

# 유전알고리즘을 이용한 최적경로설계 기반 스마트 자동분류 시스템 제작

서동원<sup>1,1</sup>, 문건우<sup>1,1</sup>, 신동엽<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>금오공과대학교 기계설계공학과  
<sup>2</sup>가천대학교 기계공학과

sdw0623@kumoh.ac.kr, gunwoo7339@kumoh.ac.kr, dongyub39@gmail.com

## Development of Smart Automatic Sorting System Based on Optimal Path Design Using Genetic Algorithm

DongWon Seo<sup>1,1</sup>, GeonWoo Moon<sup>1,1</sup>, DongYub Sin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Mechanical Design Engineering, Kumoh National Institute of Technology

<sup>2</sup>Dept. of Mechanical Engineering, Gachon University

### 요 약

최근 물류업계는 코로나 팬데믹 이후 비대면 활동의 증가로 물류의 양이 빠르게 증가하고 있는 추세이다. 이를 해결하기 위해 업계는 인력을 계속해서 투입하고 있지만, 물동량 증가율을 따라잡지 못하고 있다. 본 논문에서는 유전알고리즘으로 결정된 최적 배송 순서 기반으로 작동하는 스마트 자동분류 시스템을 개발함으로써 이 현상을 해결하고자 한다. 해당 시스템은 결정된 배송순서에 맞게 택배를 자동으로 분류할 수 있고, 최종적으로 근무환경 개선과 물류효율성 증대에 기여할 것으로 기대한다.

### 1. 서론

온라인 시장의 확대와 코로나 팬데믹 이후 비대면 활동의 증가로 인해 택배 운송은 호황기를 맞이하고 있다[1]. 또한, 로켓배송, 새벽배송 같이 주문 후 최단 시간 안에 배송하는 서비스들이 점차 늘어남에 따라 단시간 내에 많은 양의 물류를 분류해야 하는 시스템이 요구되고 있다.

이를 해결하기 위하여 물류 업계 측은 인력을 주기적으로 증원해왔으나 늘어나는 물류량을 따라잡지 못하는 악순환이 이어졌고 인건비 상승, 인력관리의 어려움 등과 같은 다른 문제들이 발생했다[2]. 그래서 최근 업계에서는 휠소터, 영상처리와 같은 스마트 분류장비 및 기술을 도입하는 등의 노력을 하고 있다.

하지만, 최종단계인 터미널에서는 아직 택배 분류와 상차가 사람의 손에 의지하고 있어, 배송기사들의 근무환경은 여전히 열악한 상황이다.

본 논문에서는 유전 알고리즘을 통해 배송을 위한 최적 경로를 설계하고, 이를 직접 제작한 하드웨어에 적용해 자동 분류 시스템을 개발하고자 한다.

### 2. 시스템 개발

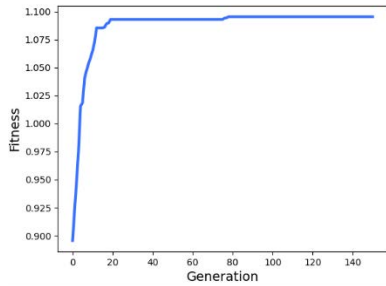
시스템은 두 부분으로 구성되었다. 유전 알고리즘을 활용한 배송 순서 결정 소프트웨어와 결정된 배송 순서에 맞게 물류 분류 및 상차를 지원하는 하드웨어로 구성된 시스템을 개발하였다. 소프트웨어설계는 Microsoft 사의 Visual Studio Code 를 사용하여 설계하였다. 하드웨어설계는 Autodesk 사의 Inventor2022, Fusion360, 제어는 Arduino 를 사용하여 설계하였다.

#### 2.1 최적경로 설정

물류를 배송하기 위한 순서를 결정하기 위해선 배송 경로를 설정해야 한다. 이는 대표적인 NP-HARD 문제인 TSP 문제의 단시간 내의 처리를 요구한다. 본 논문에서는 유전알고리즘[3]을 기반으로 한 경로설정을 제안한다. 유전 알고리즘의 적합도 점수의 기준으로 택배기사의 휴리스틱 적 배송경로 설정방식을 사용하였다. 택배기사들은 배송경로를 설정할 시 현재 위치에서 가장 가까운 곳을 다음 목적지로 선택하여 배송하는 경향이 있다. 본 논문에서는 이에 주목하여 현재 위치부터 다음 목적지 간의 최단 경로의 거리 합을 기준점수로 정의한다. 이때 각 후보의 적합도 점수는 (식 1)과 같다.

$$\frac{\sum_i^n s_i}{\sum_i^n d_i} \quad (\text{식 1})$$

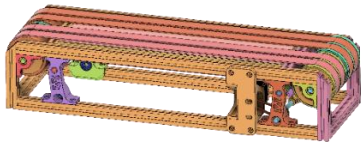
S 는 현 위치에서 가장 가까운 목적지 까지의 거리의 합(기준), d 는 후보군에서 다음 목적지 까지의 거리의 합이다. 이때 적합도 점수가 1 보다 작을 경우 기존보다 비 효율적인 경로이며 1 보다 클 경우 효율적인 경로라고 정의한다.



(그림 1) 배송경로의 효율성 점수

(그림 1)는 최적경로 설정의 결과의 예시이다. 세대 당 500 개체수 150 세대로 진행하였을 때 Fitness Score 가 최대 1.12 로 도출되었다. 따라서 유전알고리즘으로 배송경로를 설정하였을 때 최대 12%의 개선효과가 있음을 확인할 수 있었다. 향후 이 데이터를 활용하여 실제 배송경로의 단축을 이뤄낼 수 있을 것으로 기대 된다.

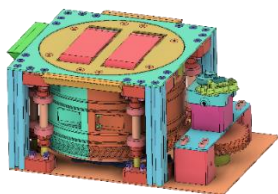
## 2.2. 컨베이어 벨트



(그림 2) 컨베이어 벨트의 형태

박스의 이송을 담당 컨베이어 벨트(그림 2)는 전체 시스템 형상에 적합하게 400mm, 420mm, 520mm, 600mm, 620mm, 620mm, 960mm 각 7개의 다른 길이로 설계했다. 스텝모터와 벨트롤러는 1:56의 감속비로 구동하고, Arduino 및 스텝모터드라이버로 정지, 이송, 속도제어를 한다.

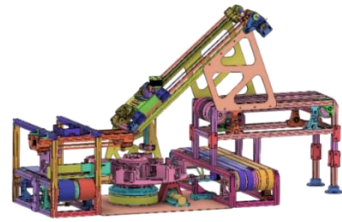
## 2.3. 휠소터



(그림 3) 휠소터의 형태

분류시스템에서 1차 분류를 담당하는 휠소터(그림 3)는 BLDC 모터로 상단의 벨트를 구동하고 스텝모터로 몸체를 회전하도록 설계했다. 분류에 해당하는 박스가 휠소터 앞 적외선센서에 감지되면 휠소터가 Arduino 를 통해 스텝모터를 180 도 회전하게 한다. 이로 인해 기어비가 1:2 인 휠소터 몸체가 90 도 회전한다.

## 2.4. 공압회전분류기

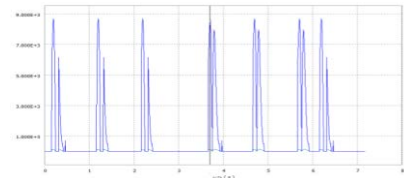


(그림 4) 공압회전분류기의 형태

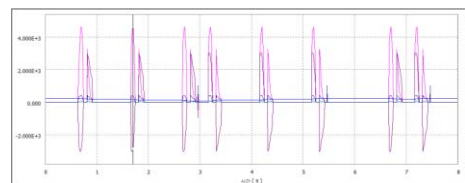
분류시스템에서 2차 분류를 담당하는 공압회전분류기(그림 3)는 삽입부, 회전부, 공압부로 나누어져 있다. 삽입부는 액추에이터를 이용해 박스를 회전부로 밀어 넣는다. 회전부는 DC 모터와 제네바 기어를 이용해 60 도씩 회전동작하고, 넣어진 박스들을 정해진 배송 순서에 맞게 정렬한다. 공압부는 석션패드로 회전부에 있는 박스를 진공으로 흡착한 뒤 출구 컨베이어 벨트로 이송한다. 진공을 해제한 뒤 출구 컨베이어 벨트에 박스를 놓음으로 분류가 종료된다.

## 2.5. 회전분류기의 최적설계 및 안전성 검토

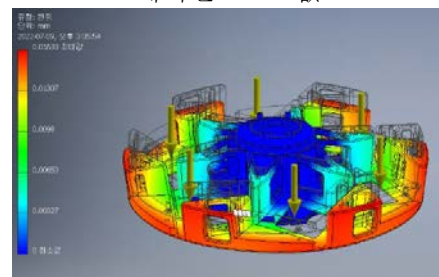
전체 시스템 내의 최대 부하 및 중량은 공압회전분류기에 작용한다. 분류기 내 회전부 및 공압부의 안정적인 작동과 신뢰성 있는 동작을 위해서는 하중계산, 토크 측정, 안전율 분석 및 경량화가 필요하기에, INVENTOR2022 에서 제공하는 응력 해석과 동역학 시뮬레이션을 활용하였다.



(그림 5) 기존 제네바 기어 회전동작의 시뮬레이션 토크 값



(그림 6) 설계 수정 후 제네바 기어 회전동작의 시뮬레이션 토크 값



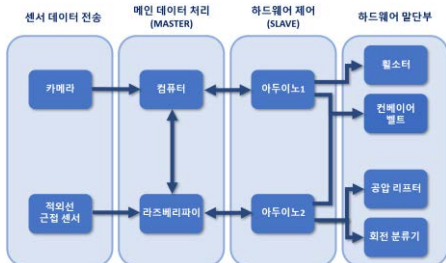
(그림 7) 응력해석을 통한 변형률 및 안전율 계산

기존 회전부의 경우 작동 시 하중 8.45kg, 토크 8.7[N-M]가 가해지는 것으로 도출되었다.(그림 5) 최적 형상으로 재설계 후 회전부에 가해지는 토크를 시뮬레이션한 결과, 하중은 7.09kg, 토크는 4.7[N-M]으로 도출되었다. (그림 6) 형상의 변형량과 안전율을 계산하기 위해, 70N 의 하중과 동역학 시뮬레이션으로 도출된 토크 값 4.7[N-M]를 부여하였다. 해석 결과(그림 7) 최소안전계수가 4 이상으로 충분히 안전한 것을 확인할 수 있었다. 최적설계를 통하여 기존대비 전체하중은 16.10% 감소, 부하 토크는 46.55% 감소하였다.

공압부의 최대 부하 및 중량은 진공압과 석션패드 의 지름에 의해 정해진다. 안정성을 평가하기 위해 충격하중계수 3.57, 박스의 무게 1kg, 진공압 -75Kpa, 석션패드 지름 40mm 로 설정하였다. 그 결과 최대로 발생하는 하중은 35N, 석션패드의 흡입력은 94.2N 로 도출되었고, 안전계수 2.69 로 진공 누출 등의 사고가 발생해도 안전하게 이송 가능할 것으로 평가하였다.

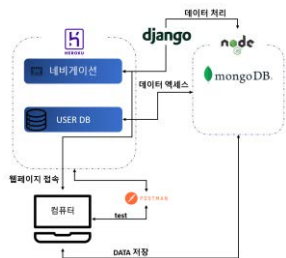
2.6. 시스템 제어

해당 시스템을 제어하기 하기 위하여 다음과 같이 구성하였다(그림 7). MASTER 로서 Raspberry pi, 노트북을 사용하며 SLAVE 로 Arduino 를 사용한다. MASTER 에서 SLAVE 로 UART 시리얼 통신을 통하여 동작할 데이터를 전송하고 Arduino 가 동작을 통해 수행하는 제어시스템이다. MASTER 에서 SLAVE 로 Serial 통신을 전송하기 위하여 QR 코드를 인식하여야 한다. 이 QR 코드를 인식하기 위하여 Pyzbar 라이브러리를 사용하였으며, 웹캠과 Python 의 연동 및 전처리를 위하여 OpenCV 를 사용하였다.



(그림 8) master slave 간의 제어시스템 구성

MASTER 간의 통신 및 웹페이지 구축을 위하여 서버를 다음과 같이 구축하였다. (그림 8) Node.js 를 통해 MongoDB 데이터베이스 프레임워크를 구축하였으며 이를 Heroku 를 통하여 호스팅 하였다.



(그림 9) 서버구축 도식

3. 결론

본 논문에서는 유전알고리즘으로 계산된 최적 배송 순서에 따라 택배를 분류해주는 스마트 자동 분류 시스템을 개발하는데 그 목적이 있다. 시스템에 필요한 배송순서를 설정하기 위해 유전알고리즘으로 물류 최적경로 계산을 수행하였고, 최적설계를 통해 토크와 하중을 계산하여 컨베이어벨트, 휠스터, 공압회전분류기를 제작하였다. 이렇게 제작된 분류 시스템을 통해 기존에 사람이 직접 하던 택배 분류를 대신하게 되고, 상차 과정을 도와줌으로써 업계의 근무환경 개선 및 물류효율성 증대 효과를 기대할 수 있다. 추후 연구에선 택배 박스의 크기 및 무게 별 분류 또한 가능하게 개선할 것이다.

시사

본 프로젝트는 과학기술정보통신부 정보통신창의인재 양성사업의 지원을 통해수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다.

참고문헌

[1] 한국 통합물류협회(KILA), “국내 택배시장 물동량 추이”, 국가물류통합정보센터, <https://www.nlic.go.kr/nlic/parcelServiceLogistics.action>  
 [2] 유양호, 김상철. "국내 물류산업 현황과 발전전략:3 자물류를 중심으로", 산경연구논집 2.1(2011): 17-22  
 [3] Holland, John H. Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence. MIT press, 1992