Lee, H. Han, and S. Lee, "Community Driving using Distance Control between Vehicles," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 13, no. 5, Oct. 2018, pp. 1071-1078.
- [10] S. Park, "Joint Control of Duty Cycle and Beacon Tracking in IEEE 802.15.4 LR-WPAN," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 11, no. 1, Jan. 2016, pp. 1265-1270
- [11] S. Choi, "Study of Multifunctional Bed for Comfort Sleeping," *Namseoul University Electronics*, vol. 20, no. 9, 2019, pp. 75-81.
- [12] J. Byun and Y. Uk, "The Synchronous Control System Design for Fodur Electric Cylinders," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 11, no. 12, Dec. 2016, pp. 1209-1218.
- [13] G. Yoon and D. Seo, "A Study on Indoor Air-quality Improvement System Using Actuator," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 16, no. 1, Feb, 2021, pp. 183-190.

저자 소개

임성재(Seong-Jae Lim)



2015년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
※ 관심분야 : 디지털 신호처리 시스템, 정보통신, 사물 인터넷, 통신시스템

이태근(Tae-Geun Lee)



2016년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
※ 관심분야 : 디지털 신호처리 시스템, 정보통신, 사물 인터넷, 통신시스템, 디스플레이 공학

장진녕(Jin-Nyeong Jang)



2016년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
※ 관심분야 : 디지털 신호처리 시스템, 정보통신, 사물 인터넷, 통신시스템

고예은(Ye-Eun-Ko)



2018년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
※ 관심분야 : 디지털 신호처리 시스템, 정보통신, 사물 인터넷, 통신시스템

이승대(Seung-Dae Lee)



1990년 단국대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1992년 단국대학 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1999년 단국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1995년~현재 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 유무선통신시스템, 네트워크 보안