

대한기계학회 주최

제11회 전국학생설계경진대회(2021년)

설계 최종 보고서

참가부	고등부 () / 대학부 (○)				
참가분야	공모주제 () / 자유주제 (○)				
참가팀명	취급주의				
설계제목	스마트물품분류시스템				
지도교수/교사	(소속) 단국대학교 (성명) 임성한				
대표자 (신청인)	성명	소속	연락처 (휴대폰)	E-mail	주소
	조홍석	단국대학교 기계공학과			

참가팀원 인적사항

NO	성명	소속 / 학년	E-MAIL
1	조홍석	단국대학교 기계공학과 / 4학년	
2	김동현	단국대학교 기계공학과 / 4학년	
3	민경준	단국대학교 기계공학과 / 4학년	
4	여영희	단국대학교 기계공학과 / 4학년	
5	인승열	단국대학교 기계공학과 / 4학년	
6			

설계 요약문

참가분야	공모주제 () / 자유주제 (○)
참가팀명	취급주의(Fragile)
설계제목	스마트물품분류시스템
대표자명	조흥석
요약문	최근 언택트시대로 인한 물류량 증가로 인해 물류업계에 여러 가지 문제가 발생하고 있다. 과도한 물류량을 해결하기 위하여 아마존과 쿠팡에서는 월소터로 이루어진 체계화된 물류시스템을 도입하고, 컨테이너 픽업방식을 이용하여 분류와 배달업무를 나누는 등 업무 효율을 높이고 있으나 여전히 과도한 업무량 문제를 해결하지 못하고 있다. 중소형 물류센터의 경우 고가에 크기가 큰 월소터를 설치할 수 없으며 인건비 문제로 인하여 분류 직원을 추가로 고용하기 어려워 분류 업무까지 택배기사에게 일임되어 있는 상황이며 이로 인해 업무량은 더더욱 가중되고 있는 실정이다. 본 제품은 상기 문제를 해결하기 위한 제품으로, 물류 기사의 고충과 기업의 어려움, 배송지연 문제를 해결하기 위한 분류 시스템을 제작하였다. 기존의 노동집약적인 택배 분류작업을 자동화하기 위하여 배송지 및 화물정보가 포함된 RFID 송장을 이용한 화물분류 및 픽업 컨테이너 자동탐재 기능을 포함시켰다. 또한, 가격이 높고 부피를 많이 차지하는 월소터를 설치하지 못하는 중소규모 대리점에서도 설치할 수 있도록 피딩부, 분류부, 적재부등 모듈 형태의 제품으로 설계하여 범용성 또한 높이고 유지보수를 용이하게 하여 비용에 대한 부담을 줄였다. 해당 제품을 통해 기존의 [분류, 적재, 이동, 재분류, 상차] 5단계의 과정을 [분류, 이동, 상차] 3단계로 줄임으로써 업무량을 대폭 감소시킬 수 있으며 이를 통해 택배기사에게는 분류작업에 대한 노동 부담을 완화시키고, 기업에는 전반적인 빠른 물류 속도를 가져다주어 배송서비스 면에서 강력한 경쟁력을 기대할 수 있다. 또한, 기존 물류업계 고질적 문제인 인력 부족 문제를 해소할 수 있다.
설계프로젝트의 입상 이력	※ 교외 출품실적이 있는 경우 작성 (해당사항 없음) - 출품작명 : - 출품대회명 : - 수상 내역 : ※ 기 입상 프로젝트의 설계내용 및 차별설에 관한 세부사항은 별지(자유양식)를 사용하여 기술할 것

□ 본 설계보고서가 최종 입상할 경우 대한기계학회 논문집C권에 투고됨을 동의함

※ 투고된 논문의 심사 및 출판은 본 경진대회 심사와는 별개로 진행됨.

※ 설계 요약문은 공개될 예정이며, 제출 시 이에 동의하는 것으로 간주함.

※ 제공된 개인정보는 심사과정에만 사용되며, 제출 시 이에 동의하는 것으로 간주함.

스마트 물품 분류 시스템

김동현* · 민경준* · 여영희* · 인승열* · 조홍석* · 임성한**

*단국대학교 공과대학 기계공학과

Smart system of item classification

DongHyun Kim*, GyeongJun Min*, YeongHee Yeo*, SeungYeol In*, HongSeok Jo* and
SeongHan Rhim**

* Department of Mechanical Engineering, College of Engineering, Dankook University

(Received September 13, 2021 ; Revised September 14, 2021 ; Accepted September 15, 2021)

Key Words: Intelligent Unified Logistics System(지능형 물류 시스템), Classification(분류), Module(모듈),
RFID(RFID칩), Explicit Finite Element Method(외연적 유한요소법), Automation(자동화)

초록: 언택트 생활로 인해 물류량 증가 문제가 발생하고 있다. 본문에서 소개된 제품은 기존의 노동 집약적인 물품 분류를 배송 및 화물정보가 포함된 RFID 송장, 픽업 컨테이너를 이용하여 자동화 시키는 데 목적이 있다. 또한, 휠소터를 설치하지 못하는 중소규모 대리점에서도 설치할 수 있도록 모듈 형태의 제품으로 설계하여 범용성, 유지보수성을 높여 비용에 대한 부담을 줄였다. 해당 제품을 통해 기존의 [분류, 적재, 이동, 재분류, 상차] 5단계의 과정을 [분류, 이동, 상차] 3단계로 줄임으로써 업무량을 대폭 감소시킬 수 있다.

Abstract: Due to the untact lifestyle, there is a problem of increasing the amount of logistics. The product introduced in this article aims to automate the existing labor-intensive sorting of goods using RFID invoices and pickup containers that include delivery and cargo information. In addition, it was designed as a module type product so that it can be installed even at small and medium-sized dealerships that cannot install the wheel sorter. Through this product, the amount of work can be greatly reduced by reducing the existing five-step process of [sorting, loading, moving, re-sorting, loading] to three [sorting, moving, loading] steps.

1. 서 론

매년 택배 물류량은 증가하는 추세이며, 코로나19의 영향으로 언택트 거래가 급증하면서 2020년의 총 택배 물동량은 33억 7천만 개로 재작년(2019년)과 비교하면 20.9% 증가했다. 그러나 최근 3년간 택배기사는 5.6% 증가하는 것에 그쳤다. 이와 같이 물류량이 증가함에 따라 택배기사의 분류 업무에 대한 부담도 급격히 증가하여 노사 간의 갈등이 심화 되고 있다. 2020년 9월 17일에는 노조 측에서 추석 전 분류작업 거부 선언을 하였으며, 2021년 6월 9일부터 택배노조가 무기한 파업을 돌입하였다. 2020년에는 16명의 택배기사가 과로사하는 사건이 발생하였고, 2021년 4월까지 10명의 택배기사가 과로사하였다. 또

* Corresponding Author, shrhim@dankook.ac.kr

□ 2021 The Korean Society of Mechanical Engineers

한, 택배기사는 하루 13~16시간 노동의 절반을 분류작업에 매달리면서도 분류작업에 대한 단 한 푼의 임금도 받지 못하고 있으며 오히려 사비를 이용하여 아르바이트를 고용해 처리하고 있는 실정이다. 택배기사 입장에서는 갈수록 업무 강도가 높아져 과로에 시달리고 안전의 위협을 받고 있으며, 기업 입장에서는 노동력 손실, 인건비 증가, 물류처리 지연에 따른 신뢰도 하락 등의 문제가 발생되고 있다.

2019년 택배 산업 규모는 Fig.1.에 도시된 바와 같이 6조 3,303억 원으로 조사되었으며 2020년에는 7조 4,925억 원으로 추산되었다. 이는 전년 대비 18.4% 증가한 것으로 코로나19에 따른 물동량 증가의 영향으로 보인다. Fig. 2와 Fig. 3을 참고하여 국내 물동량을 보았을 때 20년도 33억 7373개로 전년 대비 20.9% 증가하였는데 주로 생활품목과 식품품목의 꾸준한 증가에 기인한 것으로 확인되었다. 기타품목에서도 전반적 증가세가 나타남으로 보아 언택트시장이 안정화 단계에 들어선 것으로 보이며 물류 산업은 꾸준히 증가할 것으로 예상되고, 이에 따라 각 대형 택배사들은 허브 및 택배 설비 보강에 수천억 원 규모의 자금을 투자하고 있어 앞으로도 물류 관련 산업의 전망이 좋을 것으로 예상된다.

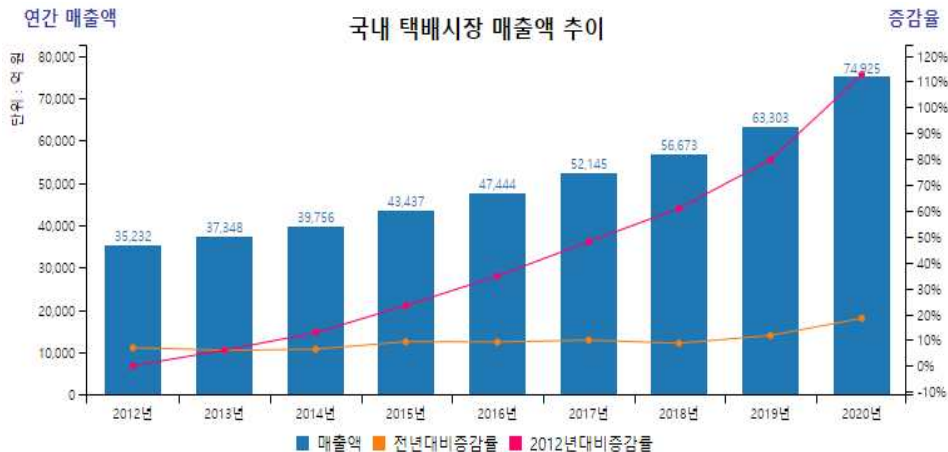


Fig. 1 Trend of Domestic delivery market sales¹⁾

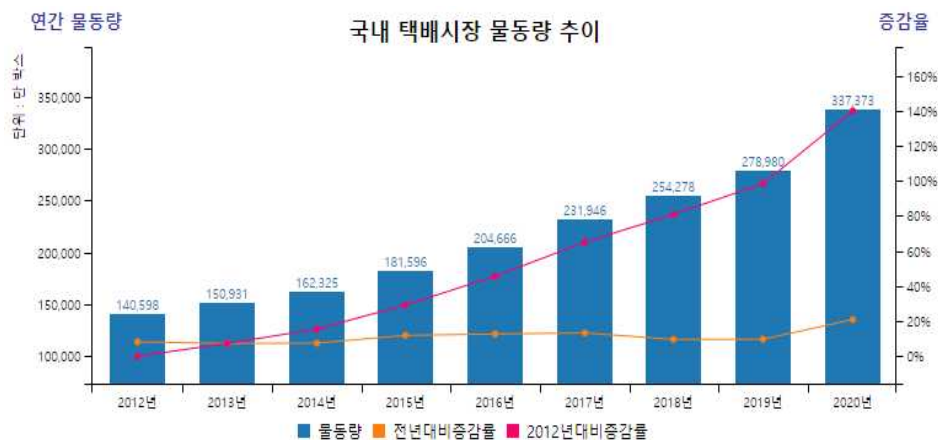


Fig. 2 Trend of Domestic delivery market cargo volume¹⁾



자료: 통계청, 「온라인쇼핑 동향조사」, 2020.10.20. 검색

Fig. 3 Trend of online shopping transactions²⁾

현재 분류작업 중 어떠한 부분에서 애로사항이 있고 개선될 필요가 있는지 파악하기 위하여 현직 택배기사분과 해당 업계 종사자분들께 인터뷰를 진행하였다.



Fig. 4 Example of delivery address³⁾

인터뷰에 따르면 ‘중복되는 분류작업’, ‘동선을 고려하지 않은 분류기준’, ‘여러 번 반복되는 적재’ 크게 세 가지 요인에 의해 작업이 지연되거나 노동강도가 증가한다고 한다.

현 분류작업은 작업장 형태에 따라 다르나 대체적으로 [분류, 적재, 이동, 재분류, 상차] 총 5단계로 이루어진다. 첫 번째 분류작업의 경우 배송지별로 구분하는 것으로 대형 물류센터에서는 자동화 휠소터가 해당 역할을 담당하고, 기타 중소규모 물류센터에서는 수작업으로 진행하게 된다. 배송지별로 분류된 화물은 적재에어리어(또는 야적장)에 적재되고 이후 배송 차량 앞으로 이동, 배송 루트별 재분류작업을 거쳐 상차하게 된다. 최소 두 번, 수작업으로 진행되는 곳에서는 더 많은 반복분류로 인해 작업이 지연되고 해당 과정에서 30~50%의 시간이 소요된다고 한다. 최근 뉴스에서 나오는 과업문제도 해당 분류작업에서의 과한 업무량에 의한 것이라고 한다.

두 번째로 ‘동선을 고려하지 않은 분류기준’의 경우 도로명주소로 분류함으로써 발생된다. Fig.4로 예를 들면 초록색 라인은 서초대로, 주황색 라인은 반포대로이다. 그러나 배송 물품이 구획별로는 아닌 도로명주소로 할당받기 때문에 A 기사가 서초대로, B 기사가 반포대로를 담당하게 될 경우 서로 간의 동선이 겹친다. 이런 방법으로 배송하는 것은 굉장히 비효율적이므로 A 기사와 B 기사 지도를 보고 담당 지역을 협의하여 택배를 교환해야 한다. 매일 배송하는 주소지와 수량이 다르므로 매일 이러한 작업을 수작업으로 해야 하며, 이 과정에서 많은 시간이 소요된다.

세 번째로 분류과정에서 적재는, ‘1차 분류’, ‘적재에어리어(또는 야적장)’, ‘배송 차량 앞’, ‘화물칸’ 최소 4번에 걸쳐 발생한다. 한 트럭에 150~300개 가량 실리므로 150개가 넘는 화물을 일일이 반복해 적재하는 과정에서 노동강도가 올라간다고 한다.



Fig. 5 Wheel Sorter⁴⁾

추가로 모든 물류센터에 휠소터(Fig.5)를 설치하면 되는 것이 아닌지, 배송 차량까지 연장할 수 없는지에 대하여 질문한 결과 HUB 센터나 SUB 센터 같은 대형 물류센터에는 휠소터가 지역별로 자동분류를 해주지만, 휠소터는 고가이며, 큰 공간을 차지하기 때문에 중형 물류센터에서는 도입하기 어렵다는 답변을 받았다. 따라서 중형 물류센터의 경우 롤러컨베이어를 통한 수작업으로 분류작업을 진행하고 있다고 한다. 배송 차량과 연장 여부에서는 일부 대형대리점에서는 사용하고 있지만 대부분 연장을 하지 않는다고 한다. 사진에서도 알 수 있듯이 트럭에 택배를 바로 적재하기 위해서는 트럭을 레일 옆에 주차시켜야 하는데 모든 트럭을 레일 옆에 주차시키기 위해서는 그만큼 휠소터 분류기가 많이 필요하게 되고 고가의 휠소터를 다수 설치하는 것은 경제적으로 무리가 되기 때문이라고 한다. 뿐만 아니라 공간

이 부족하여 모든 트럭을 주차하지 못하면 분류작업이 지연될 수 있다고 한다. 추가로 휠소터의 가격을 조사해 본 결과 한 대당 약 천만 원으로 매우 고가의 장비임을 알 수 있었다.

이상의 내용 (물류 증가로 인한 사회문제(노사 분쟁, 산업재해 등)) 해결과 효율적 물류 시스템 도입을 위해 ‘스마트 물품 분류 시스템’이라는 주제를 선정하여 연구를 진행하였다.

2. 설계핵심내용

2.1 설계 목표

기존의 노동 집약적인 택배 분류작업을 자동화하기 위해, 배송지 정보 등이 포함된 RFID 부착 택배의 선별 분류 및 픽업 컨테이너 자동탑재 기능을 수행하는 모듈형 ‘스마트 물품 분류 시스템’을 제작하고자 한다. 픽업 컨테이너의 분류·적재 과정에서는 화물의 손상을 최소화하기 위해 무게에 따른 적재 위치를 고려해야 한다.

2.2 설계방법 및 제약조건

대형 물류센터에서 이용하는 휠소터는 고가이며, 큰 공간을 차지하기 때문에 중소규모 물류센터에서는 도입하기 어렵다는 결과에 착안하여, 기존의 휠소터보다 차지하는 공간, 설치비용이 적으며 분류과정을 최소화시킬 수 있는 시스템을 고려하였다. 픽업 컨테이너방식을 차용하여 분류단계를 1단계로 줄였으며, 배송지 정보 등이 포함된 RFID 선별 분류방식으로 택배의 인식률을 높였고, 모듈형으로 설계하여 범용성 및 유지보수를 용이하게 하였다. 또한, 픽업 컨테이너의 분류·적재 과정에서의 화물의 손상을 최소화하기 위해 무게에 따라 분류 후 무거운 화물을 먼저 적재하는 방식으로 해결하였다.

해당 제품을 실물사이즈로 제작하기에는 규모가 너무 크므로 프로토타입을 제작하기 위해 1m x 1m x 1m 크기 내에 들어가야 한다는 조건을 전제하여 설계를 진행하였다. 상기 조건에 실물 크기의 제품과 상사성을 고려하여 1:7.5 축척으로 설계하였다.

2.3 선행특허 조사

2.3.1 특허 1020140186135

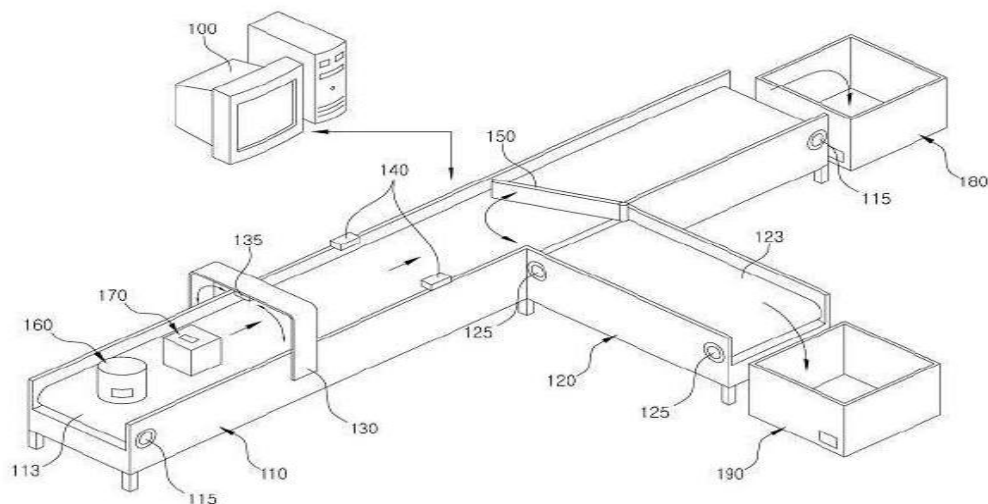


Fig. 6 System and Method for Grouping products⁵⁾

[특허요약]

본 발명의 실시례에 따른 물품 분류 시스템은 제1 컨베이어; 상기 제1 컨베이어 상에서 물품의 진행 방향인 제1방향으로 제1 컨베이어의 소정의 부분을 둘러싸며 배치되는 리더기 지지대, 리더기 지지대의 내면에 배치되어 리더기 지지대에 순차적으로 진입하는 물품의 태그를 읽어 물품의 식별 정보를 수집하는 리더기, 리더기 지지대를 통과한 물품의 수를 카운팅하는 카운터 및 카운팅 된 물품의 수가 소정의 수량을 초과하지 않을 때까지 리더기 지지대를 통과한 물품을 제1 위치로 이송되도록 하는 제어장치를 포함한다.

[회피전략]

기존 제품과의 차이점은 RFID 리더기를 컨베이어벨트 하단부에 넣어 물품에 붙어있는 RFID 태그를 인식하게 한다. 분류된 물품을 적재하는 과정은 컨테이너의 이동라인을 추가하고 물품의 중량에 따른 분류를 추가하여 무거운 물품이 컨테이너 하단에 쌓이도록 한다. 가벼운 물품은 임시로 보관하는 구조물을 이용해 일정 시간 보관 후 컨테이너 상단에 쌓이도록 한다. 마지막으로, 분류된 물품을 확인하기 위해 컨테이너 이동라인 끝부분에 카메라를 설치하여 물품의 분류 현황을 확인한다.

2.3.2 특허 1020140143347

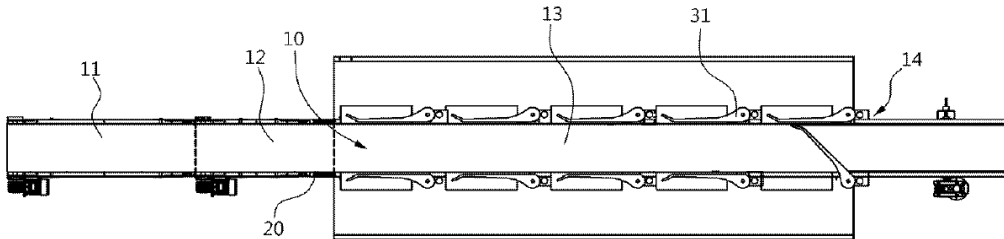


Fig. 7 Apparatus and method for sorting goods using twin bar⁶⁾

[특허요약]

본 발명은 트윈바(twin bar)를 이용한 폴딩식 자동물품분류장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 이송컨베이어에 의해 이송되는 물품을 트윈바(twin bar)인 한쌍의 폴딩분류바에 의해 끌어당김 방식으로 하여 보다 신속하고 안정적으로 물품을 분류할 수 있게 한 트윈바를 이용한 폴딩식 자동물품분류장치 및 방법에 관한 것이다.

[회피전략]

기존 제품의 경우 일자형 바를 이용하여 물품을 분류하였다. 일자형 바를 이용할 경우 물품 분류 시, 지정된 분류 위치에서 벗어날 가능성이 있으므로 ㄱ자 암을 이용하여 물품이 지정된 분류 위치로 들어갈 수 있게 한다. 또한, 물품이 분배되는 구역의 분할 및 번호를 부여하여 컨테이너에 물품이 쌓이게 한다.

2.4 개념설계

2.4.1 물품의 인식 방법



Fig. 8 Barcode and ultrasonic sensors, RFID tags⁷⁾⁸⁾⁹⁾

먼저 택배를 어떻게 인식할 것인지에 대해 개념설계를 진행하였다. 바코드는 기존의 택배 상자의 부착되어 있는 운송장을 활용할 수 있는 장점이 있다. 하지만 운송장은 한 면에만 붙여져 있기 때문에 바코드를 자동으로 인식하기 위해서는 운송장 번호가 항상 윗면을 향해 있어야 한다. 바코드스캐너를 추가하여 여러 면에서 인식을 할 수도 있지만, 운송장 번호가 바닥 면에 있을 경우에는 인식을 할 수 없다. 다음으로 초음파센서는 가장 가격이 저렴한 장점이 있으나, 어떤 지역의 택배인지 구분할 수 없으므로 사용하기에 부적절하다. 마지막으로 RFID는 리더기 및 추가적인 태그의 도입비용으로 인하여 세 가

지 방법 중 가장 많은 비용이 요구된다. 하지만 RFID는 꾸준히 시장규모가 확장되고 다양한 IoT 기술에 RFID가 도입됨에 따라 RFID의 가격은 하락하는 추세이다. 무엇보다 택배가 어떠한 상태로 있어도 인식할 수 있으며 추가적인 정보 입력이 가능한 장점이 있다. 따라서 물품의 인식 방법은 RFID로 선택하였다.

2.4.2 물품의 분류 방법

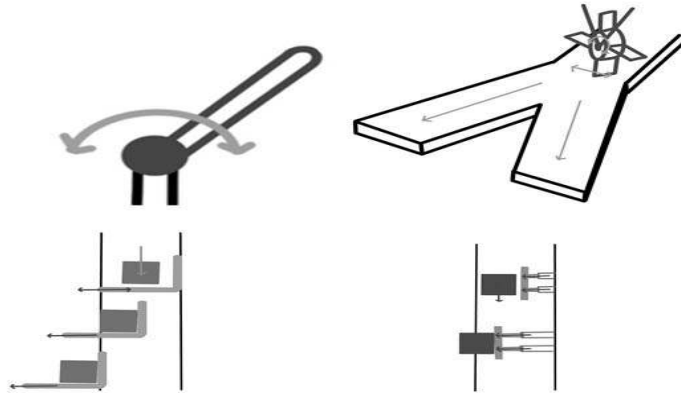


Fig. 9 Flat bar and waterwheel, T-shaped arm, piston

평면바와 T자 암은 구조가 간단하여 제작의 용이성이 좋다. 그러나 평면바는 컨베이어벨트의 너비에 대비하여 물품이 어느 정도 크면 물품이 회전하거나 적절하지 않은 위치로 보낼 수 있는 단점이 있다. 물레방아 형식은 물품을 확실하게 분류할 수 있지만, 타이밍이 정확하게 맞지 않으면 물품을 놓칠 수 있으며, 컨베이어벨트 상단에 설치해야 하기 때문에 크기가 크다. 피스톤 또한 컨베이어벨트의 너비만큼의 길이로 제작되기 때문에 부피를 많이 차지하며, 정확한 제어가 필요하다. 이 중 T자 암은 제작의 용이성이 있고, 물품을 놓칠 염려가 없으며, 반응속도와 상관관계가 덜하여 T자 암을 선택하였다.

2.4.3 물품의 분류 메커니즘 설계

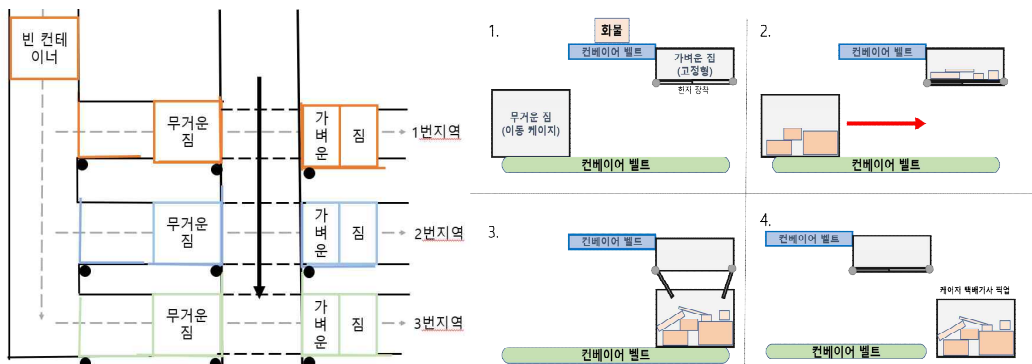


Fig. 10 Sorting system schematic

무작위로 이송되는 택배를 지역에 따라 분류하기 위해 컨테이너를 사용하며, 소형 택배의 파손을 방지하기 위해 추가로 중량 및 경량의 택배로 분류한다. 이때 택배의 지역 및 무게에 대한 정보는 RFID 태그에 저장되며, 각 분절에 있는 RFID 리더기에서 정보를 읽음으로써 분류할 수 있다. 시스템이 시작되면 컨테이너는 각 지역에 배치하게 된다. 상단컨베이어벨트에 택배가 이송되면 RFID 리더기는 택배에

부착된 RFID 태그의 정보를 읽어 해당하는 지역의 택배인지와 중량의 택배인지를 판단하여 택배를 분류하게 된다. 컨테이너와 임시컨테이너에 일정량 이상 적재되면 컨테이너가 임시컨테이너의 하부로 이동 후 임시컨테이너의 힌지가 개방되어 경량 택배가 컨테이너에 적재된다. 마지막으로 택배가 배출된 것을 확인한 택배기사가 컨테이너를 픽업함으로써 한 사이클이 종료된다. 이러한 과정은 모든 택배의 분류가 완료될 때까지 반복되며, 지역을 추가하여 시스템을 연장하는 것이 가능하다.

2.4.3.1 분류 시스템 배치 개념 설계

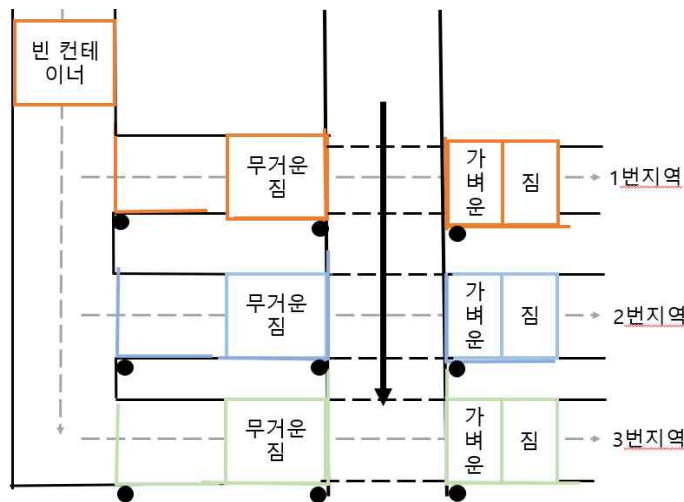


Fig. 11 Classification system diagram (top view)

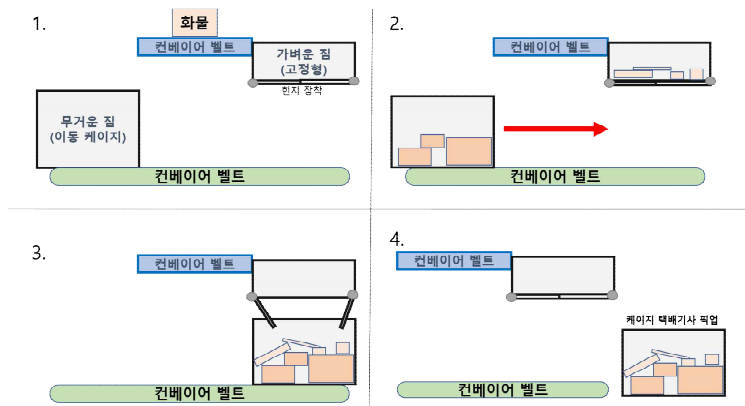


Fig. 12 Classification system diagram (side view)

- 1) 택배가 분류부에 도착하고 컨베이어벨트를 따라 이동한다.
- 2) 각 RFID 리더기는 택배의 RFID 태그의 정보를 읽어 담당하는 컨테이너로 분류를 해야 하는지 판단한다.
- 3) 담당 컨테이너로 분류를 해야 하는 택배이면 RFID에 입력된 무게 정보로 일반 컨테이너로 분류할지 임시컨테이너로 분류할지 판단한다. 만약 5kg 이상이면 일반 컨테이너로 분류되고, 5kg 이하이면 임시컨테이너로 분류된다.
- 4) 일반 컨테이너 또는 임시컨테이너에 택배가 일정량 이상 쌓이면 일반 컨테이너가 임시컨테이너 밑

으로 이동한다.

- 5) 임시컨테이너의 밑바닥이 열려 가벼운 택배가 일반 컨테이너 위로 쌓인다.
- 6) 택배기사는 컨테이너가 분류되었다는 알람을 받고 해당 컨테이너를 픽업한다.

다음은 ㄱ자 암이 2번 지역의 5kg 이상의 택배를 분류하는 과정이다.

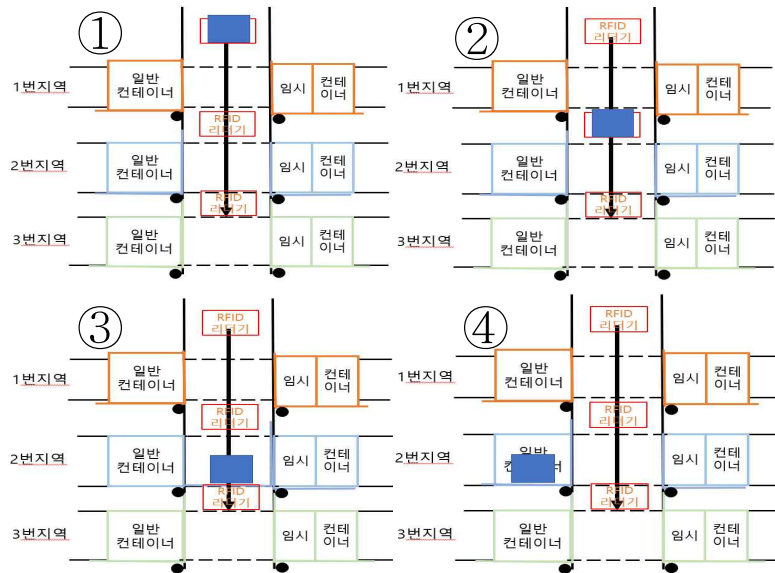


Fig. 13 Classification process for parcels weighing more than 5kg in area

2.4.3.2 2D 배치도

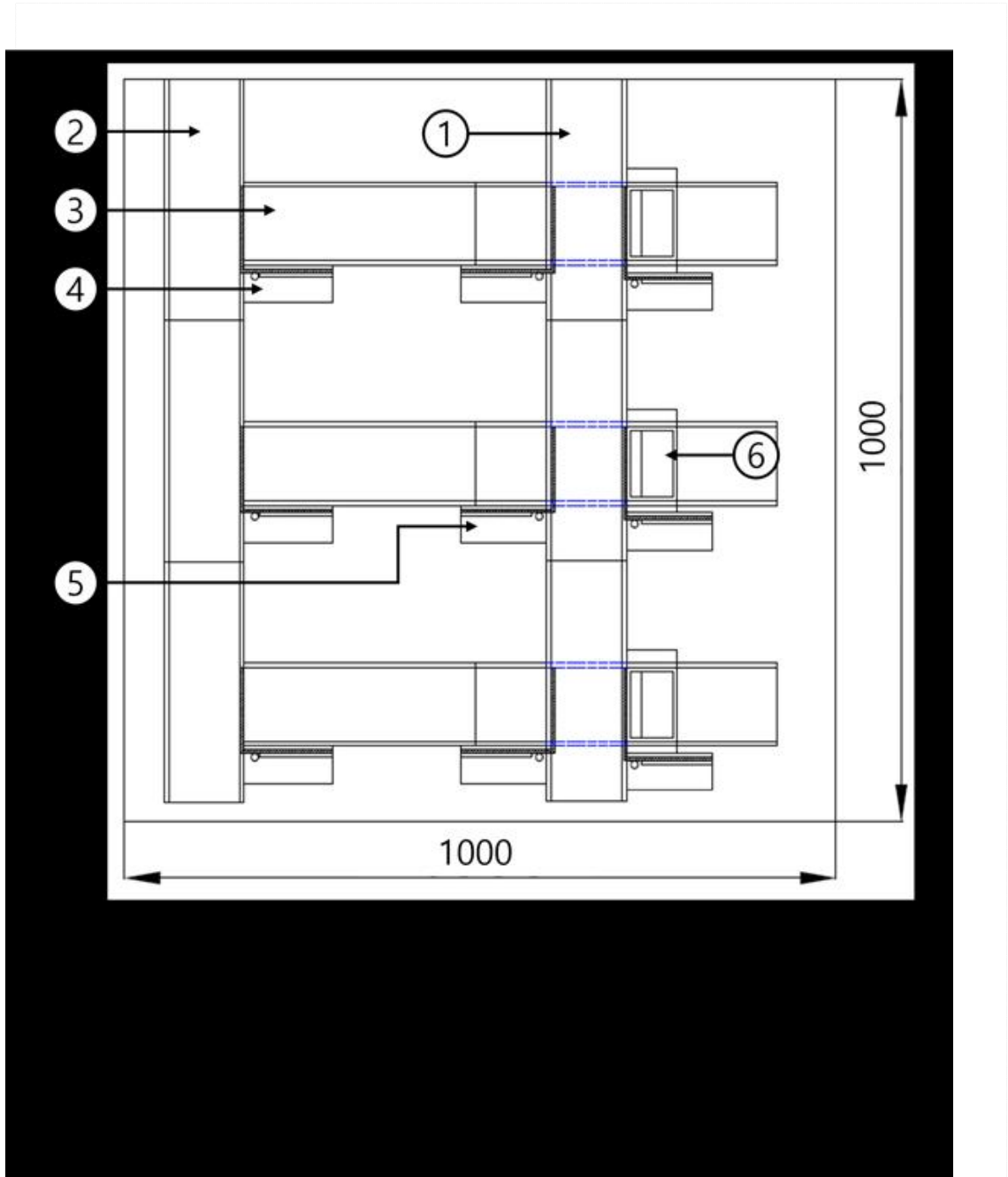


Fig. 14 Classification System Full Drawings (Plane Plans)

2.5 상세설계

상세설계는 상단컨베이어벨트와 하단컨베이어벨트, 피딩컨베이어벨트, 분류기, 임시컨테이너, 컨테이너

에 대한 설계를 진행하였다. 상단컨베이어벨트는 물품을 공급하는 데 사용되며, 컨베이어벨트 내부에 RFID 리더기가 장착되어야 한다. 하단컨베이어벨트는 택배가 적재되어 있는 컨테이너를 임시컨테이너의 하단으로 이송 및 배출하는 역할을 하며, 피딩컨베이어벨트는 하단컨베이어벨트에서 적재된 컨베이어의 배출과 동시에 빈 컨테이너를 보급하는 역할을 해야 한다. 분류기는 상단컨베이어에서 이송되는 물품을 컨테이너 또는 임시컨테이너로 분류하며, 피딩컨베이어벨트를 하단컨베이어벨트로 이송하는 역할을 한다. 마지막으로 임시컨테이너에는 5kg(57g) 이하의 택배를 적재하며, 컨테이너 및 임시컨테이너에 일정량 이상 적재되면 컨테이너에 5kg(57g) 이하의 택배를 적재한다. 추가로 전체 화물의 84%가 5kg이하이므로 5kg로 화물무게를 정하였다.

2.5.1 상단컨베이어벨트

2.5.1.1 실제 컨베이어벨트 설계

본 컨베이어벨트 설계에서 화물 적재함의 크기를 기준으로 최대 3개의 화물이 운반되고, 그 화물의 최대하중을 25kg으로 가정한다. 컨베이어 벨트의 속도는 분당 45m, 즉 0.75m/s로 이송되도록 가정하고, 안전계수는 2로 설정한다.

[실제 컨베이어벨트 동력계산]

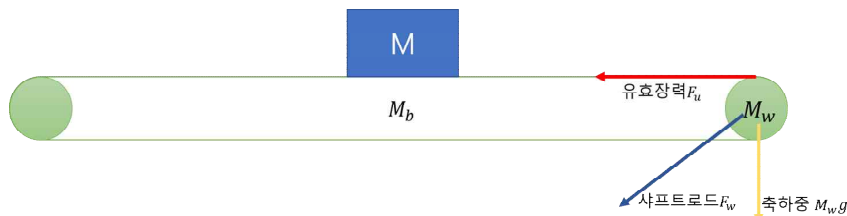


Fig. 15 Conveyor belt free body diagram

이상의 설계조건을 대입하여, Table 1에 각 하중 등을 계산하여, 동력은 555W가 필요함을 확인할 수 있다. 해당 조건을 만족하는 모터를 찾아본 결과 **650W(BM1418ZXF) 기어드모터**로 선정하였다.

Table 1 Conveyor Belt Power Design

설계 조건	무게: 75kg 이하 , 속도: 0.75m/s 이상, 안전계수: 2
화물 하중	$M = 25kg \times 3EA = 75kg$
벨트 하중	벨트 하중 $M_b = \rho(V_1 + V_2) = 2 \times \rho \times w \times d(L + L') = 5.2kg$
드럼 하중	드럼 하중 $M_w = \rho(V_1 + V_2 + V_3) = 105kg$
유효장력	유효장력 $F_u = \mu_t \times g(M + M_b)$ $= 0.47 \times 9.81m/s^2 \times (75kg + 5.2kg) = 369.8N$
샤프트로드	$F_u \times C_1 + M_w \times g = (369.8N \times 0.2) + (105kg \times 9.81m/s^2) = 1104.0N$
동력	동력 $P_a = \frac{F_u \times v(m/min)}{60000} \times (F.S) = \frac{369.8N \times (45m/min)}{60000} \times 2 = 0.555kW$
토크	토크 $T = 9549 \frac{H'}{N} = 9549 \frac{0.555kW}{95.49} = 55.5Nm$

[실제 컨베이어벨트 축, 하우징 설계]

본 설계에서 축은 기계구조용 탄소강재를 이용하고, 정하중 또는 매우 완만한 동하중을 받는다고 가정하며, 내,외경의 비를 0.3으로 두고 계산을 진행한다.

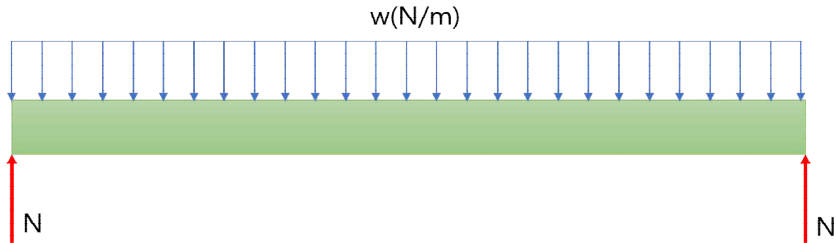


Fig. 16 Conveyor belt shaft free body diagram

Table 2 Properties of carbon steel for mechanical structures¹⁰⁾¹¹⁾

재료	기계 구조용 탄소 강재(연성 재료)
규격번호	KSD 3752 SM 45C
탄소 함유량	0.45%
허용굽힘응력	320Mpa
탄성계수	207Gpa
전단탄성계수	82GPa
허용 전단 응력	274MPa
밀도	7850(kg/m ³)

Table 3 Conveyor Belt Power Design

설계 조건	회전축 매우 완만한 동하중 $k_t = 1.0$, $k_m = 1.5$, 내외경의 비 0.3, 양단고정 하우징
힘의 평형식	$\sum F = w \times 0.75 - 2N = 0$, $F_w = 0.75 \times w = 1094.4N$ $w_w = 1459.2N/m$, $N = 547.2N$
최대모멘트	$M_{max} = 102.6Nm$
회전 토크	축의 회전토크는 $T = 9549 \frac{H'}{N} = 9549 \frac{0.555kW}{95.49} = 55.5Nm$
강도설계	굽힘 모멘트를 고려한 경우 17.2mm, 비틀림 모멘트를 고려한 경우 14.5mm
강성설계	축의 비틀림이 $\phi^\circ < 0.25^\circ / m$ 일 때, 축의 지름은 39.5mm
굽힘강성	$\delta = \frac{5w_w L^4}{384EI} = 1.455 \times 10^{-4} m = 1.455 \times 10^{-1} mm$ $\delta/l = 1.455 \times 10^{-1} mm / 0.75m = 0.194 [mm/m] < 0.35 [mm/m]$
축의 지름	베어링의 규격에 맞춰 축의 외경은 45mm, 내경은 13.5mm
하우징 설계	$b > \frac{12F_u L^2}{C\pi^2 E h^3} \times (F \cdot S) = 8.145 \times 10^{-10} m \times 2 = 16.3 \times 10^{-6} mm$, KS철판규격을 고려, 두께는 3mm선정

2.5.1.2 상단 컨베이어벨트 설계조건(프로토타입)

프로토타입은 상사성을 고려하여 실제와 1:7.5의 축적비로 설계한다.

프로토타입 설계에서 상사성을 고려하여 화물의 최대하중을 0.178kg으로 가정한다. 컨베이어 벨트의 속도는 분당 6m, 즉, 0.1m/s로 이송되도록 가정하고, 안전계수는 2로 설정하며, ABS재질을 이용하여 제작한다.

Table 4 ABS material properties for 3D printing¹²⁾

재료	ABS
규격번호	ABS-M30
허용굽힘응력	68.64Mpa
탄성계수	2100Mpa
허용 전단 응력	32.18MPa
밀도	1050(kg/m^3)

상기 설계조건으로 Table.1에서 사용된 수식을 이용하여 계산해본 결과, ABS로 제작한 프로토타입은 다음과 같은 값이 도출되었다.

Table 5 Calculation results of upper conveyor belt

항목	상단컨베이어(실제사이즈)		하단컨베이어(프로토타입)
필요동력	555W		0.154W
모터	650W (BM1418ZXF-기어드)		1W (MB2430-기어드)
모터드라이브	LKBL48Z18S		2A L298
축재료	SM 45C		ABS
강도설계(축지름)	17.2mm		1.52mm
강성설계(축지름)	39.5mm		4.63mm
축 선정(지름)	외경	45mm	10mm
	내경	13.5mm	
하우징(두께)	3mm		5mm
베어링	단열레이디얼볼베어링 6809		단열레이디얼볼베어링 6800

2.5.2 하단컨베이어벨트

2.5.2.1 실제 컨베이어벨트 설계

본 컨베이어벨트 설계에서 화물 적재함의 크기를 기준으로 최대 3개의 화물이 운반되고, 그 화물의 최대하중을 25kg으로 가정한다. 컨베이어 벨트의 속도는 분당 45m, 즉 0.75m/s로 이송되도록 가정하고, 안전계수는 2로 설정한다.

[실제 컨베이어벨트 동력계산]

Fig. 15 참고하여 이상의 설계조건을 대입하여, Table 6에 각 하중 등을 계산하여, 동력은 555W가 필요함을 확인할 수 있다. 해당 조건을 만족하는 모터를 찾아본 결과 **650W(BM1418ZXF) 기어드모터**로 선정하였다.

Table 6 Conveyor Belt Power Design

설계 조건	무게: 75kg 이하 , 속도: 0.75m/s 이상, 안전계수: 2
화물 하중	$M = 25kg \times 3EA = 75kg$
벨트 하중	벨트 하중 $M_b = \rho(V_1 + V_2) = 2 \times \rho \times w \times d(L + L') = 4.972kg$
드럼 하중	드럼 하중 $M_w = \rho(V_1 + V_2 + V_3) = 28.1kg$
유효장력	유효장력 $F_u = \mu_t \times g(M + M_b)$ $= 0.47 \times 9.81m/s^2 \times (75kg + 4.972kg) = 368.7N$
샤프트로드	축하중 $F_w = F_u \times C_1 + M_w \times g = (368.7N \times 0.2) + (28.1kg \times 9.81m/s^2) = 349.4N$ or $= \sqrt{F_u^2 + (M_w g)^2} = 460.4N$
동력	동력 $P_a = \frac{F_u \times v(m/min)}{60000} \times (F.S) = \frac{369.8N \times (45m/min)}{60000} \times 2 = 0.553kW$
토크	토크 $T = 9549 \frac{H'}{N} = 9549 \frac{0.553kW}{191.0} = 27.6Nm$

[실제 컨베이어벨트 축, 하우징 설계]

본 설계에서 축은 기계구조용 탄소강재를 이용하고, 정하중 또는 매우 완만한 동하중을 받는다고 가정하며, 내,외경의 비를 0.3으로 두고 Fig. 16, Table. 2를 참고하여 계산을 진행한다.

Table 7 Conveyor Belt Power Design

설계 조건	회전축 매우 완만한 동하중 $k_t = 1.0$, $k_m = 1.5$, 내외경의 비 0.3, 양단고정 하우징
힘의 평형식	$\sum F = w \times 0.75 - 2N = 0, F_w = 0.75 \times w = 460.4N$ $w_w = 613.9N/m, N = 230.0N$
최대모멘트	$M_{max} = 43.09Nm$
회전 토크	축의 회전토크 $T = 9549 \frac{H'}{N} = 9549 \frac{0.553kW}{191.0} = 27.6Nm$
강도설계	굽힘 모멘트를 고려한 경우 12.9mm, 비틀림 모멘트를 고려한 경우 11mm
강성설계	축의 비틀림이 $\phi^\circ < 0.25^\circ / m$ 일 때, 축의 지름은 30.2mm
굽힘강성	$\delta = \frac{5\omega_\omega L^4}{384EI} = 9.802 \times 10^{-5}m = 9.802 \times 10^{-2}mm$ $\delta/l = 9.802 \times 10^{-2}mm / 0.75m = 0.131 [mm/m] < 0.35 [mm/m]$
축의 지름	베어링의 규격에 맞춰 축의 외경은 40mm, 내경은 12mm
하우징 설계	$b = \frac{12F_u L^2}{C\pi^2 E h^3} \times (F.S) = 6.50 \times 10^{-6}m \times 2 = 1.30 \times 10^{-2}mm$ KS철판 규격을 고려, 두께는 3mm 선정

2.5.2.2 하단 컨베이어벨트 설계조건(프로토타입)

프로토타입은 상사성을 고려, Table. 4를 참고하여 실제와 1:7.5의 축적비로 설계한다.

프로토타입 설계에서 상사성을 고려하여 화물의 최대하중을 0.178kg으로 가정한다. 컨베이어 벨트의 속도는 분당 6m, 즉, 0.1m/s로 이송되도록 가정하고, 안전계수는 2로 설정하며, ABS 재질을 이용하여 제작한다.

상기 설계조건으로 2.5.3.1절에서 사용된 수식을 이용하여 계산해본 결과, ABS로 제작한 프로토타입은 다음과 같은 값이 도출되었다.

Table. 8 Calculation results of lower conveyor belt

항목	하단컨베이어(실제사이즈)		하단컨베이어(프로토타입)
필요동력	553W		0.151W
모터	650W (BM1418ZXF-기어드)		1W (MB2430-기어드)
모터드라이브	LKBL48Z18S		2A L298
축재료	SM 45C		ABS
강도설계(축지름)	12.9mm		2.50mm
강성설계(축지름)	30.2mm		3.88mm
축 선정(지름)	외경	40mm	10mm
	내경	12mm	
하우징(두께)	3mm		5mm
베어링	단열레이디얼볼베어링 6808		단열레이디얼볼베어링 6800

2.5.3 피딩컨베이어벨트

2.5.3.1 실제 컨베이어벨트 설계

본 컨베이어벨트 설계에서 화물 적재함의 크기를 기준으로 최대 3개의 컨테이너가 운반되고, 그 화물의 최대하중을 5kg으로 가정한다. 컨베이어 벨트의 속도는 분당 45m, 즉 0.75m/s로 이송되도록 가정하고, 안전계수는 2로 설정한다.

[실제 컨베이어벨트 동력계산]

Fig. 15 참고하여 이상의 설계조건을 대입하여, Table 9에 각 하중 등을 계산하여, 동력은 138W가 필요함을 확인할 수 있다. 해당 조건을 만족하는 모터를 찾아본 결과 **200W(K9DP200N2) 기어드모터**로 선정하였다.

Table 9 Conveyor Belt Power Design

설계 조건	무게: 15kg 이하 , 속도: 0.75m/s 이상, 안전계수: 2
화물 하중	화물 하중 $M = 5kg \times 3EA = 15kg$
벨트 하중	벨트 하중 $M_b = \rho(V_1 + V_2) = 2 \times \rho \times w \times d(L + L') = 4.972kg$
드럼 하중	드럼 하중 $M_w = \rho(V_1 + V_2 + V_3) = 28.1kg$
유효장력	유효장력 $F_u = \mu_t \times g(M + M_b)$ $= 0.47 \times 9.81m/s^2 \times (15kg + 4.972kg) = 92.08N$
샤프트로드	축하중 $F_w = F_u \times C_1 + M_w \times g = (92.08N \times 0.2) + (28.1kg \times 9.81m/s^2)$ $= 294.1N$ or $= \sqrt{F_u^2 + (M_w g)^2} = 290.6N$
동력	동력 $P_a = \frac{F_u \times v(m/min)}{60000} \times (F.S) = \frac{92.08N \times (45m/min)}{60000} \times 2 = 0.138kW$
토크	토크 $T = 9549 \frac{H'}{N} = 9549 \frac{0.138kW}{191.0} = 6.90Nm$

[실제 컨베이어벨트 축, 하우징 설계]

본 설계에서 축은 기계구조용 탄소강재를 이용하고, 정하중 또는 매우 완만한 동하중을 받는다고 가정하며, 내,외경의 비를 0.3으로 두고 Fig. 16, Table. 2를 참고하여 계산을 진행한다.

Table 10 Conveyor Belt Power Design

설계 조건	회전축 매우 완만한 동하중 $k_t = 1.0$, $k_m = 1.5$, 내외경의 비 0.3, 양단고정 하우징
힘의 평형식	$\sum F = w \times 0.75 - 2N = 0$, $F_w = 0.75 \times w = 294.1N$ $w_w = 392.1N/m$, $N = 147.05N$
최대모멘트	$M_{max} = 27.57Nm$
회전 토크	축의 회전토크 $T = 9549 \frac{H'}{N} = 9549 \frac{0.138kW}{191.0} = 6.90Nm$
강도설계	굽힘 모멘트를 고려한 경우 11mm, 비틀림 모멘트를 고려한 경우 9.2mm
강성설계	축의 비틀림이 $\phi^\circ < 0.25^\circ/m$ 일 때, 축의 지름은 21.4mm
굽힘강성	$\delta = \frac{5\omega_\omega L^4}{384EI} = 1.98 \times 10^{-4}m = 1.98 \times 10^{-1}mm$ $\delta/l = 1.98 \times 10^{-1}mm/0.75m = 0.0264 [mm/m] < 0.35 [mm/m]$
축의 지름	베어링의 규격에 맞춰 축의 외경은 30mm, 내경은 9mm
하우징 설계	$b = \frac{12F_u L^2}{C\pi^2 E h^3} \times (F.S) = 1.62 \times 10^{-6}m \times 2 = 3.25 \times 10^{-6}mm$ KS철판 규격을 고려, 두께는 3mm 선정

2.5.3.2 피딩 컨베이어벨트 설계조건(프로토타입)

프로토타입은 상사성을 고려, Table. 4를 참고하여 실제와 1:7.5의 축적비로 설계한다.

프로토타입 설계에서 상사성을 고려하여 화물의 최대하중을 0.3768kg으로 가정한다. 컨베이어 벨트의 속도는 분당 6m, 즉, 0.1m/s로 이송되도록 가정하고, 안전계수는 2로 설정하며, ABS 재질을 이용하여 제작한다.

상기 설계조건으로 Table. 9에서 사용된 수식을 이용하여 계산해본 결과, ABS로 제작한 프로토타입은 다음과 같은 값이 도출되었다.

Table. 11 Calculation results of feeding conveyor belt

항목	피딩컨베이어(실제사이즈)		피딩컨베이어(프로토타입)
필요동력	138W		0.264W
모터	200W (K9DP200N2-기어드)		1W (MB2430-기어드)
모터드라이브	DCMD-200-D		2A L298
축재료	SM 45C		ABS
강도설계(축지름)	11.0mm		1.64mm
강성설계(축지름)	21.4mm		4.46mm
축 선정(지름)	외경	30mm	10mm
	내경	9mm	
하우징(두께)	3mm		5mm
베어링	단열레이디얼볼베어링 6806		단열레이디얼볼베어링 6800

2.5.4 분류기

2.5.4.1 실제 분류기 설계조건

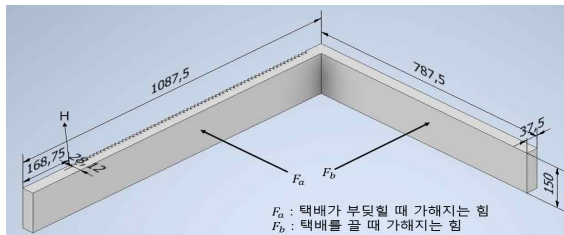


Fig. 17 Dimensions of L-shaped arm and point H

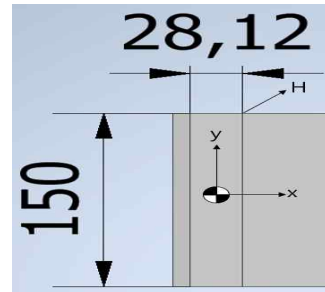


Fig. 18 Section of the rack

Table. 12 Calculation results of real L-shaped arms

Axial stress at H (kPa)	42.317
Bending stress at H (MPa)	5.808
Summary of stresses at H (MPa)	5.850
Factor of safety	11.7
Power (W)	190.2

ABS의 인장강도인 68.64MPa 보다 H점에서의 응력이 낮으므로 매우 안전하다.

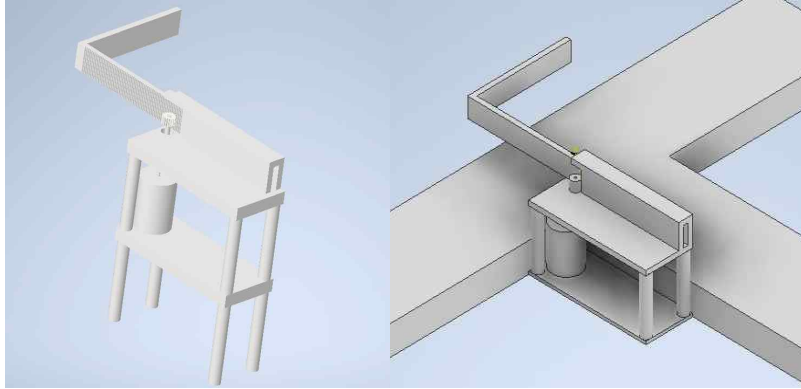


Fig. 19 Schematic diagram of two types of classifiers

좌측의 분류기는 컨테이너와 분류기가 포함된 그림의 개략도이며, 택배를 끌어서 컨테이너에 분류한다. 우측의 분류기는 하부컨베이어벨트와 함께 있는 모습으로 빈 컨테이너 박스를 보충하는 역할을 한다.

실제 분류기 축은 동적효과계수 k_t 와 k_m 는 심한 충격하중인 2.0, 2.5로 가정하였을 때 굽힘모멘트 및 비틀림모멘트, 강성을 고려한 설계를 하였을 때 최소 축의 지름은 다음과 같다.

Table. 13 Calculation results of real classifiers shaft

Diameter of the axis considering the bending moment (mm)	6.71
Diameter of the axis considering the torsional moment (mm)	7.07
Torsion angle of 25mm axis (°)	20

2.5.4.2 프로토 타입 분류기 설계조건

프로토타입 제품은 실제와 1:7.5의 축척비로 설계하고자 한다.

실제 공정에서 분류기는 최대 무게의 화물(25kg)을 분류할 수 있어야 한다

[설계조건]

무게조건: $(25kg)/(7.5)^3 = 0.593g$ (1:7.5의 축척이므로 질량은 $1/7.5^3$)

속도조건: $(45m/min)/(7.5) = 6m/min = 0.1m/s$ (1:7.5의 축척이므로 속도는 $1/7.5$)

안전계수: 2

프로토타입 제품은 실제와 1:7.5의 축척비로 설계하고자 한다. 따라서 프로토타입에서의 분류기는 약 38g의 화물을 분류할 수 있어야 하며, 크기가 작아진 만큼 분류기의 속도도 조정되어 0.1m/s의 속도로 분류하게 된다. 이에 맞추어 계산을 진행하면 다음과 같다.

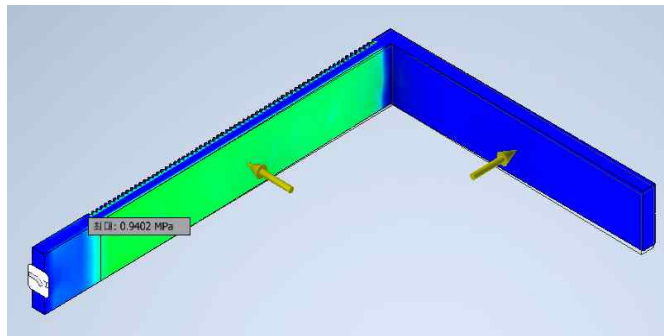


Fig. 20 Structural analysis results of L-shaped

Table. 14 Calculation results of prototype L-shaped arms

Axial stress at H (kPa)	6.088
Bending stress at H (MPa)	1.1952
Summary of stresses at H (MPa)	1.201
Factor of safety	57.15
Power (W)	0.0626

프로토 타입 축의 재질은 래크의 재질과 같이 ABS이며, 허용굽힘응력은 $68.64MPa$ 이며, 허용전단응력은 $31.38MPa$ 이다. 동적효과계수 k_t 와 k_m 는 심한 충격하중인 2.0, 2.5로 가정하였을 때 굽힘모멘트 및 비틀림모멘트, 강성을 고려한 설계를 하였을 때 최소 축의 지름은 다음과 같다.

Table. 7 Calculation results of prptotype classifiers shaft

Diameter of the axis considering the bending moment (mm)	0.614
Diameter of the axis considering the torsional moment (mm)	0.798
Torsion angle of 30mm axis (°)	0.1358

2.5.5 컨테이너

2.5.5.1 실제 컨테이너 설계조건

실제 컨테이너는 기계 구조용 탄소 강재(연성 재료)로 제작한다.

2.5.5.2 컨테이너 설계조건(프로토타입)

프로토타입에서는 ABS재질로 제작되고, 실제와 1:7.5의 축척비로 설계하고자 한다.

실제 컨테이너는 40kg까지 담을수 있도록 설계할 것이며 분류장치에서는 택배기사의 안전을 위하여 컨테이너 하나당 2~40kg만 담을 것이다.

[설계조건]

무게조건: $(40kg)/(7.5)^3 = 0.095kg$ (1:7.5의 축척이므로 질량은 $1/7.5^3$)

규격조건: [가로:0.75m/7.5=0.1m],[세로:0.75m/7.5=0.1m],[높이:0.6m/7.5=0.08m]

안전계수: 2

2.5.5.3 두께 선정(프로토타입)

-변형(처짐) 고려

프로토타입 컨테이너 설계의 경우 화물을 담고 이송시켜야 하므로 ‘과도한 처짐에 의해 손상되기 쉬운 비구조 요소를 지지 또는 부착한 바닥구조’이다. 따라서 고려해야 할 허용처짐량은 1/480으로, 컨테이너는 0.208mm/m 이하의 처짐이 발생해야 한다.

이를 토대로 유한요소해석프로그램인 ANSYS를 활용하여 다양한 두께에 따른 처짐량을 계산하였고, 이를 Fig.24에 도시하였다. 해석 결과, 두께 2.0mm 이상에서는 회피 처짐량(0.208)보다 적은 처짐을 보였고, 안전계수(1.5)를 고려하여, 프로토타입 컨테이너의 두께는 3.0mm로 선정하였다.

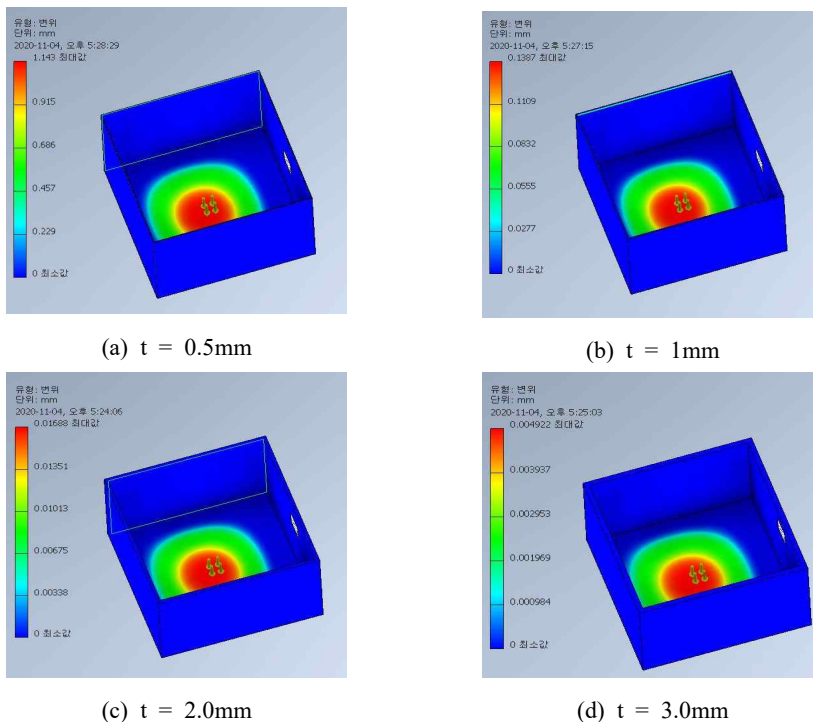


Fig. 21 Deformation Analysis Results of Various Thicknesses

-응력 고려(프로토타입)

해당 컨테이너는 ABS 재질로 제작된다. 따라서 화물로 인한 응력이 ABS의 허용응력보다 작아야 한다. 이를 토대로 유한요소해석프로그램인 ANSYS를 활용하여 ABS 컨테이너에 가해지는 응력을 계산하였고, 해당 응력분석은 3mm 두께의 ABS 컨테이너로 작성되었다. 해석 결과 안전함을 확인하였다.

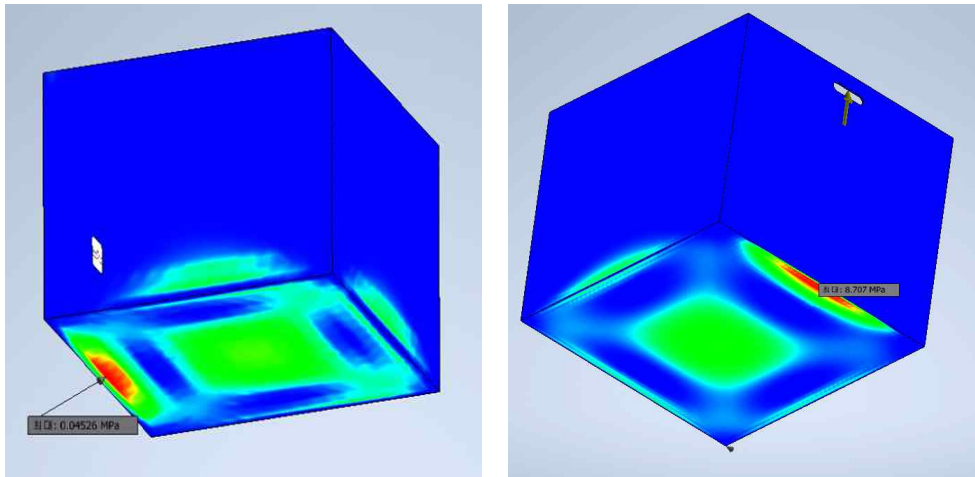


Fig. 22 Container Structural Analysis Results

2.5.6 임시컨테이너

2.5.6.1 실제 임시 컨테이너 설계조건

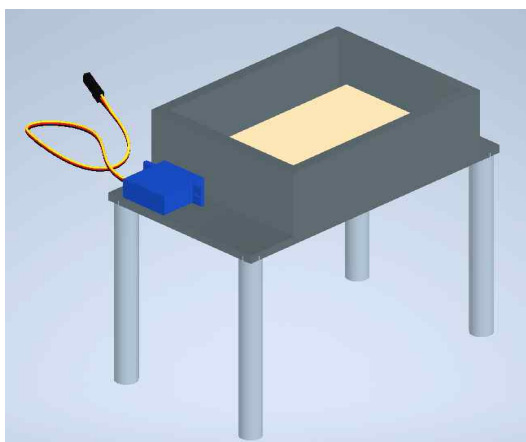


Fig. 23 Temporary Container Modeling

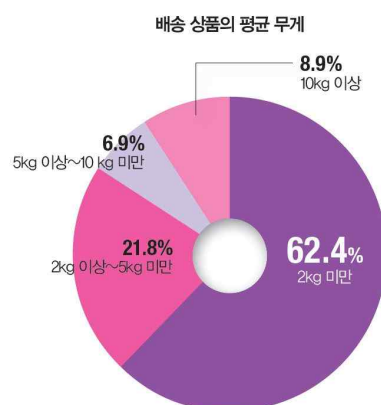


Fig. 24 Average weight of the shipment

실제 임시 컨테이너에는 최대 40kg까지 수용하는 것으로 설정하였으며, 위의 그림과 같이 배송 상품의 평균 무게는 2kg 미만이 약 60%를 차지한다. 따라서 임시컨테이너에는 최대 24kg까지 수용되며, 안전계수는 2를 적용한다.

Table 15 Calculation results of real temporary container

재료	ABS
설계 조건	무게: 24kg 이하 , 안전계수: 2
임시컨테이너에 가해지는 총 하중	560.5N
임시컨테이너에 가해지는 최대 응력	188MPa
재료의 항복 응력	315MPa
임시컨테이너 필요 모터 동력	51.86W
선정 모터	KY60AS0201-30모터 (100W)
베어링	단열레이디얼볼베어링 6803

최대 188.2MPa로 일반구조용압연강재의 항복 응력인 315MPa를 초과하지 않으므로 안전하다.

해당 조건을 만족하는 모터를 찾아본 결과 KY60AS0201-30 모터(100W)로 선정하였다. 해당 모터는 브레이크 기능이 있는 모터로 임시컨테이너에 택배가 적재되고 있을 때 힌지가 고정될 수 있다.

2.5.6.2 임시컨테이너 설계조건(프로토타입)

프로토타입 임시 컨테이너에는 최대 0.057kg까지 수용하는 것으로 설정하였으며, 안전계수는 2를 적용한다. 프로토타입 제품은 실제와 1:7.5의 축적비로 설계하고자 한다.

Table 16 Calculation results of prototype temporary container

재료	ABS
설계 조건	무게: 0.057kg 이하(1:7.5의 축척) , 안전계수: 2
임시컨테이너에 가해지는 총 하중	1.605N
임시컨테이너에 가해지는 최대 응력	286kPa
재료의 항복 응력	68.6MPa
임시컨테이너 필요 모터 동력	0.0248W
선정 모터	SG90 서보모터
베어링	단열레이디얼볼베어링 687

최대 286kPa로 ABS의 항복 응력인 68.6MPa를 초과하지 않으므로 안전하다.

해당 조건을 만족하는 모터를 찾아본 결과 SG90 서보모터로 선정하였다. 해당 모터는 섬세한 각도 조절이 가능한 모터로 임시컨테이너에 택배가 적재되고 있을 때 힌지가 고정될 수 있다.

2.5.7 소프트웨어 설계

2.5.7.1 센서배치 및 전체공정 메커니즘

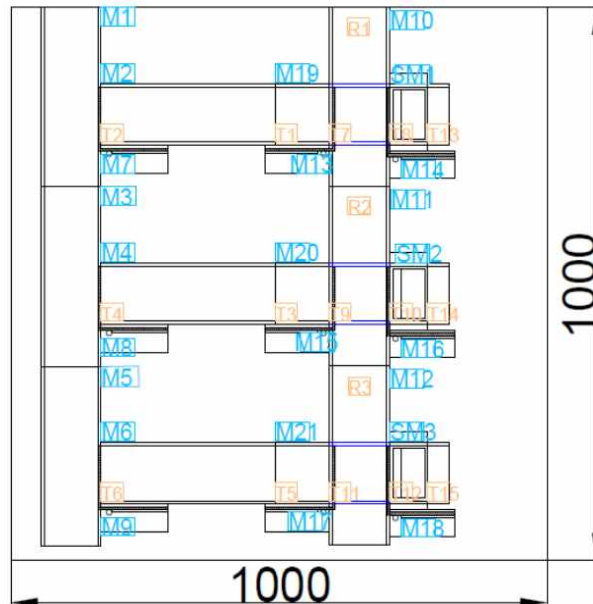


Fig. 25 Sensor and Motor Drawing

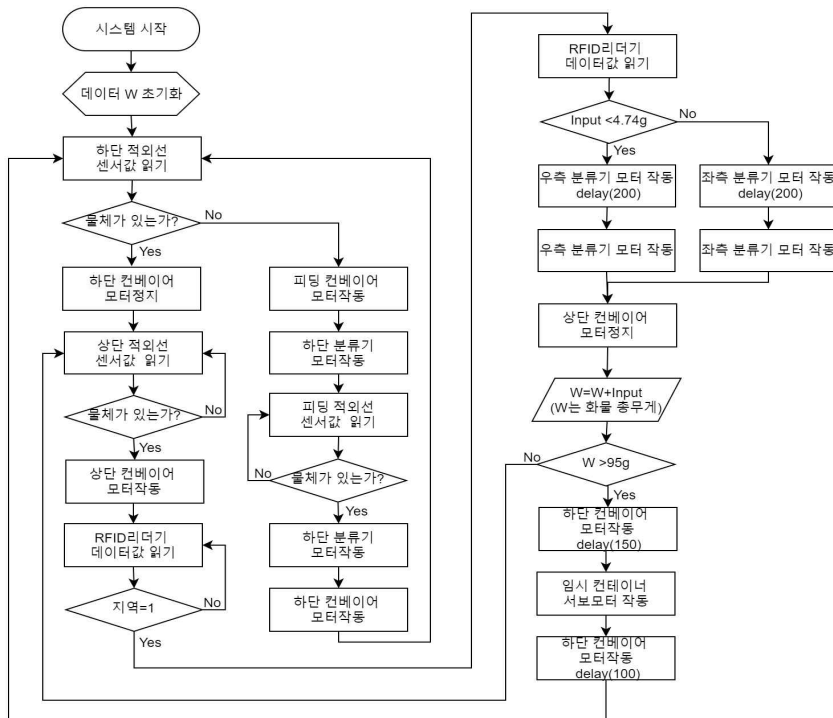


Fig. 26 Overall process mechanism Flowchart

2.5.7.2 컨테이너 보급부 상세 메커니즘(순서도)

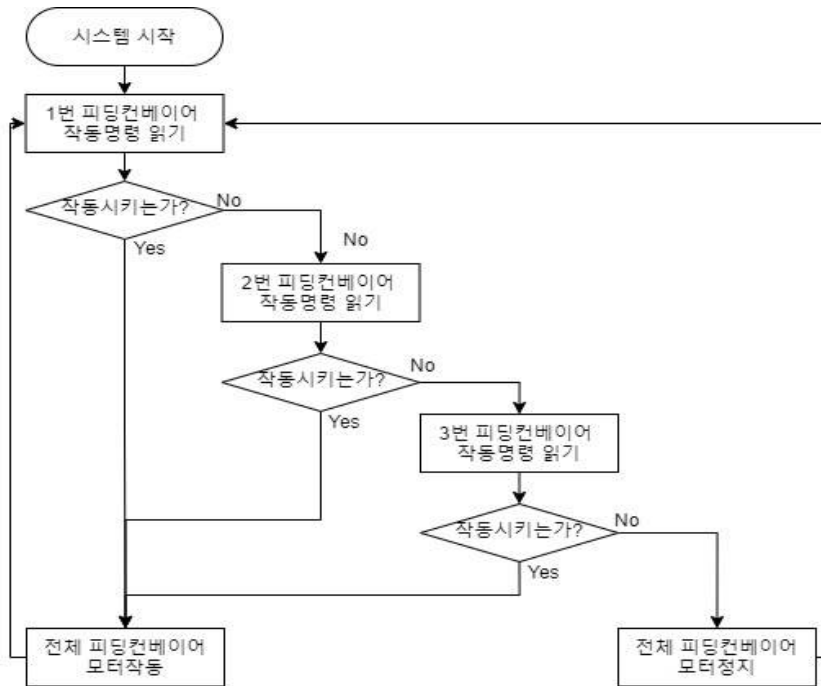


Fig. 27 Container Supply Unit Mechanism Flowchart

2.5.7.3 컨테이너 보급부 회로도

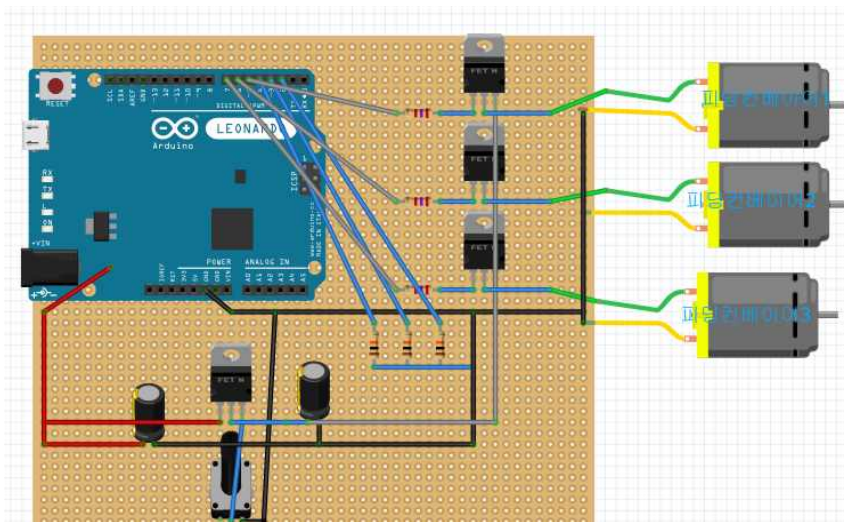


Fig. 28 Container Supply Department Circuit Diagram

2.5.7.4 물류 분리부 회로도

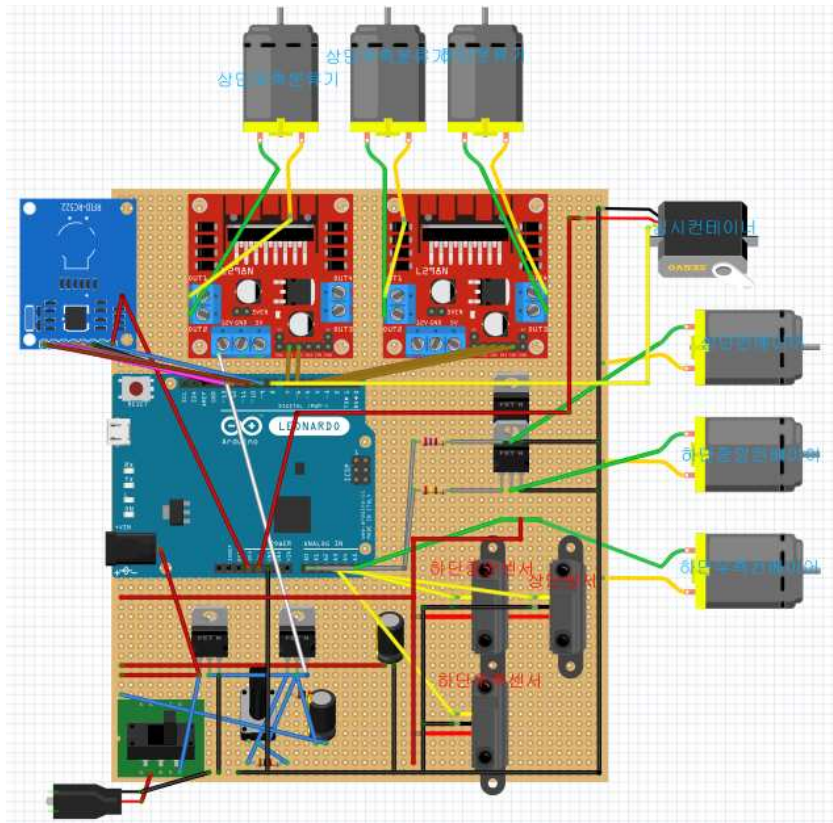


Fig. 29 Logistics Classification Circuit Diagram

2.5.7.5 사용자 인터페이스 및 애플리케이션 개발

사용자 인터페이스 및 애플리케이션은 작업 현황 및 잔여 물류량을 직관적으로 파악할 수 있도록 제작하였다. 사용자는 물류 현황을 두 가지 방법을 통하여 확인할 수 있는데 첫 번째는 공장에 작업현황판으로, 두 번째는 앱인벤터를 이용하여 제작된 애플리케이션을 통하여 제공된다.

물류 및 작업현황

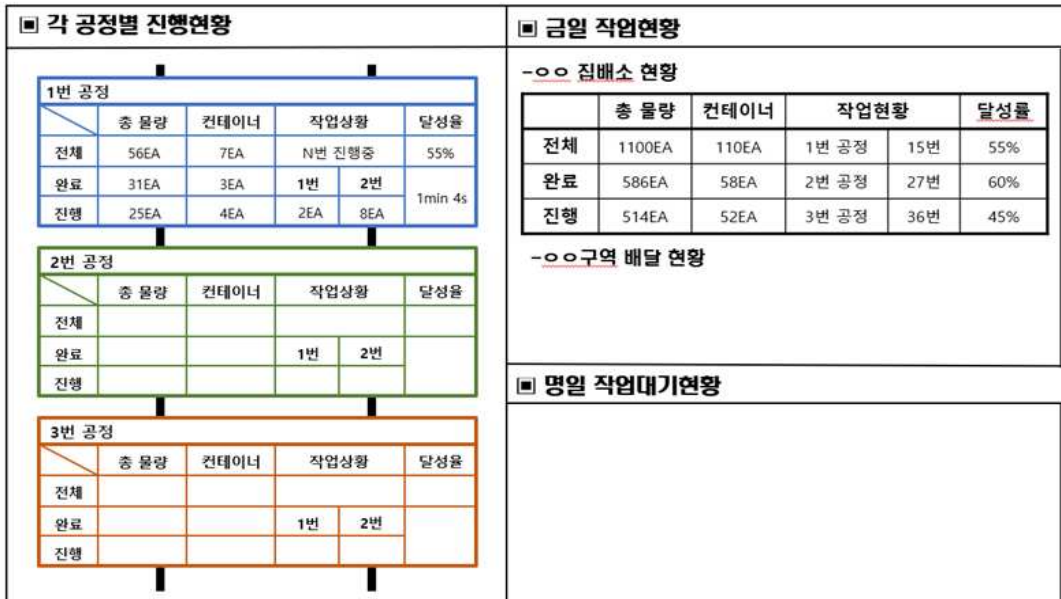


Fig. 30 Operation status board

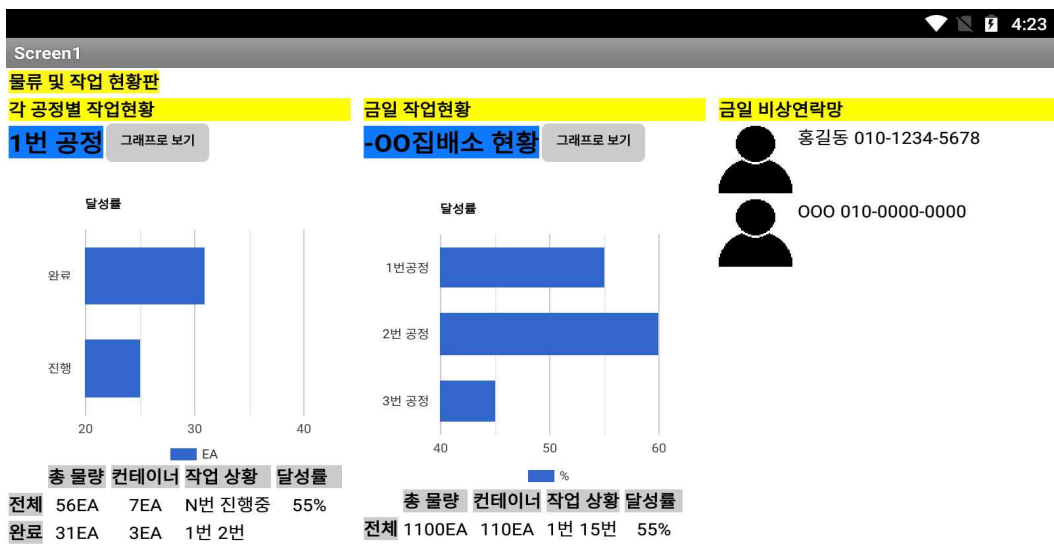


Fig. 31 User interface

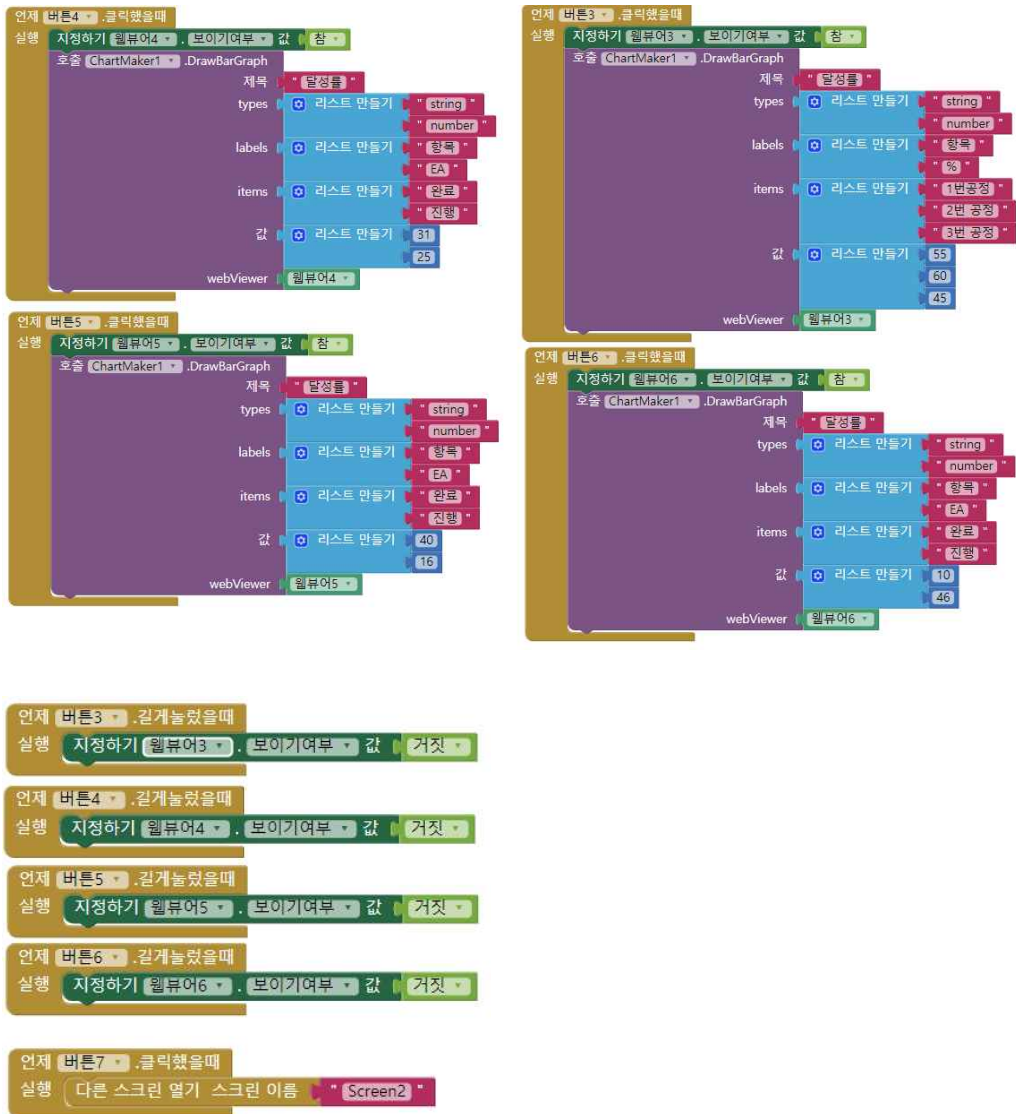
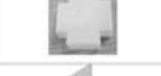


Fig. 32 App inventor code

2.6 부품리스트(프로토 타입)

Table 17 Part List (Prototype)

부품 리스트						
순번	부품 분류	부품사진	부품명	Part Name	사양 (규격)	수량
A-01	상단컨베이어벨트		상단컨베이어하우징(A타입)	Upper conveyor housing (Type A)	120x165x195mm	6EA
A-02			상단컨베이어하우징(B타입)	Upper conveyor housing (Type B)	120x165x195mm	6EA
A-03			상단컨베이어하우징브릿지	Upper conveyor housing bridge	100x100x20mm	6EA
A-04			상단컨베이어벨트 축	Upper conveyor belt shaft	Φ20mm W113mm	6EA
A-05			베어링(6800zz)	Bearing(6800zz)	Φ19mm Φ10mm 5mm	12EA
A-06			모터(MB2430)	Motor (MB2430)	Φ24mm W52mm	3EA
A-07			모터하우징	Motor Housing	Φ34mm W55mm	3EA
A-08			컨베이어벨트(PVC)	Conveyor Belt (PVC)	95x750mm	1EA
B-01	피딩컨베이어벨트		피딩컨베이어하우징(A타입)	Feeding conveyor housing (Type A)	120x165x55mm	6EA
B-02			피딩컨베이어하우징(B타입)	Feeding conveyor housing (Type B)	120x165x55mm	6EA
B-03			피딩컨베이어하우징브릿지	Feeding conveyor housing bridge	100x100x20mm	3EA
B-04			피딩컨베이어주축	Feeding conveyor main axis	Φ10mm L113mm	6EA
B-05			베어링(6800zz)	Bearing(6800zz)	Φ19mm Φ10mm 5mm	12EA
B-06			모터(MB2430)	Motor (MB2430)	Φ24mm W52mm	3EA
B-07			모터하우징	Motor Housing	Φ34mm W55mm	3EA
B-08			컨베이어벨트(PVC)	Conveyor Belt (PVC)	95x750mm	1EA
C-01			하단컨베이어하우징(A타입)	Lower conveyor housing (Type A)	120x165x55mm	12EA
C-02			하단컨베이어하우징(B타입)	Lower conveyor housing (Type B)	120x165x55mm	12EA

C-03	하단 컨베이어벨트		하단 컨베이어하우징브릿지	Lower conveyor housing bridge	100x100x20mm	6EA
C-04			하단 컨베이어주축	Lower conveyor main shaft	Φ10mm L113mm	12EA
C-05			베어링(6800zz)	Bearing(6800zz)	Φ19mm Φ10mm 5mm	24EA
C-06			모터(MB2430)	Motor (MB2430)	Φ24mm W52mm	6EA
C-07			모터하우징	Motor Housing	Φ34mm W55mm	6EA
C-08			컨베이어벨트(PVC)	Conveyor Belt (PVC)	95x750mm	1EA
D-01	하단분류기		하단 분류기 암	Lower Sorter Arm	165x110x20mm	3EA
D-02			하단 분류기 평판	Lower Sorter Plate	150x85x55mm	3EA
D-03			하단 분류기 기둥	Lower Sorter Cylinder	Φ10mm L50mm	12EA
D-04			모터(MB2430)	Motor (MB2430)	Φ24mm W52mm	3EA
D-05			랙	Rack	125x7x5mm	3EA
D-06			기어	GEAR	Φ6mm, L5mm	3EA
D-07			하단 분류기 하우징	Lower Sorter Housing	65x170x98mm	3EA
E-01	상단분류기		상단 분류기 하우징	Upper Sorter Housing	50x50x80mm	3EA
E-02			상단 분류기 암	Upper Sorter Arm	150x110x30mm	3EA
E-03			상단 분류기 기둥	Upper Sorter Arm	S5.5mm, m4.3mm(볼이)	12EA
E-04			모터(MB2430)	Motor (MB2430)	S7mm, m5.5mm(볼이)	3EA
E-05			상단 분류기 보강판	Pillar Support	4x4x150mm	3EA
F-01			임시 컨테이너 기둥	Temporary Container Cylinder	68x6x140mm	6EA
F-02			임시 컨테이너 하우징	Temporary Container Housing	140x50x50mm	6EA

F-03	임시컨테이너		임시컨테이너 힌지	Temporary Container Hinge	90x50x10mm	24EA
F-04			임시컨테이너 힌지축	Temporary container hinge shaft	Φ6mm L20mm	6EA
F-05			서보모터	Servo Motor	33x12x45mm	6EA
G-01	상단 택배 스탠드		상단 택배 스탠드 옆판	Upper Package Stand Side Plate	200x145x5mm	6EA
G-02			상단 택배 스탠드 윗판	Upper Package Stand Upper Plate	215x145x70mm	3EA
G-03			상단 택배 스탠드 정면판	Upper Package Stand Front Plate	225x200x5mm	6EA
H-01	택배 모형		큰 택배 모형 하판	Big Package Model Bottom Plate	45x35x20mm	9EA
H-02			작은 택배 모형 하판	Small Package Model Bottom Plate	45x35x15mm	9EA
H-03			택배 모형 커버	Package Model Upper Plate	45x35x2mm	18EA
I-01	제어부		아두이노 우노	Arduino Uno	-	4EA
I-02			모터 드라이버(L298)	Motor Driver	-	6EA
I-03			커패시터(E/C 16 330uF)	Capacitor	-	8EA
I-04			가변저항(H3296W)	Potentiometer	-	4EA
I-05			스위치(MSL-1C2P)	Switch	-	3EA
I-06			MOSFET(IRF2807)	MOSFET	-	9EA
I-07			전압 조정기(LM317)	Voltage Regulator	-	7EA
I-08			전압 조정기(7805)	Voltage Regulator	-	6EA
I-09			케이블	Cable	-	300EA

I-10			방열판	Fin	23mmX15mmX25mm	7EA
I-11			커넥터 5051	connector	2.5 pitch	27EA
I-12			만능기판	Breadboard		4EA
I-13			저항	Resistor	Φ1.6mm	14EA
I-14			어댑터(SZH-PSU03)	Adopter	46mm X 82mm X 67mm	5EA
J-01	센서		적외선 IR센서 모듈(TCRT5000)	IR Sensor	10mmx30mm	9EA
J-02			아두이노 RFID 모듈 (RCS22)	RFID Module	30mmx50mm	3EA
J-03			카메라 모듈(ESP-EYE)	Camera Module	20mmx40mm	1EA

2.7 제작비용

2.7.1 실제 제품

Table 18 Production cost

	부품명	모델명	용도	수량	단가	가격
	모터	BM1418ZXF (650W)	상단.하단컨베이어	6	₩70,733	₩424,398
	피킹모터	K9DP200N2	피킹컨베이어	6	₩99,000	₩594,000
	분류기모 터	10IDG6-400FU -T	분류기	9	₩159,000	₩1,431,000
	임시서보 모터	KY60S0201-30	임시컨테이너	3	₩94,485	₩283,455
	모터드라 이브	LKBL48Z18S	상단,하단컨베이어	6	₩43,368	₩260,208
	모터드라 이브	DCMD-200-D	피킹컨베이어	3	₩58,000	₩174,000
	모터드라 이브	DCMD-400-D	분류기	5	₩68,000	₩340,000
	모터드라 이브	DCMD-100-A	임시컨테이너	2	₩54,989	₩109,978
	상단베어 링	6809zz	상단컨베이어	12	₩6,100	₩73,200

	하단베어링	6808zz	하단컨베이어	12	₩5,100	₩61,200
	피딩베어링	6806zz	피딩컨베이어	24	₩5,820	₩139,680
	분류기베어링	7904A5-H-20S ULP5U264	분류기	9	₩502	₩4,518
	임시베어링	6803	임시컨테이너	6	₩4,220	₩25,320
	RFID리더기	RC522	시스템제어	3	₩2,090	₩6,270
	적외선센서	MD0052	시스템제어	15	₩4,700	₩70,500
	임시와서	M16	임시컨테이너	6	₩2,959	₩17,754
	상단와서	M45	상단컨베이어	12	₩2,350	₩28,200
	하단와서	M42	하단컨베이어	12	₩1,000	₩12,000
	피딩와서	M33	피딩컨베이어	24	₩530	₩12,720
	강	일반 ss275 (12*200*6000)	하우징	15	₩81,360	₩1,220,400

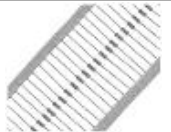
	임베디드	-	시스템제어	1set	₩200,000	₩200,000
	컨베이어 벨트	PVC	컨베이어	1roll	₩520,000	₩520,000
총 금액						₩6,008,801

실물사이즈의 제품을 제작할 때 드는 비용은 총 6,008,801원이다. 본 제품은 3개의 라인으로 구성되어 있으므로 분류기와 컨베이어가 포함된 한 라인당 드는 순수 비용은 200만원 가량이며, 공임비나 이익을 책정하지 않았음을 고려하더라도 컨베이어가 포함되지 않은 휠소터 분류기 가격인 1000만원에 비했을 때 매우 저렴하다는 것을 알수 있다. 그뿐만 아니라 본 제품을 통해 기존에 설치가 불가능했던 중소형 물류센터에서도 인건비 감소 및 분류속도 향상을 얻을 수 있으며 이를 통하여 인력 부족 문제를 해결할 수 있고, 강력한 물류경쟁력을 얻을 수 있으므로 기존 제품과 비교했을 시 매우 경제적이라고 판단된다.

2.7.2 프로토타입

Table 19 Production cost (prototype)

	부품명	모델명	용도	수량	단가	가격
	PLA	1.75mm/1kg	본체/하우징	10	₩12,700	₩127,000
	베어링	6800zz	상단/하단/피딩	48	₩1,250	₩60,000
	분류기 베어링	684	분류기	9	₩1,000	₩9,000
	임시 베어링	687	임시컨테이너	6	₩1,000	₩6,000
	와셔	M10	상단/하단/피딩	48	₩40	₩1,920
	분류기 와셔	M4	분류기	36	₩10	₩360
	임시와셔	M8	임시컨테이너	6	₩40	₩240
	모터	MB2430(1W)	분류기	6	₩4,000	₩24,000
	모터	MB2430 (감속기1W)	상단/하단/피딩	15	₩9,500	₩142,500
	서보모터	SG-90	임시컨테이너	3	₩1,300	₩3,900
	모터드라이브	2A L298	상단/하단/피딩/분류	8	₩2,000	₩16,000
	아두이노	아두이노 우노	시스템제어	4	₩4,880	₩19,520

	적외선센서	TCRT5000	시스템제어	9	₩660	₩5,940
	커패시터	E/C 16 330uF	시스템제어	8	₩120	₩960
	가변저항	H3296W	시스템제어	4	₩250	₩600
	스위치	MSL-1C2P	시스템제어	3	₩150	₩450
	MOSFET	IRF2807	시스템제어	9	₩2,000	₩18,000
	전압조정기	LM317	시스템제어	7	₩200	₩1,400
	전압조정기	7805	시스템제어	6	₩500	₩3,000
	케이블	-	시스템제어	75set	₩850	₩63,750
	방열판	-	시스템제어	7	₩380	₩2,660
	커넥터	5051	시스템제어	27	₩40	₩1,080
	만능기판	-	시스템제어	4	₩1,700	₩6,800
	저항	-	시스템제어	14	₩10	₩140

	어답터	SZH-PSU03	시스템제어	5	₩5,600	₩28,000
	아두이노 RFID 모듈	RC522	시스템제어	3	₩3,400	₩10,200
	카메라 모듈	ESP-EYE	시스템제어	1	₩28,550	₩28,550
	컨베이어 벨트	PVC (95x750mm)	컨베이어	1	₩22,050	₩22,050
총 금액						₩604,020

3. 결과 및 토의

3.1 제작결과 및 작동

3.1.1 제작결과

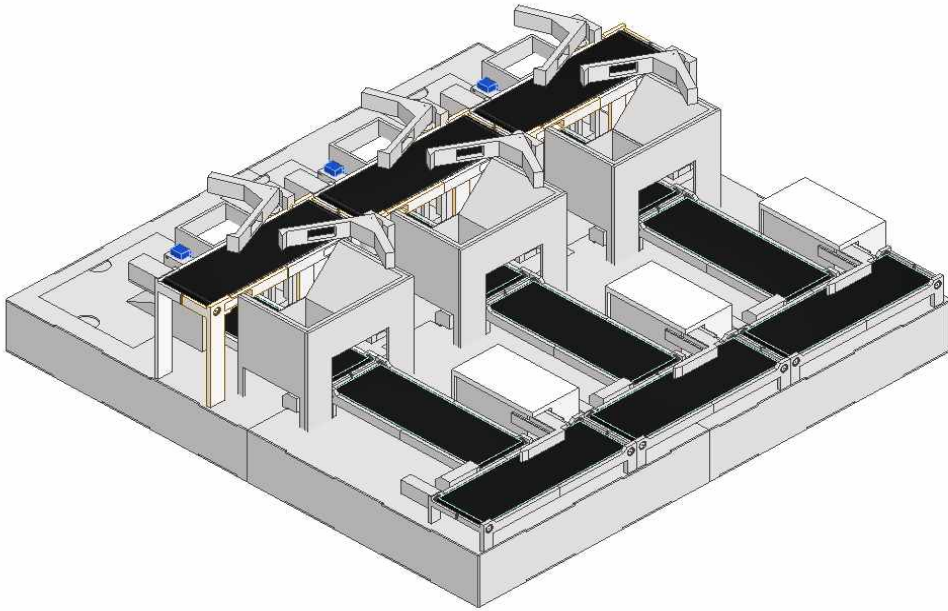


Fig. 33 Product of 3D Modeling

3.1.2 작동과정

Table 20 Operating process (prototype)

 1. 컨테이너 보급	 2. 화물 분류
1. 피딩컨베이어 라인을 이용해 컨테이너를 보급한다.	2. RFID 태그에 저장된 내용을 바탕으로 가벼운 물품은 임시컨테이너로, 무거운 물품은 컨테이너로 분류한다.
 3. 컨테이너 화물 적재	 4. 컨테이너 배출 & 보급
3. 컨테이너에 무거운 물품이 일정량 이상 쌓이면 컨테이너가 임시컨테이너 하부로 이동하여 가벼운 물품을 적재한다.	4. 임시컨테이너의 가벼운 물품이 적재 완료되면 컨테이너가 배출되며, 새로운 컨테이너가 보급된다. 이후 상기 공정을 반복한다.

3.2 제품평가

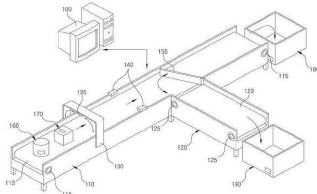


Fig. 6 System and Method for Grouping products⁵⁾

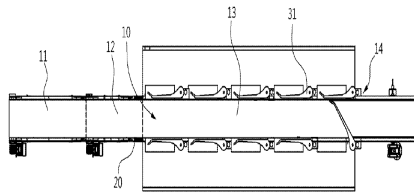


Fig. 7 Apparatus and method for sorting goods using twin bar⁶⁾

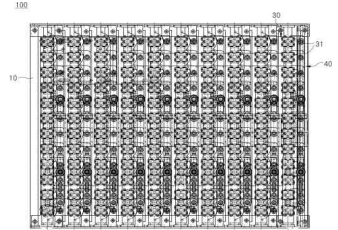


Fig. 34 Wheel sorter¹³⁾

Table 21 Product Comparison

	<u>스마트 물품 분류 시스템</u>	Fig. 6	Fig. 7	Fig. 34
제품 단가	보통	보통	보통	높음
물류처리효율	높음	낮음	높음	매우 높음
설치용이성	쉬움	어려움	보통	어려움
조작 편리성	쉬움	쉬움	보통	보통
유지&보수	쉬움	쉬움	보통	어려움
제품 내구성	보통	보통	보통	낮음
제품 안정성	높음	높음	보통	보통

본 제품은 RFID 인식방법과 ‘ㄱ’자암 방식을 이용하여 화물분류 정확도를 올렸으며, 초기비용을 낮추기 위해 설계를 단순화 하였다. 또한, 안정성을 높이고 유지보수가 용이하게 제작되었다. 지역에 따른 컨테이너 적재방식을 차용하여 택배기사의 추가적인 노동력 없이 신속한 배송을 가능하게 함으로써 물류 효율을 높였다. 뿐만 아니라 모듈형으로 제작하여 설치 및 확장이 쉽도록 설계하였고, 해당 물류센터의 상황에 맞게 변형 할 수 있도록 범용성 높게 제작하였다. 따라서 다른 제품보다 물류처리효율, 설치용이성, 조작 편리성, 유지보수, 안정성 면에서 장점을 가져, 택배기사의 처우 개선 및 물류 기업의 수익성 향상에 기여 할 수 있다. 하지만 제작 예산 및 공간상의 한계로 실제 스케일에서의 모델은 설계까지만 진행되었으므로 제작 또는 운용의 불확실성이 존재한다.

3.3 제품 기대효과

온라인 시장 활성화와 코로나19로 인한 본격적 언택트 시대가 열림에 따라 물류 시장은 급격하게 성장하고 있으며 택배 물동량 또한 급증하고 있다. 이로 인해 배달 노동자들의 업무량이 과도하게 증가하였고 배달 과정 중 가장 큰 부분을 차지하는 분류작업을 무임금으로 작업해야 하므로 택배 노동자들의 노동 환경이 보장받지 못하였다.

본 ‘스마트 물품 분류 시스템’은 위와 같은 문제를 해결하기 위해 제작되었다. 분류 효율은 기존의 [분류, 적재, 이동, 재분류, 상차] 5단계의 과정에서 [분류, 이동, 상차] 3단계로 줄임으로 크게 향상되었으며, 모듈형으로 제작하여 기존에 자동화 월소터를 설치할 수 없던 중소형 물류센터에도 설치할 수 있게 설계하였다. 이는 택배기사에게 분류작업의 노동에 대한 부담을 완화시키고 근무 시간을 줄일 수 있는 효과를 가져다준다. 기업 입장에서는 설치 범용성이 높으며 비용부담이 적은 ‘스마트 물품 분류 시스템’을 설치함으로써 대형 허브부터 중소형 대리점까지 빠른 물류처리속도를 가질 수 있어 배송서비스 면에서 강력한 경쟁력을 가질 수 있다. 뿐만 아니라 기존 물류업계의 고질적 문제인 인력 부족 문제를 해결할 수 있다.

4. 결 론

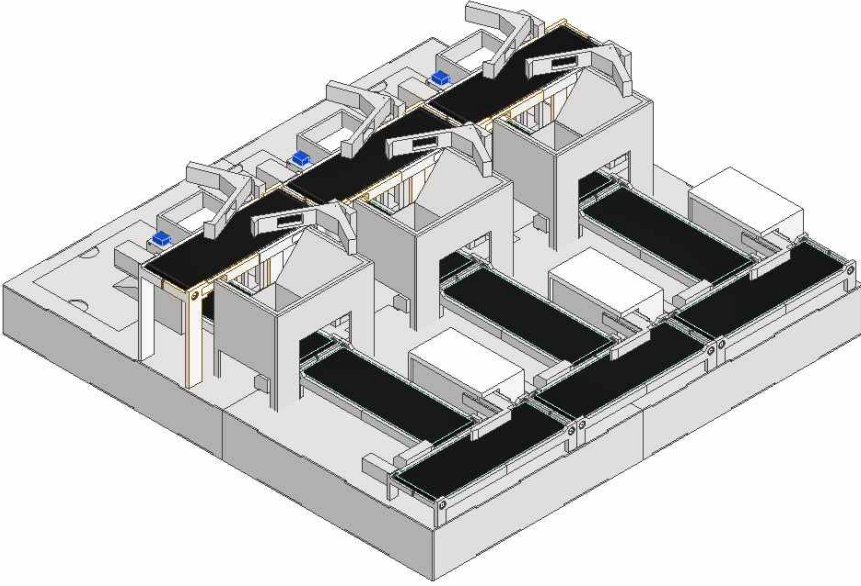
본 설계에서는 가격이 높고 부피를 많이 차지하는 월소터를 설치하지 못하는 중소규모 대리점의 노동 집약적인 택배 분류작업의 효율을 높이기 위해 제작하였다.

본 제품의 화물분류메커니즘 및 픽업 컨테이너 자동탑재 기능은 기존의 [분류, 적재, 이동, 재분류, 상차] 5단계 중 [분류, 적재, 재분류] 3과정을 [분류] 한 단계 공정으로 줄일 수 있으며 이는 분류작업에 사용되는 시간 및 인적자원을 대폭 절약할 수 있다. 또한, 해당 물품의 위치가 몇 번 컨테이너의 어디에 있는지 알려줌으로써 배달 시에 시간 단축을 가져다줄 수 있다.

기존의 바코드를 대체한 배송지 및 화물정보가 포함된 RFID 태그 방식을 이용함으로써 인식률을 높이고 화물 바코드 정렬과정에 투입되는 인원을 최소화 시킬 수 있다.

또한 피딩부, 분류부, 적재부 등을 모듈 형태로 설계함으로써 범용성을 높이고 유지보수를 용이하게 하여 중소규모 대리점에 가해지는 비용에 대한 부담을 줄였다. 이를 통해 월소터의 도움을 받지 못하던 중소규모 대리점 택배기사의 분류작업에 대한 노동 부담을 완화 시키고, 배송 지연 문제를 해결할 수 있다.

Table 22 Product specifications (Prototype)

제품 사양서					
품명	스마트 분류기	규격	1000*1000*330mm	모델명	FR_MK1
					
적용 범위					
공간이 한정된 규모의 최종 집배점에서 월소터보다 저렴한 비용으로 택배 노동자들의 분류작업 시간을 단축시켜 노동 부담을 덜어주고, 노동 생산성을 높일 수 있음					
제작 방법					
- 컨베이어 벨트(상단, 하단, 피딩) - PVC 벨트 : 검은색 PVC 이송 컨베이어 벨트를 재단하여 제작 - 드럼 : 3D 프린터 출력 후 가공 - 모터 : 하우징에 고정하여 부착 - 모터 드라이브 : 모터와 연결 후 제어부와 결합하여 아크릴 외관 하부로 삽입					

1.5. 하우징

1.5.1. 옆면 하우징 : 베어링 홀과 컨베이어벨트 길이에 맞게 3D프린터 출력

1.5.2. 컨베이어벨트 받침 커버 : 화물의 하중을 받쳐주도록 컨베이어 벨트 내부에 조립

1.5.3. 다리 : 옆면 하우징에 부착시켜 제작

2. 컨테이너 : 3D 프린터 출력 후 가공

3. 임시 컨테이너

3.1. 지지대 : 막대 모양으로 3D 프린터 출력 후 가공

3.2. 힌지 : 베어링과 와셔를 끼울 수 있는 축을 고려하여 3D 프린터 출력 후 가공

3.3. 하우징 : 힌지가 끼워질 수 있도록 홈을 내고, 모터 위치를 고려하여 3D 프린터 출력 후 가공

3.4. 모터 : 힌지와 연결하고 하우징에 부착하여 제작

4. 분류기

4.1. ‘ㄱ’자 암 : 래크와 3D 프린터 출력 후 가공한 재료와 연결시켜 제작

4.2. 지지대 : 막대 모양으로 3D 프린터 출력 후 가공

4.3. 모터 : 피니언과 직접 연결하여 지평면과 수직하게 제작

4.4. 피니언 : 치수에 알맞은 기어 주문하여 사용

4.5. 래크 : 3D 프린터 출력 후 가공 도구를 이용해 모듈값에 맞도록 가공

4.6. 축 : 3D 프린터 출력 후 가공

4.7. 모터 : 하우징에 고정되어 부착

4.8. 모터 드라이브 : 모터와 연결 후 제어부와 결합하여 아크릴 외관 하부로 삽입

5. 아크릴 외관 : 컨베이어 벨트, 임시 컨테이너, 분류기가 고정될 수 있는 하부를 아크릴판을 레이저 가공하여 제작

6. 제어 회로 : 컨베이어 벨트 받침 커버 하부에 부착하여 하부 아크릴 외관에 내장될 수 있도록 설치

제품 기능 및 특징

- 화물의 무게에 따라 분류하여 컨테이너 적재하므로 파손 방지
- 기존의 많은 분류 시간이 소요되는 문제 해결
- 모듈 형식으로 집배점 규모에 따라 사이즈 조절 가능
- 택배 처리 수량을 알 수 있는 인터페이스 제공
- 동시에 다수의 화물차량 적재 가능
- 적외선 센서가 화물을 인식하여 컨테이너에 ‘ㄱ’자 암이 끌어당김
- 지속적인 적재를 위해 피딩 컨베이어로 컨테이너 공급
- 신속하게 화물차량에 적재할 수 있는 컨테이너 사용

제품 사양

- 컨베이어 벨트(상단, 하단, 피딩)
 - PVC 벨트 : BOSSZEN사의 Customizable-500 * 300*1mm PVC 검은색 전송 컨베이어 산업 벨트
 - 모터 : DC 12V MB2430(1W) 5600rpm (24*30mm)
 - 베어링 : 단열 깊은 홈 볼 베어링 6800
 - 와셔 : 형번 EA949SE-10의 M10 평와셔 스테인리스제
- 임시 컨테이너
 - 모터 : 아두이노 SG90 DC 마이크로 서보 모터 Weight 9 g (22.8*12.3*30.7mm)
- 분류기
 - 모터 : DC 12V MB2430(1W) 5600rpm (24*30mm)
 - 피니언 : 플라스틱기어 GEAR 톱니기어 톱니 개수 18개 톱니 간격 1.9mm
(6.3 * 10mm, 내경 4mm)
 - 모터 드라이브 : 2A L298 Weight 30g (43*43*27mm)
- 제어 회로
 - 아두이노 : 아두이노 우노 Weight 25g (75*50*15mm)
 - RFID 리더기 : 동작 주파수 13.56MHz (40*60mm)
 - 적외선 센서 : 측정 거리 1mm~25mm (31*14*10mm)
 - 모터 드라이브 : 2A L298 Weight 30g (43*43*27mm)

정량적 목표

- 한 개의 택배를 평균 3초에 하나를 처리하는 것을 목표로 한다.

실제 스마트 물품 분류 시스템에서는 대리점 또는 영업소의 물량에 따라 분류해야 하는 택배의 개수가 다르며, 실제 컨테이너에는 최대 30개의 택배가 수용되지만, 프로토타입은 총 60개의 택배를 분류하며 한 컨테이너에는 최대 10개를 수용하는 것으로 설정한다. 따라서 60개의 택배를 3초에 하나씩 분류하여 총 3분이 소요되며, 적재가 완료된 컨테이너의 배출과 빈 컨테이너의 보급까지 프로세스가 완료된다.

4.2 성능지표

Table 23 Performance indicator (Prototype)

주요 성능지표	단위	최종개발목표	가중치 (%)	객관적 측정방법
				시료 수 ($n \geq 5$)
1. 분류속도	EA/s	0.33 이상	20	30
2. RFID 인식률	인식률(%)	100	20	30
3. 적외선센서	cm	10	15	9
4. 상단분류기 응답속도	s	0.33	5	6
5. 임시컨테이너 적재량	EA	3	5	9
6. 하단 분류기 분류 정확도	%	100	5	6
7. 컨베이어벨트 단차	mm	0.1	20	12
8. 컨테이너 지정 위치 정확도	mm	5	5	6
9. 인장강도	MPa	63.63	5	27
□ 측정결과와 증빙방법				
성능지표 1~9의 경우 프로토타입 제품을 제작한 뒤, 구동을 통하여 증명한다.				

후 기

후기1. 설계 및 제작과정에 많은 조언과 도움을 주신 임성한 교수님, 지성철교수님 감사합니다.

후기2. 제작비, 재료 및 3D프린터 이용에 도움을 주신 단국대학교 공학교육혁신센터, 기계공학과 구성원분들께 감사드립니다.

이 외 ‘스마트 물품 분류시스템’작성에 도움을 주신 황경환님 외 택배기사 및 물류 업계 관련자분들께 진심으로 감사인사 드립니다.

참고문헌

- (1) "Trends in Domestic Delivery Market" National Logistics Information Center, last modified Dec 15. 2019, accessed Sep 2,2020, <https://www.nlic.go.kr/nlic/parcelServiceLogistics.action>.
- (2) "October 2020 Online Shopping Trends" National Statistical Office, last modified Dec 03. 2020, accessed Jan 21,2021, http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/1/12/3/index.board?bmode=read&aSeq=386445&pageNo=&rowNum=10&amSeq=&sTarget=&sTxt=
- (3) "Map of NAVER" NAVER, accessed Sep 2,2020, <https://map.naver.com/>
- (4) "CJ Korea Express 'Wheel Sorter' has surpassed its 100th...the life of a courier changes" CJ Logistics, last modified Jan 22. 2018, accessed Jan 21,2021, https://www.cjlogistics.com/ko/newsroom/news/NR_00000356
- (5) "SYSTEM AND METHOD FOR GROUPING PRODUCTS" Kipris, last modified Dec 26. 2016, accessed Jan 21,2021, <https://doi.org/10.8080/1020140186135>
- (6) "Apparatus and method for sorting goods using twin bar" Kipris, last modified May 20. 2015, accessed Jan 21,2021, <https://doi.org/10.8080/1020140143347>
- (7) "Wired Handheld Barcode Reader" Indiamart, last modified May 13. 2016, accessed Jan 21,2021, <https://www.indiamart.com/proddetail/barcode-reader-21748345988.html>
- (8) "How RFID technology is being used in the clothing/fashion industry." cipherlink, last modified Feb 20. 2019, accessed Jan 21,2021, <http://cipherlink.co.kr/blog/?q=YToxOntzOjEyOiJrZXI3b3JkX3R5cGUiO3M6MzoiYWxsJt9&bmode=view&idx=1617884&t=board>
- (9) "ULTRASONIC SENSOR" 3DEMP, last modified Jan 23. 2017, accessed Jan 21,2021, <http://www.3demp.com/community/boardDetails.php?cbID=124>
- (10) "Physical properties table", Mechanical Engineering & Robotics, accessed Jan 21,2021 from <https://www.materic.or.kr/dictionary/matt/content.asp?idx=4186>
- (11) "Carbon Steel for Machine Structural Use"
"Korean Standard & Certifications, last modified 2019, accessed Jan 21,2021, from <https://standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do?pageIndex=1&pageUnit=10&ksNo=KSD3752&tmprKsNo=KSD3752&reformNo=19&menuId=919&topMenuId=502&upperMenuId=503>
- (12) Seong Je Park, Jung Hyun Park, Kwon Haeng Lee, and Min-Young Lyu, 2016, "Deposition Strength of Specimens Manufactured Using Fused Deposition Modeling Type 3D Printer," Polymer, Vol. 40, No. 6, pp. 846~851.
- (13) "2-way branch type pivot wheel sorter" Kipris, last modified Apr 04. 2017, accessed Jan 21,2021, <https://doi.org/10.8080/1020160007165>