

19LRP-
C127006-03

운
영
환
경
에
유
연
한
레
고
형
셔
틀
·
포
장
시
스
템
개
발

2020

국
토
교
통
부

국
토
교
통
과
학
기
술
진
흥
원

보안 과제(), 일반 과제() / 공개(), 비공개() / 발간등록번호(11-B552989-000298-01)

교통물류연구사업사업 최종 보고서

R&D / 19LRP-C127006-03

운영환경에 유연한 레고형 셔틀·포장시스템 개발 최종보고서

2020. 03. 30

주관연구기관 / (주)랩투마켓
공동연구기관 / (주)일양엔지니어링
공동연구기관 / 진성하이텍
공동연구기관 / (주)솔트웍스
공동연구기관 / 한국파렛트풀(주)
공동연구기관 / 한국항공대학교
산학협력단

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

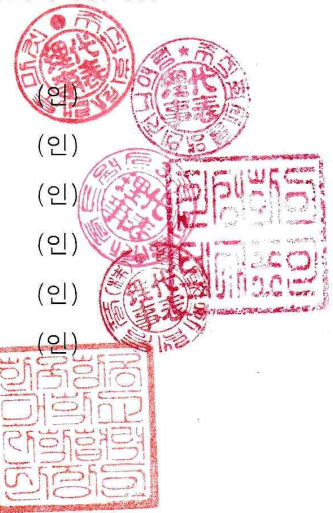
제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

‘운영환경에 유연한 레고형 셔틀.포장시스템 개발’(연구개발 기간 : 2017.03.31. ~ 2020 .03
30.) 과제의 최종보고서 7부를 제출합니다.

2020 . 03. 30.

주관연구기관명 :	(주)랩투마켓	(대표자) 장 윤 석
공동연구기관명 :	(주)일양엔지니어링	(대표자) 안 상 일
공동연구기관명 :	진성하이텍	(대표자) 나 승 옥
공동연구기관명 :	(주)솔트웍스	(대표자) 김 기 호
공동연구기관명 :	한국파렛트(주)	(대표자) 서 병 룬
공동연구기관명 :	한국항공대학교 산학협력단	(대표자) 김 병 규



주관연구기관책임자: 장 윤 석
공동연구기관책임자: 이 기 중
공동연구기관책임자: 나 기 동
공동연구기관책임자: 우 승 순
공동연구기관책임자: 김 수 현
공동연구기관책임자: 채 준 재

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	19LRP-C127006-03	해당 단계 연구 기간	2017.03.31. ~ 2020.03.30	단계구분	3차년/3차년
연구사업명	중사업명	교통물류연구사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	운영환경에 유연한 레고형 셔틀.포장시스템 개발			
	세부과제명				
연구책임자	장 윤 석	해당단계 참여연구원 수	총: 41명 내부: 41명 외부: 명	해당단계 연구비	정부: 1,435,000천원 민간: 478,334천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 1,913,334천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총:120명 내부:120명 외부: 명	총 연구비	정부: 4,303,000천원 민간: 1,434,335천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계: 5,737,335천원
연구기관명 및 소속 부서명	(주관연구기관) (주)랩투마켓 (공동연구기관) (주)일양엔지니어링 (공동연구기관) 진성하이텍 (공동연구기관) (주)솔트웍스 (공동연구기관) 한국파렛트폴(주) (공동연구기관) 한국항공대학교 산학협력단			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	

※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음

연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반
-------------------------	----

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호	-	20	-		-	10	-	-	-	-	-

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설 · 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다)

보고서 면수 173p

요약문

연구의 목적 및 내용	○ 연구 개발 과제의 목적 - 다양한 운영환경에 유연한 경량소형화물용 지능형 물류 장비 기술 개발을 통해 물류 작업 효율 개선하는 것을 목적으로 함 ○ 추진배경 - 국내 다품종 경량소형화물의 수요증가에 따라 물류 작업 처리를 위한 유연한 물류 장비 기술 개발 필요 - 국내 물류 장비 제조 산업 경쟁력 제고를 위한 유연하고 지능화된 첨단 물류 장비 기술 개발 필요 ○ 연구개발과제의 목표 - 물류 작업 효율 개선을 위한 다양한 운영환경에 적용이 유연한 지능형 물류 장비 개발하는 것을 목표로 함
연구개발성과	○ 다양한 운영환경에 적용 가능한 자동 화물 반·출입 기술 - 정량적 목표 • 화물 적재 중량 : 40kg • 속도(지상) : 2m/s • 속도(랙) : 4m/s - 요소 기술 개발 항목 • 레고형 셔틀 개발 • 화물 보관랙 개발 • 수직 이송체 개발 • 지능형 운영 시스템 개발 ○ One-Stop 다규격 포장 기술 - 정량적 목표 • 재단 처리량 : 최대 6ea/min(단일작업), 운영재단속도 5ea/min(최소 크기 박스 재단 시 220(L) x 190(W) x 110(H) mm), 3ea/min(최대 크기 박스 재단 시 410(L) x 310(W) x 280(H) mm) • 재단 가능 크기 : 550~1200mm • 재단 가능 두께 : 2~7mm • 제함 처리량 : (최고제함속도) 5ea/min [제함박스크기가 “220(L) x 190(W) x 110(H) mm” 일 경우] / (운영제함속도) 4ea/min [제함박스크기가 “410(L) x 310(W) x 280(H) mm” 일 경우] * 제함속도는 제함가능형태의 재단박스가 제함에 투입 되고 상단 봉합 전 상태의 제함된 박스가 나오는 수량을 말함 • 제함 가능 크기(L x W x H, mm) : 220 x 190 x 90 ~ 410 x 310 x 280 - 요소 기술 개발 항목 • 다규격 박스 재단 모듈 개발 • 유연 박스 제함-봉합 모듈 개발 • 지능형 학습 시스템 개발
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	○ 최종 성과물 - 자동 화물 반·출입 시스템 시제품 2건 - One-Stop 다규격 포장 시스템 시제품 1건 ○ 활용계획 - 실용화 성능 검증을 위한 시범운영 - 연구개발 장비의 제품화 준비 ○ 기대효과 - 기술적 측면 • 경량소형화물용 물류장비의 선진 기술 확보 • 모듈형 구조의 물류 장비 기술 확보

	• 화물 보관, 피킹, 이송의 복합 물류 처리 기술 확보 • 다양한 크기의 박스 재단 및 포장 기술 확보 - 경제적 산업적 측면 • 고속, 유연화된 첨단 물류 장비 기술 개발을 통한 국내외 시장 진입 및 선도 • 노동집약적 물류 산업의 물류 작업 환경 및 생산성 향상 도모				
국문핵심어 (5개 이내)	조립식 모듈 셔틀 시스템	자동 화물 반·출입 기술	다규격 박스 재단	유연 박스 제함	다품종 경량소형화물 처리
영문핵심어 (5개 이내)	Lego type shuttle system	Automated Goods to destination system	muti-type box cutting	flexible box erecting	multi-product light weight cargo

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구개발성과 및 성과	5
가. 연구개발성과 요약	5
나. 연구개발내용 상세	7
3. 목표 달성도 및 관련 기여도	133
3-1. 목표	133
가. 연구개발성의 최종목표	133
나. 기관별 연구개발 세부목표	133
다. 연구개발 최종 성과물의 창의·혁신성	134
3-2. 목표 달성여부	137
가. 3차년 성과점검 기준표	137
나. 2차년 성과점검 기준표	139
다. 1차년 성과점검 기준표	142
라. 최종 양적 성과 달성도	143
마. 개발 장비 성능평가	144
바. 기술개발 성과물의 홍보실적	158
3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성)	160
가. 목표 미달성 시 원인(사유)	160
나. 차후대책(후속연구의 필요성)	160
4. 연구개발성과의 활용 계획 등	161
가. 추가 연구의 필요성	161
나. 본 기술의 관련 기대효과	161
다. 시스템의 적용에 따른 효율성 및 경제성 분석	163
라. 실용화 추진 계획	168
마. 기업화 추진 방안	170
별첨. 협력의향서	172

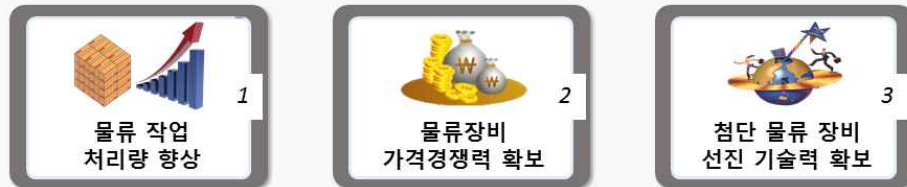
1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발의 목적 및 목표

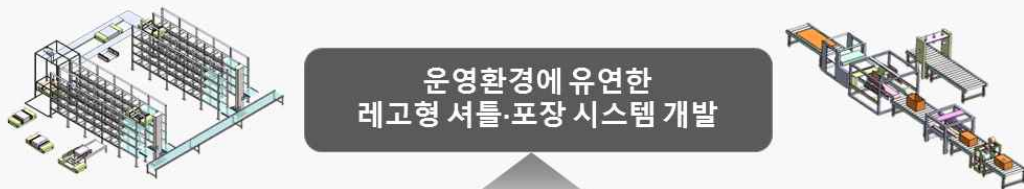
경량 소형 화물용 유연한 지능형 물류 장비 기술력 확보를 통한

물류 작업 효율 개선

과제 목적



과제 목표



유연하고 지능화된 물류 장비 기술 개발 및 자동화된 물류 작업 환경 구축 필요

기술 Logistics 4.0 기술 추세를 반영한 지능화된 물류 기술 개발 필요



정책 국가 R&D 정책에 부합한 스마트한 물류기술 개발 필요

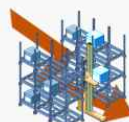
국가 물류 계획 2016-2025 전략3. 스마트 물류기술 개발·확산



시장·산업 시장 및 산업 수요 반영, 국내 기술경쟁력 제고를 위한 기술 개발 필요



온라인쇼핑몰 확대에 따른 다품종 경량 소형화물 처리 요구 증가



국내 물류 장비 제조 기업의 시장 점유율 하락



노동집약적 물류 작업환경에 따른 인력 부족 현상

과제 추진 배경

(1) 연구개발과제의 목적

- 본 과제는 다양한 운영환경에 적용이 가능한 경량 소형화물용 지능형 물류 장비 기술 개발을 통해 물류 작업 효율을 개선하는 것을 목적으로 함
- 본 과제에서 제시하는 물류 작업 효율 개선의 범위는 유연한 지능형 물류 장비를 통해 경량 소형화물의 입·출고, 보관, 피킹, 이송, 포장 처리 작업에 대한 작업시간 최소화 및 비용 절감하는 것을 의미

(2) 연구개발과제의 추진배경

(가) 물류 시장 및 산업 측면

- 국내 다품종 경량 소형 화물의 수요증가에 대한 물류 작업 처리 능력 부족
- 급격한 전자상거래 산업 성장세에 따라 다양한 크기, 형태를 가진 다품종 소형, 경량화물 취급 증가하면서 창고 관리 등 물류 작업 효율 개선을 위한 기술 수요 증가
 - 미국 Amazon社は 온라인 쇼핑물의 주문 처리 비용은 2009년 8.4%에서 2014년 매출액의 12.3%로 증가
- 다수 국외 물류 창고 운영사들은 전자상거래 확산에 따른 폭등한 다품종 경량 소형 화물의 주문량 처리를 위해 창고 내 각종 첨단 자동화 장비 및 로봇을 도입 추진 사례 증가
 - 미국 Amazon社は 물류 이송 로봇 개발 업체 Kiva systems社 인수 후 자사 물류 창고에 도입하여 물류 효율 개선 도모
 - 인도 Grey Orange社は 물류 처리 시간 최소화를 위해 프로파일러, 소터, 버틀러 등 다양한 자동화 장비 및 로봇 도입 추진
 - 일본 DMS社は 패키지 높이를 다양한 상품의 크기에 맞추는 자동 포장 장치인 e-cube 도입을 통해 포장 작업 효율 개선 도모
- 이에 반해, 국내 물류 창고 운영사들은 증가하는 다품종 경량 소형 화물의 물류 작업 처리를 위해 작업 인력만 증가시키고, 물품 배송 인프라 확보에만 초점이 맞춰져 있는 실정
- 국내 온라인 쇼핑산업의 확대에 따라 증가되는 다품종 경량 소형 화물의 주문처리 및 물류 작업처리 능력향상을 위한 유연한 지능형 물류 자동화 장비 개발 및 도입 추진 확대 필요

(나) 물류 장비 제조 산업 측면

- 국내 물류 장비 제조 산업 경쟁력 제고를 위한 연구 지원의 필요성
- 독일, 일본 등 물류 장비 제조 산업의 선진국에서는 경량 소형 화물 취급 물류 장비를 차세대 물류 장비로 전망하고 기술 개발 및 상용화 추진 중
 - 제 4차 산업혁명(Industry 4.0)에 따라 물류 분야에서도 Logistics 4.0 전략이 확산되고 있으며, 차세대 물류 자동화 장비 및 로봇 개발 및 상용화 추진 사례 증가

- World robotics 2016 보고서에 따르면 2015년 물류 자동화 장비 및 로봇의 매출 규모는 7억 7900만 달러(한화 약 9000억원)로 2014년 대비 약 52% 증가¹⁾
- 경량소형화물용 스마트 물류 장비 특허는 미국 651건, 일본 517건, 유럽 275건 특허를 보유하고 있고, 본격적인 연구개발을 통한 성장기에 돌입한 것으로 예측
- 국내의 경우, 경량 소형 화물의 물류 장비 개발 투자는 부족한 실정이며, 국내 물류 장비 제조 산업의 경쟁력 확보를 국가적인 지원 확대 필요
- 중량화물 물류작업 처리를 위한 장비 개발에 많은 투자가 이뤄졌으나 중량화물용 물류장비들은 정밀하고 신속한 처리를 요구하는 경량소형화물 물류 장비 분야의 기술 적용이 어려움
- 특히, 항만분야 하역 자동화 장비 개발에 국가적인 지원이 활발하게 이뤄져 왔으나 상대적으로 물류센터, 제조현장에 활용되는 경량소형화물 물류작업처리용 장비 개발의 국가 R&D지원은 거의 이뤄지지 않음
- 경량소형화물의 국가지원을 통해 물류 장비 개발에서 기술 추종현상에 그치고 있는 Fast Follower 전략에서 벗어나, 국내 물류 장비 기술력을 향상시키고 관련 시장 및 산업을 선도하는 First Mover 전략 필요

(3) 연구개발과제의 정의

(가) “경량소형화물” 무게범위 정의

- 본 제안서의 “경량 소형화물” 범위는 작업자가 수작업으로 처리 가능한 무게(25kg 이하)의 화물로 정의
- 경량 소형화물의 무게는 아래 각 기관 혹은 나라별로 작업자가 화물을 들어 올릴 수 있는 최대 무게를 기준으로 정의
- (반도체 관련 국제 연구기관 International Sematech) 작업자가 화물을 들어 올릴 수 있는 최대 무게를 26.1kg 이하로 정의
- (국제 표준 ISO Standard 11228 Part 1:Lifting) 95% 남성작업자가 화물을 양손으로 들어올릴 수 있는 최대 무게를 25kg, 99% 여성작업자는 15kg 이하로 정의
- (미국, Military Standard 1472F) 남성 군인이 양손으로 화물을 허리 높이까지 들어 올릴 수 있는 최대 무게를 39.5kg, 여성 군인은 25.4kg 이하로 정의
- (핀란드, 청소년 근로자 보호 규정) 18세 이하 남자 근로자가 화물을 들어 올릴 수 있는 최대 무게는 20kg, 여자 근로자는 15kg 이하로 정의

1) Chief Logistics Officer, “2016년을 뜨겁게 달군 물류로봇 트렌드, AGV 강세”, 2016. 12. 26 기사

(나) 경량 소형화물 물류장비 정의

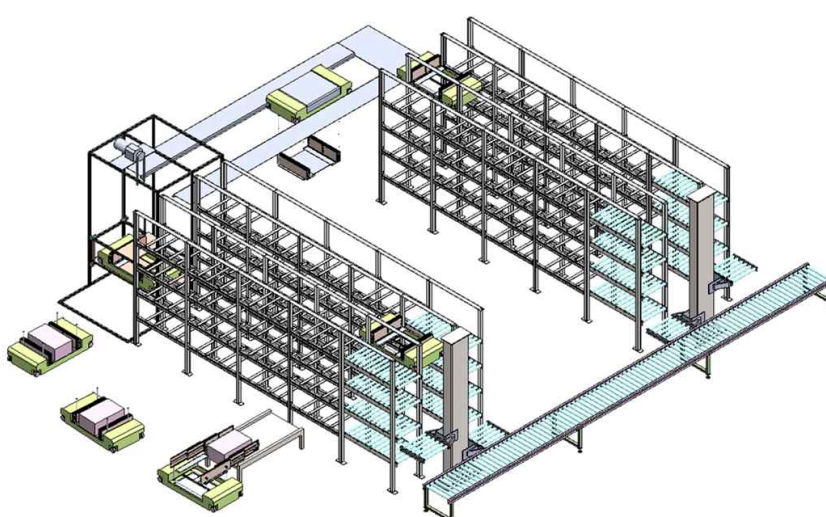
- 경량 소형화물용 물류장비란 25kg 이하 다품종 경량 소형화물을 취급하는 물류장비로 물류센터 내 보관, 하역, 이송, 피킹, 포장, 출고작업 영역 내 물류 작업을 수행하는 장비를 의미

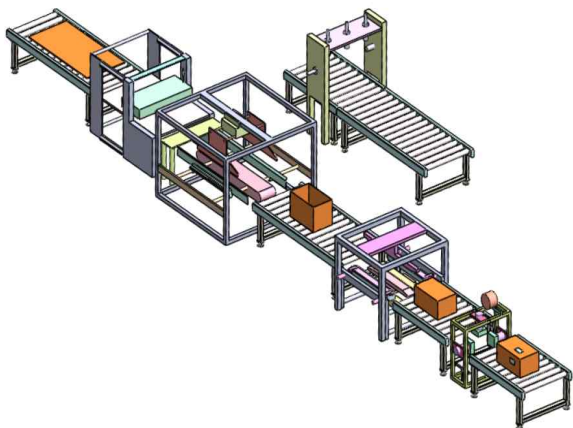
(다) 유연한 지능형 물류장비 정의

- 유연한 지능형 물류장비란 다양한 운영 환경, 고객 요구에 따라 모듈 재조립을 통해 유연하게 대응 가능하며 외부환경을 인식, 상황을 판단하여 자율적으로 동작이 가능한 물류 장비를 의미
- 지능형 기술은 지능(자율 의사 결정), 인식, 제어 및 알고리즘을 수행하는 지능인식·판단 기술과 이동(주행), 메커니즘과 같은 지능동작을 의미

(4) 연구개발과제의 목표

- 본 과제의 연구개발 목표는 물류 작업 효율 개선을 위한 다양한 운영환경에 적용이 유연한 지능형 물류 장비 개발이며, 기술 개발 방향은 아래와 같음
- 모듈화 : 다양한 운영환경 및 장비도입환경에 따라 재조립이 가능한 장비의 모듈화 기술 개발
- 유연화 : 다양한 종류, 크기 등 다품종 경량 소형 화물의 물류작업 처리가 가능한 기술 개발
- 지능화: 외부환경을 인식하고 상황을 판단하여 자율적으로 동작 가능한 기술 개발

구분	내용
목표	다양한 운영환경에 적용 가능한 자동 화물 반·출입 기술 개발
시스템 정의	장치의 탈부착이 가능한 레고형 셔들을 이용하여 화물 보관, 피킹, 이송작업을 유연하게 처리하는 자동 화물 반·출입 기술
시스템 개념도	
적용 범위	다품종 경량 소형 화물의 입·출고, 보관, 피킹, 랙 내 화물 이송, 지상 이송 작업

구분	내용
목표	One-Stop 다규격 포장 기술 개발
시스템 정의	다양한 크기 화물들의 체적을 고려한 박스 원지 재단, 박스 제함 및 봉합을 일괄적으로 처리 가능한 One-Stop 다규격 포장 기술
시스템 구성	
적용 범위	다품종 경량 소형 화물의 포장 박스 도안 재단, 제함 및 봉합 작업

2. 연구수행내용 및 성과

가. 연구개발성과 요약

(1) 세부 과제별 연구목표 및 수행내용, 결과 요약

세부 과제명	세부 연구 목표	연구개발 수행 내용	연구 결과
다양한 운영환경에 적용 가능한 자동 화물 반·출입 기술 개발	레고형 셔틀 개발	- 직/후진(X), 좌우측(Y) 주행부 설계/개발 - 포킹부 - 화물 포킹부 - 화물 폭조절부 - 화물승하강부 - 공중-화물 이송 및 하강 장치 설계/개발 - 프레임부 - 장치 탈부착형 셔틀 바디 프레임 설계/개발(모듈교체형)	완료
	화물 보관랙 개발	- 조립식 랙 설계/개발 - 지상 셔틀 배출 장치 설계/개발 - 공중 화물 배출 장치 설계/개발 - 주행 레일 설계/개발	완료
	수직이송체 개발	- 화물 이송 리프트 설계/개발 - 셔틀 이송 리프트 설계/개발 - 제어시스템 설계/개발	완료
	지상이송체 개발	- 셔틀 및 화물 이송 지원 장치 설계/개발 - 제어시스템 설계/개발	완료

	지능형 운영 시스템 개발	• 보관화물 재고관리 기능설계/개발 • 화물 입.출고 관리 기능설계/개발 • 장비 운영 알고리즘 연구 : 레고형 셔틀 운영 알고리즘 연구 • 장비 운영 알고리즘 연구 : 레고형 셔틀 장애물 회피 알고리즘 연구	완료
One-Stop 다규격포장 기술 개발	체적측정장치 개발	• 전자부광모듈 설계/개발 • 전자부센서 및 통신보드 설계/개발 • 장치 기구 프레임 설계/개발 • 장치 운영 소프트웨어 설계/개발	완료
	박스재단장치 개발	• 상부압박롤러부 설계/개발 • 박스시트 피드롤러부 설계/개발 • T-MOVE 유닛부 설계/개발 • Y-컷, 크리징부 설계/개발 • X-슬릿부 설계/개발 • 컨트롤러부 설계/개발 • 메인프레임부 설계/개발	완료
	박스포장장치 개발	• INPUT BOX SHEET HOPPER 설계/개발 • ADJUST WIDTH & FEEDING UNIT 설계/개발 • SQUARE FORMING MACHINE 설계/개발 • TAPING UNIT 설계/개발 • 컨트롤러부 설계/개발	완료
	지능형 학습 시스템 개발	• 적재 소프트웨어 설계/개발 • 3D 적재 시뮬레이션 소프트웨어 설계/개발 • 장비 운영 알고리즘 연구 : 적재 최적화 알고리즘 연구	완료

나. 연구개발내용 상세

(1) 자동 화물 반·출입시스템

(가) 레고형 셔틀

1) 주행부

① 구조설계

㉠ 개발목표

구분	도면 ID	모델명
신규	LSS-4DL-0100	직.후진(X축) 주행 장치
	LSS-4DL-0200	좌.우측(Y축) 주행 장치
설계 도면		
		
기능 설명		
개발 목표	- 셔틀의 X축, Y축 주행부 설계 및 개발 (다양한 방향으로 주행가능한 주행 유연성 확보)	
설계 고려 방향	- 고속 주행이 가능한 모터 선정 및 구조 설계 - X축과 Y축 주행 축의 간섭이 없는 구조 설계 - X축 주행부의 가이드롤러 구조 개선 설계 - Y축 주행부의 강도 개선 설계 - 정확한 정위치 정지를 지원하기 위한 센서선정 및 구조 설계 - 유지보수 시, 분리 및 교체가 편리한 구조로 설계 개선	
구성	- X축 구동 모터 - Y축 구동 모터 - X축 및 Y축 주행 축 및 바퀴 - 가이드롤러 - Y축 바퀴 승강 및 하강 모터 - Y축 바퀴 고정 축 - X, Y축 주행 위치 감지 센서 - 화물 포킹 위치 감지 센서	

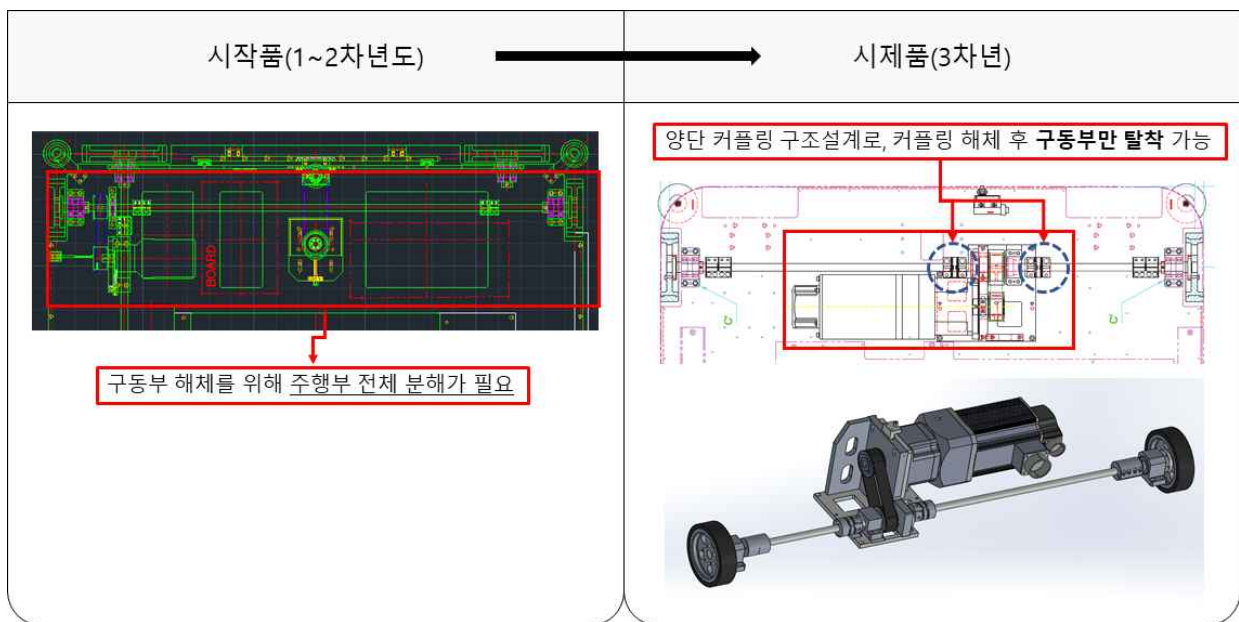
② 기능설계

④ 개발 내용

○ 직진 및 후진 주행(X축) 구조 설계 및 개발

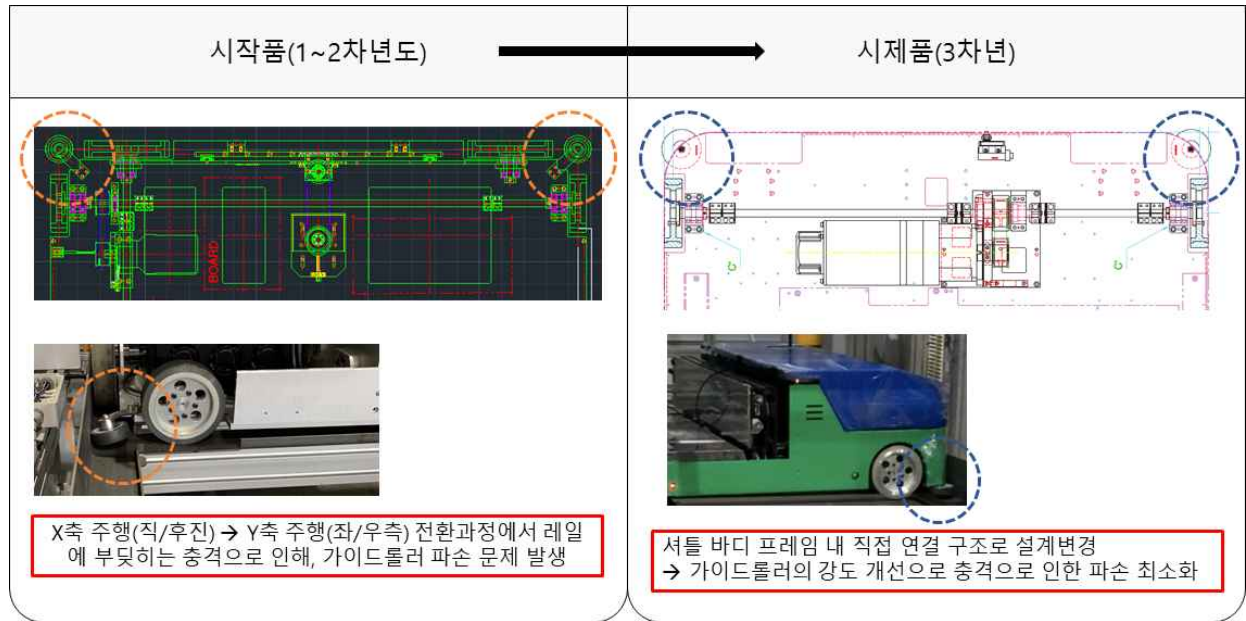
- X축 주행 구조는 X축 주행 축(2개) 및 바퀴(4개), 구동 모터(1개)으로 구성

- 시작품 테스트 시, X주행부 고장 시 유지보수를 위한 주행부 탈착이 어려운 한계점 존재
- 양단 커플링 구조로 설계하여, 커플링 분해 후 구동부만 **탈부착 가능** 하여 유지보수 **편의성 향상**



[그림 2] X축 주행부 구조개선

- 시작품 테스트 시, 방향전환 구간에서 발생하는 충격으로 인해 가이드롤러 파손 문제 발생
- 가이드롤러 파손 시, 셔틀 시스템의 직/후진, 좌우측 주行的 정확도 저하, 정지 오차가 발생됨
- 바디 프레임에 직접 연결하는 구조로 설계 변경하여 강도개선, 가이드롤러의 파손 문제 해결



[그림 3] X, Y축 주행부의 가이드롤러 구조개선

- 서틀시스템의 직후진 주행 시, 주행모터의 토크부하율 테스트를 수행

- 본 시스템의 모터제조사인 모터 측정 프로그램을 활용하여 데이터를 수집
- 주행 레일의 Case 1[0번지(시작점) 출발부터 10번지(종료점) 도착까지 이동], Case 2[10번지(시작점) 출발부터 0번지(종료점)까지 이동]를 측정하였음(본길이는 약 8m정도 됨)
- Case 1 측정결과 : 599.7 %(Actual Torque 0x6077) → 토크부하율은 약 60%
- Case 2 = Actual Torque 0x6077 544.6% → 토크부하율은 약 54%

*'Actual Torque 0x6077'은 CANOpen의 토크부하율 단위이며, 토크 부하율(Actual Torque)의 실제 값은 "측정 값 x 0.1" 단위환산 필요 (참고. LS 메카피온 "일체형 서보 사용 설명서" 설명서)



[그림 4] 토크부하율 측정 데이터

■ 관련 오브젝트

Index	Sub Index	이름	변수형식	접근성	PDO 할당	단위
0x6040	-	컨트롤 워드 Controlword	UINT	RW	Yes	-
0x6041	-	스테이터스 워드 Statusword	UINT	RO	Yes	-
0x607A	-	목표 위치 Target Position	DINT	RW	Yes	UU
0x607D	-	소프트웨어 위치 제한 Software Position Limit	-	-	-	-
	0	항목의 개수 Number of entries	USINT	RO	No	-
	1	최소 위치 제한값 Min position limit	DINT	RW	No	UU
	2	최대 위치 제한값 Max position limit	DINT	RW	No	UU
0x6084	-	프로파일 감속도 Profile Deceleration	UDINT	RW	No	UU/s ²
0x6085	-	Quick Stop 감속도 Quick Stop Deceleration	UDINT	RW	No	UU/s ²
0x60B0	-	위치 오프셋 Position Offset	DINT	RW	Yes	UU
0x60B1	-	속도 오프셋 Velocity Offset	DINT	RW	Yes	UU/s
0x60B2	-	토크 오프셋 Torque Offset	INT	RW	Yes	0.1%
0x6062	-	요구 위치값 Position Demand Value	DINT	RO	Yes	UU
0x60FC	-	내부 요구 위치값 Position Demand Internal Value	DINT	RO	Yes	pulse
0x606C	-	실제 속도값 Velocity Actual Value	DINT	RO	Yes	UU/s
0x606D	-	속도 도달범위 Velocity Window	UINT	RW	No	UU/s
0x606E	-	속도 도달시간 Velocity Window Time	UINT	RW	No	ms
0x6077	-	실제 토크값 Torque Actual Value	INT	RO	Yes	0.1%
0x606C	-	실제 속도값 Velocity Actual Value	DINT	RO	Yes	UU/s
0x6064	-	실제 위치값 Position Actual Value	DINT	RO	Yes	UU
0x6063	-	내부 실제 위치값 Position Actual Internal Value	DINT	RO	Yes	pulse

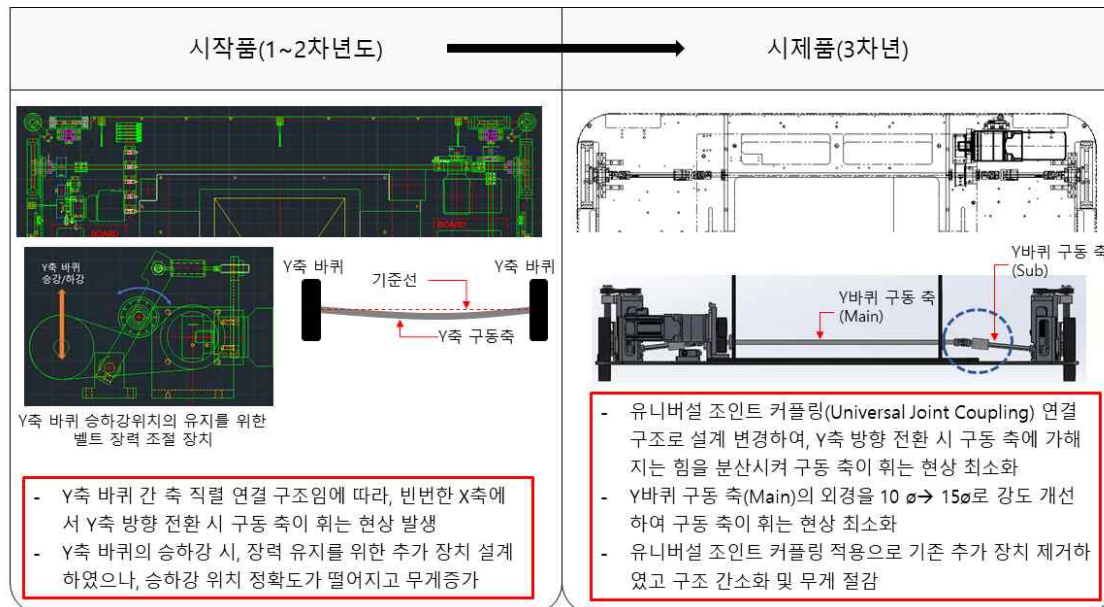
[그림 5] CANopen 데이터 환산표

○ 좌측 및 우측 주행(Y축) 및 바퀴 승하강 구조 설계, 개발

- Y축 주행구조는 주행 축(1개) 및 바퀴(4개), 구동 모터(1개)로 구성됨
- Y축 바퀴승하강구조는 사다리꼴 나사축(2개), 구동모터(2개)로 구성함

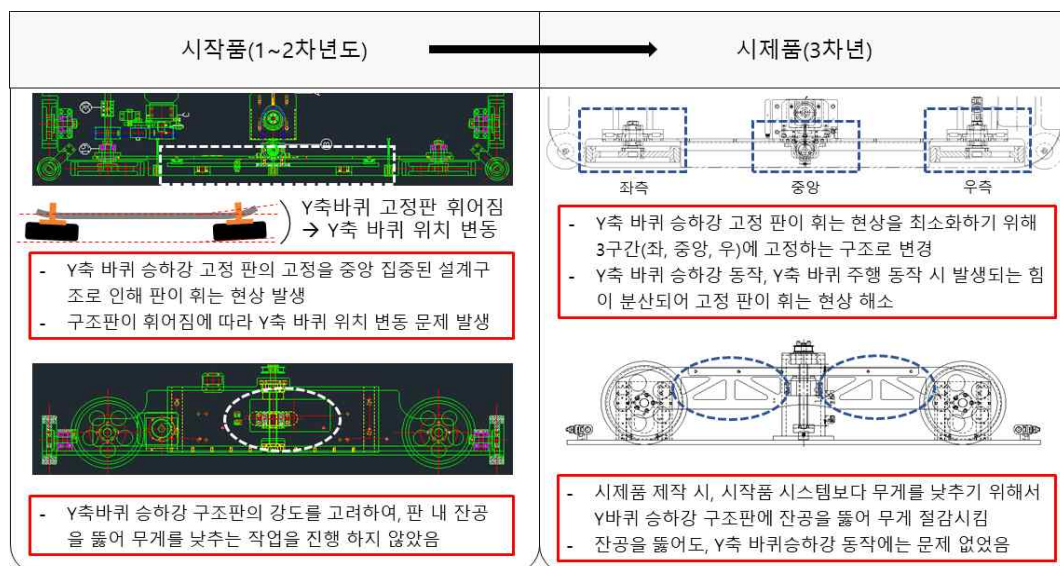
- 시작품 설계구조는 X축(직/후진) 주행에서 Y축(좌/우측) 주행방향으로 전환 시, Y축 구동축이 휘는 현상 발생
- 시작품 설계에서는 Y축 바퀴 승하강 위치의 유지를 위한 벨트장력조절장치 적용하였으나, 벨트가 늘어짐으로 인해 승하강 위치 정확도가 저하되고, 무게 증가요인으로 작용
- Y축 구동축이 휘는 현상과 승하강위치의 정확도 저하로 인해, Y축 주行的 정지 오차가 발생

- Y축 구동축(Main)의 외경을 증가시켜 강도 개선 및 유니버설 조인트 커플링 구조를 설계 변경하여 Y축 구동축이 휘는 현상 최소화



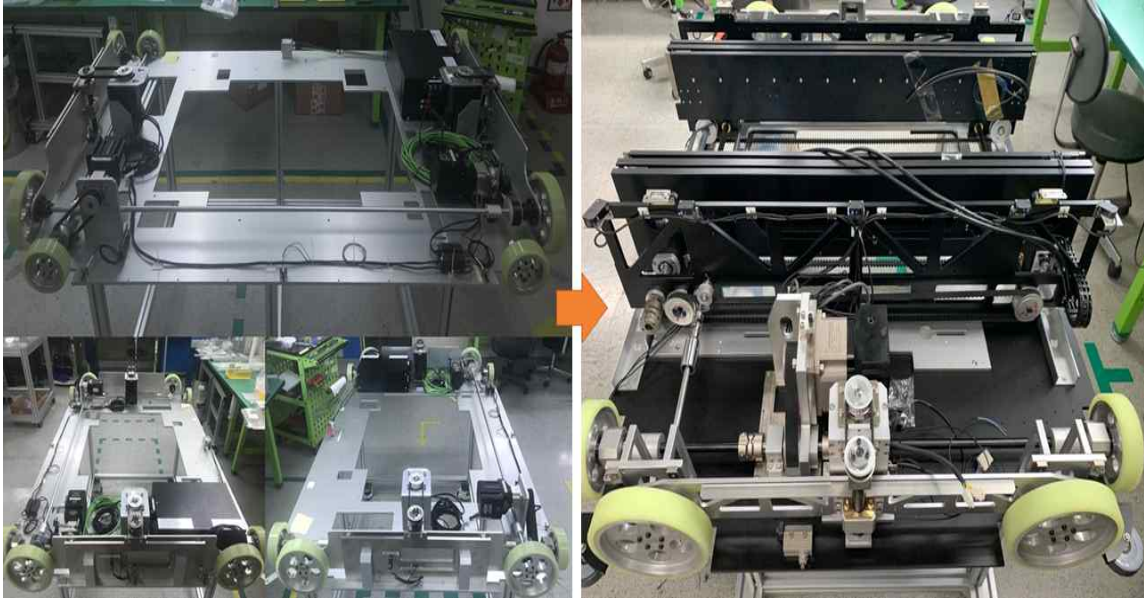
[그림 6] Y축 주행 및 Y축 바퀴 승하강 장치의 구조개선(1/2)

- 시작품 설계구조는 Y축 바퀴 고정 프레임의 연결이 중앙에 되어있는 구조임에 따라, 시스템 동작 시 발생하는 힘으로 인해 프레임이 휘는 현상이 발생됨
- 프레임(Frame, 판)의 휘는 현상으로 인해 Y축 바퀴 위치가 틀어지는 문제로 인해 Y축 주행 시 정지오차가 발생
- 시제품 설계구조는 Y축 바퀴 고정 프레임을 3구간(좌측, 중앙, 우측)에 고정하는 구조설계를 적용하여 힘을 분산함으로써 플레이트가 휘는 현상을 해결하였음
- 3구간 고정 구조 적용 이후 고정 플레이트에 잔공을 뚫어 Y축 바퀴 승하강 플레이트 구조의 무게를 절감하였음



[그림 7] Y축 주행 및 Y축 바퀴 승하강 장치의 구조개선(2/2)

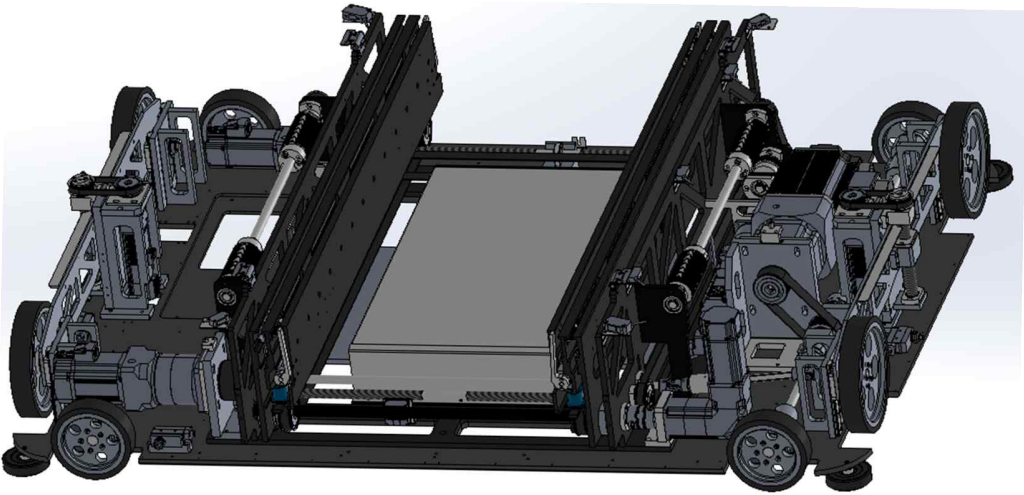
② 시제품 제작

구분	도면 ID	모델명
신규	LSS-4DL-0100	직.후진(X축) 주행 장치
	LSS-4DL-0200	좌.우측(Y축) 주행 장치
시작품 제작 및 조립 사진		
		

2) 포킹부/화물승하강부(공중 이송-하강 로딩 장치)

① 구조설계

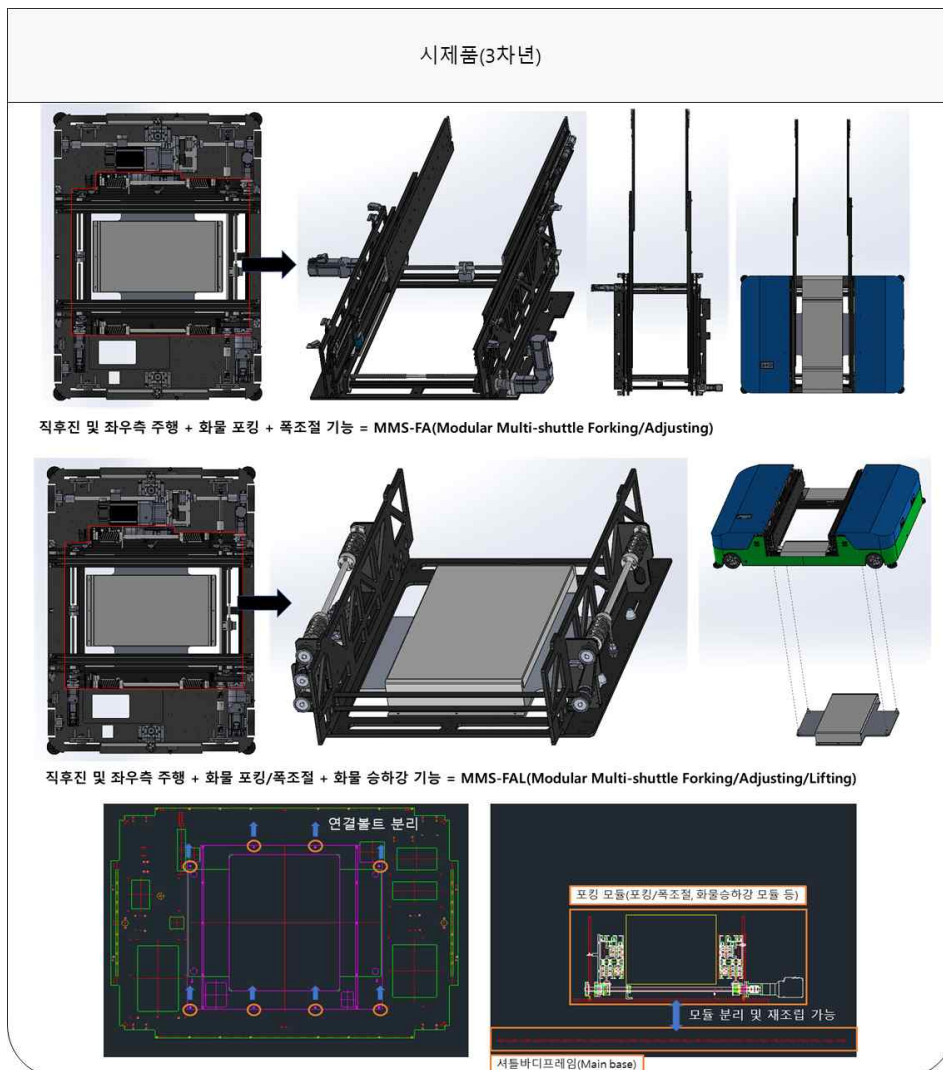
㉠ 개발목표

구분	도면 ID	모델명
신규	LSS-4DL-0300	화물 포킹 및 포킹ARM 폭 조절 장치
	LSS-4DL-0400	화물 승하강 장치
설계 도면		
		
기능 설명		
개발 목표	- 랙의 1열 화물 포킹(Single forking), 랙의 2열 화물 포킹(Double forking)이 가능한 다중 포킹 기술 개발 - W -100~100mm 폭조절이 가능한 폭조절 기술 개발 - 셔틀 시스템의 공중레일 주행 시, 공중레일의 승하강 지점에서 화물을 지상으로 하강 혹은 승강 가능한 기술 개발	
설계 고려 방향	- 2가지 종류 이상의 크기를 가진 화물 포킹이 가능하도록 하기 위한 포킹ARM의 폭 조절 구조 설계 - 포킹ARM의 포킹 동작을 하면서 폭 조절 동작이 가능한 축 구조 설계 - 포킹, 폭조절, 화물승하강 동작을 모두 소화 가능한 간섭없는 구조 설계 - 유지보수 시, 분리 및 교체가 편리한 구조 설계	
구성	- 포킹 ARM 구동 모터 - 포킹 ARM 축 및 타이밍벨트 - 포킹 ARM 폭 조절 모터 - 포킹 ARM 폭 조절 축 - 화물승하강 구동 모터 - 화물승하강 드럼 - 와이어	

④개발 내용

○ 기능별 모듈 탈착 및 조립이 가능한 모듈화 구조 설계 및 개발

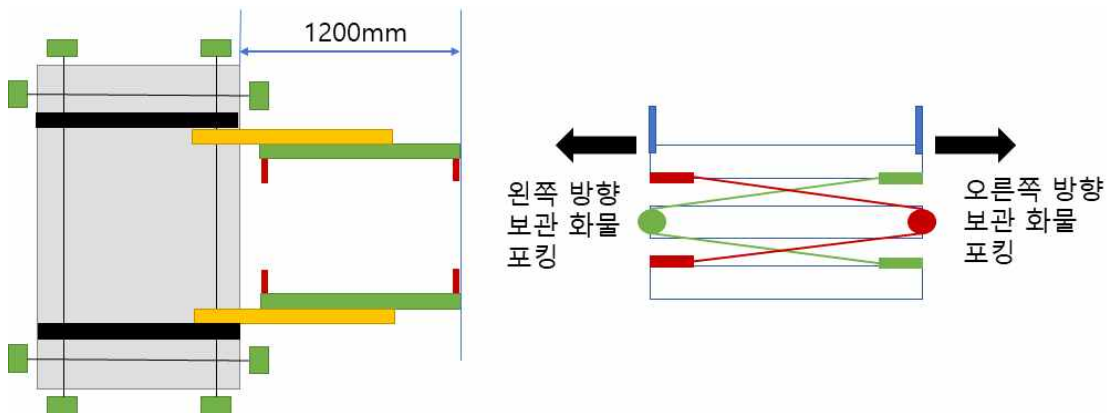
- 3가지 모듈을 교체 및 탈부착 가능하도록 설계하여 장비의 적용환경 및 요구조건에 따라 필요 모듈을 장착하여 설치 및 운영 가능
- 고객의 수요에 맞춰 다양한 형태의 모델로 분해 및 재조립 가능
 1. 직후진 및 좌우측 주행 + 화물 포킹 기능 = MMS-F(Modular Multi-shuttle Forking)
 - 보관 랙의 화물 보관 및 피킹/이송 용도로 셔틀을 사용하는 고객
 2. 직후진 및 좌우측 주행 + 화물 포킹 + 폭조절 기능 = MMS-FA(Modular Multi-shuttle Forking/Adjusting)
 - 보관 랙의 다양한 크기의 화물 보관 및 피킹/이송 용도로 셔틀을 사용하는 고객
 3. 직후진 및 좌우측 주행 + 화물 포킹/폭조절 + 화물 승하강 기능 = MMS - FAL(Modular Multi-shuttle Forking/Adjusting/Lifting)
 - 보관 랙의 다양한 크기의 화물 보관과 공중레일 이송 및 공중에서 화물 공급을 원하는 고객
 - 지상에 장비, 화물의 임시적재, 배치가 많이 이뤄지는 반도체 물류센터 현장



[그림 9] 고객 맞춤형 모듈 멀티 셔틀 시스템

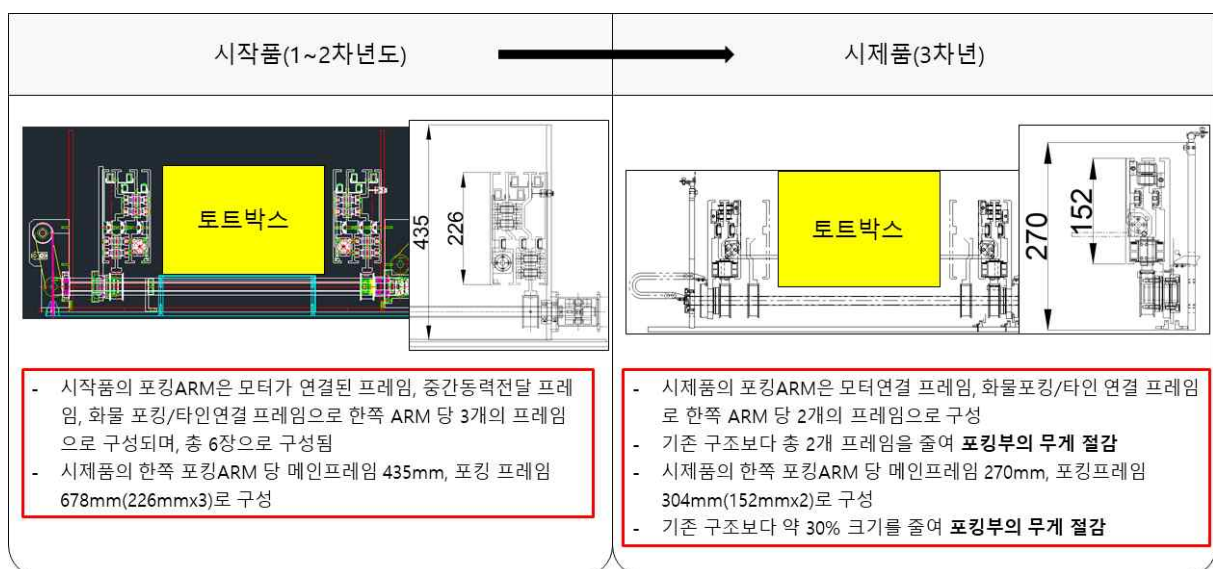
○ 화물 포킹 및 폭조절 장치 설계 및 개발

- 포킹 장치 구조는 포킹ARM 프레임 8개(한쪽 4개씩), 구동 축 2개(스플라인 축 및 너트), 타이밍폴리 4개(한쪽 2개씩), 타이밍벨트 2개, 포킹구동모터 1개로 구성
- 화물 보관 랙의 1칸 당 2개의 화물이 보관되어 있는 double deep picking, 1개의 화물이 보관되어 있는 single deep picking이 가능한 포킹 ARM 동작구조 설계 및 개발
- 총 2개의 포킹ARM 프레임을 타이밍 벨트로 연결한 구조로 설계/개발하여, 양방향 포킹(왼쪽에 보관 중인 화물, 오른쪽에 보관 중인 화물)이 가능하도록 설계하였음
- 화물 1개 이상(최대 1200 W mm 이내 범위 안)의 화물포킹동작이 가능한 구조 설계 및 개발
- 500 W x 400 L x 350 H mm 화물 크기 기준으로 최대 2개의 화물 포킹 가능



[그림 10] 타이밍벨트 활용 포킹구조

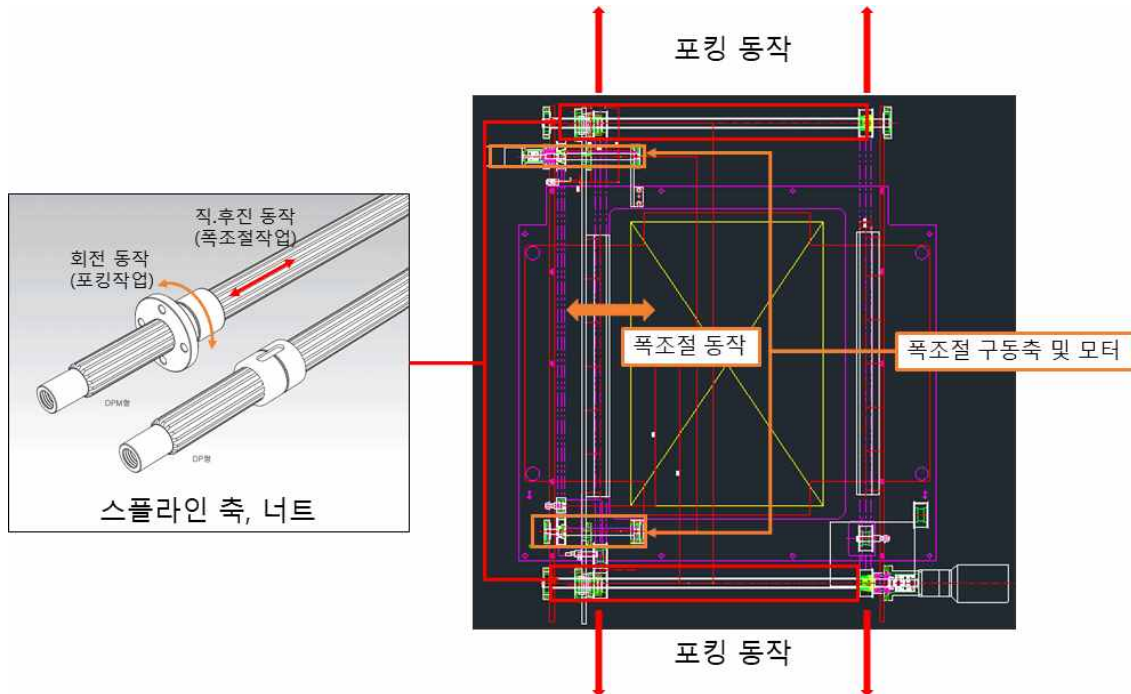
- 시제품구조는 시작품구조보다 약 30%의 무게 절감 및 컴팩트(Compact)한 설계구조로 개선



[그림 11] 타이밍벨트 활용 포킹구조

- 폭조절 장치 구조 설계 및 개발

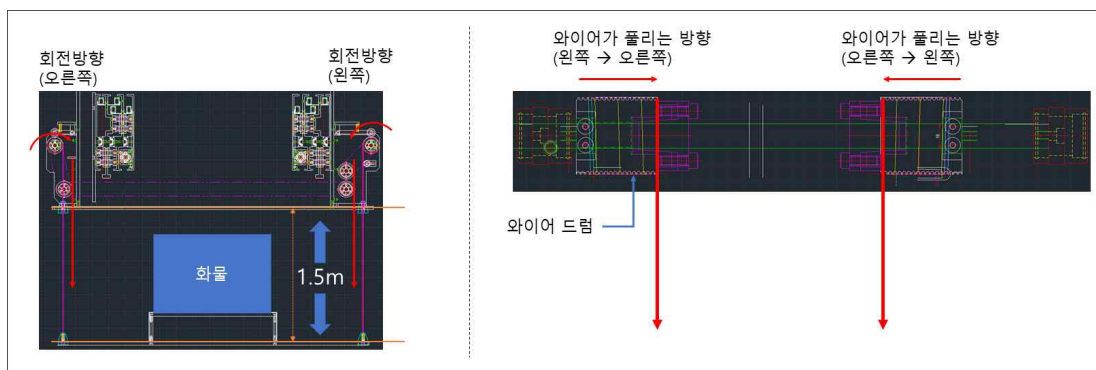
- 폭조절 장치는 스크류(Screw) 축과 너트 구조에 포킹ARM을 장착하여 포킹ARM의 전진 및 후진동작이 가능하도록 설계 및 개발



[그림 12] 화물 포킹 및 포킹ARM 폭조절 동작이 가능한 축구조 설계

○ 공중 화물 승하강 장치(화물 승하강 장치) 설계 및 개발

- 화물 승하강 장치는 셔틀이 공중레일에서 바닥의 작업자에게 화물을 공급 가능한 구조이며, 최대 50kg 화물을 1.5m 아래로 화물을 위아래로 승강 혹은 하강 시킬 수 있음
- 스퍼기어를 활용하여 와이어 회전축이 서로 반대방향으로 회전할 수 있도록 설계하였음
- 와이어 회전축이 서로 반대방향으로 회전함에 따라 평행을 유지하며 화물 승하강 동작 수행
- 와이어 드럼구조를 적용하여, 화물 승하강동작 시, 와이어가 혼선되지 않도록 하였음

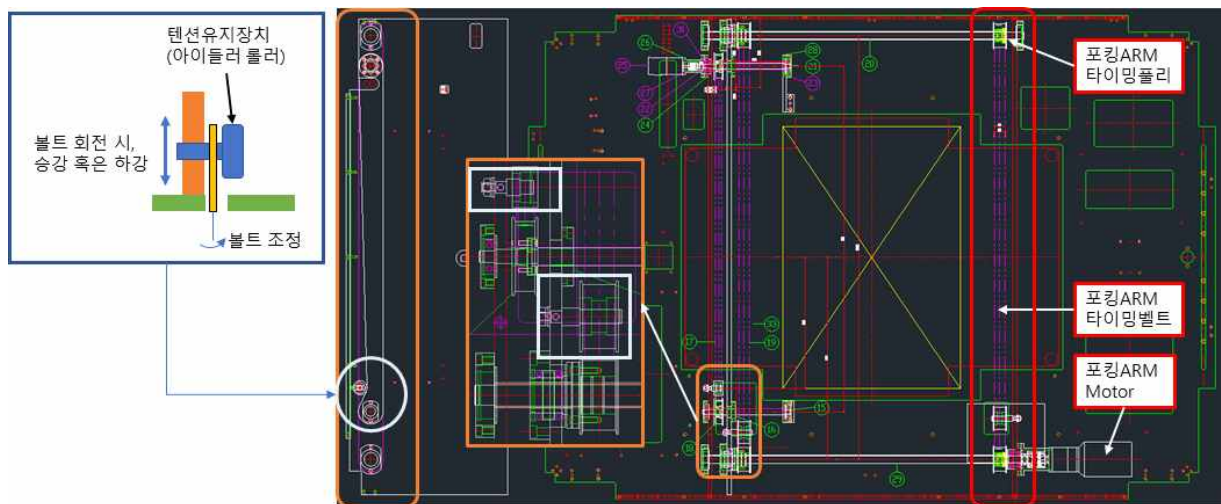


[그림 13] 철 와이어를 활용한 화물 승하강 장치 설계

○ 유지보수 작업 편의(벨트 장력 유지 등)를 위한 구조 설계 및 개발

- 포킹ARM 및 포킹ARM 폭조절 구동은 한쪽방향에 모터가 직접 연결되어 있고, 반대편에는 타이밍 풀리가 있어, 타이밍벨트로 연결되어 있는 구조임

- 포킹 및 폭조절 동작이 반복되면 모터와 타이밍 풀리가 연결된 벨트의 장력이 떨어질 수 있으며, 장력을 유지시켜주는 장치가 필요함
- 본사의 셔틀 시스템은 포킹ARM 모듈을 탈착하지 않고 시스템 바닥에서 볼트 조정 작업만으로 장력 유지 장치(아이들러 롤러, 타이밍풀리)의 위치조정이 가능하도록 설계하였음

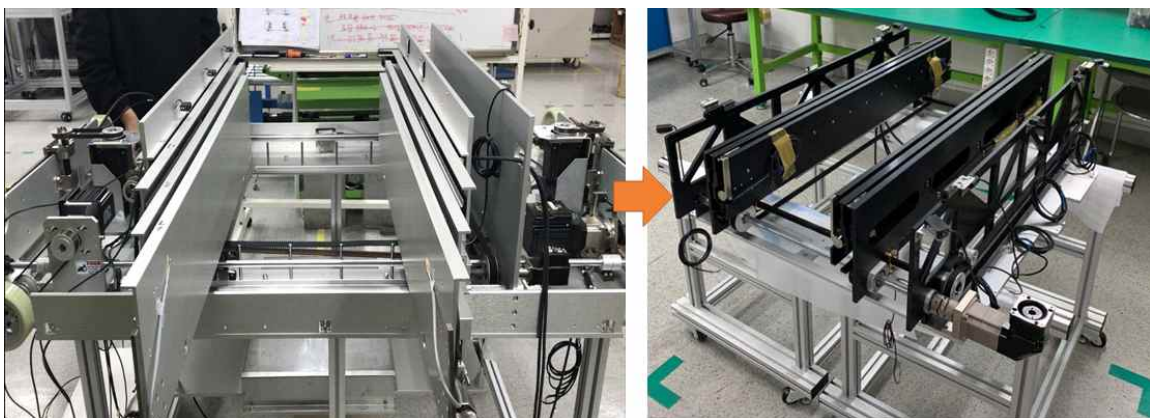


[그림 14] 포킹ARM 및 폭조절 구동 타이밍 벨트의 장력 유지 장치 설계

② 시제품 제작

구분	도면 ID	모델명
신규	LSS-4DL-0300	화물 포킹 및 포킹ARM 폭 조절 장치
	LSS-4DL-0400	화물 승하강 장치

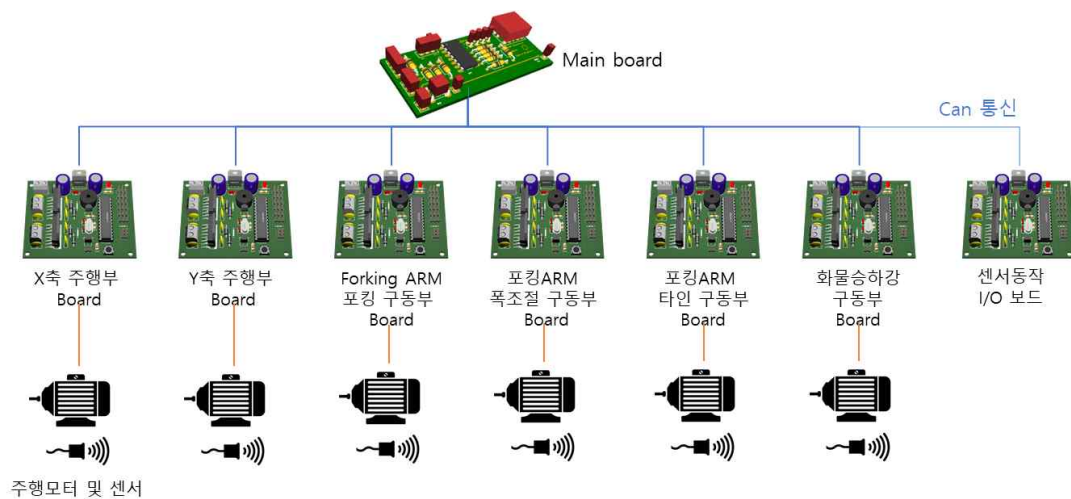
시작품 제작 및 조립 사진



④ 개발 내용

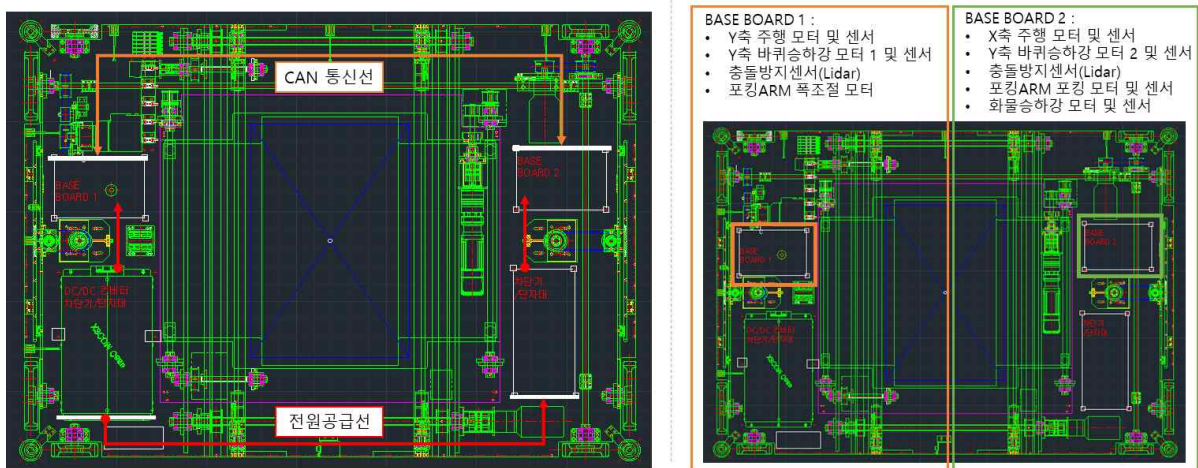
○ 셔틀 시스템의 제어 보드 설계 및 개발

- 셔틀 시스템을 구성하는 모터 7종, 센서 9종을 제어하기 위한 제어 보드 설계 및 개발
- 셔틀 시스템 동작 중 특정 부분(ex. 직/후진 주행) 고장 시, 유지보수 작업 업무 및 시간 단축을 위해 각 개별 제어 보드를 개발하여 메인 제어 보드에 연결되는 구조로 설계
 - 일반적으로 특정 동작 부분 고장 시, 모터와 센서의 연결선 찾는 업무가 유지보수 시간을 많이 차지함
 - 본 셔틀은 시스템 고장 시 신속 유지보수 대응을 위해 메인보드와 개별 제어보드 분리 연결구조로 설계하였음



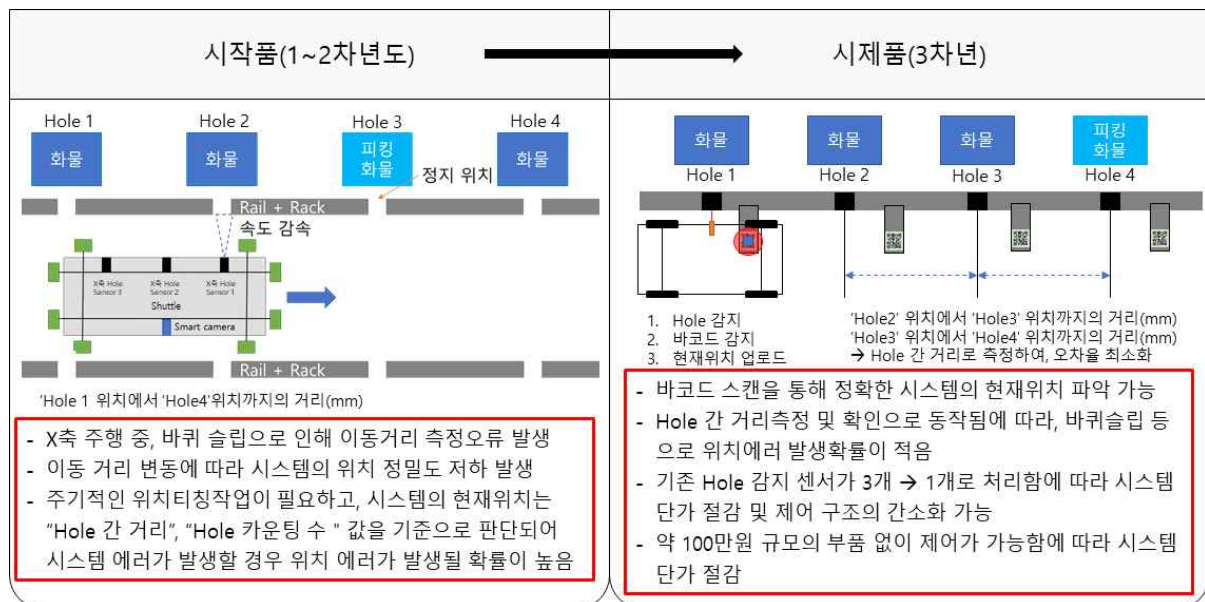
[그림 15] 메인제어보드 및 각 주행/구동부별 제어보드 구성도

- 보드 간 통신 시, 노이즈 발생 최소화를 위해 전원과 CAN 통신 선 분리하여 설계
- 특정 부분의 고장시 유지보수작업편의를 위해 모터 및 센서 위치한 근처에 보드를 배치하여 설계



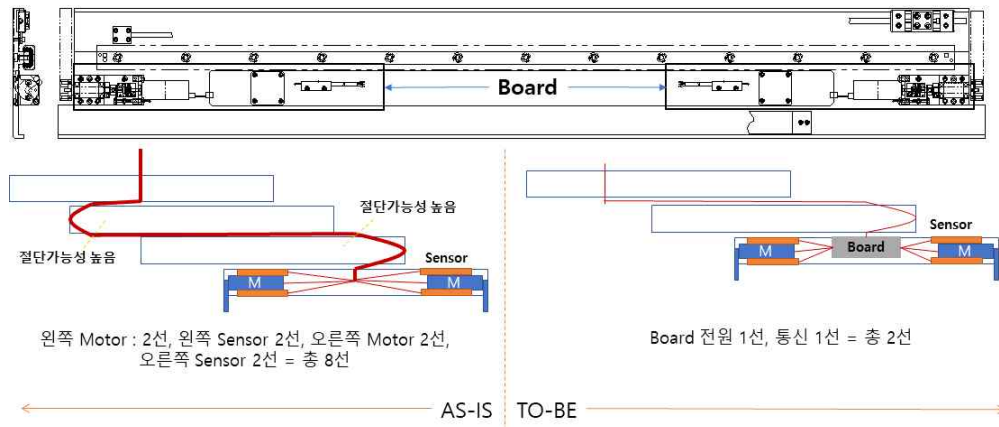
[그림 16] 보드 간 통신 및 전원공급 선 구성도

- 시작품은 Hole 1 ~ Hole 4 위치까지 이동 거리 측정 후 현재 위치를 판단하는 제어 구조를 적용하여 운영
 - 시작품의 제어 구조는 바퀴 슬립 등 외부환경요인에 의해 셔틀의 정지 오차 에러가 발생될 확률이 높으며, 셔틀의 현재 위치는 Hole 간 이동거리와 카운트 수를 기반으로 판단하여 정확한 현재 위치 파악이 어려움
- 시제품의 제어 구조는 Hole 1~Hole 2간 거리를 가지고 판단함에 따라 제어구조를 단순화시켜 정지 오차 에러 발생 확률을 낮춤
 - 바코드를 기반으로 위치를 판단함에 따라 정확한 위치 파악이 가능



[그림 17] 제어 구조 개선

- 포킹ARM의 모터 및 센서 제어 보드를 개발하고 포킹ARM 내부구조를 개선하여 빈번한 포킹 동작 중 발생할 수 있는 케이블 단선 문제 발생을 최소화
 - 포킹 ARM 프레임 안에는 타인모터 2개, 타인의 승강 및 하강위치 감지를 위한 근접 센서 4개가 설치되어 동작되며, 이와 연결되는 선은 총 8선 정도가 되며, 포킹ARM 프레임 안으로 연결되어 있는 구조임
 - 포킹ARM 프레임은 포킹 동작 시 펼쳐지고 접어지는 구조임에 따라, 포킹 동작 중 연결선이 단선 될 우려가 높음
 - 본 셔틀은 포킹ARM 내 보드 설치하여, 총 2선만 포킹ARM 안으로 연결되는 구조로 설계함에 따라 동작 중 연결선이 단선 될 확률을 최소화하였음



[그림 18] 포킹ARM 내 Board 설치 설계 구조

○ 전원부 설계 및 개발

- 본 과제의 셔틀은 랙의 층간 이동이 가능하도록 하기 위해 DC 전원공급 배터리를 선정
 - 배터리 고장 시, 긴급 대응을 위해 국내 제조 업체의 제품을 선정
- 배터리 선정 고려 조건은 무게, 셔틀 구성 모터의 필요 전력(W), 셔틀 운영 시간(4시간)을 고려하여 산정하였고, 센서의 필요 전력은 미비함에 따라 반영하지 않음
 - 배터리 무게 : 15kg
 - 구성 모터 별 전력량 : 아래표 참조

구성 모터 및 종류	수량	부하 시, 필요 전력량 (단위 : W)
X축 구동 (Servo motor)	1	1330
Y축 구동(Servo motor)	1	353
Y축 바퀴 승하강 구동 (Servo motor)	2	94
포킹ARM 구동(Servo motor)	1	273
포킹ARM 폭조절 구동(Servo motor)	1	6
화물 승하강 모듈 구동(Servo motor)	1	213
총합		2,269

- 배터리 선정 공식 : $[W(\text{Motor}) \times L_f] \times H \times Op \times Ba \times Sf = Wh$

*본 공식은 배터리 제조사에서 제공하는 선정조건을 기준으로 하였음

- Wh : 배터리 필요 에너지량
- W(Motor) : 모터의 최대 부하 전력량
- Lf : 평균 부하율(Load factor)
- H : 1회 충전으로 사용하는 시간
- Op : 가동률(%, Operating Ratio)
- Ba : 배터리 총 용량 대비 사용가능 용량
- Sf : 안전율

- 본 셔틀의 배터리는 3,775Wh 공급 가능한 배터리 모델을 선정하여 적용

$$\bullet \quad [(2,269) \times 0.4] \times 4 \times 0.6 \times 0.75 \times 1.3 = 3,775 \text{ Wh}$$

4) 셔틀 시스템의 자동화 활용 방안 및 비즈니스 모델

○ 본 과제의 셔틀 시스템은 다양한 장비 운영 환경에 적용 가능 하도록 유연하게 개발되었음

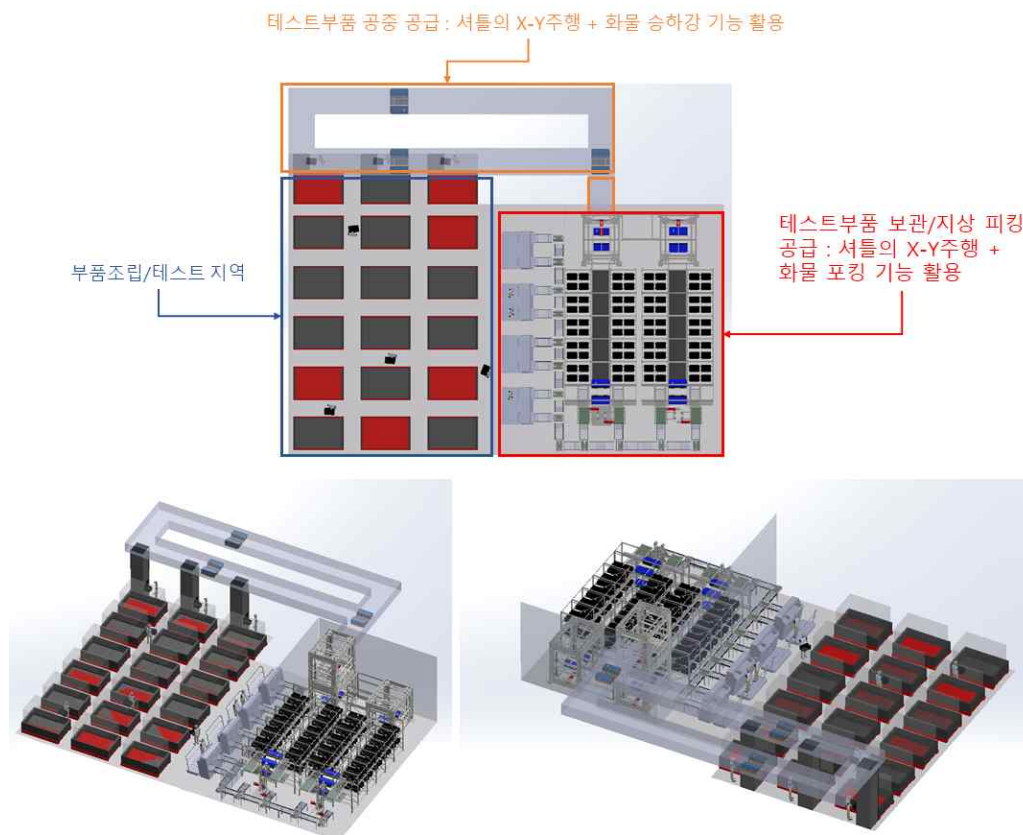
① 반도체 부품 테스트 및 자동차 부품 조립 분야의 적용 방안

○ 직·후진(X축), 좌·우측(Y축) 주행 기능과 화물포킹 및 폭조절 기능을 활용하여 테스트/조립 부품의 랙 보관 및 입/출고 작업을 수행

○ X축/Y축 주행기능과 화물승하강 기능을 활용하여 공중에서 화물 공급 작업을 수행

- 반도체 및 자동차 부품 조립 공장 환경은 지상공간에 조립/테스트 장비가 많이 설치되며, 작업특성에 따라 장비의 위치이동이 빈번하게 발생됨

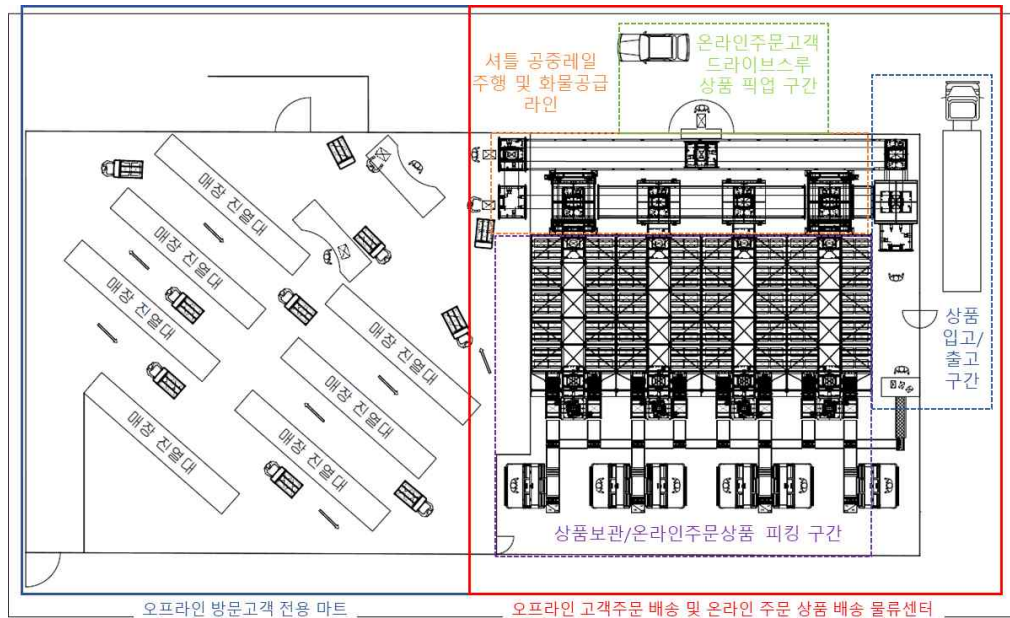
- 이에 따라, 셔틀 시스템의 화물 승하강 기능은 반도체 테스트 및 자동차 조립 공장의 특성을 고려하여 설치/운영 가능



[그림 19] 반도체 물류의 셔틀시스템 활용방안

② 온/오프라인 상품보관, 풀필먼트센터 활용방안

- 본 시스템은 온라인 쇼핑 주문 상품을 보관, 피킹, 배송출고 처리하는 풀필먼트 센터 내 도입하여 자동화 구현 가능
- X/Y축 주행, 화물포킹/폭조절 기능을 활용하여 상품을 랙 보관 및 입.출고 작업을 수행
- X/Y축 주행, 화물승하강기능을 활용하여, 드라이브스루 구간, 트럭 상하차 구간, 오프라인 방문고객의 상품 공중 이송 작업을 수행

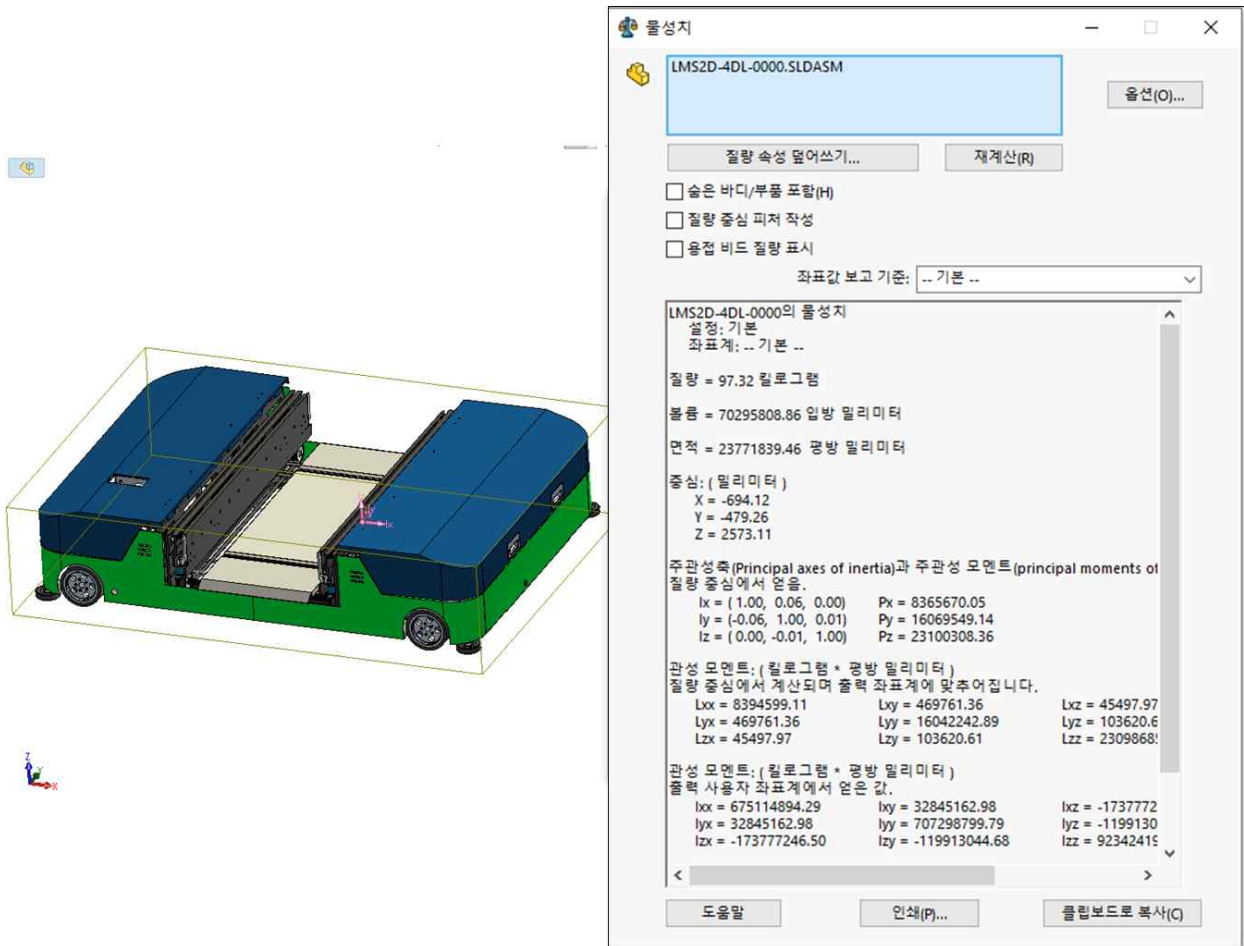


[그림 20] 도심형물류센터의 셔틀시스템 활용방안

5) 시스템 구조 해석

① 시스템의 무게 측정

- 3차년 시제품은 3가지 기능(화물포킹, 폭조절, 화물승하강)이 모두 장착된 풀 버전무게는 다음과 같음
 - “직/후진 주행(X축) + 좌우측 주행(Y축) + 화물 포킹 모듈”이 장착된 기본 서틀시스템 모델은 약 97.32kg



② 구조해석 : 각 셔틀 주요구성부품(포킹부 및 화물승하강부)의 구조해석 수행

○ 포킹부 - 포킹 Tine부

- 해석 목적

- 화물 포킹 작업 시, 화물 무게(50kgf)로 인해 포킹부의 타인(Tine)에 발생하는 응력(Stress)* 계산 및 구조해석 수행

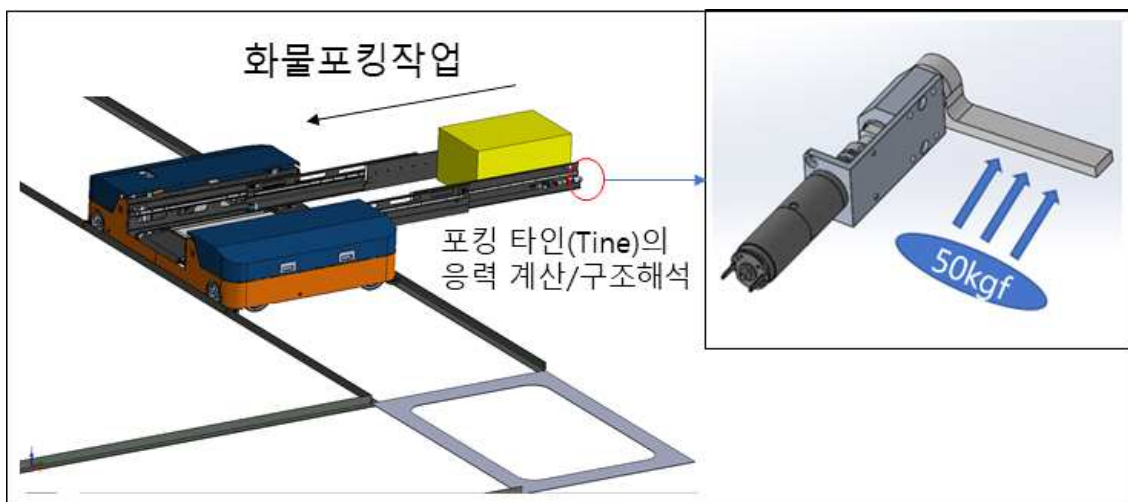
* 해당 모듈에 압축, 인장, 굽힘, 비틀림 등의 외력을 가했을 때, 프레임 내에 생기는 저항력을 응력이라 함

* 해당 모듈의 발생 응력이 모듈의 응력보다 높을 경우, 해당 모듈이 부서지는 등의 구조적인 문제 발생

- 해석조건

- 화물 포킹 작업 시, 2개의 타인을 이용하여 화물을 끌어오는 구조임에 따라 각 타인 당 작용하중을 50kgf로 설정하여 시뮬레이션 수행 (타인한쪽 당 걸리는 화물의 하중 $25\text{kgf} \times \text{안전율 } 2\text{배} = \text{작용 하중 } 50\text{kgf}$)

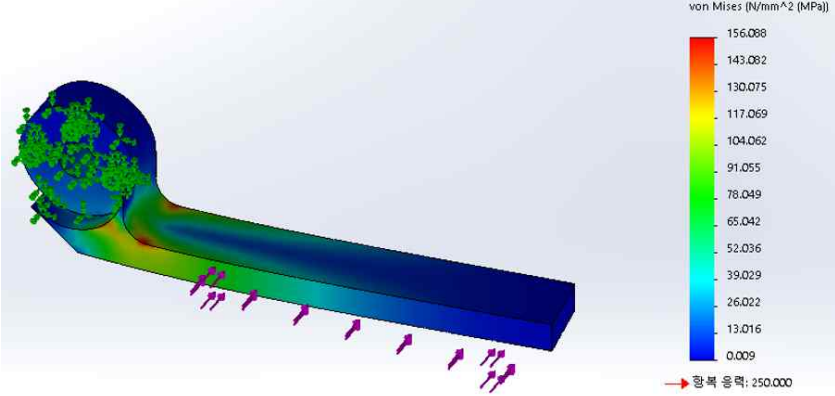
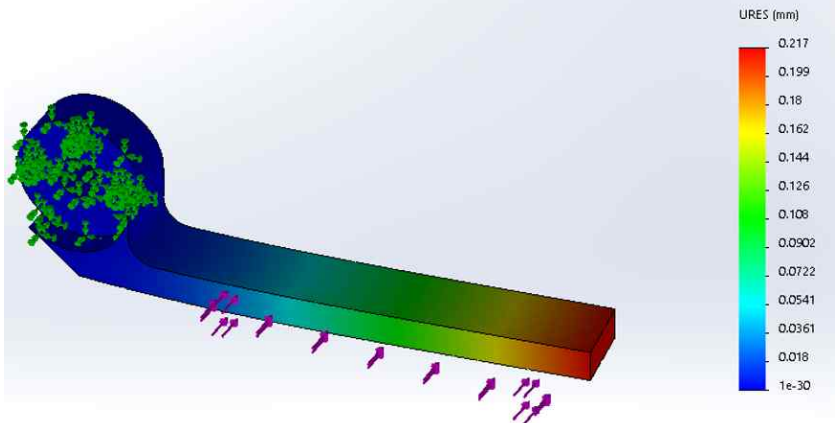
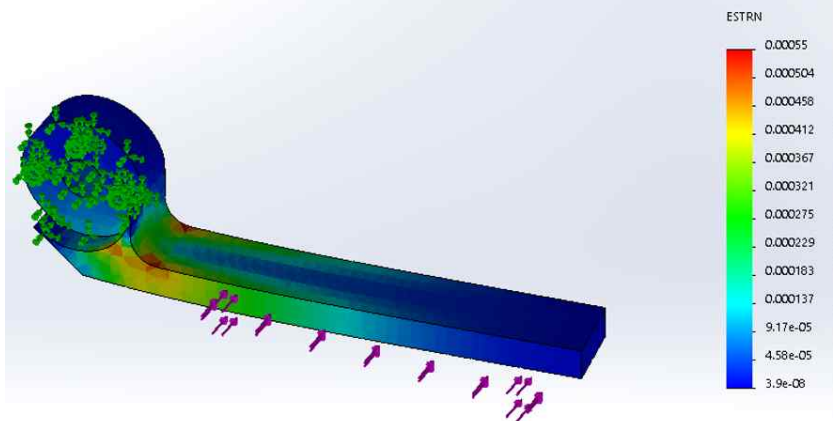
- 해석방법 : 솔리드웍스(Solidworks) SW의 '정적해석' 툴 활용



[그림 21] 포킹부의 화물 포킹 작업 모습(설명그림)

- 해석결과 :

- 포킹부 타인 끝부분에서 0.217mm 정도 휘어짐(변위)이 발생하였으나, 변형률 값은 매우 작으므로, 구조적으로 문제가 없음
- 포킹부 타인 모듈의 항복 응력 값(250 N/mm^2)이 50kgf 화물을 포 작업 시 발생하는 최대 응력 값(156 N/mm^2)보다 1.6배 높으므로, 구조적으로 문제가 없음

	최대응력 값 : 156 N/mm²
	변위 값 : 0.217mm
	변형율 : 0.00055

○ 포킹부 - 포킹부 메인 프레임

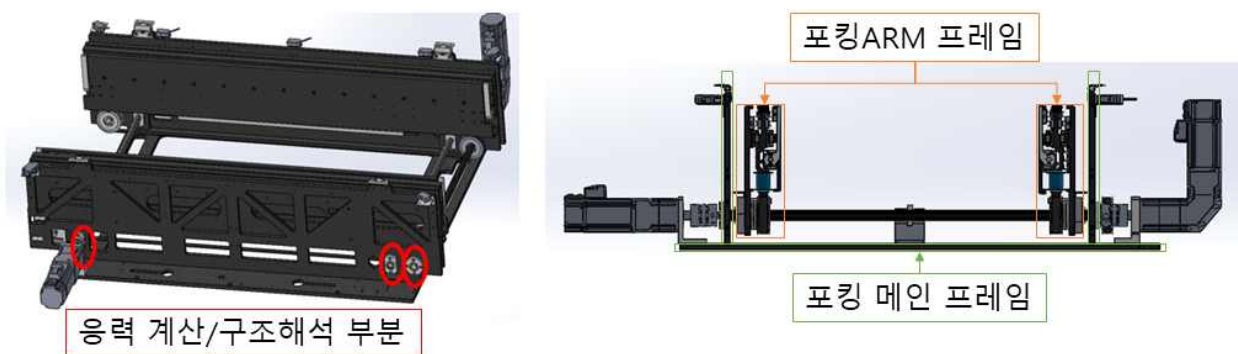
- 해석 목적

- 본 구조해석은 포킹 동작 시, 포킹 메인 프레임에 연결되어있는 포킹ARM 모듈의 하중을 버틸 수 있는지에 대한 응력 계산 및 구조해석 수행

- 해석 조건

- 포킹부 메인프레임은 2개로 구성되며, 포킹 동작 시 각 프레임 당 7.5kgf의 분포하중으로 설정하여 구조해석 수행[(작용하중 30kgf ÷ 2) ÷ 3 x 안전율 1.5 = 7.5kgf]

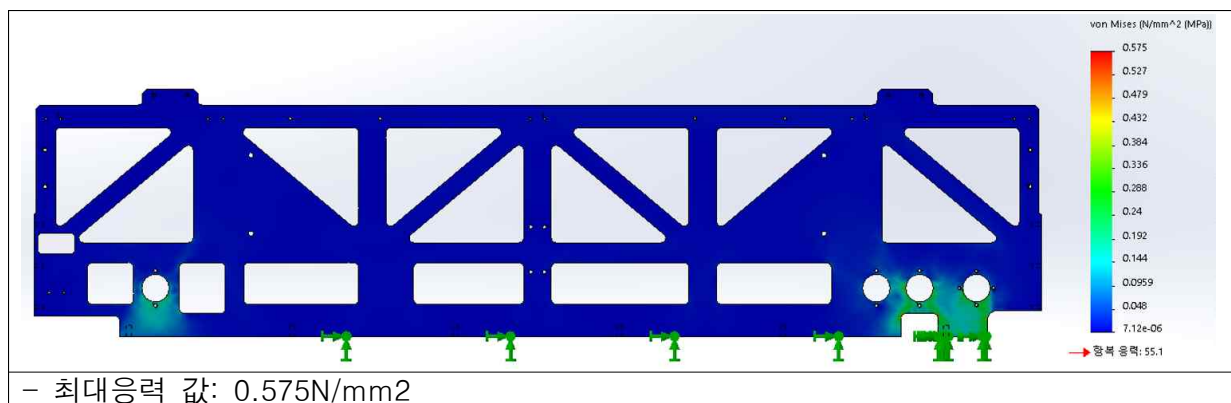
- 해석방법 : 솔리드웍스(Solidworks) SW의 '정적해석' 툴 활용

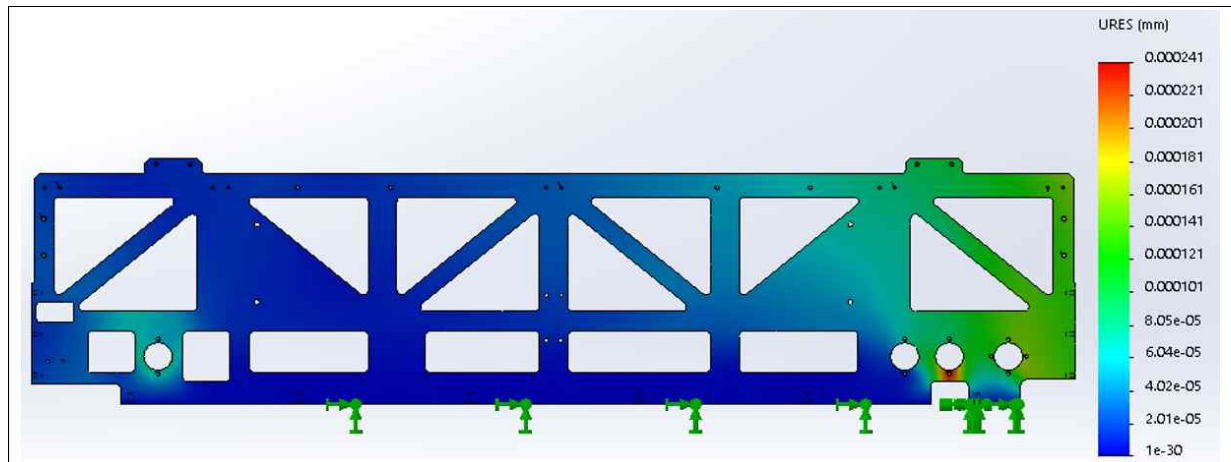


[그림 22] 포킹부의 응력계산/구조해석 부분 설명

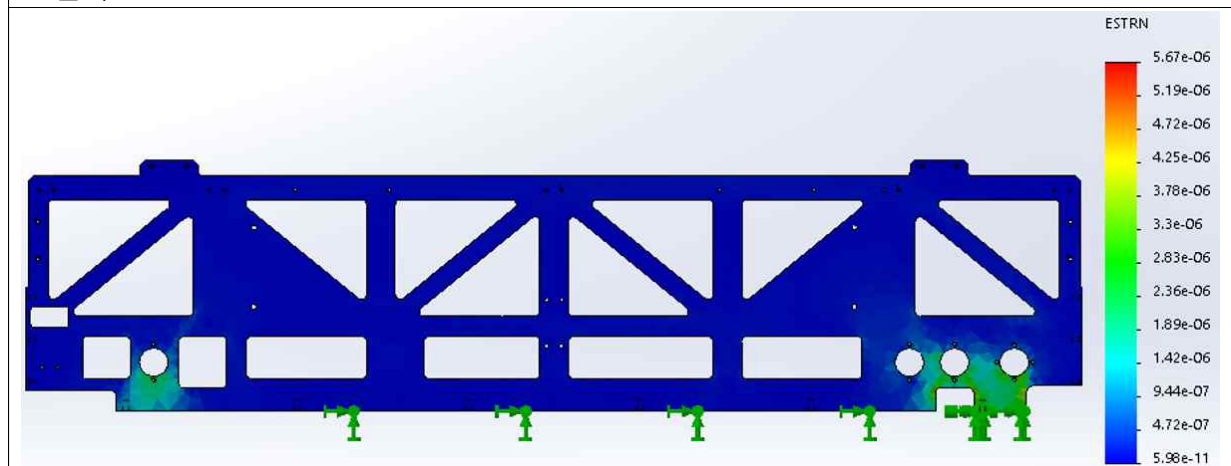
- 해석결과 :

- 각 포킹부 메인 프레임의 항복응력 값(55.1N/mm^2)이 포킹ARM 프레임과 연결된 부위의 최대응력 값(0.575N/mm^2)보다 높으므로, 구조적으로 문제가 없음
- 변위와 변형률 값은 매우 적으므로, 구조적으로 문제가 없음





– 변위 : 0.000241mm



– 변형률 : 0.0000000746

○ 화물승하강부 - 포킹부 메인 프레임

- 해석 목적

- 화물승하강부 주요부품(구동축)의 발생하는 응력(Stress) 계산 및 구조해석 수행

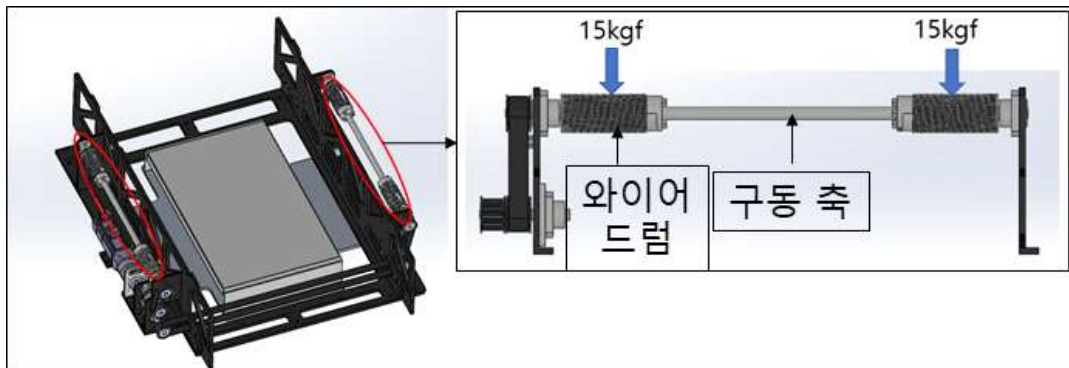
- 해석 조건

- 화물 승하강 대상 화물의 무게는 50kgf이며, 총 4개의 와이어드럼에서 분할되어 무게가 분할됨에 따라, 각 와이어드럼 당 15kgf의 작용하중으로 설정하여 구조해석 수행

[화물 무게 50kgf ÷ 와이어드럼 4개 = 각 와이어드럼 당 화물 무게 12.5kgf]

[와이어드럼 당 화물 무게 12.5kgf + 와이어드럼 하중 2.5kgf = 작용하중 15kgf]

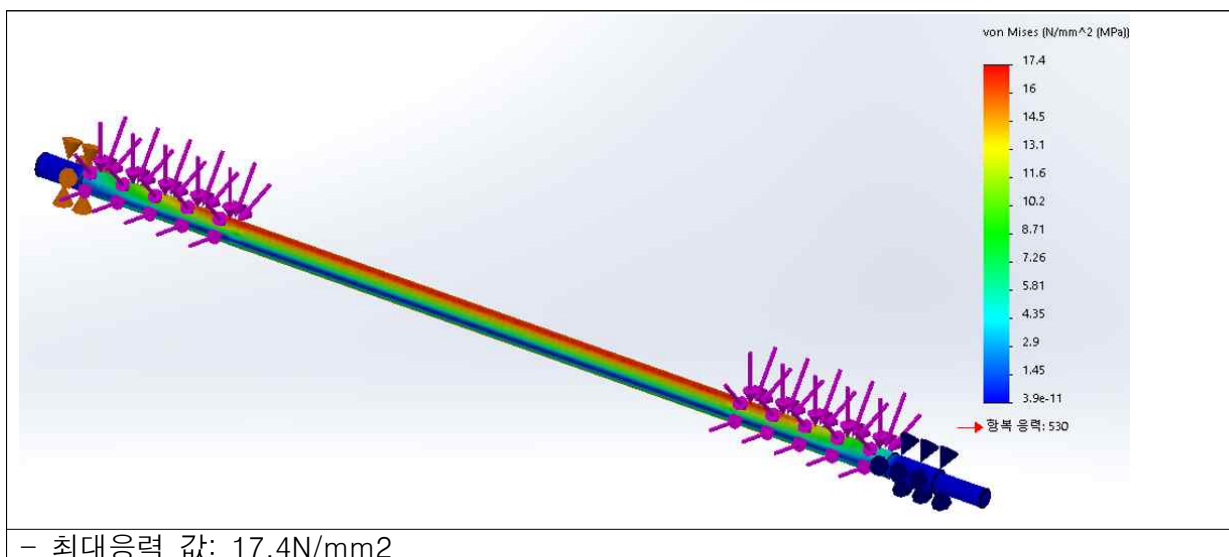
- 해석방법 : 솔리드웍스(Solidworks) SW의 '정적해석' 툴 활용



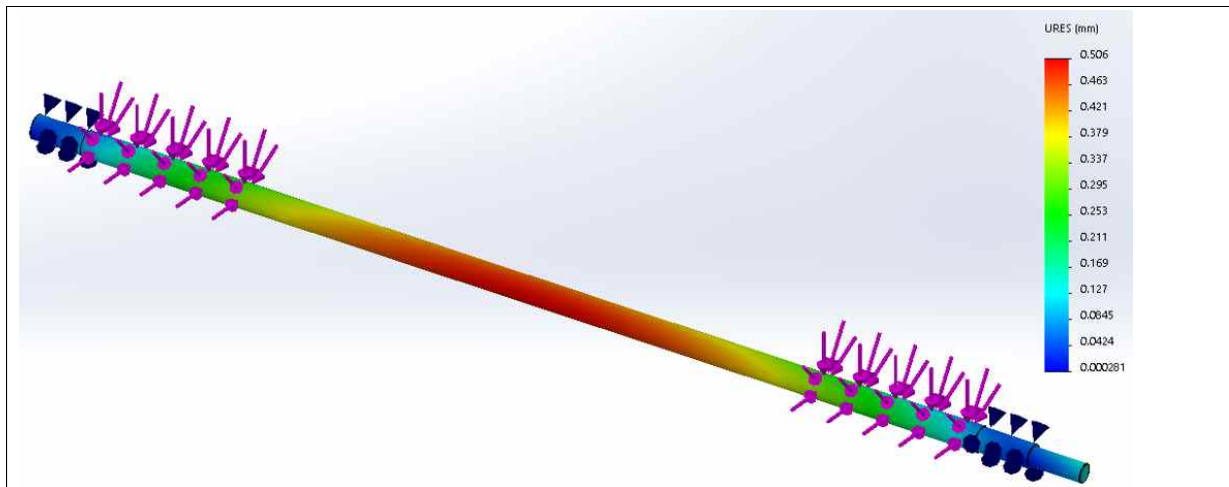
[그림 23] 화물승하강부의 응력계산 부분 설명

- 해석결과 :

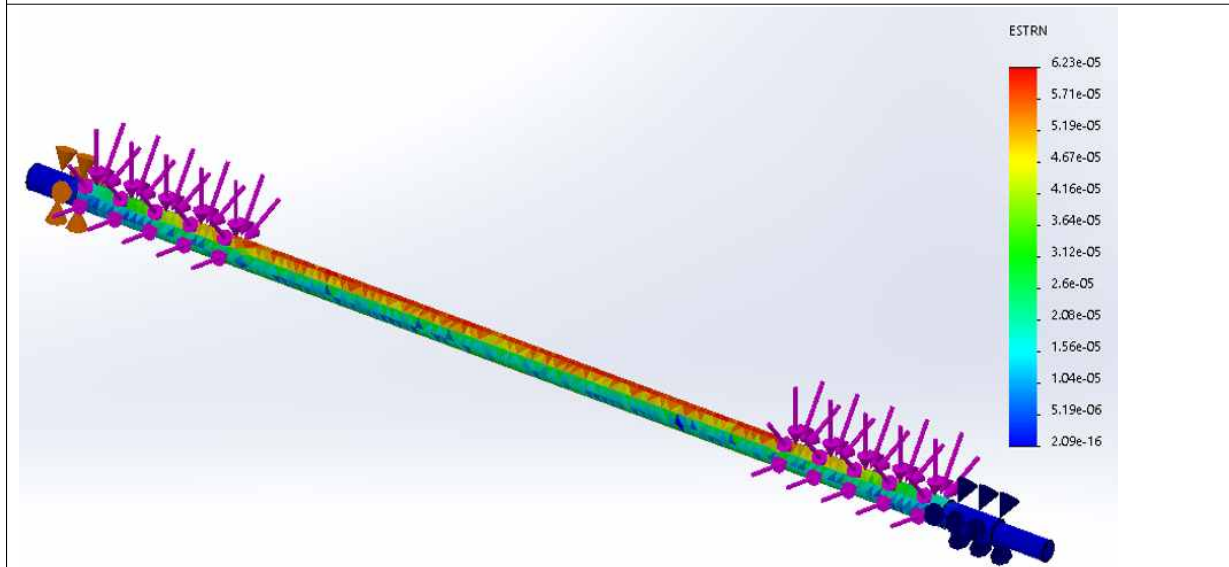
- 각 구동축의 항복응력 값(530N/mm^2)이 구동축에서 발생하는 최대응력 값(17.4N/mm^2) 보다 높으므로, 구조적으로 문제가 없음
- 변위와 변형률 값이 매우 적으므로, 구조적으로 문제가 없음



- 최대응력 값: 17.4N/mm^2



– 변위 : 0.506 mm



– 변형률 : 0.00000071794

(나) 화물보관랙

① 구조설계

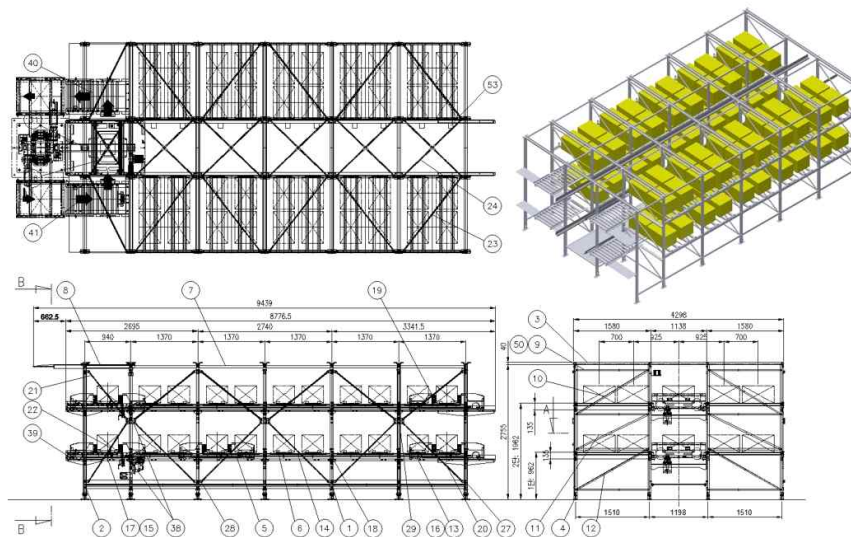
㉠ 개발목표

구분	도면 ID	모델명
신규	LSS3-RA01	화물 보관랙
설계 도면		
기능 설명		
개발 목표	- 레고형 셔틀을 이용한 화물 보관 공간 및 화물 입·출고 개발	
설계 고려 방향	- 화물 무게 최대 50kg을 고려한 구조 - 화물 크기 400(W)x600(L)x400(H)를 고려한 섹션 설계 - 화물 입·출고 작업이 원활하게 이루어지기 위해 마찰을 최소화 할 수 있는 구조 - 화물의 추락 방지를 위한 기구적 스톱퍼 설계 - 확장이 용이하고 설치 및 조립이 간편하도록 볼트 조립식 설계 - 화물 받침대는 확장 이전에 용이하도록 탈착식 설계 - 화물 받침대는 마찰 최소화 하도록 후처리 수행 - 확장이 용이하고 운반, 설치 및 조립이 간편한 조립식 구조 설계 - 랙 포스트가 화물 무게 등 부하에 견딜 수 있는 구조 - 화물의 안전한 보관을 위한 추락 방지 구조 - 셔틀이 전후진 할수 있는 레일을 설치하는 구조 - 랙과 랙 이동(공중이동)을 위한레일을 설치하는 구조	
구성	- 조립식 랙 프레임 - 화물 입·출고 컨베이어 및 층간 컨베이어 - 지상 셔틀 배출 장치 - 공중 셔틀 배출 장치 - 셔틀 X축 주행 레일, Y축 주행 레일(공중 주행 레일) - 셔틀 배터리 충전 장치 - 메자닌 - 제어부	

㉓ 개발내용

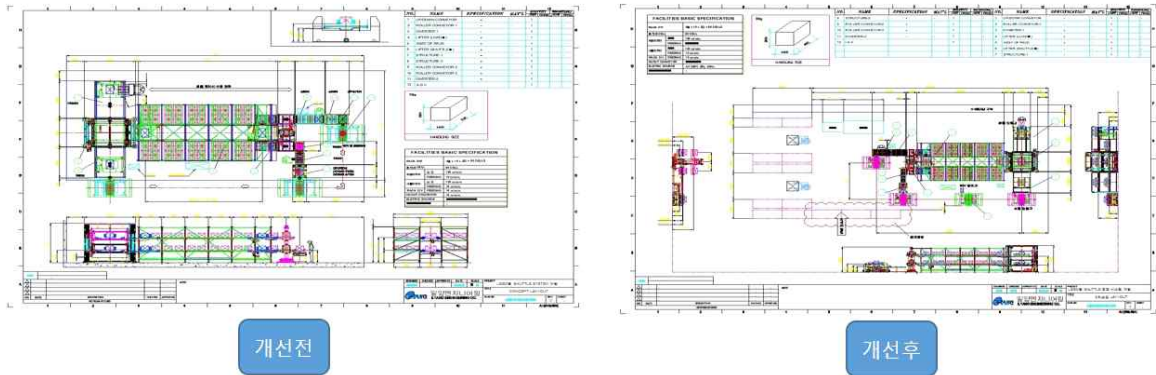
○ 조립식 랙 설계 및 개발

- 확장이 용이하고 설치 및 조립이 간편하도록 랙의 구조물을 볼트 조립식 구조로 설계 및 개발
- 셔틀이 랙에서 이동 할 수 있는 구조로 레일 구조 설계 개발
- 셔틀이 지상 공중 배출 장치 운영을 위한 구조 설계 개발
- 기준 화물의 크기는 400(W)x600(L)x400(H)를 기준으로 설계를 진행하였으며, 화물이 위치하는 1단의 높이는 962mm로 설정하였음
- 화물을 올려놓는 곳은 타이빔 (Tie Beam) 조립식 설계하였으며, 최대 50kg까지의 화물을 적재할 수 있으며, 단위 구역 당 2개씩의 화물을 보관하는 것으로 산정하여 설계를 진행하였음
- 화물 보관 플레이트의 경우 표면을 후처리 하여 입·출고시 마찰을 최소화 하도록 함
- 기존 일반 조립식랙의 경우 받침대의 조립 후 화물에 의해 진동이 발생하거나 이탈이 발생할 수 있으나 볼팅구조로 개선하여 문제점 해결
- 화물 적재시 랙과 셔틀간의 높이차로 발생하는 충돌 및 진동의 문제 해결을 위해 타이빔 구조로 제작 진행 하였음



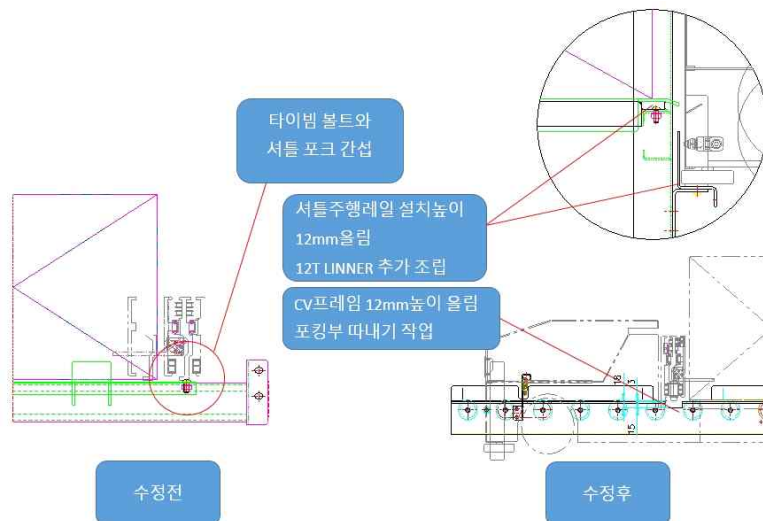
[그림 24] 화물보관랙

- 3차년 시제품은 시작품 대비하여 시스템의 레이아웃 변경되어 재설계/제작하였음
- 설치 장소 변경에 따른 레이아웃 수정
- 셔틀 변경에 따른 치수 변경
- 토트박스 사이즈 변경에 따른 치수변경



- 시스템의 랙 타이빔/컨베이어 크기 변경이 필요하여 재설계/제작하였음

- 서틀 랙 내 포킹시 간섭발생으로 타이빔유닛 높이 12mm 올려서 신규 제작
- 랙내 컨베이어 프레임 높이 12mm 높여서 신규 제작

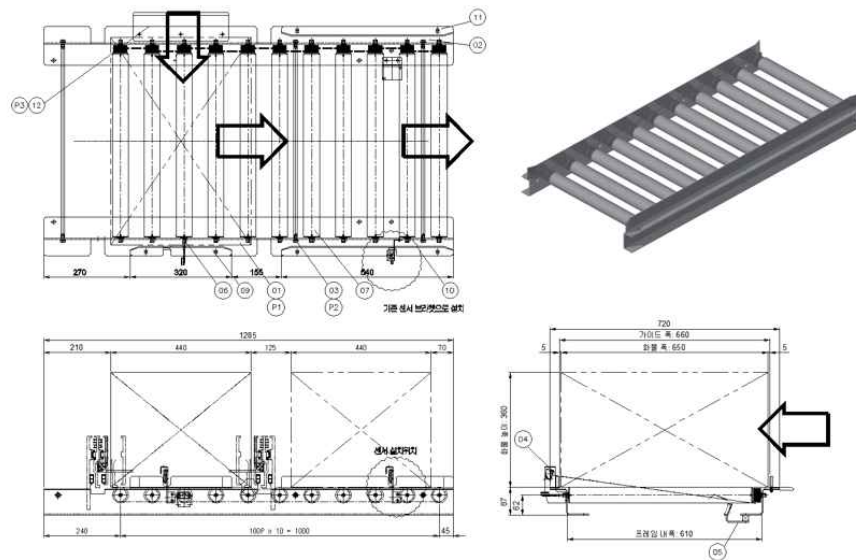


○ 층간 컨베이어 설계 및 개발

- 화물랙에 입·출고 화물을 레고형 서틀과 화물이송리프트로 이동하는 층간 컨베이어 설계 및 개발

- 랙 포스트를 이용하고 층간에 지지대를 적용하여 랙에 설치되는 파워몰러형 층간 컨베이어 적용
- 층간 컨베이어에 토트 안전가이드 적용한 구조로 폭 조절이 용이하도록 추진
- 화물 무게 최대 50kg을 고려한 구조
- 화물 크기 400(W)x600(L)x400(H)를 고려한 공간 설계
- 층간 컨베이어는 랙 포스트를 이용하고 층간에 고정하고 폭 조절이 용이한 구조

- 기존 일반랙과 달리 랙 컨베이어의 상·하 레벨 조정이 가능하도록 설계하였으며, 이를 통해 레이아웃 또는 화물 타입이 변경되었을 경우 유연하게 대처 가능하도록 함
- 층간컨베이어에는 파워 몰러(Power Moller)구조를 적용하였으며, 컨베이어 안에 자체 모터를 내장하고 있어 간편한 구조 설계가 가능하다는 장점을 가지고 있음
- 단순 경량 구조를 가진 파워 몰러를 이용하여 층간 컨베이어를 제작하여 조립 및 설치가 가능한 구조를 구현하였음



[그림 25] 층간컨베이어

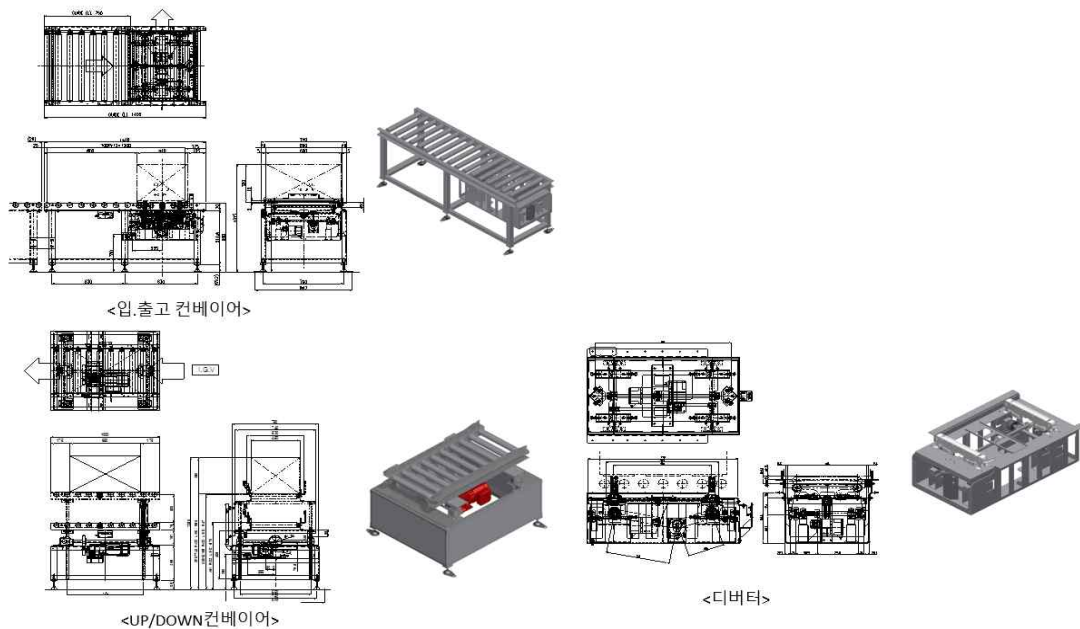
○ 주행 레일 설계 및 개발

- 셔틀의 X축 주행(직/후진) 및 Y축 주행(좌/우측)을 지원하기 위한 레일 구조 설계 및 개발
 - 셔틀의 무게와 주행 시 발생하는 진동을 최소화를 위해 셔틀의 바퀴와 가이드롤러를 잡아줄 수 있는 Z자 형상인 구조
 - 시스템 확장 시, 셔틀의 크기 변경이 될 수 있음에 따라 랙 포스트에 장착 및 탈착이 가능한 조립식 구조 설계 (레일 하단 부에 카운터 싱크 연결구조를 적용하여, 셔틀 주행 시 진동에 대한 영향을 최소화 하였음)

○ 입.출고 컨베이어 설계 및 개발

- 입고할 화물을 셔틀 포킹 지점까지 이송하거나, 화물을 출고작업 하는 컨베이어 개발
 - 출고 컨베이어의 경우 화물 체적 측정 장치와 연계를 위한 롤러 컨베이어
 - 확장이 용이한 조립식 구조 설계 (랙 포스트 강도 고려)
 - 화물 무게 최대 50kg을 고려한 구조
 - 화물 크기 400(W)x600(L)x400(H)를 고려한 섹션 설계

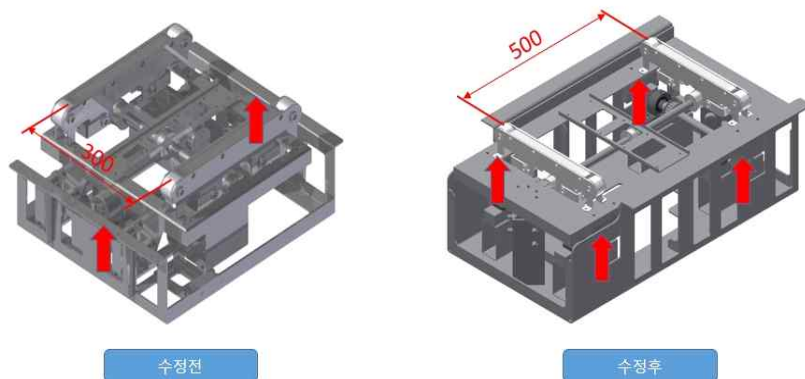
- 화물 입.출고 컨베이어는 작업자의 작업에 따른 부담을 최소화 할 수 있는 높이 930mm로 설정하여 설계하였음
- 화물의 이송방향을 전환시켜주는 캠링크 구조를 활용한 디버터(Diverter) 구조
- 화물 및 셔틀을 이송하는 지상이송체의 화물 입고 및 출고를 받을 수 있도록 하기 위해 파워베이스 구조를 활용한 UP/DOWN 컨베이어 구조
- 입.출고컨베이어에는 파워 몰러(Power Moller)구조를 적용하였으며, 컨베이어 안에 자체 모터를 내장하고 있어 간편한 구조 설계가 가능하다는 장점을 가지고 있음



[그림 26] 입.출고, Up/Down, 디버터 컨베이어

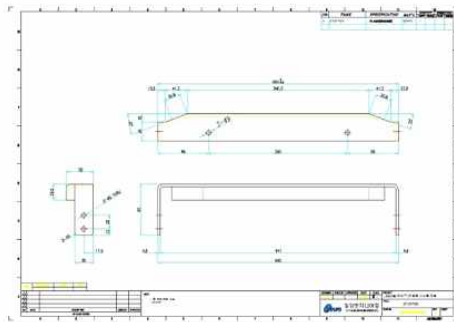
- 3차년 시제품은 화물 이동의 안정성 확보를 위해 디버터 재설계 및 수정

- 화물 바닥 대응 위한 벨트컨베이어 위치 변경
- 2점 지지 구조에서 4점 지지 구조로 안정적인 구조로 변경

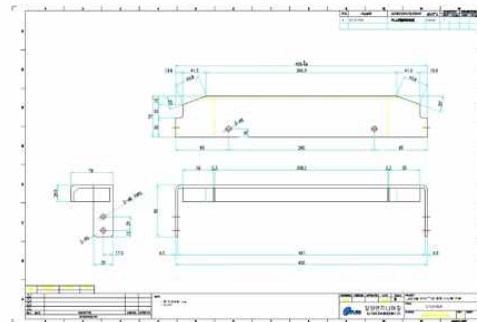


– 입.출고 컨베이어의 구조개선

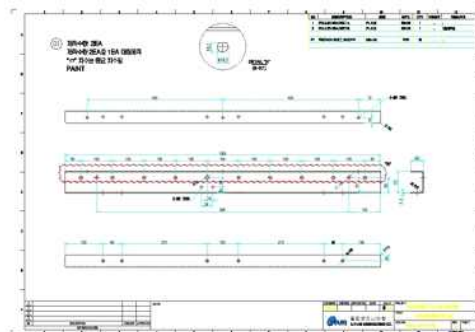
- Up/dow 컨베이어 프레임 개선 : 셔틀 포킹시 간섭 관련 컨베이어 프레임 형상 “ㄷ” → “ㄴ”으로 변경
- 입.출고 컨베이어 스톱퍼 안정화를 위한 구조 재설계 및 제작



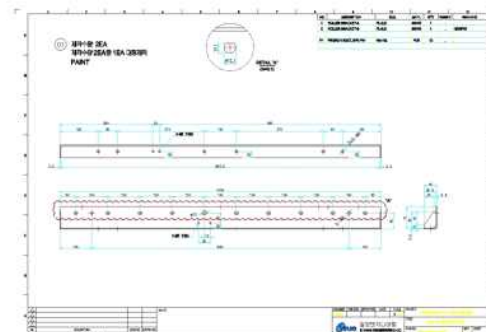
수정전



수정후



개선전



개선후

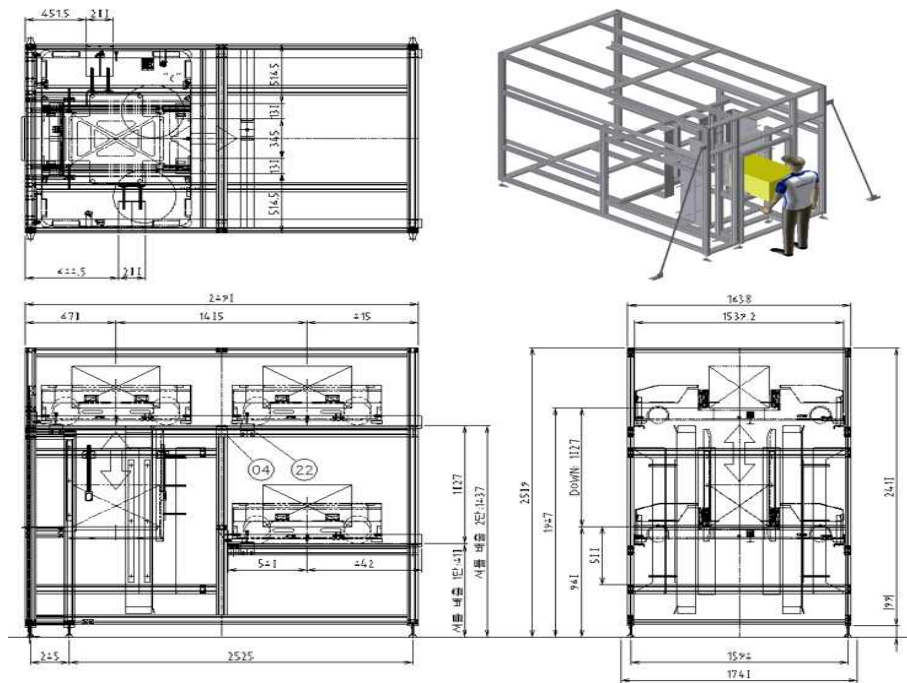
○ 지상 셔틀 배출 장치 설계 및 개발

- 화물 입.출고 및 셔틀을 지상으로 이동시키는 지상 셔틀 배출 장치에, 셔틀을 탑승시키기 위한 외부 반출 장치 설계 및 개발
- 셔틀 하중을 고려한 구조 설계 및 시스템 확장 시, 위치 이동이 가능하도록 하기 위한 조립식 구조이며, 셔틀 리프터와 연계 구조 모듈로 개발
- 외부로 셔틀을 배출시키는 용도 이외 셔틀의 유지보수를 수행할 수 있도록 하기 위해 작업자 높이를 고려한 구조(알루미늄 프로파일 재질을 사용)

○ 공중 화물 배출 장치 설계 및 개발

- 셔틀이 랙 to 랙 또는 공중에서 화물을 지상으로 공급할 때, 화물이 안정적으로 작업자에게 인도될 수 있도록 지원하는 공중 화물 배출 장치 구조 설계
- 셔틀의 무게를 고려한 구조 설계

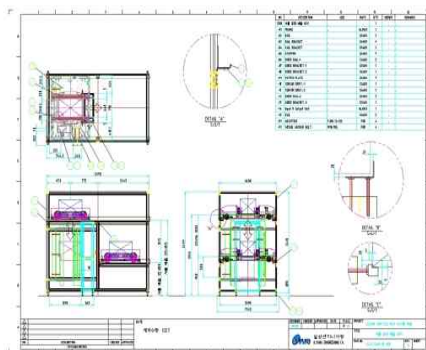
- 시스템 확장 시, 위치 이동이 가능하도록 하기 위해 조립식 구조
- 셔틀의 승하강 리프트 장치가 안정적으로 승하강할 수 있도록 지원하는 가이드 구조
- 셔틀 리프터 연계 구조 모듈이며, 구조는 알루미늄 프로파일 재질을 사용



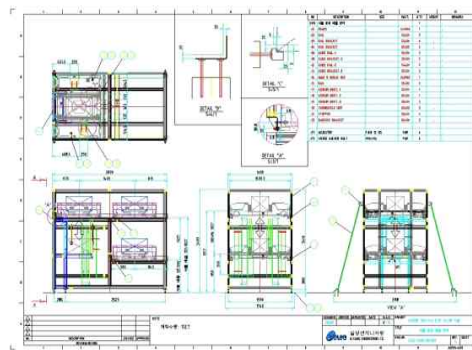
[그림 30] 공중화물배출장치

- 3차년 시제품은 셔틀의 공중 화물 공급의 안정성 및 작업자 편의를 위한 구조 재설계/제작하였음

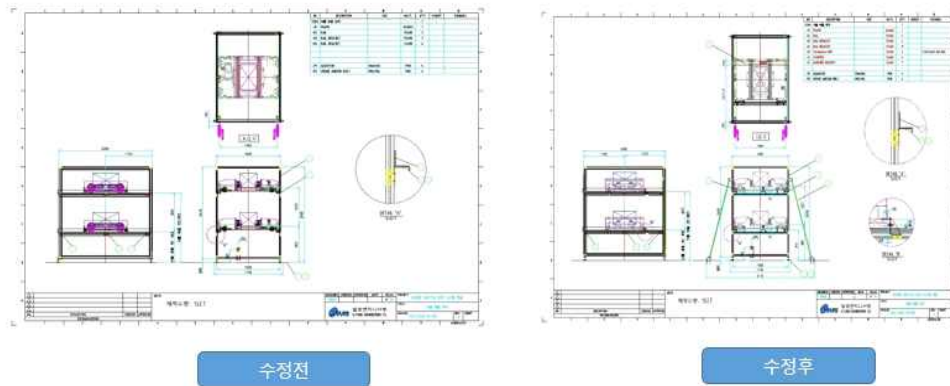
- 1,2단 셔틀 주행가능 변경
- 화물 승하강 가이드 변경(공중 화물 배출 장치)
- 셔틀 정지 도그 및 스톱퍼 추가
- 바코드 브라켓 추가
- 흔들림 방지용 턴버클 추가



수정전



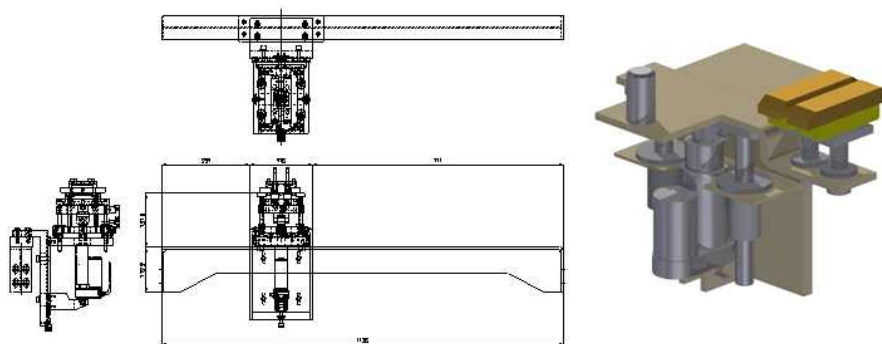
수정후



○ 셔틀 배터리 충전 장치 설계 및 개발

– 셔틀의 배터리 충전을 위한 랙내의 자동 충전 장치 구조 설계

- 셔틀과 통신하여 배터리 소모율을 감지 후 자동 충전 구조
- 시스템의 규모에 따라 랙 혹은 셔틀 리프터에 탈부착 가능한 구조
- 셔틀 쪽 배터리 충전단자와 충전장치가 정확한 위치에 연결될 수 있도록 전동 실린더와 스프링 구조를 활용한 제작
- 전동 실린더를 이용한 자동 접속 모듈로 개발

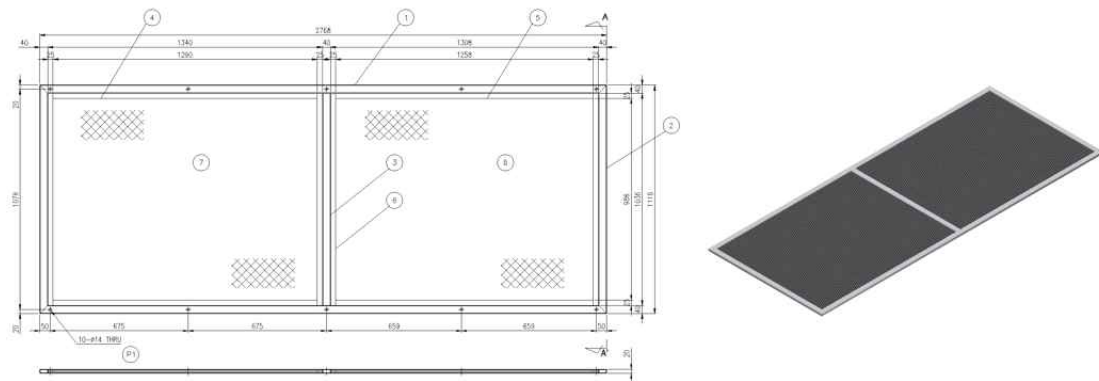


[그림 33] 셔틀 배터리 자동 충전 장치

○ 메자닌 설계 및 개발

– 레고형 셔틀 및 랙 정비 작업시 작업자 유지보수 편의성 향상을 위해 2.3~2.7m 간격으로 설치한 철망 구조로 개발

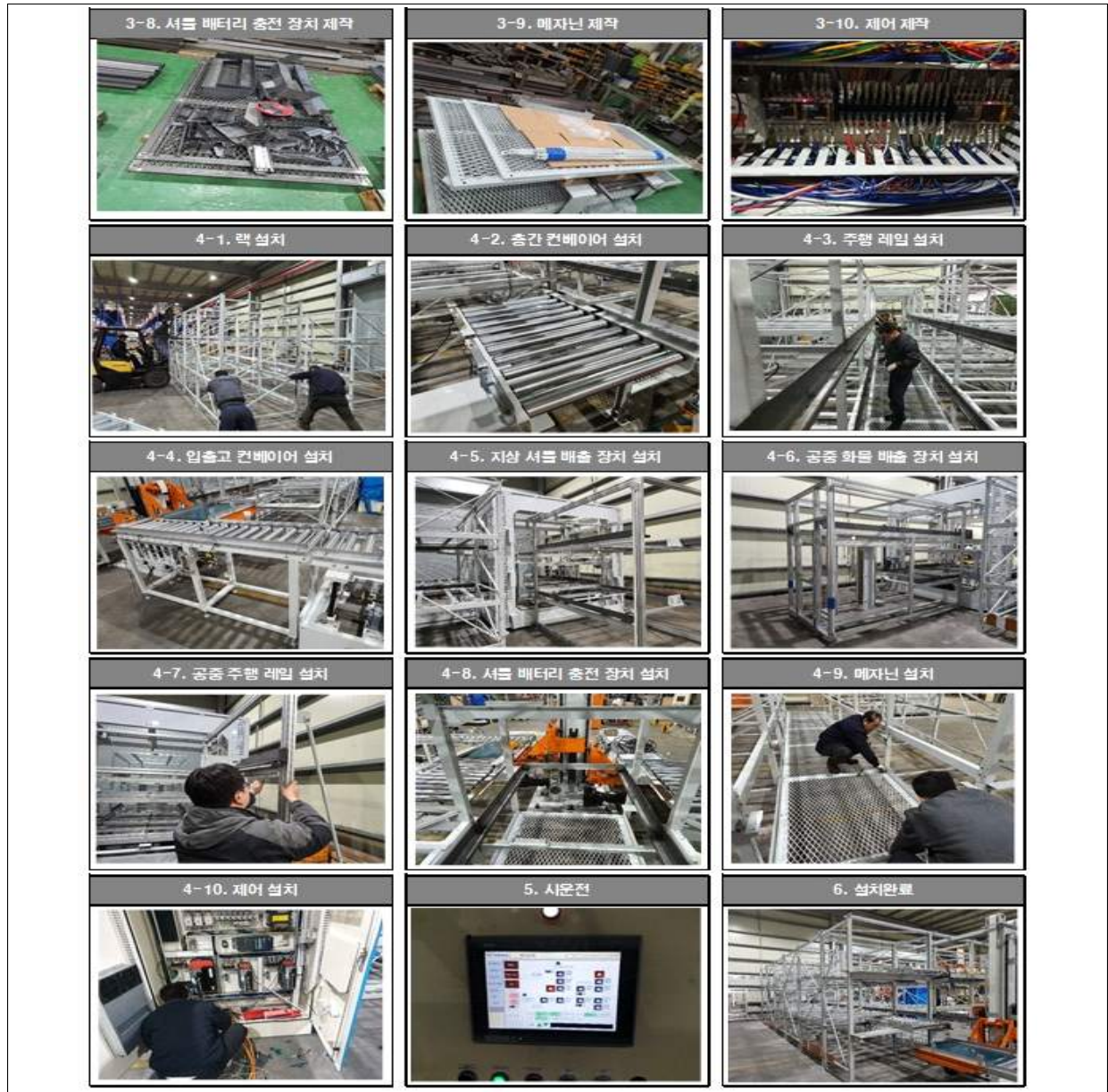
- 철망 구조로 설계
- 작업자의 무게를 고려한 설계
- 조립이 간단하고 무게가 가벼워 확장 이전에 용이하도록 설계
- 메자닌 설치 간격은 화물 사이트, 셔틀 크기, 보관 셀의 간격을 고려하여 선정하였으며, 도입 환경에 따라 셔틀 충전 장치를 설치할 수 있도록 제작



[그림 34] 메자닌 설계

② 시제품 제작

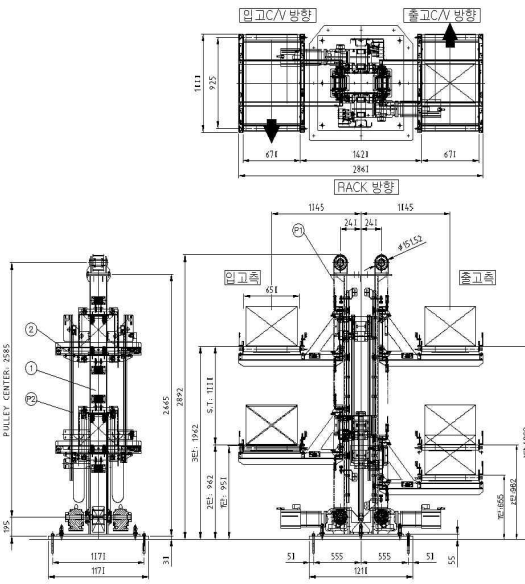
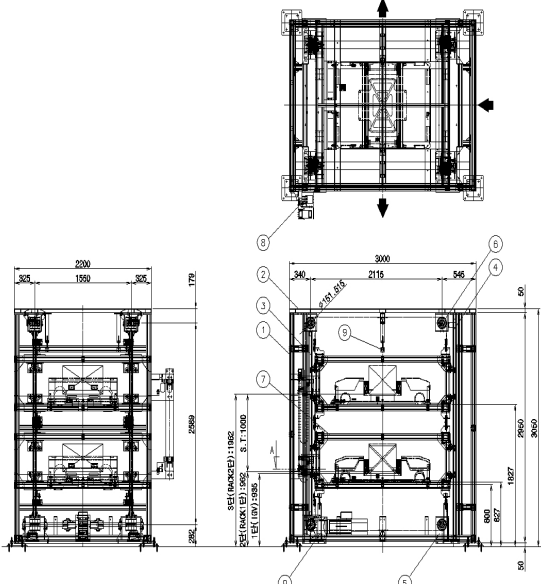
구분	도면 ID	모듈명
신규	LSS3-RA01	화물 보관랙
시작품 제작 및 조립 사진		
1. 2D 설계 2. 3D 설계 3-1. 랙 프레임 제작 3-2. 층간 컨베이어 제작 3-3. 주행 레일 제작 3-4. 입출고 컨베이어 제작 3-5. 지상 서브 배출 장치 제작 3-6. 공중 화물 배출 장치 제작 3-7. 공중 주행 레일 제작		



(다) 수직 이송체

① 구조설계

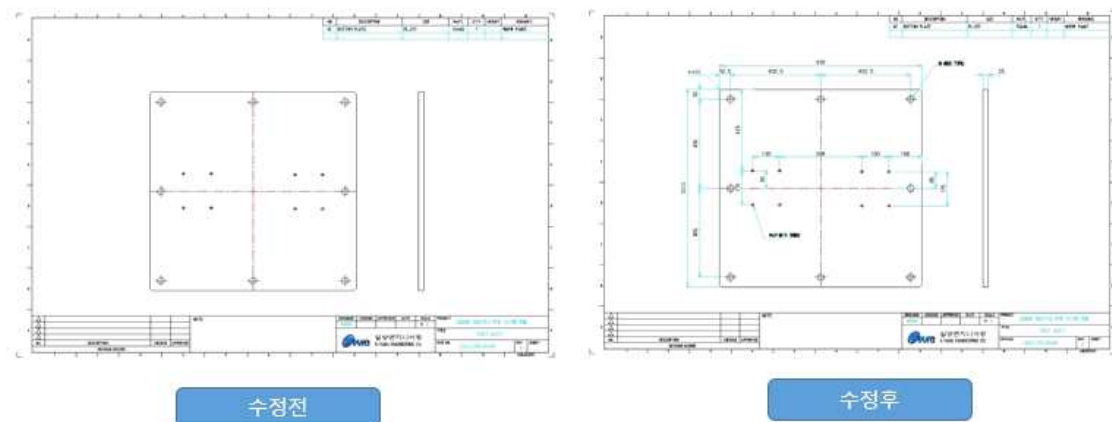
㉠ 개발목표

구분	도면 ID	모델명
신규	LSS3- LT	수직 이송체
설계 도면		
 <화물 리프트>		 <셔틀 리프트>
기능 설명		
개발 목표	- 화물의 층간 이송 및 입.출고 작업을 위한 구조 개발 - 셔틀의 층간 이송 작업 및 지상/공중 배출을 위한 구조 개발	
설계 고려 방향	- 화물 이송 리프터 · 구조경량화를 위해 파이프 재질의 마스트 설계 · 2개의 화물 캐리지가 독립 구동이 가능하도록 설계 · 벨트 컨베이어 구조를 적용한 캐리지 설계 - 셔틀 이송 리프터 · 셔틀 승하강 이송 시, 균형유지를 위한 4축 Post 구조 설계 · 타이밍벨트와 사이드가드를 이용한 승하강 구조 설계	
구성	- 화물이송리프터 · 마스트 · 캐리지 · 구동부 · 레일부 · 베이스 · 제어부	- 셔틀이송리프터 · 프레임 · 캐리지 · 구동부 · 레일부 · 베이스 · 제어부

- 3차년도 시제품은 화물 이송 리프트의 구동 시, 현장의 상황을 고려한 센서 위치 조정을 필요로 하며, 현장 설치의 편의성을 확보하기 위한 구조 재설계 및 제작하였음



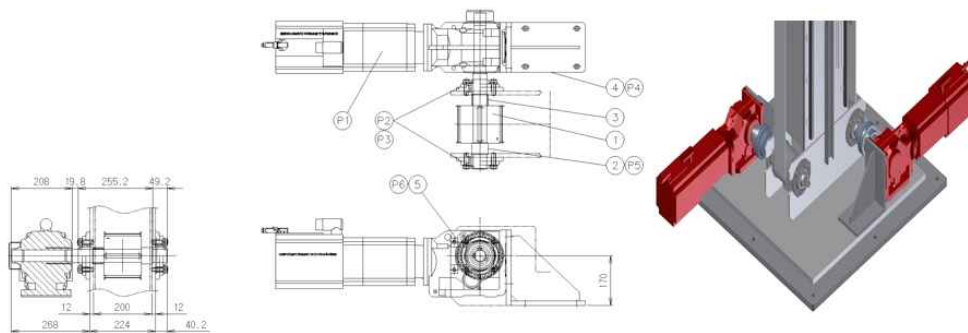
- 시작품의 화물 이송 리프트 주행 시, 마스트의 흔들림 현상이 발생하였으며, 3차년도 시제품은 이를 보강하기 위해 고정 위치 및 사이즈 재설계 및 제작하였음



○ 화물 이송 리프트의 캐리지 및 구동부 설계 및 개발

- 리프트의 캐리지는 화물 이송을 해당 층에 리프트 도착 시, 랙의 층간 컨베이어와 화물 이송 리프트의 벨트컨베이어가 연계되어 화물을 전달시켜주는 구조이고, 구동부는 화물 리프터의 상·하강 이동을 위한 동력을 생성하는 장치임
 - 화물의 무게를 고려한 설계
 - 캐리지 개별동작 화물 적재를 위한 구조
 - 화물 리프터는 서보모터와 인버터로 구성되었음
 - 구동부는 화물을 탑재한 캐리지를 상·하로 이동시키기 위해 리프터에 부착 되어 동력을 발생시키는 장치
 - 화물 이송 중 낙하 방지를 위해 가이드와 화물 위치 확인 센서 구조 설계

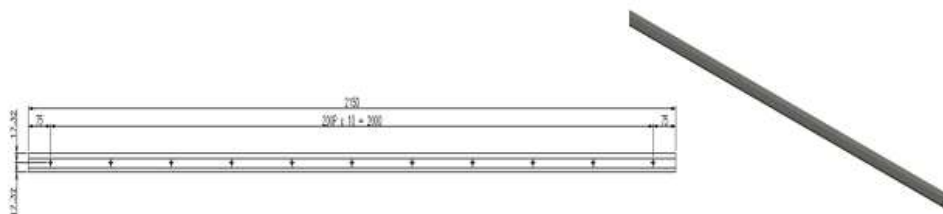
- 화물 이송 리프트의 컨베이어 속도는 Max 15m/min(0.4m/s)로 설계
- 화물 이송 리프트의 승하강 속도는 Max 120m/min(2m/s)로 설계
- 화물 이송 리프트의 정위치 정지 제어를 위해 AC 서보 모터(9.7kw) 및 인버터 (11Kw) 제어 구조 설계
- 화물 리프트의 승.하강 가.감속 이동 시 발생하는 진동 최소화를 위한 S-Curve 기반 제어를 수행
- 마스트와 캐리지에 부착된 타이밍 벨트를 이용하여 발생한 동력을 전달함
- 캐리지에는 상·하강 구동을 위한 타이밍 벨트와 사이드 가이드 롤러가 부착되어 있음
- 화물 리프트의 캐리지 컨베이어는 벨트 컨베이어 구조로 제작되어 있음



[그림 39] 화물 이송 리프트 구동부

○ 화물 이송 리프트의 주행 레일 설계 및 개발

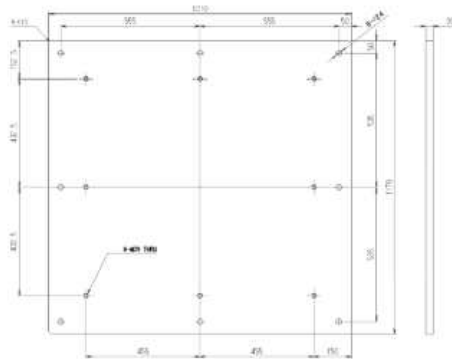
- 레일은 캐리지를 부착하여 주행하기 위한 장치로 와 같이 설계됨
- 마스트에 GUIDE ROLLER & RAIL 구조를 적용
- 직진도 및 레벨 고려하여 설계
- 레일부 역시 프레임에 나사로 체결되어 부착되는 육각바 형태로 설계되어, 셔틀 프레임에 높이에 따라 레일의 제작 높이가 결정됨
- 레일부는 마스트에 나사로 체결되어 부착되는 육각바 형태로 설계되어 셔틀 프레임에 높이에 따라 레일의 제작높이가 결정됨
- 캐리지 뒤틀림 및 전방향 진동을 예방하기 위한 Guide Roller & RAIL 적용



[그림 40] 화물 이송 리프트의 주행 레일 구조

○ 화물 이송 리프트의 베이스 설계 및 개발

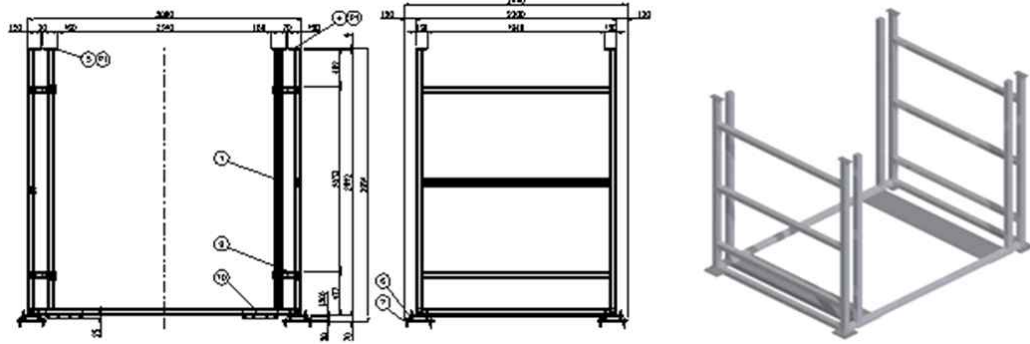
- 베이스는 [그림 2-24]와 같이 제작되어 화물 리프터 프레임 바닥에 부착하여 고정하는 데 사용되는 모듈임
- 화물 리프터 마스트 와의 연결 및 고정 구조
- 화물 리프터 주행시 발생하는 진동에 대한 해소 방안
 - 한 개의 화물 리프터에는 1개의 베이스가 제작되어 모서리에 나사로 결착됨
 - 나사 구조로 되어 있어 레벨 조정에 용이하도록 설계되어 있음
 - 결착된 베이스는 양카홀을 이용하여 바닥에 양카를 박아 화물 리프터를 고정하는 데 사용됨
 - 플레이트 형태의 베이스 설계 및 베이스와 연결할 수 있는 연결부 제작



[그림 41] 화물 이송 리프트의 베이스 구조

○ 셔틀 이송 리프트 및 프레임 설계 및 개발

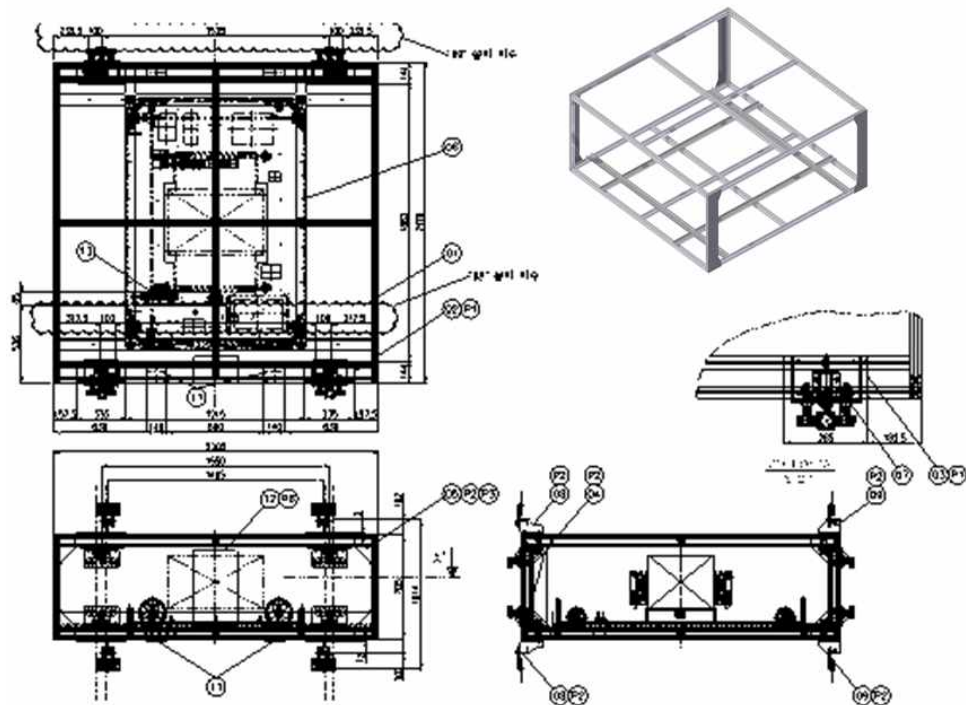
- 셔틀을 랙의 해당 층까지 승강 혹은 하강 시켜주는 장치
 - 셔틀의 양방향 동작기능의 개발 따라 중앙 포스트를 세울 수 없고,, 셔틀 무게를 버티면서 균형 및 진동 최소화를 지원하기 위한 4축 포스트 구조 설계
 - 타이밍 벨트와 타이밍 폴리 구조를 적용하여 셔틀 탑재 시 진동을 최소화 하기 위한 4축 Post 기반 구조 설계
 - 마스트는 압출(금형)형식으로 구현함
 - 고속으로 운영 가능한 캐리지를 부착 가능한 형태의 단일 마스트 구조로 설계함
 - 마스트에 결착 하는 형태로 설계하여 유지보수가 용이한 구조
 - 셔틀 탑재 시 리프터 진동 최소화 구조 설계 및 개발



[그림 42] 4축 포스트 구조의 셔틀 이송 리프트

○ 셔틀 이송 리프트 캐리지 설계 및 개발

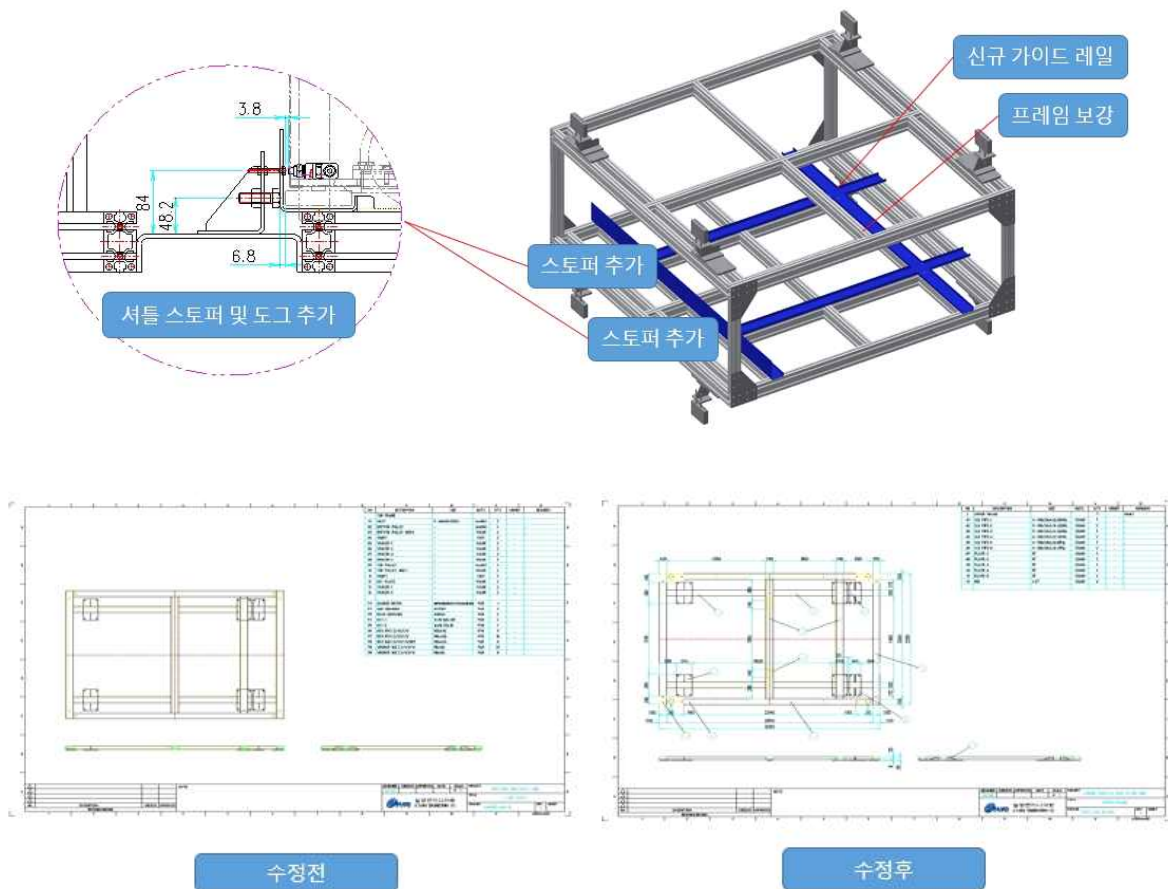
- 셔틀이 탑승되는 캐리지는 셔틀 무게를 버티고 경량화를 위해 알루미늄 프로파일 구조로 설계
- 셔틀이 리프트 위에서 양방향으로 주행 가능하도록 하기 위한 주행레일구조 설계 적용
 - 신속한 상·하 이동 시 진동 최소화를 위한 사이드 가이드 롤러 적용
 - 리프터 고속이송을 위한 타이밍 벨트 적용
 - 마스트와 캐리지에 부착된 타이밍 벨트를 이용하여 발생한 동력을 전달함
 - 알루미늄 프로파일을 이용하여 사각형 구조 적용



[그림 43] 셔틀 이송 리프트의 셔틀 캐리지

- 시작품의 동작 시, 흔들림 현상이 발생되었고, 3차년도 시제품은 이를 재설계 및 제작 하였음

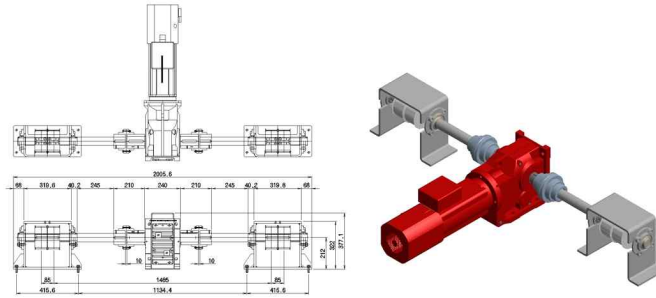
- 셔틀 정위치 도그 및 스토퍼 추가, 셔틀 무게에 따른 캐리지 프레임 보강
- 셔틀 사이즈 변경에 따른 가이드 레일 신규제작
- 프레임 처짐 방지용 리브 보강 및 탭 추가



○ 셔틀 이송 리프트의 구동부 설계 및 개발

- 구동부는 셔틀 리프터의 상·하강 이동을 위한 동력을 생성하는 장치임
- 캐리지에 부착된 타이밍 벨트를 이용하여 발생한 동력을 전달함
- 셔틀 리프터는 서보모터와 인버터로 구성되었음
- 구동부는 셔틀을 탑재한 캐리지를 상·하로 이동시키기 위해 리프터에 부착 되어 동력을 발생시키는 장치
- 셔틀 이송 중 낙하 방지를 위해 가이드와 화물 위치 확인 센서 구조 설계
- 셔틀 리프터의 승·하강 속도는 120m/min으로 설계됨

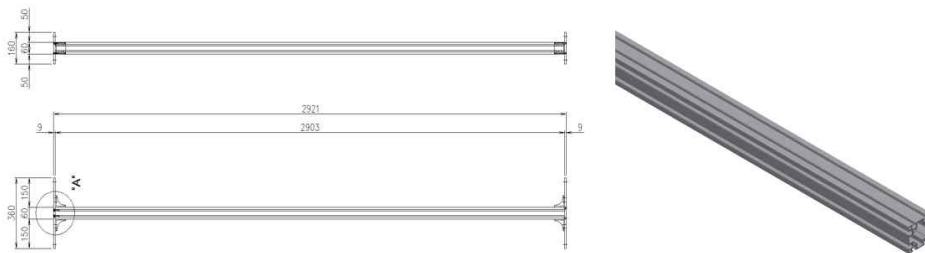
- 셔틀 이송 리프트의 정위치 정지 제어를 위해 AC 서보 모터(21kw) 및 인버터(22Kw) 제어 구조 설계
- 셔틀 리프트의 승·하강 가·감속 이동 시 발생하는 진동 최소화를 위한 S-Curve 기반 제어를 수행
- 마스트와 캐리지에 부착된 타이밍 벨트를 이용하여 발생한 동력을 전달함
- 캐리지에는 상·하강 구동을 위한 타이밍 벨트와 사이드 가이드 롤러가 부착되어 있음



[그림 44] 셔틀 이송 리프트의 구동부

○ 셔틀 이송 리프트의 레일 설계 및 개발

- 캐리지의 셔틀 리프터 내 주행 지원 장치임
- 캐리지의 Side Guide Roller가 주행하기 위한 장치 설계임
- 레일은 캐리지의 Side Guide Roller가 주행하기 위한 장치로 설계됨
- 레일부 역시 프레임에 나사로 체결되어 부착되는 사각바 형태로 설계되어 셔틀 프레임 높이에 따라 레일의 제작 높이가 결정됨
- 뒤틀림 방지 설계 및 직진도 및 레벨 고려하여 설계
- 프로파일을 이용한 레일 설계/개발 및 4Post에 나사 체결을 통한 부착 구조 선정

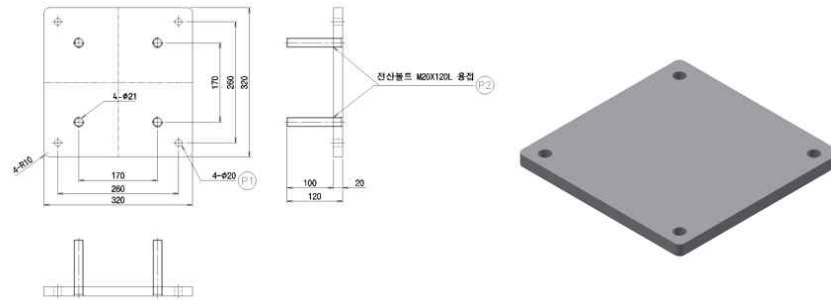


[그림 45] 셔틀 이송 리프트의 주행레일

○ 셔틀 이송 리프트의 베이스 설계 및 개발

- 셔틀 리프터 프레임의 고정을 위한 베이스
- 셔틀 리프터 진동 최소화 구조로 설계
- 베이스는 셔틀 리프터 프레임 바닥에 부착하여 셔틀을 고정하는데 사용되는 모듈임

- 나사구조로 구성되어 있어 레벨 조정이 용이하도록 설계되어 있음
- 결착된 베이스는 양카홀을 이용하여 바닥에 양카를 박아 셔틀 리프터를 고정하는 데 사용됨
- 한 개의 셔틀리프터에는 4개의 베이스가 제작되어 모서리에 나사로 결착됨
- 베이스와 연결할 수 있는 연결부 제작
- 바닥에 고정하기 위해 바닥에 양카를 박을 수 있는 구조 적용



[그림 46] 셔틀 이송 리프트의 베이스

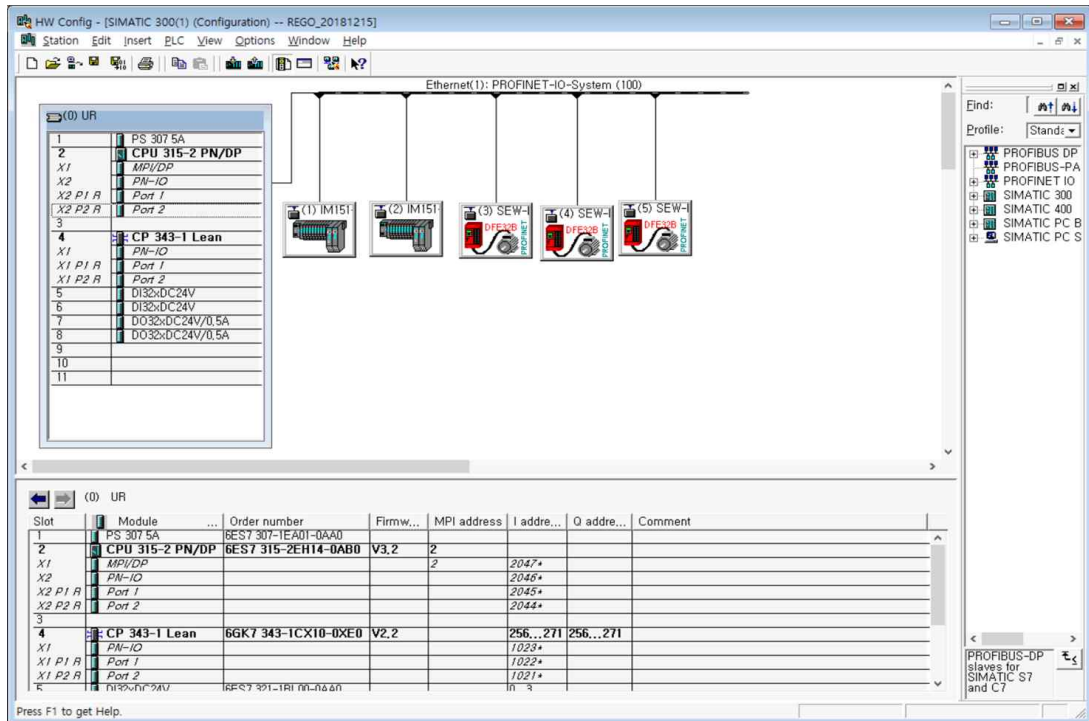
○ 수직이송체 제어시스템 설계/개발

- 랙에 설치된 화물 입·출고 리프터 및 셔틀 리프터 제어를 위한 제어 시스템 설계

- 산업용 허브를 이용하여 PROFINET 기반의 인터페이스 체계를 구축하였음
- PLC 및 리모트 I/O, 인버터, HMI로 구성하여 WCS로 연결한 네트워크 구성
- 검증된 SIMENSE PLC를 이용하여 시스템 안정성을 도모함

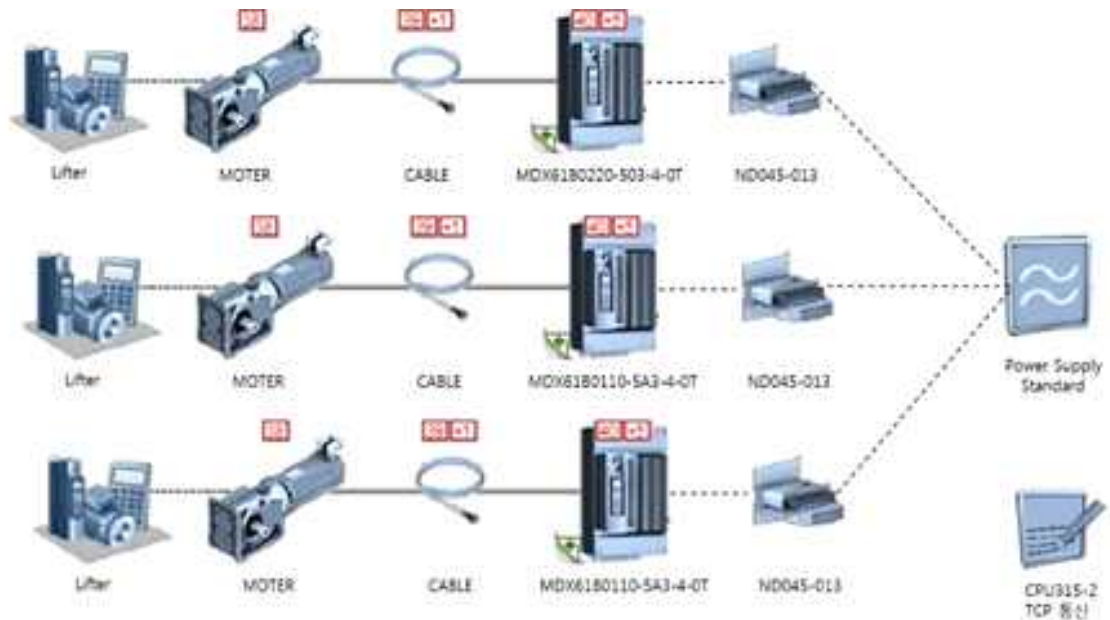


[그림 47] 수직이송체(화물이송 및 셔틀이송 리프트) 제어 구성도



[그림 48] 수직이송체(화물이송 및 셔틀이송 리프트) Main PLC - HW config

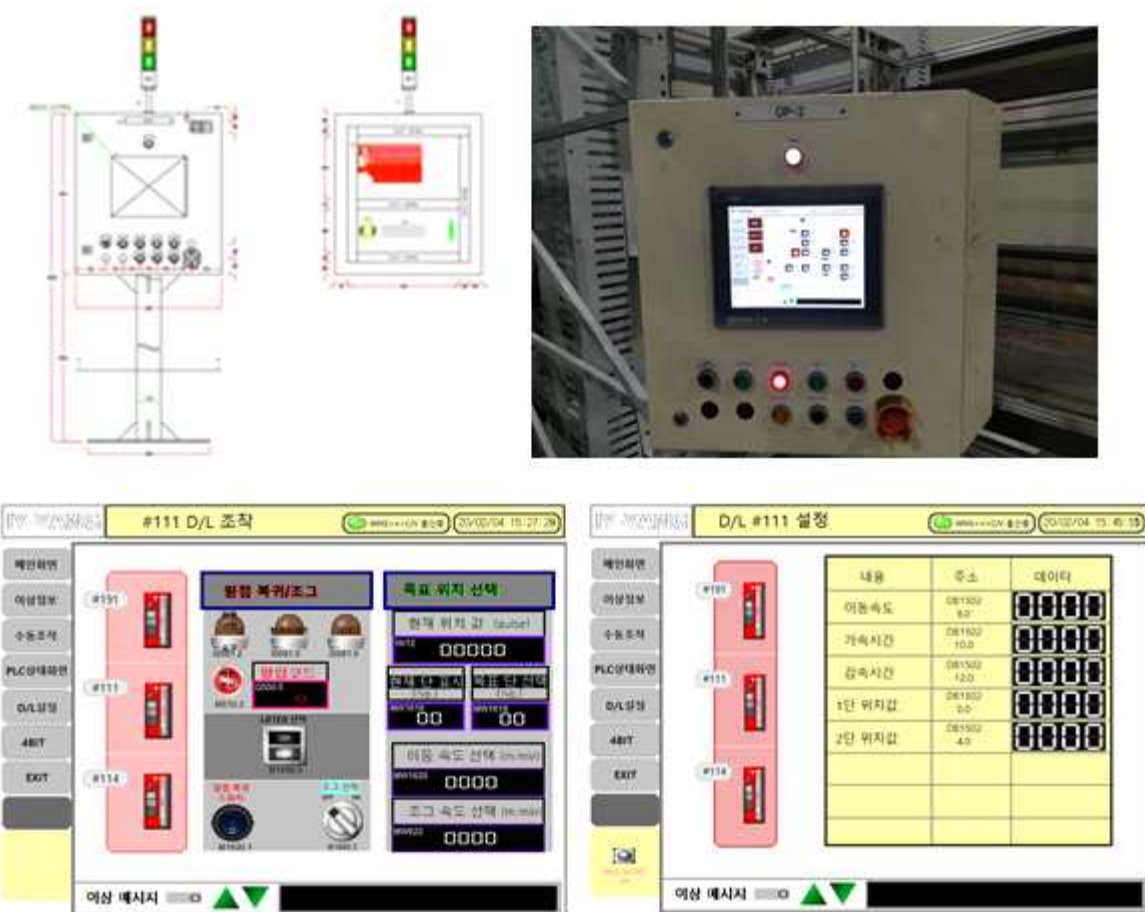
- 모터 용량을 고려하여 인버터 용량 설계 및 적용하였음



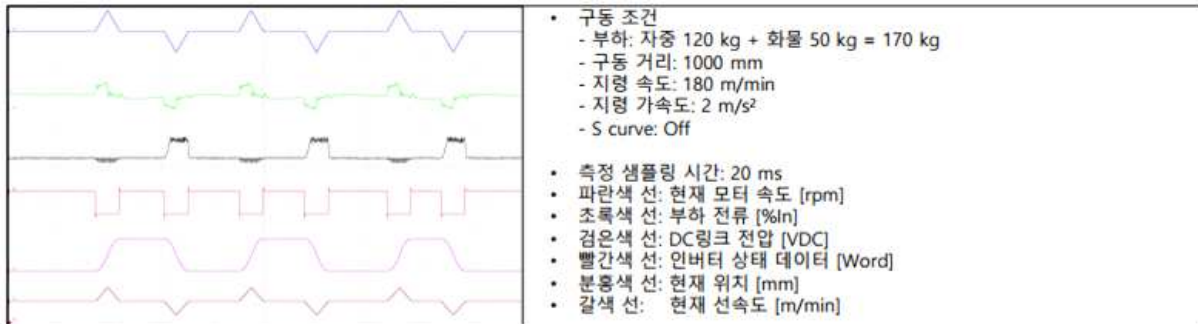
[그림 49] 인버터 제어 배선도

- 리프트 단위 동작 제어 및 운영을 위해 OP Panel 설계 및 제작하였음

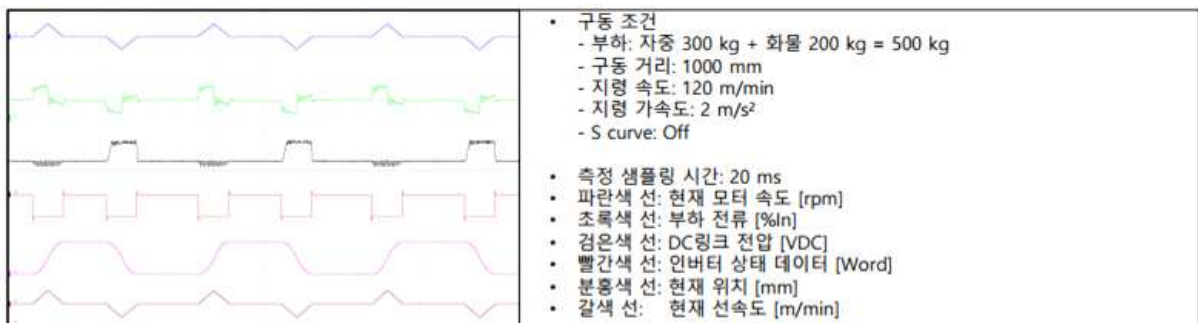
- 메인 판넬과 리프터는 OP Box를 통하여 네트워크로 연결되어 있음
- OP Box를 통하여 작업자는 리프터의 동작 모드(자동/반자동/수동)를 선택할 수 있음
- 리프트 콘트롤은 PLC와 PROFINET 으로 연결하여 모터 구동 출력을 제어 할 수 있는 설계구조임
- 리프트 콘트롤은 인버터 드라이브를 사용하여 설계
- OP Box의 판넬을 통해서 입.출고 리프터의 동작 모드(자동/반자동/수동)를 선택할 수 있음
- 입.출고 리프터 설정 화면에서 이동속도, 가속시간, 감속시간, 1~2단 위치값을 입력할 수 있음
- 셔틀 리프터 설정 화면에서 이동속도, 가속시간, 감속시간, 1~3단 위치값을 입력할 수 있음



[그림 50] 화물 이송/셔틀 이송 리프트의 제어반 및 제어반 UI 화면

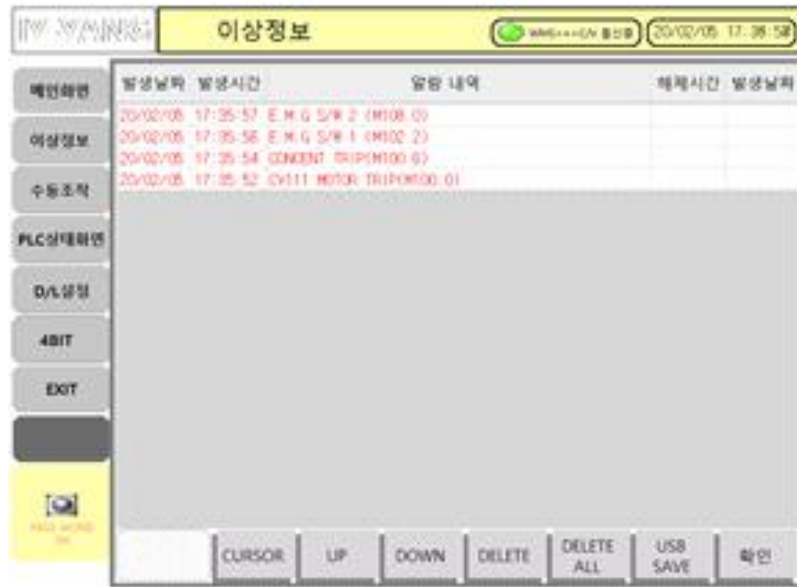


[그림 51] 화물 이송 리프트의 내부 동작 테스트 화면



[그림 52] 셔틀 이송 리프트의 내부 동작 테스트 화면

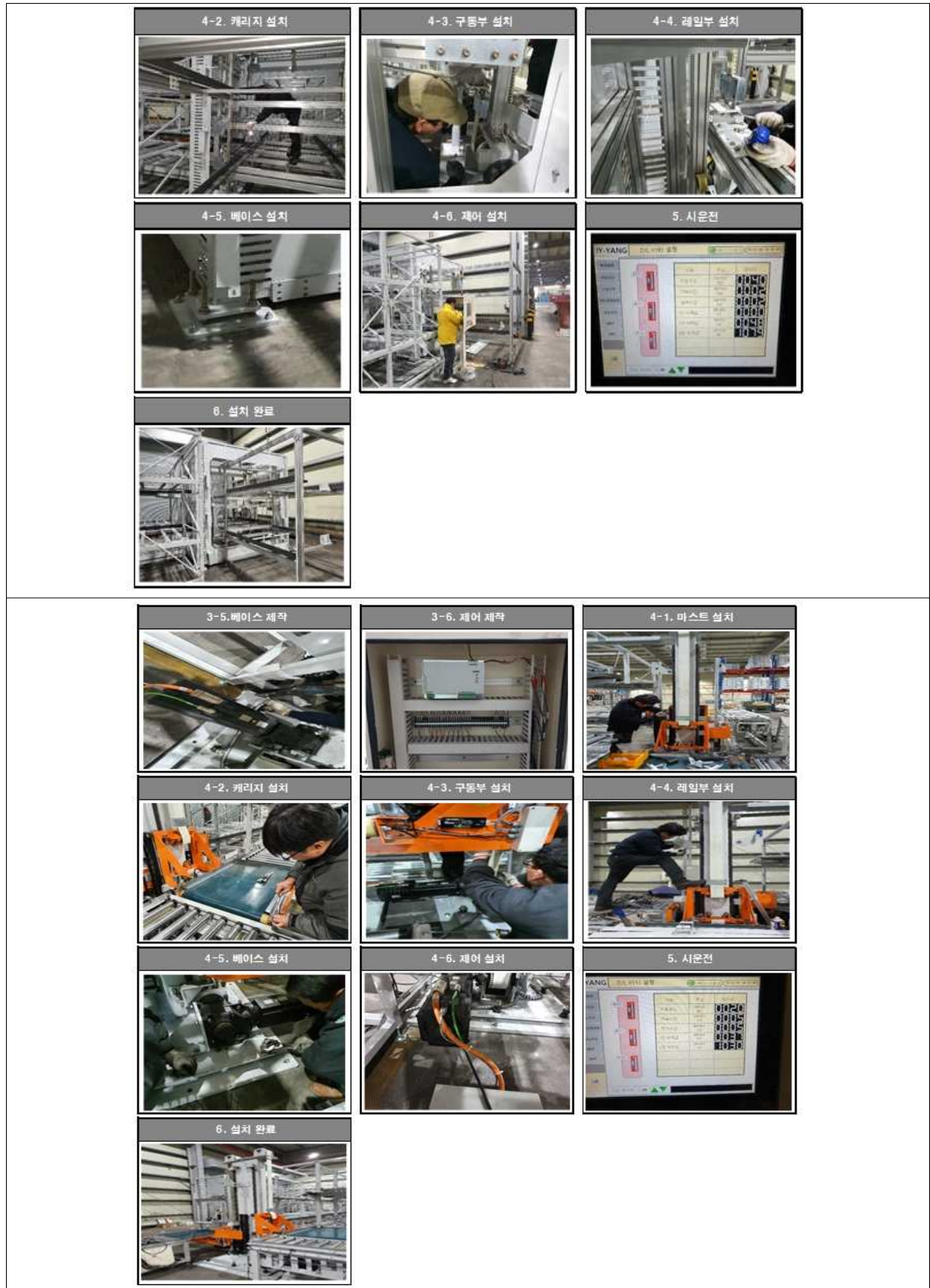
- 고장 이력 및 에러 발생 내역 확인 가능하도록 설계/개발하였음



[그림 53] 장비 이상 정보 확인 UI

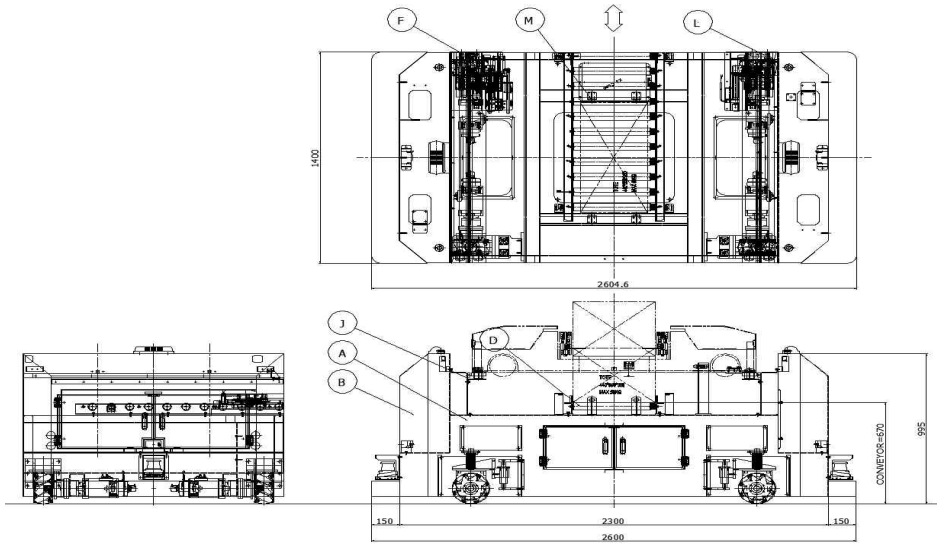
② 시제품 제작

구분	도면 ID	모델명
신규	LSS3-LT	수직 이송체
시작품 제작 및 조립 사진		
1. 2D 설계 2. 3D 설계 3-1. 프레임 제작 3-2. 캐리지 제작 3-3. 구동부 제작 3-4. 레일부 제작 3-5. 베이스 제작 3-6. 제어 제작 4-1. 프레임 설치		



(라) 지상 이동 지원 장치

- ① 구조설계
- ㉠ 개발목표

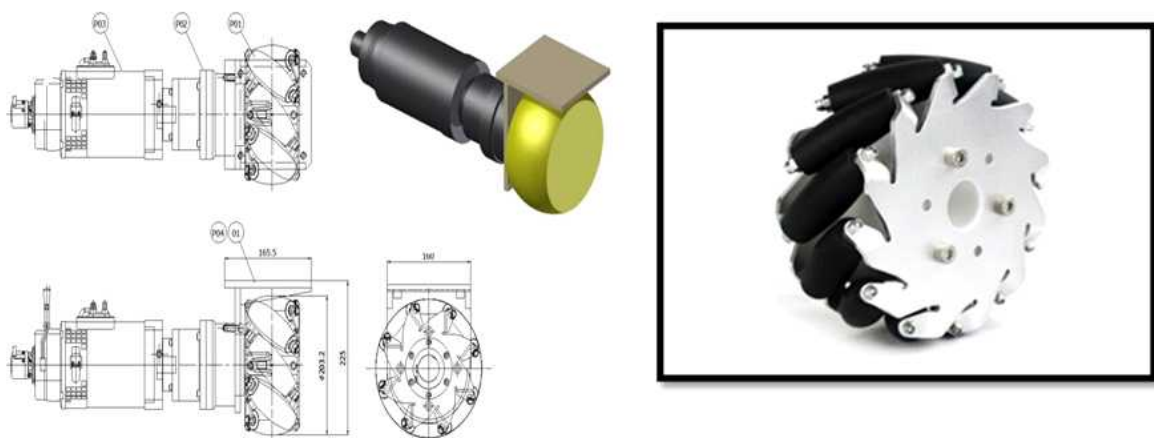
구분	도면 ID	모델명
신규	LSS3- 1A	지상 셔틀 주행 화물 이송 지원 장치
설계 도면		
		
기능 설명		
개발 목표	- 셔틀을 다른랙으로 이동, 작업자에게 화물이송을 위한 장치개발	
설계 고려 방향	- 화물무게 최대 200kg을 고려한 구조 - 양방향 이동이 가능한 메카넘 휠(Mecanum wheel) 구조 설계 - 셔틀과 화물 둘다 취급 가능한 구조 설계 - 조향장치 없이 전,후진 360도 회전 및 대각주행 구동 - 화물 이적재 가능한 ROLLER CONVEYOR 적용 로딩장치 설계 - 셔틀이 안정적으로 탑재 할수 있는 고정 장치 구조 설계 - 셔틀 배출장치에서 지상 셔틀을 목표 지역으로 이송시킴 - 입.출고 컨베이어에서 화물을 지상 목표지역으로 이송시킴 - 메카넘휠 구조로서 방향전환이 용이함 - 이송 속도를 고려하여 설계되어 있음 - 자율주행 유도방식 적용함	

구성	- 메카넘 휠(Mecanum wheel) - 셔틀 주행 레일 - 화물 이송 컨베이어 - 프레임 - 제어부 - 자율주행 유도방식
----	---

㉠ 개발 내용

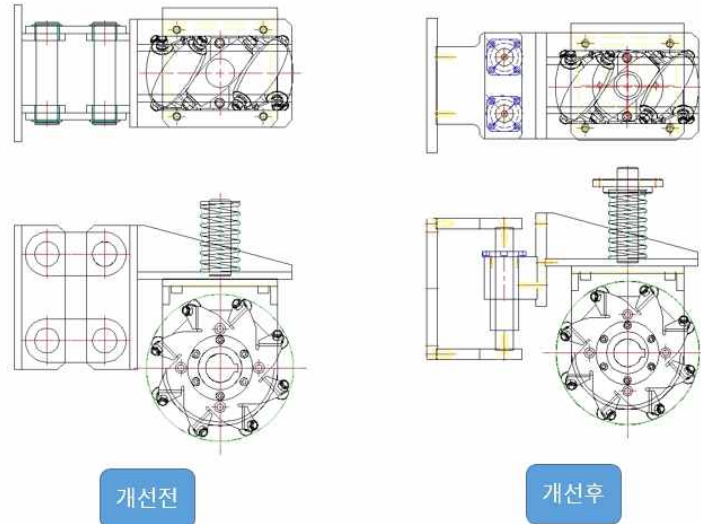
○ 지상 셔틀 주행 화물 이송 지원 장치 및 주행부 설계 및 개발 (메카넘 휠)

- 셔틀을 다른 랙으로 이동시키거나 화물을 이송시키는 작업을 지원하는 장치
- 메카넘휠은 셔틀을 탑재한 지상 셔틀 주행-화물 이송 지원 장치를 목표 위치 까지 이송시키기 위해 바디프레임 하부에 부착되어 동력을 발생시키는 장치
- 모터와 휠을 직접 연결하여 동력을 전달함
- AC모터와 감속기, 드라이버, 메카넘휠 4개로 구성하여 개발 및 제작
 - 메카넘휠 구조 적용을 통해 양방향 전환이 가능하도록 구조 설계
 - 850w 급 AC 모터를 적용하였으며, 주행속도는 Max 120m/min(2m/s)로 설계
 - 속도와 무게에 따른 AC모터의 용량은 850W(4EA)로 산출됨
 - 직각주행 가능
 - 설치 및 운영이 용이한 조립식 구조로 제작
 - 셔틀 탑재 시 진동을 최소화 하기 위한 Post 기반 구조로 제작

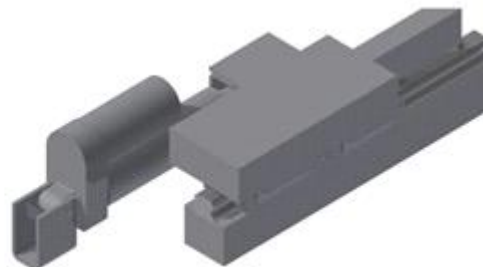
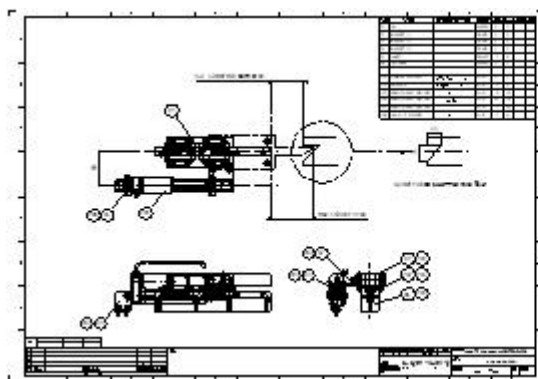


[그림 55] 메카넘 휠 기반 주행구조

- 3차년도 시제품은 주행 안정성 확보를 위한 재설계 및 제작하였음
 - 바닥 평탄도에 따른 텐션량 증가를 위한 링크 구조에서 슬라이드 구조로 변경

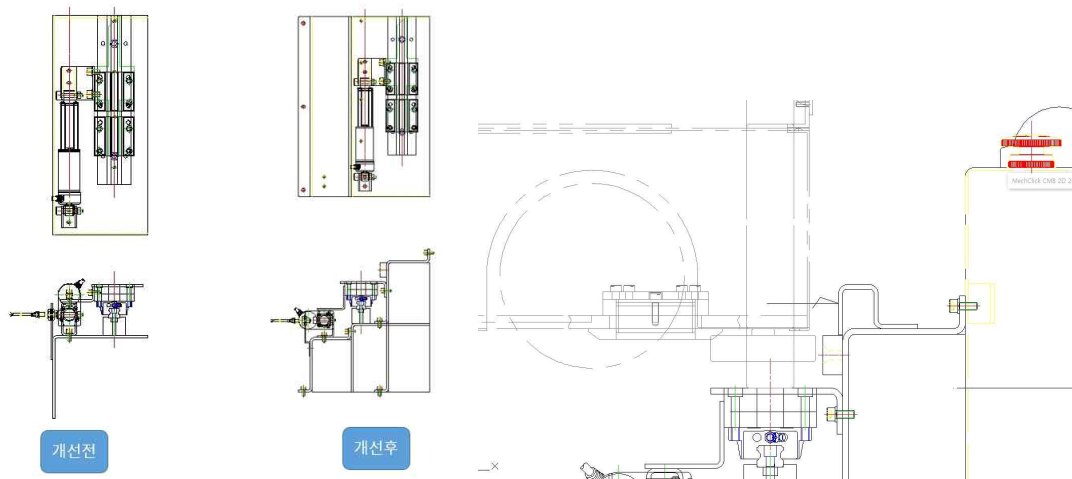


- 셔틀 탑승 지원을 위한 레일 구조 설계 및 개발
 - 셔틀이 안정적으로 탑재 할수 있는 구조
 - 셔틀이 IGV로 수평 이송 시 원활한 동작을 위한 설계
 - 소음 및 진동 최소화 하여 원활한 슬라이딩 가능한 설계
 - 셔틀의 중량을 고려한 구조
 - 레일 푸셔는 전동 실린더를 사용한 구조로 셔틀 입출고 시 장비간 간격을 좁혀주어 셔틀의 원활한 이동을 지원을 가능한 개발
 - 전동 실린더 및 LM GUIDE & RAIL 적용하여 제작
 - 컨베이어와 IGV 사이 간격을 최소화 하여 셔틀의 이송을 원활한 구조



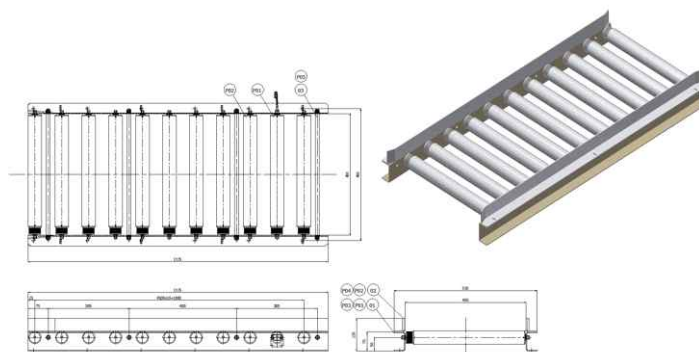
[그림 57] 랙의 셔틀 주행레일과 IGV 간 레일 연결 장치

- 3차년도 동작 안정성 확보를 위한 재설계 및 제작하였음
 - 셔틀 이동 시, 흔들림 보정을 위한 보강 설계 수정 및 제작



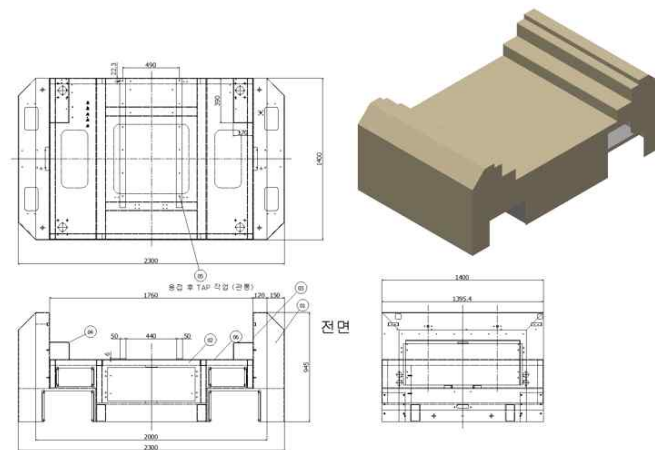
○ 화물 반입 및 반출을 위한 컨베이어 구조 설계 및 개발

- 셔틀의 중량을 고려한 구조
- 화물을 입출고 시키는 수평 이송 장치
- 셔틀과 화물, 둘다 신을 수 있는 구조 설계 및 적용
 - 화물 크기 440(W)x650(L)x360(H)를 고려한 섹션 설계
 - 화물 무게 최대 50kg을 고려한 구조
 - 화물 이탈 방비를 위한 안전장치를 고려하였으며, 전.후면 추락 방지를 대비하여 투수광 감시 센서를 설치하여 끝단에 화물이 존재 할 경우 시스템에서 감지가 가능
 - 컨베이어는 파워 몰러(Power Moller)구조로 되어있으며 컨베이어 안에 자체 모터를 내장하고 있어 간편한 구조 설계가 가능하다는 장점을 가지고 있음
 - 파워 몰러(Power Moller) 컨베이어 제작으로 폭 조절이 용이한 구조



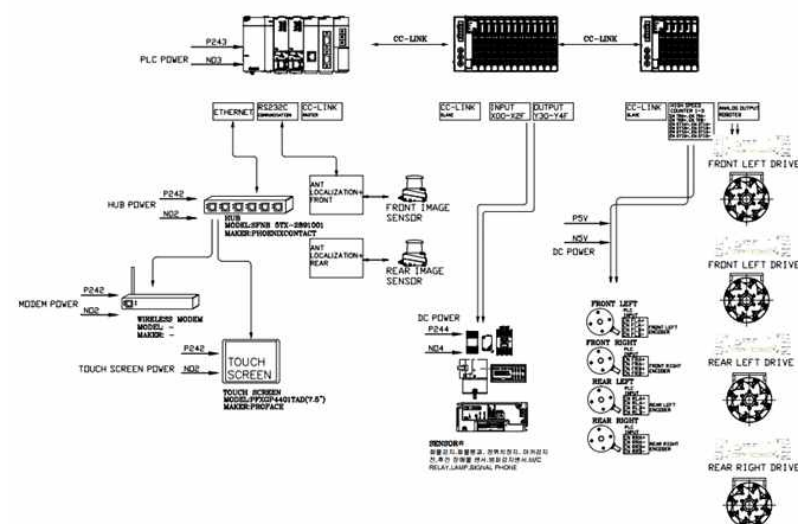
[그림 58] 화물 이송 컨베이어

- 화물 적재 및 전후진/방향 전환을 위한 지상 셔틀 주행 화물 이송 지원 장치의 몸체임
- 프레임은 사각형 구조의 프레임으로 설계됨
 - 화물과 셔틀의 무게를 감당하면서도 경량화된 재질로 구성
 - 다른 부품들을 바디에 조립하는 형태로 설계하여 유지보수가 용이한 구조
 - 이송 속도 및 방향전환에 가능한 셔틀 및 화물 탑재 구조 설계
 - 사각파이프로 구성된 프레임 구조

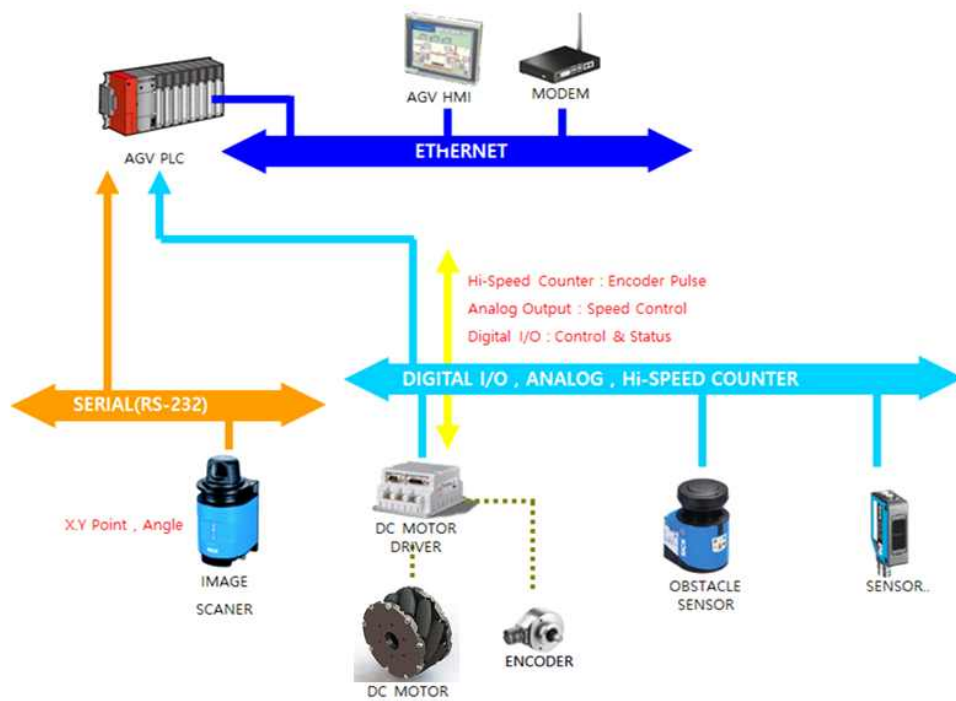


[그림 59] 지상 이송 지원 장치의 구조 프레임

○ 지상 이송 지원 장치의 제어 시스템 설계 및 개발



[그림 60] 지상 이송 지원 장치의 제어 구성도(1/2)



[그림 61] 지상 이송 지원 장치의 제어 구성도(2/2)



[그림 62] 지상 이송 지원 장치의 제어판넬

- 시스템의 주행 드라이브 설계 및 적용

- 모터 용량을 고려한 모터 드라이브를 설정하여 배선하였으며, 이를 통해 지상 이송 지원 장치의 제어를 수행



[그림 63] 지상 이송 지원 장치의 주행 모터 및 모터 설정 화면

- 시스템의 단위 동작 및 모니터링을 위한 OP Panel 설계 및 개발

- 메인 판넬과 OP HMI를 통하여 네트워크로 연결되어 있음
- OP HMI를 통하여 작업자는 동작 모드(자동/반자동/수동)를 선택할 수 있음
- OP Box의 HMI를 통해서 작업자는 컨베이어 및 충전장치를 제어할수 있음



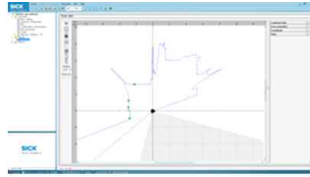
[그림 64] 지상 이송 지원 장치의 제어반 및 UI

- LiDAS 위치 인식 (Image Processing) 및 회피 주행 구조 설계 및 개발

- 10m 반경 이내의 장애물로부터 자신의 위치까지 거리값을 -45에서 270도 내에서 0.5도 분해능으로 전달해주는 Sensor
- Sensor의 정보를 PLC는 조합하여 자신의 위치값을 X, Y 좌표 및 각도값으로 생성
- 정밀하고 신속한 공간 윤곽 데이터 수집 및/또는 동시에 실시간 리플렉터 데이터수집
- 측정 데이터 평가 기능이 내장되어 자신의 위치값을 X, Y 좌표 값을 계산하여 PLC로 전송



[그림 65] 지상 이송 지원 장치의 자율 회피 주행 프로세스 설계화면(1/3)



STEP 1. 주위환경 인식

- 현장 주변의 반사판을 인식하여 자신의 위치를 파악 및 계산



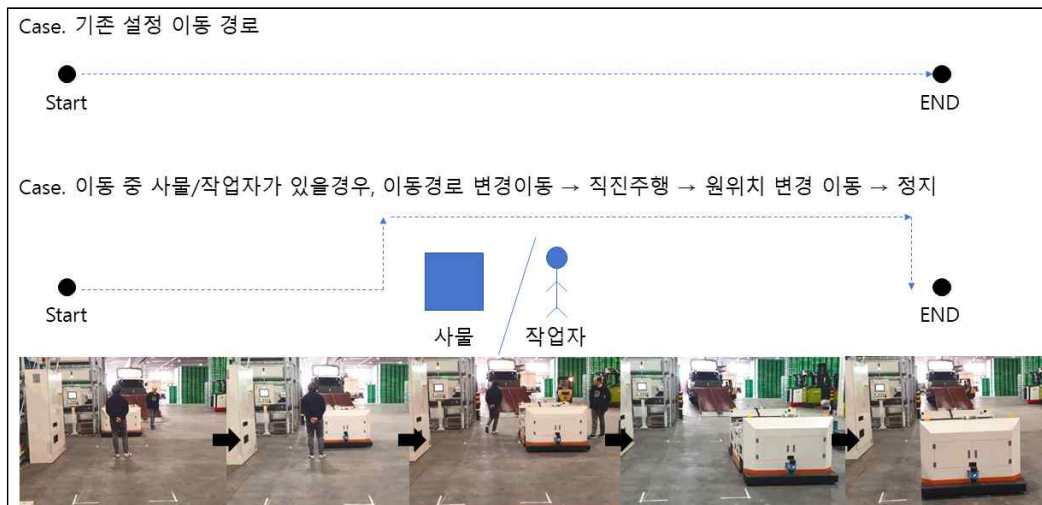
STEP 2. 경로 설정

- 지상 이송 지원 장치의 이동 경로 설정 후 동작 시작



회피 주행 및 장치 주행 설계 화면

[그림 66] 지상 이송 지원 장치의 자율 회피 주행 프로세스 설계화면(2/3)



[그림 67] 지상 이송 지원 장치의 자율 회피 주행 프로세스 설계화면(3/3)

- 자율회피주행 및 다개체 연계 운영 방안

- Lidar 센서와 메카넘휠을 이용한 자율 회피 주행을 구현하였음
- 본 시스템은 기존 회전방향회전방식과 다르게 메카넘휠 기반 주행구조를 적용하여, 회전반경을 최소화 할 수 있어, 공간이 협소한 환경에도 적용이 가능한 장점을 보유
- 본 시스템은 상위시스템인(Warehouse Control System)과 연계하여 운영되며, 다개체 운영 시 상위시스템에서 모니터링 기반 하에 경로이동명령을 전달함에 따라 개체 간 충돌방지 가능함
- 작업자 혹은 사물이 나타날 경우, 자율적으로 경로를 변경하여 이동하는 기본 운영 구조는 개발 완료하였음.
- 지상 이송 지원 장치의 자율주행기능구현은 본 과제 수행범위가 아님에 따라, 향후 연구과제에서 자율회피주행의 기본운영기능과 항공대학교의 “셔틀 지상 이송체 운영 알고리즘 연구”와 연계하여 알고리즘이 적용된 시스템 개발을 진행할 예정

② 시제품 제작

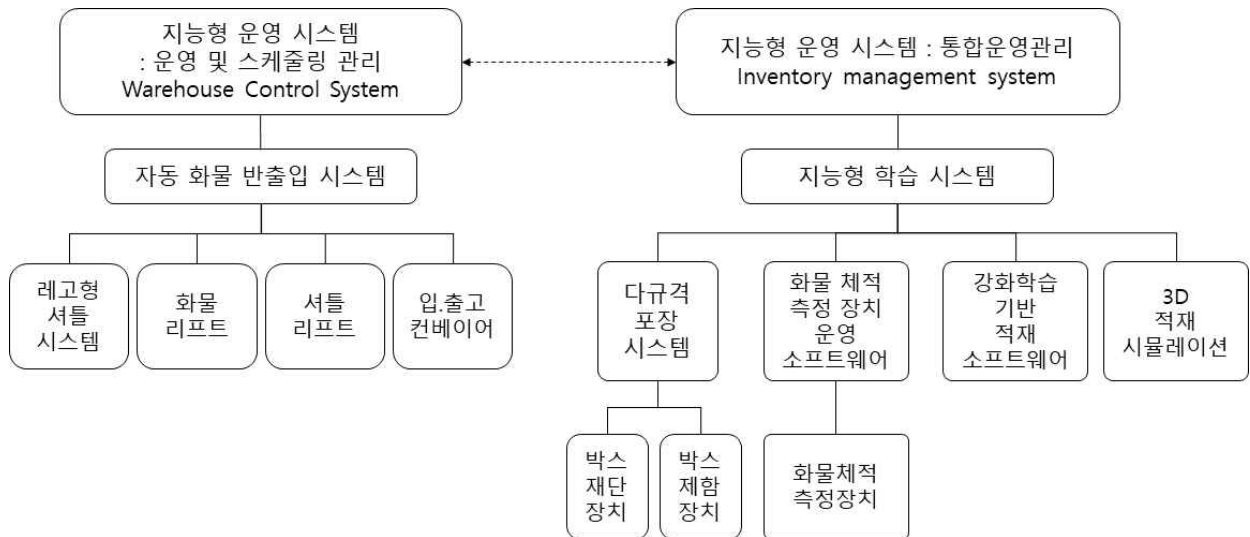
구분	도면 ID	모듈명
신규	LSS3-IA	지상 셔틀 주행 화물 이송 지원 장치
시작품 제작 및 조립 사진		
1. 2D 설계 2. 3D 설계 3-1. 셔틀 주행 레일 제작 3-2. 컨베이어 제작 3-3. 프레임 제작 3-4. 제어 제작 4-1. 셔틀 주행 레일 설치 4-2. 컨베이어 설치 4-3. 프레임 설치 4-4. 제어 설치 5. 시운전 6. 설치 완료		

(마) 지능형 운영 시스템

1) 통합운영관리(Inventory Management System)

① 기능 정의 및 설명

- 자동 화물 반출입 시스템과 화물 다규격 포장 시스템(체적 측정 장치와 박스재단 및 제함장비)가 설치된 창고의 운영관리를 위한 소프트웨어



[그림 68] 지능형 운영 시스템 구성도

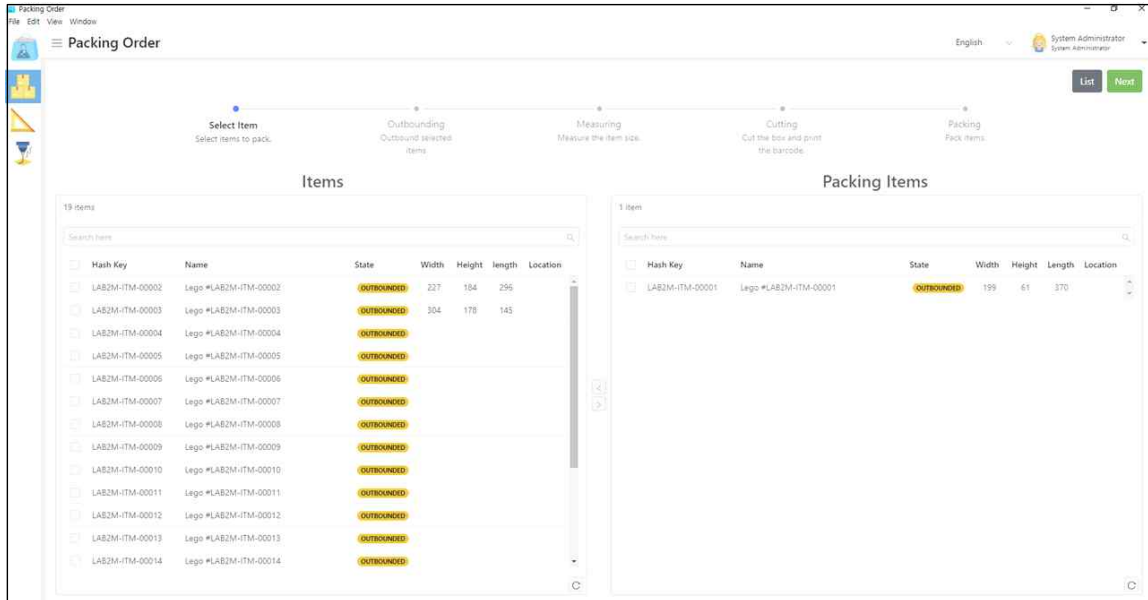
② 기능설계

기능 명칭	세부 기능	기능 설명
패킹오더관리(Packing order)	-	- WCS(Warehouse Control System)에서 출고된 화물을 박스 재단부터 박스 포장 작업까지 작업진행명령 및 관리하는 기능
화물측정관리(Measure)	-	- 창고 보관화물의 크기(가로 x 세로 x 높이) 정보 수집 관리 기능
박스재단관리(Cutting)	-	- 박스 재단 장비의 단위 동작 테스트를 위한 기능

③ 기능개발화면

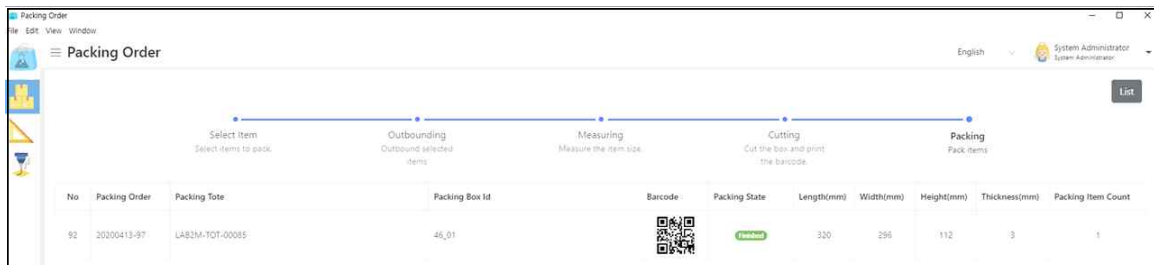
○ 패킹 오더 관리 기능(Packing Order)

- 패킹오더작업은 “화물 피킹(Select item/Outbounding) → 화물크기 측정(Measuring/Cutting) → 박스재단 및 제함처리(Packing) → 포장박스 내 화물 적재” 순으로 진행되도록 설계/개발하였음
- 아래 화면의 왼쪽(Items)은 WCS로부터 전달받은 출고대상화물리스트이며, 화면의 오른쪽(Packing items)은 피킹 대상 화물임



[그림 69] 화물 피킹 및 화물 크기 측정 화면

- 지능형학습시스템(화물크기 측정 및 박스 내 화물 적재)과 연계하여 패킹 작업 명령 및 관리가 가능하도록 설계/개발하였음



[그림 70] 화물 포장 작업 완료 화면

○ 화물 측정 관리 기능(Measure)

- 지능형학습시스템의 화물체적측정운영SW와 연계하여 크기 정보가 없는 화물의 측정하여 정보관리할 수 있도록 설계/개발하였음

No	Name	Hash Key	State	Length(mm)	Width(mm)	Height(mm)	Created Date	Updated Date
150	Lego #LAB2M-ITM-00002	LAB2M-ITM-00002	FINISHED	97	111	205	2020-05-09 18:59	2020-05-09 18:59
148	Lego #LAB2M-ITM-00003	LAB2M-ITM-00003	FINISHED	145	304	178	2020-04-13 17:20	2020-04-13 17:20
145	Lego #LAB2M-ITM-00001	LAB2M-ITM-00001	FINISHED	370	199	61	2020-04-13 17:15	2020-04-13 17:15

[그림 71] 화물의 크기 정보 관리 화면

○ 박스 재단 관리 기능(Cutting)

- 특정 창고에 박스 재단 장비만 있을 경우를 대비하여, 단위동작/명령이 가능하도록 설계/개발하였음

- 박스 사이즈(가로 x 세로 x 높이) 입력 후 "박스재단(Cutting) → 재단 박스의 바코드 인쇄(Print)" 단위 동작 명령을 수행할 수 있음

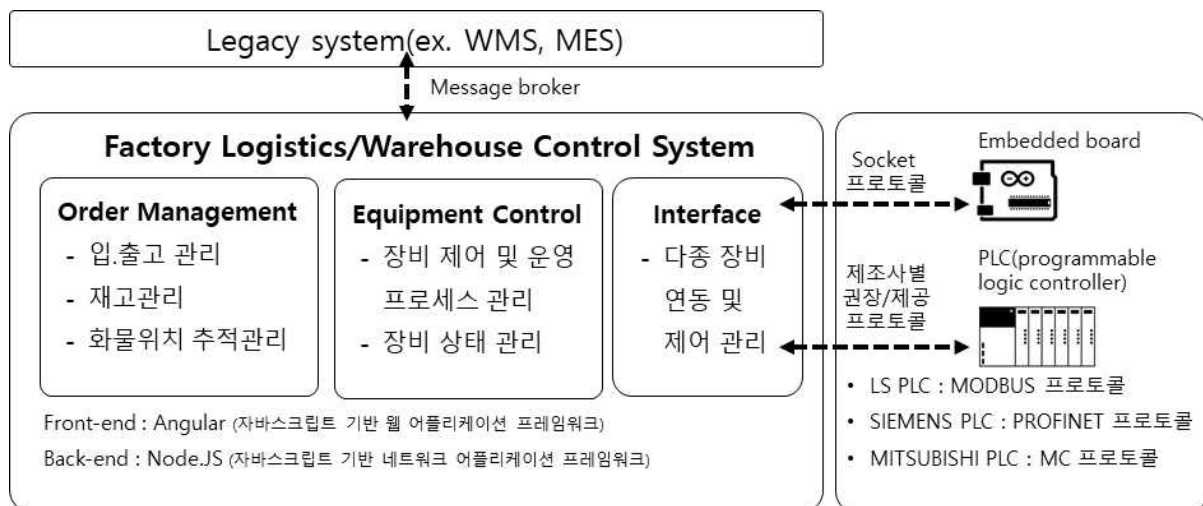


[그림 72] 화물의 크기 정보 관리 화면

2) 운영 및 스케줄링 관리(Warehouse Control System)

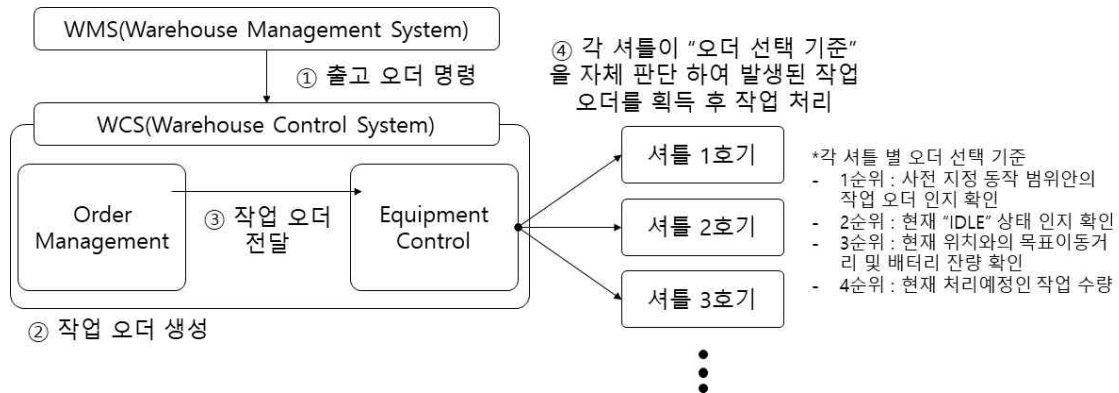
① 기능 정의 및 설명

- 자동 화물 반출입 시스템의 보관 화물 정보 관리 및 화물의 입.출고 관리, 시스템 연동 장비의 단위 제어 관리 기능을 지원하는 창고 제어/운영 시스템



[그림 73] Warehouse Control System 아키텍처

- 본 시스템은 아래 구조와 같이 다중서들의 운영을 위해 작업오더처리 방법을 개발
 - WMS로부터 출고 오더를 명령 받으면 WCS에서는 서들에게 전달할 작업오더를 생성
 - 각 서들은 “오더 선택 기준”을 고려하여 작업오더를 획득하여 작업을 처리하는 구조로 운영됨
 - 중복 작업 처리 방지 및 서들 간 충돌 방지를 위해 서들 간 통신을 하여 문제 발생 최소화



[그림 74] 셔들과 WCS 간 작업 오더 처리 프로세스 구조

② 기능설계

○ 재고관리기능(Order management)

- 상품 입.출고 및 재고 관리 기능 설계 및 개발

○ 장비 관리 및 인터페이스 기능(Equipment)

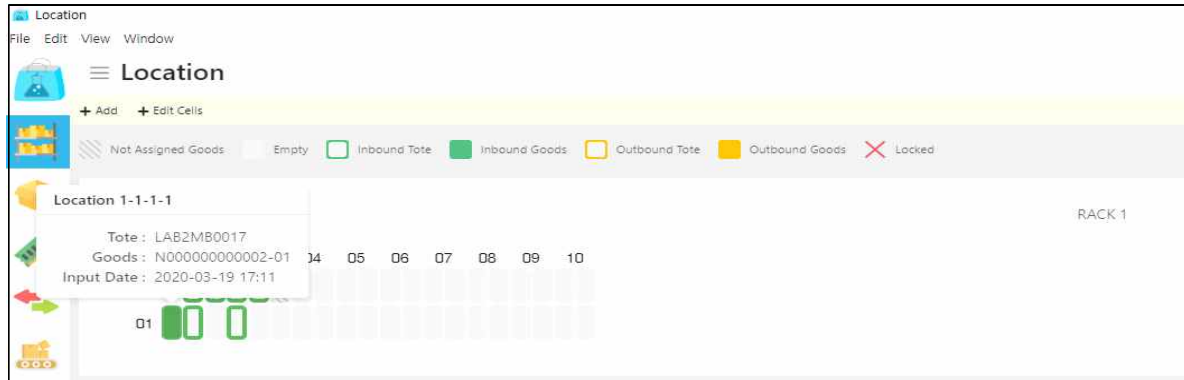
- WCS 연동 대상 장비의 상태정보 및 장비 운영/제어 프로세스 관리 기능 설계 및 개발
- 국내외 주요 PLC(지멘스, 미쯔비시, LS 산전) 제조사와의 통신 프로토콜 및 임베디드 보드와의 통신 프로토콜 관리

기능 명칭		기능 설명
재고관리기능 (Order management)	화물위치관리(Location Management)	- 화물의 보관랙 관리(랙 및 Cell 수량 설정) - 보관 랙의 셀별로 보관 박스 정보 표시
	토틈박스 관리(Tote management)	- 보관대상 토틈박스 관리(보관 박스 종류 설정) - 보관박스 별 작업 현황 표시
	화물 관리(Goods Management)	- 취급 화물 종류 관리(화물 종류 설정) - 취급 화물 별 작업 현황 표시
	화물 입.출고관리(In/Out bound)	- 자동 입/출고 기능(작업지시서의 바코드 인식을 통한 입/출고) - 수동 입/출고 기능(현재 랙에 보관된 화물 선택 후 수동 입/출고) - 입/출고 작업 현황 표시 - 상위시스템(ex. WMS, ERP 등) 명령작업 송수신 현황표시
장비관리 및 인터페이스 기능 (Equipment)		- 단위 동작 제어 - 작업 오더 별 시스템 동작 프로세스 및 작업 에러 현황 표시
시스템 설정(Setting)		- 접속 유지 권한 및 프로그램 빌드 설정 - 클라이언트 접속 에러 현황 표시

③ 기능개발화면

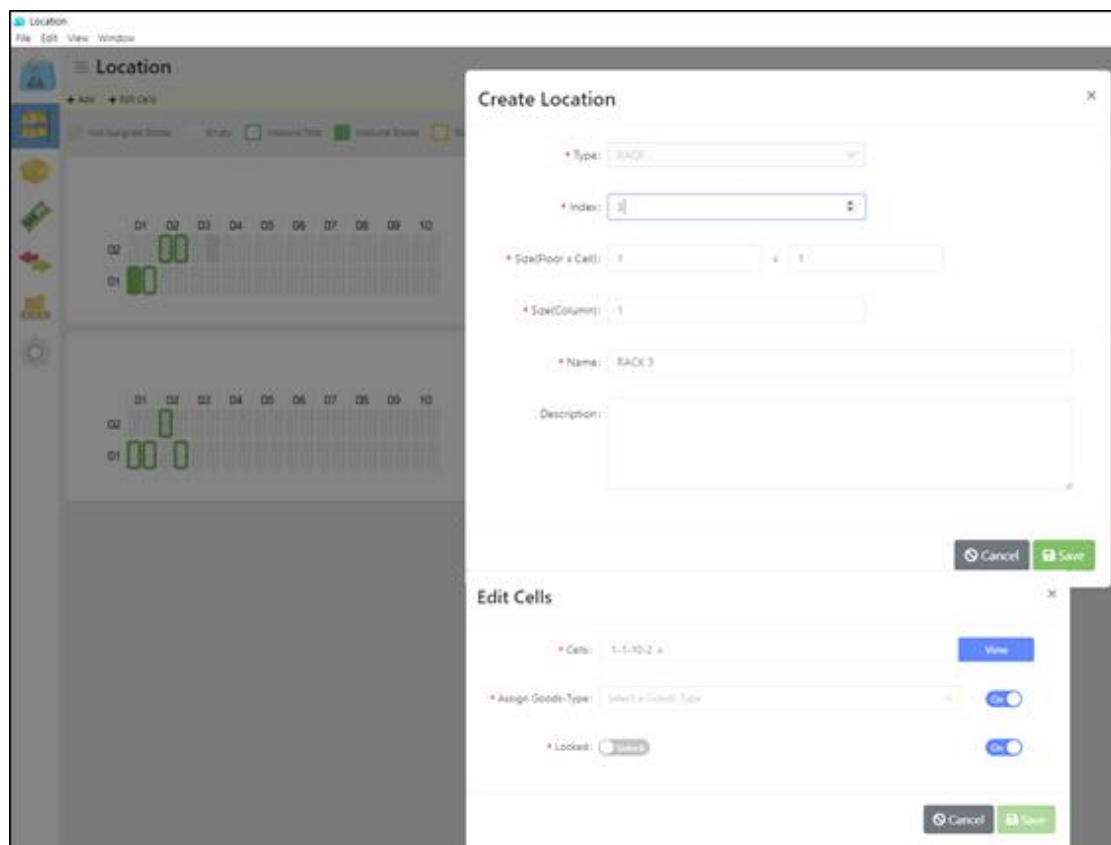
○ 화물위치관리(Location Management)

- 창고의 보관 화물 위치 정보(랙의 칸(Cell) 별 입고된 토트박스 ID, 박스 내 보관 화물 ID, 입고 시간)를 확인할 수 있도록 설계/개발하였음



[그림 75] 화물위치 및 랙 모니터링 관리 화면

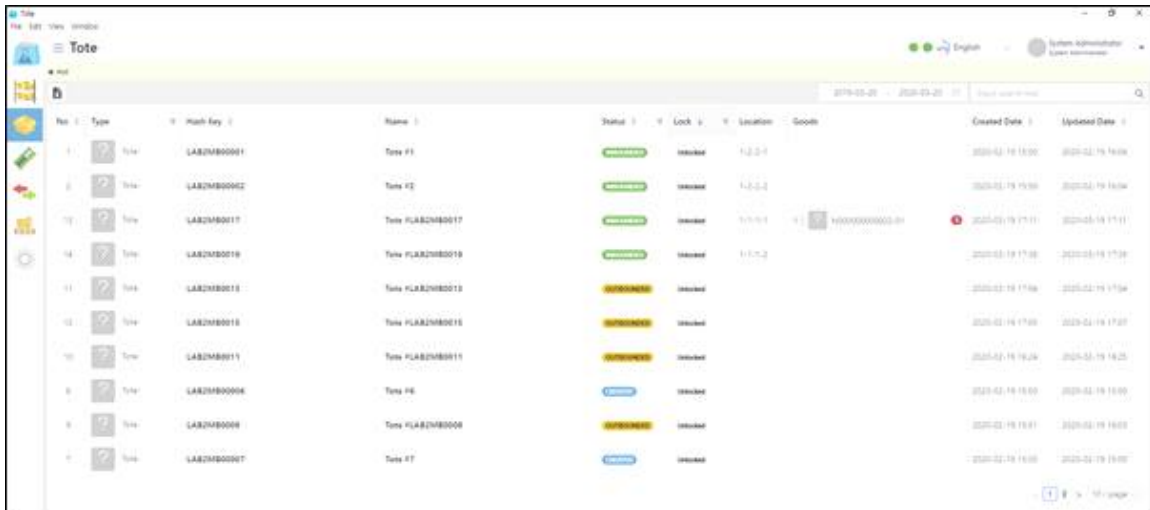
- 고객의 화물 보관랙 확장 요구 시, 화물 보관 칸의 수량(길이 셀 수 x 층 수) 설정 및 랙의 이름 설정 등 간단한 설정만으로 추가 가능하도록 설계/개발하였음
- 특정 보관 화물의 출고 금지, 보관 화물 칸의 입고 금지 등 화물 보관 칸(Cell)의 설정 관리가 가능하도록 설계/개발하였음



[그림 76] 화물 보관랙 셀(Cell), 랙(Rack) 수량 설정 화면

○ 토트박스 관리(Tote management)

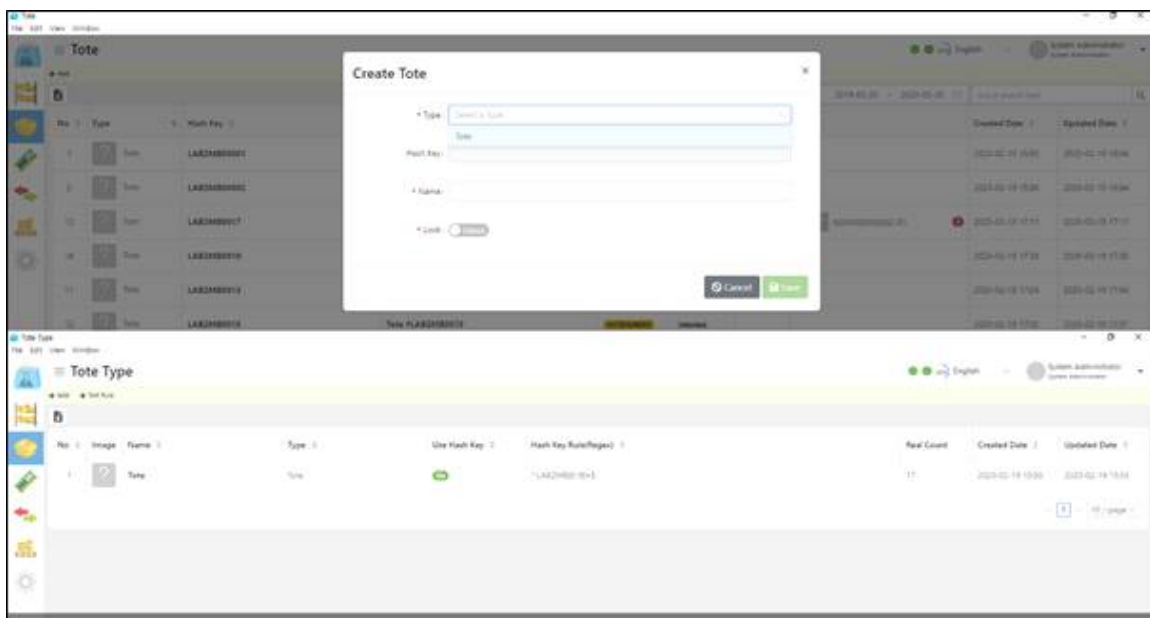
- 창고의 보관된 토트박스(Tote box)의 종류, 보관 위치, 입/출고 시간과 토트박스 내 보관된 화물의 정보를 확인할 수 있는 관리화면을 설계/개발하였음



No.	Type	Hash Key	Name	Status	Lock	Location	Goods	Created Date	Updated Date
1	Tote	LAS2NB00001	Tote F1	Available	Unlocked	1-2-3-4		2020-02-19 15:00	2020-02-19 16:04
2	Tote	LAS2NB00002	Tote F2	Available	Unlocked	1-2-3-2		2020-02-19 15:00	2020-02-19 16:04
17	Tote	LAS2NB00017	Tote FLAS2NB00017	Available	Unlocked	3-3-3-1	1000000000000-01	2020-02-19 17:11	2020-02-19 17:11
18	Tote	LAS2NB00018	Tote FLAS2NB00018	Available	Unlocked	3-3-3-2		2020-02-19 17:08	2020-02-19 17:08
19	Tote	LAS2NB00019	Tote FLAS2NB00019	Available	Unlocked			2020-02-19 17:08	2020-02-19 17:08
20	Tote	LAS2NB00020	Tote FLAS2NB00020	Available	Unlocked			2020-02-19 17:08	2020-02-19 17:08
21	Tote	LAS2NB00021	Tote FLAS2NB00021	Available	Unlocked			2020-02-19 17:08	2020-02-19 17:08
22	Tote	LAS2NB00022	Tote FLAS2NB00022	Available	Unlocked			2020-02-19 17:08	2020-02-19 17:08
23	Tote	LAS2NB00023	Tote FLAS2NB00023	Available	Unlocked			2020-02-19 17:08	2020-02-19 17:08
24	Tote	LAS2NB00024	Tote FLAS2NB00024	Available	Unlocked			2020-02-19 17:08	2020-02-19 17:08
25	Tote	LAS2NB00025	Tote FLAS2NB00025	Available	Unlocked			2020-02-19 17:08	2020-02-19 17:08
26	Tote	LAS2NB00026	Tote FLAS2NB00026	Available	Unlocked			2020-02-19 17:08	2020-02-19 17:08
27	Tote	LAS2NB00027	Tote F7	Available	Unlocked			2020-02-19 16:00	2020-02-19 16:00

[그림 77] 토트박스 별 작업 모니터링 관리 화면

- 물류 창고 별로 취급하는 토트박스의 종류가 상이함에 따라, 토트박스 종류 추가, 삭제 관리가 가능하도록 설계/개발하였음



Create Tote

Type:

Hash Key:

Location:

Lock: ☐

Tote Type

No.	Image	Name	Type	Use Hash Key	Hash Key Rule(Regex)	Real Count	Created Date	Updated Date
1		Tote	Tote	☒	^LAS2NB0001\$	17	2020-02-19 15:00	2020-02-19 16:04

[그림 78] 랙의 보관 토트박스 종류 설정 화면

- 물류 창고의 취급 화물 종류, 화물이 저장된 토트 박스 ID 정보 및 위치 정보, 입/출고 시간 표시 관리가 가능하도록 설계/개발하였음

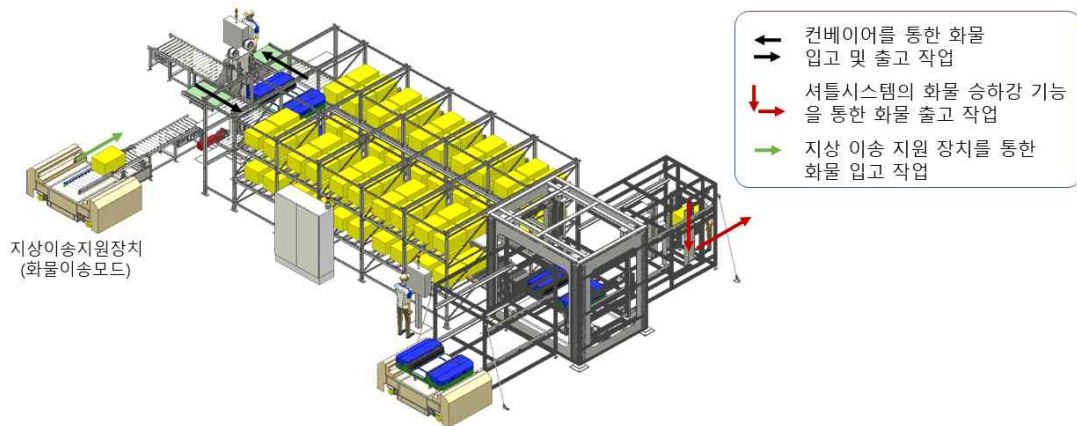
[그림 79] 창고 취급 화물별 위치 및 작업 현황 관리 화면

- 상위시스템(WMS, Warehouse Management System)이 없고 다양한 종류의 화물을 보관하는 물류창고를 위해, 화물 정보 등록 및 삭제가 가능하도록 설계/개발하였음
- 상위시스템이 존재하는 경우, WCS와 정보 연계를 통해 상위시스템의 정보를 송수신 받을 수 있는 기능도 설계/개발하였음

[그림 80] 창고 취급 화물 종류 설정 화면

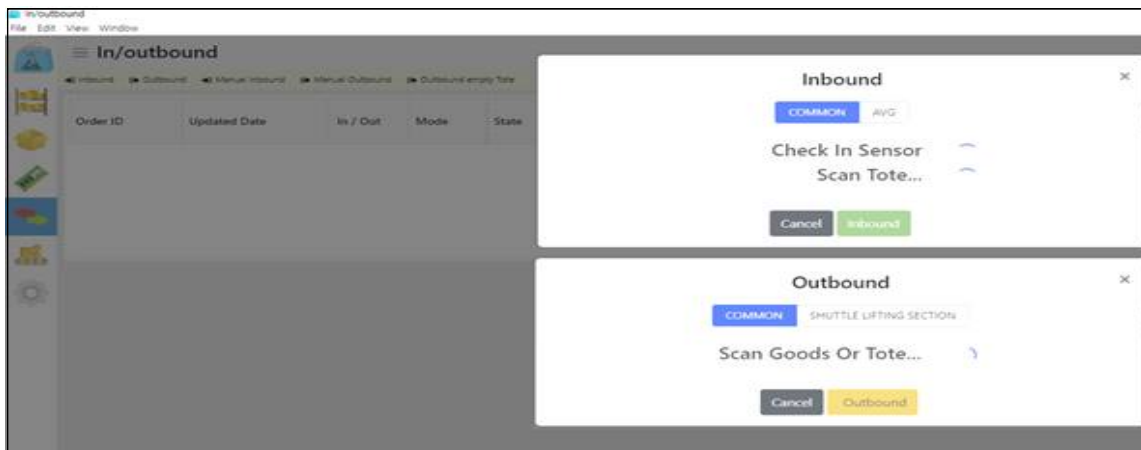
○ 화물 입.출고관리(In/Outbound)

- 서틀시스템의 화물보관랙 내 화물의 입고 및 출고작업, 서틀시스템의 화물승하강기능을 통한 화물 출고작업, 화물 이송 장치(AGV)의 화물입고작업을 수행 가능 하도록 설계/개발하였음

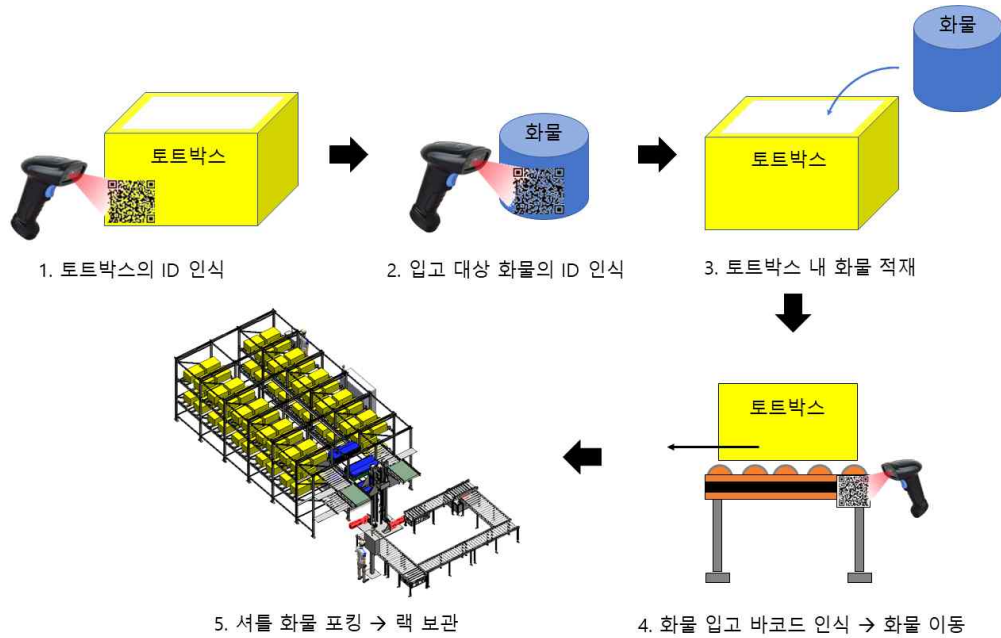


[그림 81] 물류창고 별로 상이한 운영환경에 적용하기 위한 입/출고 모드

- 물류창고 별로 작업환경이 상이함에 따라 자동 및 수동 입/출고 기능을 개발하였음
 - 자동 입/출고 모드 : 상위 시스템(WMS, OMS 등)이 존재하는 물류창고에서는 작업지시서 상의 바코드를 인식하여 해당 화물을 입고 혹은 출고작업을 수행가능

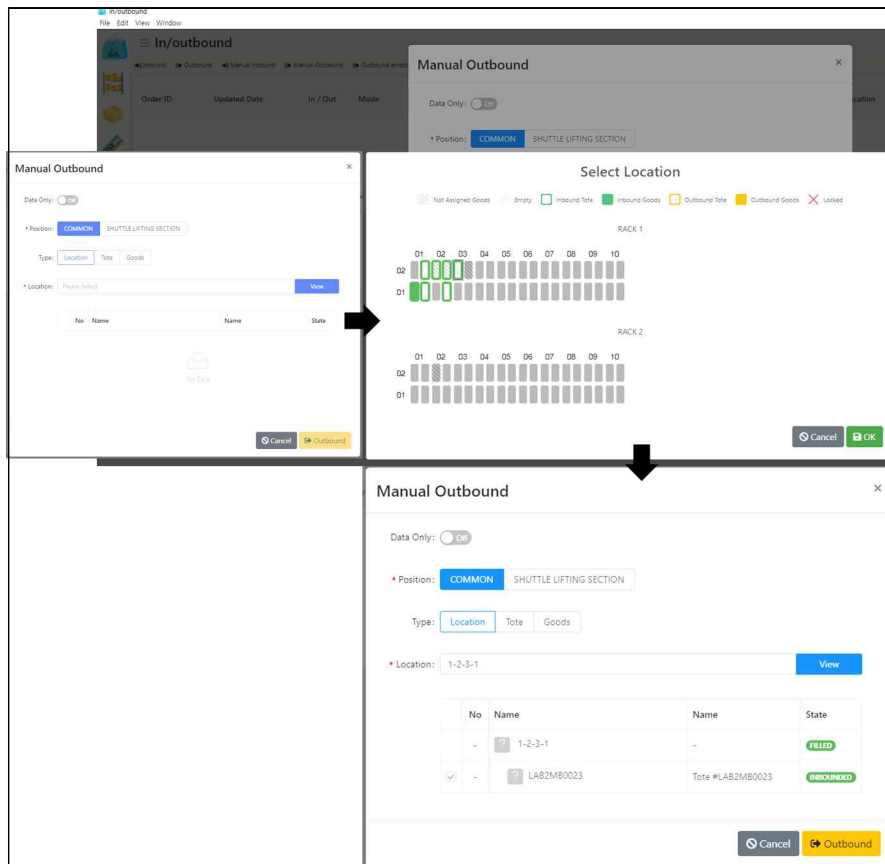


[그림 82] 자동 입/출고 작업 화면



[그림 83] 바코드 리더 연동 화물 입고 프로세스

- 수동 입/출고 모드 : 상위 시스템(WMS, OMS 등)이 존재하지않는 물류창고에서는 작업자가 직접 셔틀 시스템의 화물보관랙에 보관된 화물정보를 확인 후 출고작업을 수행하거나, 빈 랙의 칸(Cell)에 입고작업을 수행 가능



[그림 84] 수동 입/출고 작업 화면

- 작업오더별 작업 진행과 작업에러발생 이력을 조회 기능 설계/개발하였음

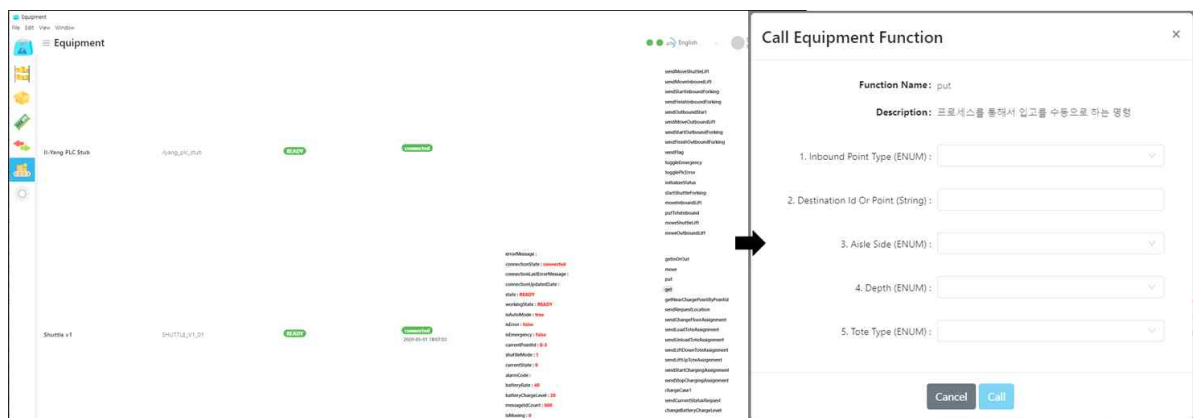
Date	Order ID	In / Out	Mode	Worker	Current State	State	Location	Tote Hash Key	Goods Hash Key	Action
2020-03-19 18:44	20200319-23	INBOUND	DATA_ONLY	system	FINISHED	1	2020-03-19 18:44	2-1-2-2	LAB2MB0021	
2020-03-19 18:44	20200319-22	OUTBOUND	DATA_ONLY	system	FINISHED	1	2020-03-19 18:44	1-1-2-1	LAB2MB0021	
2020-03-19 18:43	20200319-21	OUTBOUND	MANUAL	sysadmin	FINISHED	2	2020-03-19 18:44	1-1-2-2	LAB2MB0023	
2020-03-19 18:33	20200319-20	OUTBOUND	DATA_ONLY	sysadmin	FINISHED	1	2020-03-19 18:41	1-2-3-2	LAB2MB0003	

Occur Time	Order	Order Type	State	Location	Equipment	Error Code	Message	Process Time	Process Type	Process Contents	Process
2020-03-19 18:41	20200319-17	OUTBOUND	ERROR	1-2-3-2	miniloader_01v2	0x0	User Cancel				Fix
2020-03-19 18:41	20200319-19	OUTBOUND	ERROR	2-2-2-1	miniloader_01v2	0x0	Process Stop				Fix
2020-03-19 18:41	20200319-18	INBOUND	ERROR	1-1-4-2	miniloader_01v2	0x0	Process Stop				Fix
2020-03-19 17:04	20200319-8	INBOUND	ERROR	1-1-1-2	miniloader_01v2	0x0	User Cancel				Fix
2020-03-19 16:25	20200319-7	INBOUND	ERROR	1-1-1-2	miniloader_01v2	0x0	Process Stop				Fix

[그림 85] 입/출고 작업 및 작업에러 이력 관리화면

○ 장비 관리 및 인터페이스 기능 (Equipment)

- 본 과제의 개발 장비(셔틀시스템, 화물 및 셔틀리프트)와 WCS 연동하여 운영 가능하도록 설계/개발하였음
- 셔틀시스템의 제어는 임베디드 보드(Imbedded Board)로 개발되었으며, WCS와 Socket 프로토콜 및 통신으로 연동
- 입.출고 컨베이어, 화물/셔틀리프트의 제어는 지멘스 PLC(Siemens)로 개발되었으며, WCS와 프로피넷(Profinet) 프로토콜 및 통신으로 연동
- 지상이송지원장치(AGV)의 제어는 미쯔비시 PLC(Mitsubishi)로 개발되었으며, WCS와 엠씨(MC, MELSEC Communication) 프로토콜 및 통신으로 연동
- 시스템 운영 시, 장비의 에러가 발생할 경우 WCS 상에서 개별 장비의 단위 동작 제어 가 가능하도록 설계/개발하였음



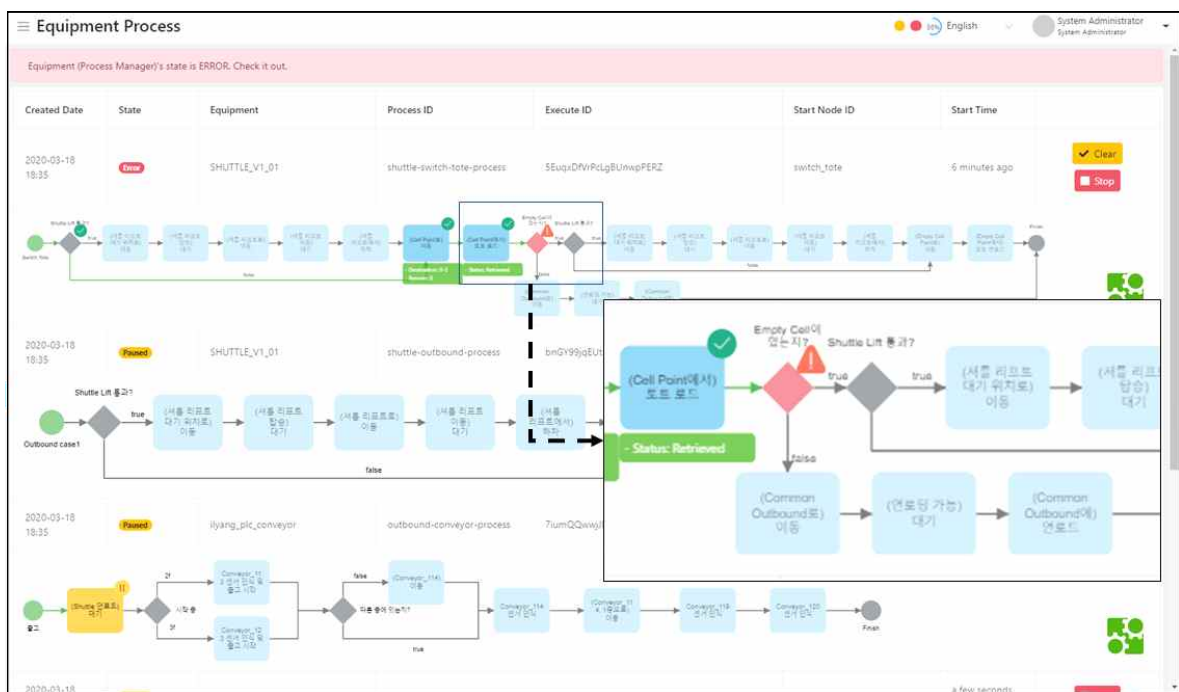
[그림 86] WCS 연동 장비(셔틀, 리프트 등)의 단위 동작 제어 관리 화면

- 장비의 작업 처리 진행 시, 제어/운영 동작 진행 프로세스를 가시화하여 정상적으로 가동되고 있는지 확인할 수 있도록 설계/개발하였음



[그림 87] WCS 연동 장비(셔틀, 리프트 등)의 제어/운영 프로세스 관리 화면

- 화물출고작업 진행 시, 화물보관랙의 칸(Cell)에 화물이 존재 하지 않는 경우 발생된 에러 화면이며, 유지보수 작업자는 에러 발생구간을 쉽게 인지할 수 있으며 신속한 에러 조치가 가능하도록 설계/개발하였음

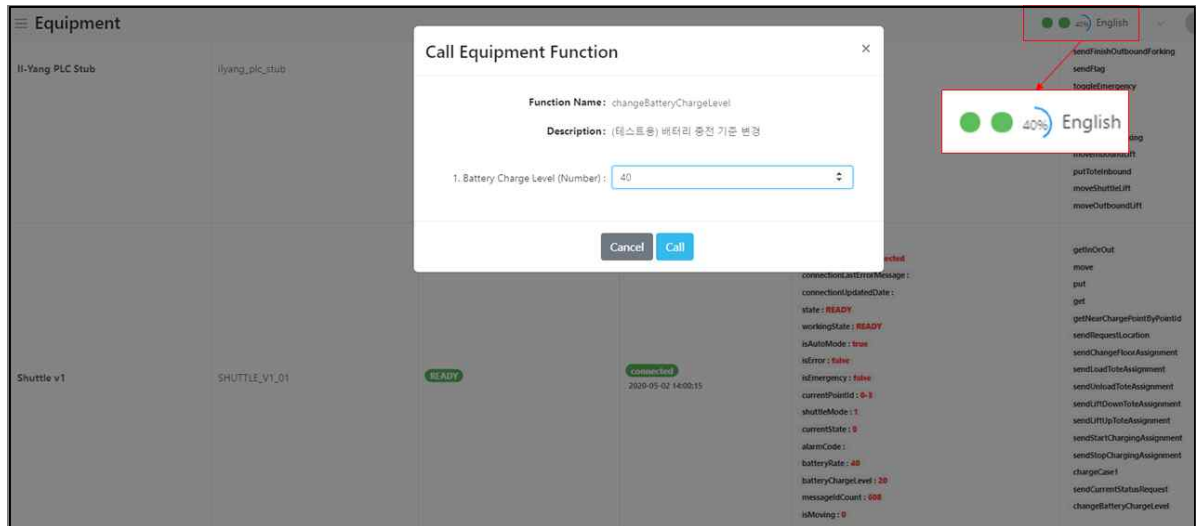


[그림 88] WCS 연동 장비(셔틀, 리프트 등)의 제어/운영 프로세스의 에러발생화면

- 셔틀의 배터리 잔존용량(SOC, State of Charge)을 지속적으로 확인하며, 사전 설정된 기준 값(%) 이하로 떨어지면 셔틀이 충전 위치로 자동 복귀하는 자동 충전 기능을 설계/개발하였음

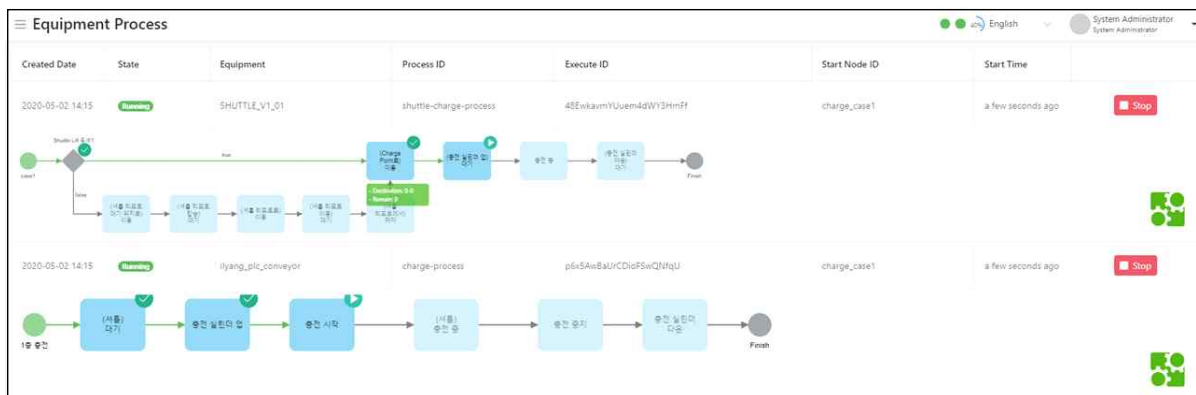
- SOC 80 ~ 40% : 정상 작업 구간
- SOC 40% : 충전 복귀 구간(현재 작업 중이면, 해당 작업 건까지만 처리 후 이동)

- 장비 적용 환경에 따라, 충전 복귀 기준 값을 설정할 수 있음



[그림 89] 셔틀의 충전 복귀 기준 값(%) 설정 화면

- 사용자에 의해, 충전 동작 프로세스 중지도 가능하도록 설계/개발하였음



[그림 90] 셔틀의 충전 복귀 동작 프로세스 화면

(바) 장비 운영 알고리즘 연구

① 레고형 셔틀 운영 알고리즘 연구

㉠ 연구개요

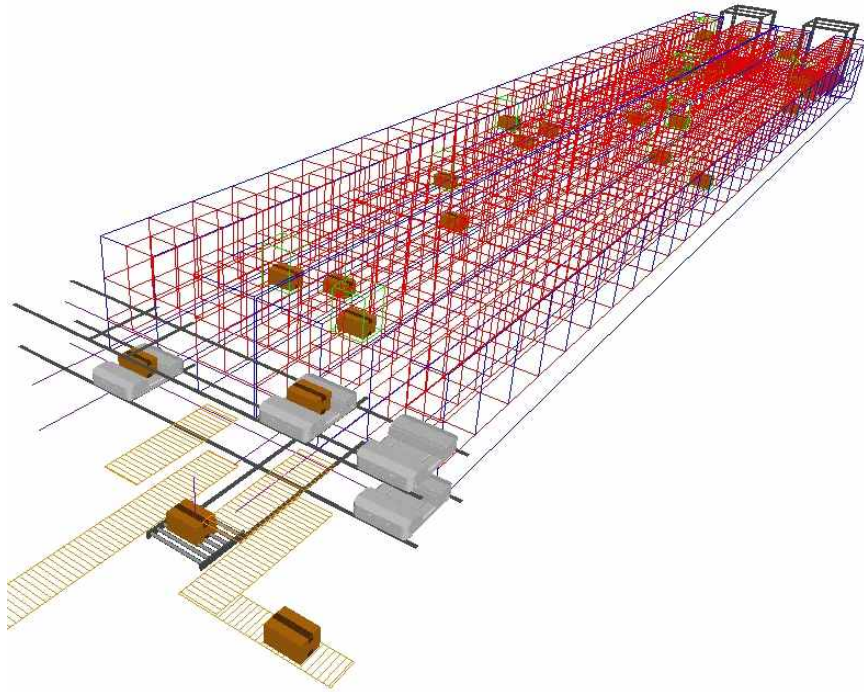
○ 셔틀 유틸리티 관리 알고리즘 개발

- 셔틀 시스템의 운영 중 충전 등의 유틸리티시간이 전체 시스템 운영 상에 지연을 발생시키지 않도록 관리하는 방법 개발 필요
- 셔틀 충전 요구 시, 현재 운영 중인 라인을 대체하는 셔틀 선택
 - 운영률 및 인접성에 따른 주행거리 소요를 고려하여 대체 셔틀 선택
 - 충전 완료시 까지 동시 점유하며 운영
- 운영률(utilization)에 따른 적정 셔틀 충전시간 산출
 - 시스템 운영률(utilization)에 따라 셔틀의 완충 혹은 부분 충전 여부 선택
 - 부분 충전 시, 작업 cycle에 따른 셔틀 별 순차적 충전 시행

㉡ 시뮬레이션 결과

○ 셔틀 유틸리티 관리 알고리즘의 시뮬레이션 실험 수행

- Automod® 프로그램을 사용한 셔틀 유틸리티시간 관리 알고리즘 테스트
 - 물동량 투입수준에 따른 셔틀의 시스템 운영률(utilization) 도출
 - 각 조건 별 셔틀의 충전동작에 따른 작업지연 발생여부 테스트
- 실험 조건 설정
 - 화물의 투입 간격(Inter Arriving Time)은 exponential 분포를 따르며 평균 3분에서 5분까지 3가지 경우의 실험 set으로 설정
 - set 별 단위 실험 시간은 240시간으로 설정하였으며, 각 5회 반복 실시하여 이상치 여부 등을 검증
 - 시뮬레이션의 범위는 화물보관랙 내 셔틀의 주행 및 입고, 피킹동작에 한함
 - 화물 보관랙은 2층 단위의 2동으로 구성되며, 총 4개의 셔틀을 운영함
 - 시뮬레이션 내의 화물 보관랙은 single-deep으로 구현되었으며, 화물은 모두 동일한 종류로 가정함



[그림 91] 시뮬레이션 환경 설계

- 실험 결과

- 셔틀의 시스템 운영률(utilization) 결과값은 주어진 물동량을 처리하는 데 있어 적절한 수준을 보여줌
- 시스템의 시간당 평균 입고량 및 출고량의 기댓값을 충족하며, 작업지연이 발생하지 않는 것으로 나타남
- 셔틀을 운영함에 있어 충전시간에 따른 유휴상태를 적절히 관리할 수 있는 것으로 판단됨

화물 입고 주기(3분 단위 화물 생성 기준)							
		시행1	시행2	시행3	시행4	시행5	평균값
총 입고량		4817	4783	5022	4787	4734	4828.6
총 출고량		4820	4775	5025	4785	4733	4827.6
시간당 평균 입고량		20.071	19.929	20.925	19.946	19.725	20.119
시간당 평균 출고량		20.080	19.896	20.937	19.937	19.721	20.114
Shuttle 1	총 작업시간(hr)	41.57	41.52	43.68	41.52	42.00	42.06
	작업시간/ 총 시간 비율(%)	17.3	17.3	18.2	17.3	17.5	17.5
	총 유휴시간(hr)	150.43	150.48	148.32	150.48	150.00	149.94
	유휴시간/ 총 시간 비율(%)	62.7	62.7	61.8	62.7	62.5	62.5
	총 충전시간(hr)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
	충전시간/ 총 시간 비율(%)	20	20	20	20	20	20
Shuttle 2	총 작업시간(hr)	50.293	49.68	52.08	48.96	47.76	49.755
	작업시간/ 총 시간 비율(%)	21.0	20.7	21.7	20.4	19.9	20.7

	총 유희시간(hr)	141.71	142.32	139.92	143.04	144.24	142.245
	유희시간/ 총 시간 비율(%)	59.0	59.3	58.3	59.6	60.1	0.593
	총 충전시간(hr)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
	충전시간/ 총 시간 비율(%)	20	20	20	20	20	20
Shuttle 3	총 작업시간(hr)	41.38	41.04	43.92	41.76	41.28	41.88
	작업시간/ 총 시간 비율(%)	17.2	17.1	18.3	17.4	17.2	17.4
	총 유희시간(hr)	150.62	150.96	148.08	150.24	150.72	150.12
	유희시간/ 총 시간 비율(%)	62.8	62.9	61.7	62.6%	62.8	62.6
	총 충전시간(hr)	48.000	48.000	48.000	48.000	48.000	48.00
	충전시간/ 총 시간 비율(%)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Shuttle 4	총 작업시간(hr)	50.41	50.16	51.6	49.68	48.72	50.11
	작업시간/ 총 시간 비율(%)	21.0	20.9	21.5	20.7	20.3	20.9
	총 유희시간(hr)	141.59	141.84	140.4	142.32	143.28	141.89
	유희시간/ 총 시간 비율(%)	59.0	59.1	58.5	59.3	59.7	59.1
	총 충전시간(hr)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
	충전시간/ 총 시간 비율(%)	20	20	20	20	20	20
화물 입고 주기(4분 단위 화물 생성 기준)							
		시행1	시행2	시행3	시행4	시행5	평균값
총 입고량		3689	3597	3718	3577	3596	3635.4
총 출고량		3686	3596	3719	3580	3593	3634.8
시간당 평균 입고량		15.371	14.987	15.492	14.904	14.983	15.147
시간당 평균 출고량		15.358	14.983	15.496	14.920	14.971	15.146
Shuttle 1	총 작업시간(hr)	32.16	31.44	32.40	32.16	31.44	31.92
	작업시간/ 총 시간 비율(%)	13.4	13.1	13.5	13.4	13.1	13.3
	총 유희시간(hr)	159.84	160.56	159.6	159.84	160.56	160.08
	유희시간/ 총 시간 비율(%)	66.6	66.9	66.5	66.6	66.9	66.7
	총 충전시간(hr)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
	충전시간/ 총 시간 비율(%)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Shuttle 2	총 작업시간(hr)	38.88	37.44	39.36	36	37.2	37.776
	작업시간/ 총 시간 비율(%)	16.2	15.6	16.4	15.0	15.5	15.7
	총 유희시간(hr)	153.12	154.56	152.64	156	154.8	154.22
	유희시간/ 총 시간 비율(%)	63.8	64.4	63.6	65.0	64.5	64.3
	총 충전시간(hr)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
	충전시간/ 총 시간 비율(%)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Shuttle 3	총 작업시간(hr)	33.12	31.2	33.12	31.92	30.72	32.02
	작업시간/ 총 시간 비율(%)	13.8	13.0	13.8	13.3	12.8	13.3

	총 유희시간(hr)	158.88	160.80	158.88	160.08	161.28	159.98
	유희시간/ 총 시간 비율(%)	66.2	67.0	66.2	66.7	67.2	66.7
	총 충전시간(hr)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
	충전시간/ 총 시간 비율(%)	20.0%	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Shuttle 4	총 작업시간(hr)	37.68	37.68	37.92	36.72	38.64	37.73
	작업시간/ 총 시간 비율(%)	15.7%	15.7	15.8	15.3	16.1	15.7
	총 유희시간(hr)	154.32	154.32	154.08	155.28	153.36	154.27
	유희시간/ 총 시간 비율(%)	64.3	64.3	64.2	64.7	63.9	0.6
	총 충전시간(hr)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
	충전시간/ 총 시간 비율(%)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
화물 입고 주기(5분 단위 화물 생성 기준)							
		시행1	시행2	시행3	시행4	시행5	평균값
총 입고량		2941	2818	2910	2910	2906	2897
총 출고량		2938	2816	2906	2912	2898	2894
시간당 평균 입고량		12.254	11.742	12.120	12.120	12.108	12.069
시간당 평균 출고량		12.242	11.733	12.108	12.133	12.075	12.058
Shuttle 1	총 작업시간(hr)	25.68	25.20	25.92	25.44	25.92	25.63
	작업시간/ 총 시간 비율(%)	10.7	10.5	10.8	10.6	10.8	10.7
	총 유희시간(hr)	166.32	166.8	166.08	166.56	166.08	166.37
	유희시간/ 총 시간 비율(%)	69.3	69.5	69.2	69.4	69.2	69.3
	총 충전시간(hr)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
	충전시간/ 총 시간 비율(%)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Shuttle 2	총 작업시간(hr)	30.96	29.28	29.76	30.96	29.52	30.096
	작업시간/ 총 시간 비율(%)	12.9	12.2	12.4	12.9	12.3	12.5
	총 유희시간(hr)	161.04	162.72	162.24	161.04	162.48	161.90
	유희시간/ 총 시간 비율(%)	67.1	67.8	67.6	67.1	67.7	67.5
	총 충전시간(hr)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
	충전시간/ 총 시간 비율(%)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Shuttle 3	총 작업시간(hr)	26.40	24.96	26.16	25.44	25.68	25.73
	작업시간/ 총 시간 비율(%)	11.0	10.4	10.9	10.6	10.7	10.7
	총 유희시간(hr)	165.60	167.04	165.84	166.56	166.32	166.27
	유희시간/ 총 시간 비율(%)	69.0	69.6	69.1	69.4	69.3	69.3
	총 충전시간(hr)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
	충전시간/ 총 시간 비율(%)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Shuttle 4	총 작업시간(hr)	30.48	29.28	30.24	30.72	30	30.14
	작업시간/ 총 시간 비율(%)	12.7	12.2	12.6	12.8	12.5	12.6

	총 유희시간(hr)	161.52	162.72	161.76	161.28	162	161.86
	유희시간/ 총 시간 비율(%)	67.3	67.8	67.4	67.2	67.5	70
	총 충전시간(hr)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
	충전시간/ 총 시간 비율(%)	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0

② 셔틀 지상 이송체 운영 알고리즘 연구

㉠ 연구개요

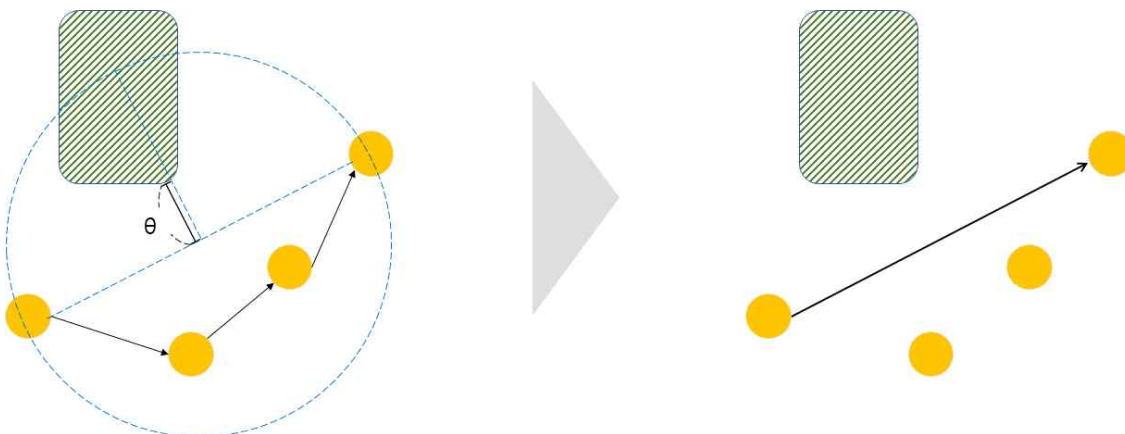
○ 경로탐색 알고리즘 개발

- 동적 운영환경에서의 장비 운용을 고려한 경로탐색 방법 연구

- 동적 운영환경에서 발생할 수 있는 경로 재설정 및 알고리즘 재실행 특성 고려하여 샘플링 기반의 경로탐색 알고리즘 개발 필요
- RRT(Rapidly-exploring Random Tree)를 기반으로 한 경로탐색 알고리즘 연구
- 실제 물류현장에서의 적용을 고려하여 알고리즘 소요시간 간을 최소화하기 위한 방안 연구

- 경로탐색 알고리즘의 경로 최적성 개선

- 경로탐색 간에 발견되는 장애물을 회피가능한 경로 생성방법 연구
- 장비의 규격에 따른 장애물과의 이격거리 설정방법 연구
- 장애물과의 이격거리에 따라 변동될 수 있는 경로 최적성의 보정방법 연구
- 경로의 직선화 추구를 통한 실제 장비이동 시간 최소화
- 경로 상의 장애물의 위상 및 이격거리 확보여부 판단을 통해 지속적인 경로 평활화 시행 및 비효율적인 중간 경로 제거



[그림 92] 경로 개선가능 여부 판단에 따른 평활화 시행

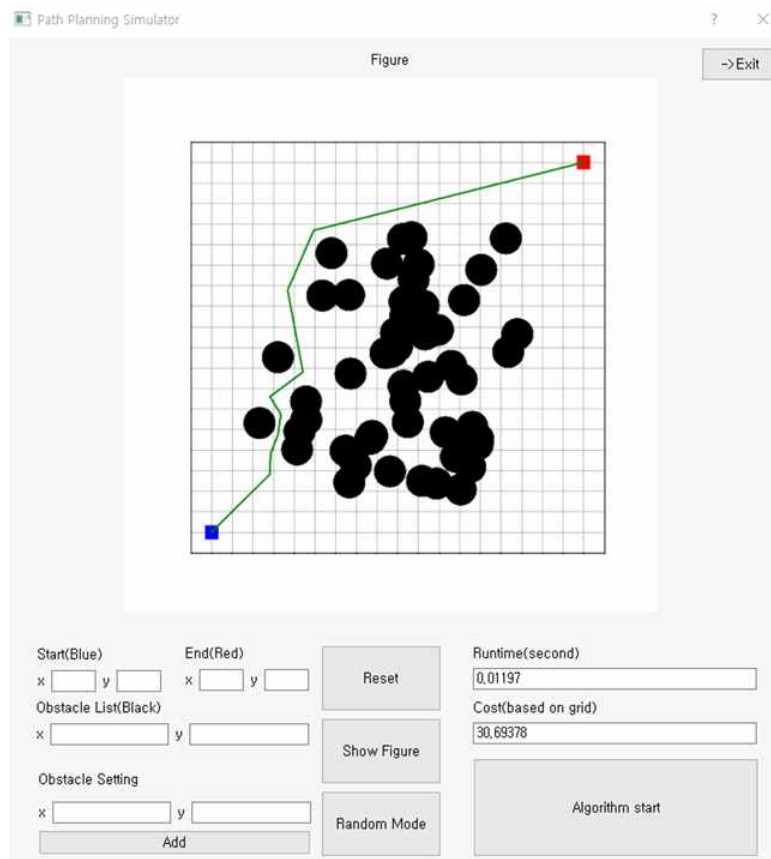
– 경로탐색 알고리즘의 소요시간 개선

- 기존 연구에서 경로 최적성을 위해 반복 연산되는 지연과정을 제거
- 랜덤 샘플링의 목적지 지향 수준을 설정하여, 알고리즘 실행공간 상에 장애물이 없을 경우 불필요한 랜덤 샘플링 방지
- 알고리즘 실행공간 상에 장애물이 있을 경우, 목적지로의 임시 경로를 선정하고 이에 집중하여 랜덤 샘플링 최소화
- 알고리즘 실행공간의 넓이와 장애물 차지공간의 비율을 지표로 랜덤 샘플링 집중수준을 결정하여 랜덤 샘플링 시행 감소경향 유도

○ 알고리즘 성능 검증을 위한 시뮬레이터 개발

– 경로탐색 알고리즘의 테스트 및 시각적 경로정보 표시를 위한 시뮬레이터 개발

- 탐색된 경로의 길이 및 소요시간 측정을 통해 정량적인 알고리즘의 성능 측정
- 기·종점 및 장애물 정보 직접 입력을 통해 특정한 운영환경에서의 경로탐색 가능여부 검증
- 랜덤한 운영환경 구성을 통해 경로탐색 신뢰성 검증



[그림 93] 경로탐색 알고리즘 시뮬레이터 화면

㉔ 시뮬레이션 결과

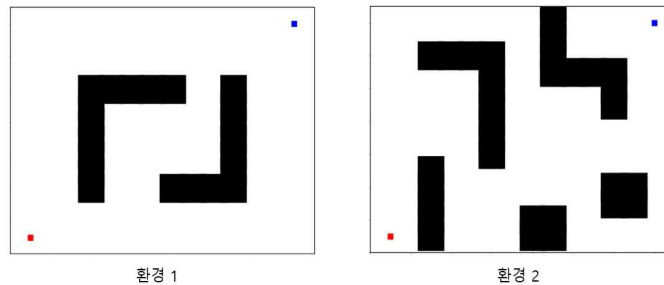
○ 경로탐색 알고리즘의 시뮬레이션 실험 수행

- 기존 샘플링 기반 경로탐색 연구와의 비교를 통해 본 연구의 알고리즘 성능 검증

- 본 연구에서 개발된 시뮬레이터를 이용하여 경로생성의 적절성 여부 판단
- 경로의 길이 및 소요시간을 바탕으로 알고리즘 성능 검증

- 실험 조건 설정

- 장애물 회피여부 검증을 위한 테스트 환경 구성
- 각 실험환경 별 기존연구 및 본 연구의 알고리즘을 100회 시행하여 경로의 길이 및 소요시간 측정



[그림 94] 실험 환경 정의 및 설계

- 실험 결과

- 시뮬레이션 결과, 본 연구의 경로탐색 알고리즘이 기존 연구 대비 평균 거리 및 평균 소요시간 측면에서 모두 개선된 결과를 보여줌
- 실제 탐색 소요시간이 1000ms 미만으로 측정되었으며, 물류자동화 장비운용에 있어 적절한 운영률을 유지가능한 수준으로 판단됨
- 장애물의 형태 및 배치에 따라 샘플링 집중도가 달라지며, 장애물이 밀집도가 감소할 수록 개선효과가 증가하는 것으로 나타남

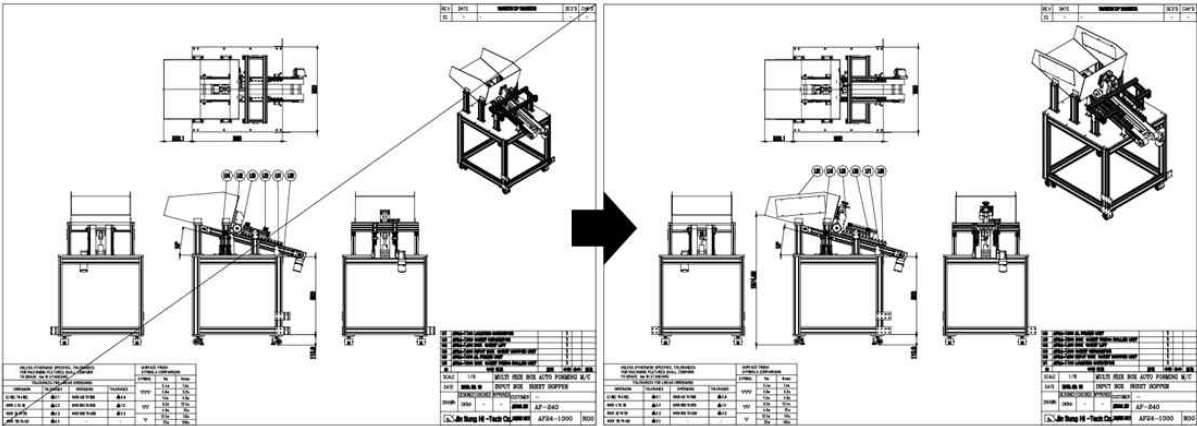
경로탐색 알고리즘의 시뮬레이션 테스트 결과				
			평균거리	평균소요시간(ms)
환경 1	기존 연구	RRT	24.43	335.5
		RRT*	19.59	623.7
		Informed RRT*	20.14	439.6
	본 연구의 경로탐색 알고리즘		19.23	116.5
환경 2	기존 연구	RRT	25.72	569.4
		RRT*	23.46	1094
		Informed RRT*	23.49	781.6
	본 연구의 경로탐색 알고리즘		23.33	234.5

(2) 다규격 포장 시스템

(가) 박스 포장 장비

1) INPUT BOX SHEET HOPPER ASS'Y

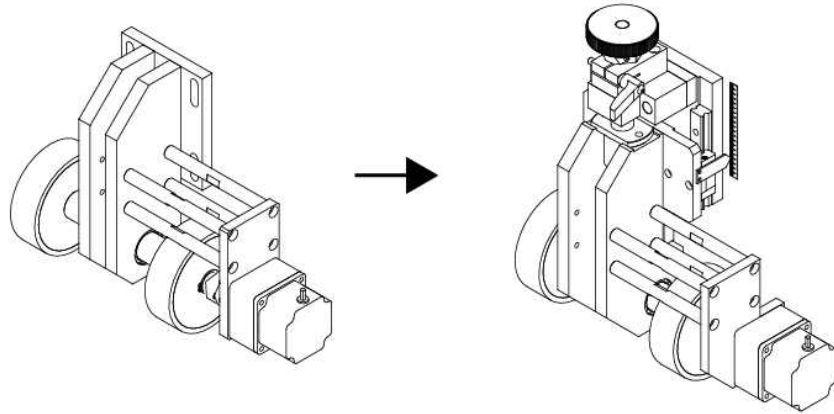
- ① 구조설계
- ㉠ 개발목표

구분	도면 ID	모델명
보완	AF24-1000	INPUT BOX SHEET HOPPER
설계 도면		
		
기능 설명		
개발 목표	- 재단 및 접합된 다양한 크기의 박스시트를 투입 - 적재된 박스시트를 2개이상 겹치지 않도록 1개씩 분리	
설계 고려 방향	- 박스시트 이송컨베이어의 마찰계수를 높여 미끄럼방지 - 전공정에서 이송되는 과정 중 들어지는 박스시트의 위치를 보정할 수 있도록 설계 및 개발 - 박스시트의 분리과정 중 사람이 개입하지 않을 수 있도록 설계 및 개발	
구성	- LOADING CONVEYOR - INPUT BOX SHEET HOPPER UNIT - SHEET SEPARATOR - BOX SHEET LIFT - AL FRAME UNIT - BOX SHEET PRESS ROLLER UNIT	

㉞ 개발 내용

○ 박스시트 분리장치 구조 보완 (AF24-1300 / AF24-1400)

- 인덕션 모터와 롤러, 조절손잡이와 클램프 등으로 구성



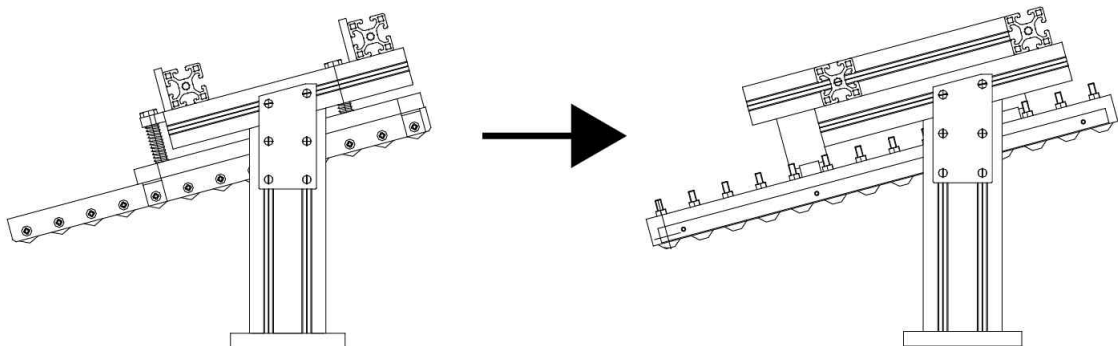
[그림 95] 박스시트 분리 장치 설계 변경이미지

- 인덕션 모터와 롤러를 이용하여 투입되는 박스시트를 한 개씩 분리시키는 장치로서 투입되는 박스시트 두께 및 종류에 따라 공구 없이 미세조절 가능하도록 설계
- 스케일을 부착하여 현재 셋팅위치의 표시와 미세 조정을 위한 설계
- 작업 시 손잡이를 사용하여 높이를 조절, 클램프장치도 도구없이 할 수 있도록 설계

○ 투입박스 시트 적재함 설계 및 개발 (AF24-1500)

- 구조는 롤러캐리어와 스프링, 알미늄 기둥 등으로 구성

- 시작품은 하나의 스프링과 여러 개의 롤러를 사용하여 박스시트를 압박하는 구조였으나, 박스시트의 높이가 롤러의 높이에 영향을 주는 한계점 발생
- 시제품은 롤러가 각각 텐션을 가지고 박스시트를 압박할 수 있도록 설계되어 전 후 공정에 영향을 주지 않도록 설계 수정 및 제작



[그림 96] 박스시트 압박 롤러 장치 설계 변경이미지

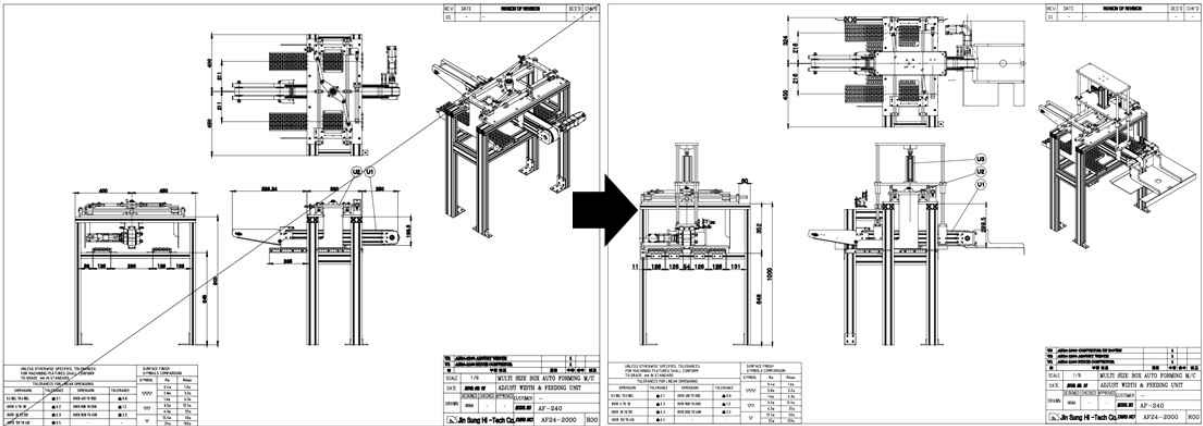
② 시제품 제작

구분	도면 ID	모델명
보완	AF24-1000	INPUT BOX SHEET HOPPER
시작품 제작 및 설계변경 주요 사진		
		

2) ADJUST WIDTH & FEEDING UNIT

① 구조설계

㉠ 개발목표

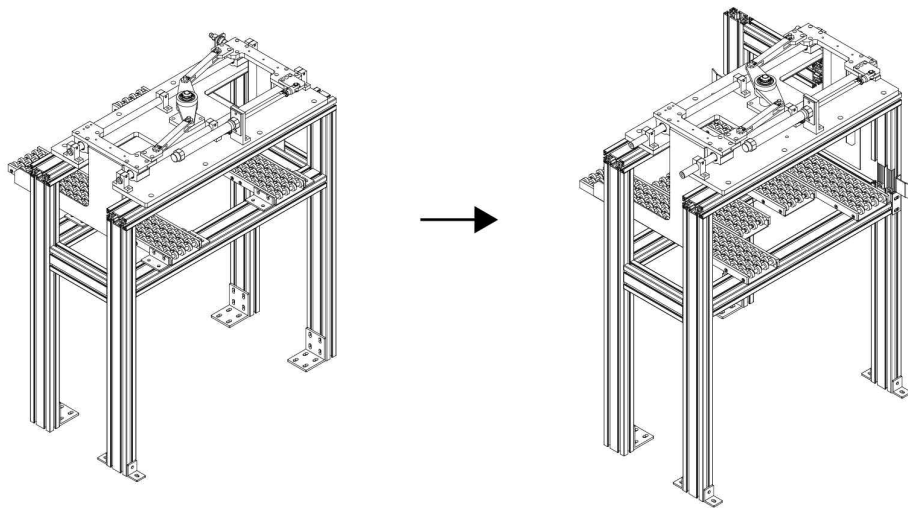
구분	도면 ID	모델명
보완	AF24-2000	ADJUST WIDTH & FEEDING UNIT
설계 도면		
		
기능 설명		
개발 목표	- 랜덤 사이즈로 투입된 박스시트 정렬 - 박스시트 정렬과 동시에 피딩 - 박스 포밍 실패 확률 제거	
설계 고려 방향	- 박스시트의 일정한 속도 - 박스시트에 손상 없는 폭조절 장치 - 박스시트 투입 인식장치 위치조절 - 박스 크기별 포밍시 상부 진공장치 - 피딩부 안정성을 위한 롤러컨베어 추가 장치	
구성	- PITCH CONVEYOR - ADJUST WIDTH - CONVEYOR UP/DOWN	

㉠ 개발 내용

○ 폭조절 장치 설계 및 개발 (AF24-2200)

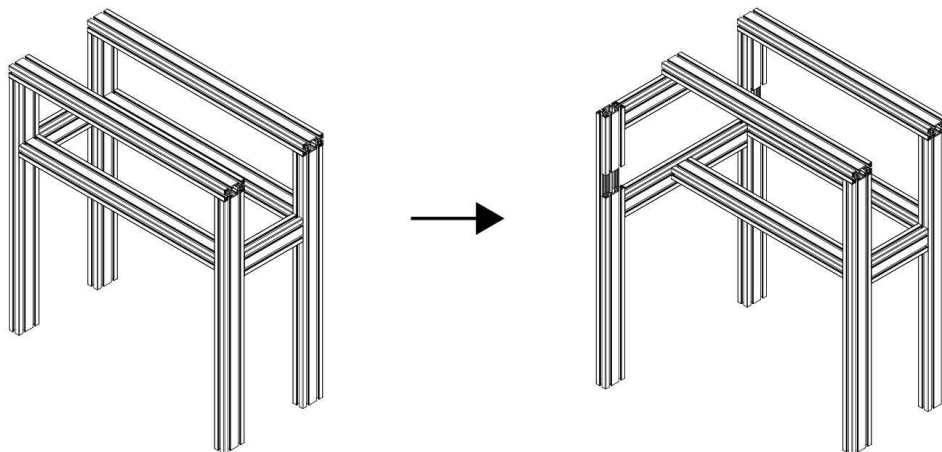
- 실린더를 사용한 센터 듀얼링크 장치(폭조절)와 가이드롤러로 구성됨

- 실린더 활용 듀얼 크랭크 구조를 적용하여, 높이기준 범위 110mm~280mm(완성박스기준)이내의 다양한 크기의 박스마다 센터링 가능
- 가이드 롤러의 추가장착으로 작은 사이즈의 박스 정렬시 위치 틀어짐이 발생하던 작은 박스를 하단부에서 가이드하여 실패요인을 제거할 수 있도록 설계
- 폭조절장치로 투입되는 정렬 전/후 박스시트의 공정 진행시 틀어짐을 개선하고자, 프레임 형상을 입구방향으로 넓히고 가이드 플레이트를 장착할 수 있도록 설계



[그림 98] 박스시트 압박 롤러 장치 설계 변경이미지

- 폭조절장치로 투입되는 정렬 전/후 박스시트의 공정 진행시 틀어짐을 개선하고자, 프레임 형상을 입구방향으로 넓히고 가이드 플레이트를 장착할 수 있도록 설계

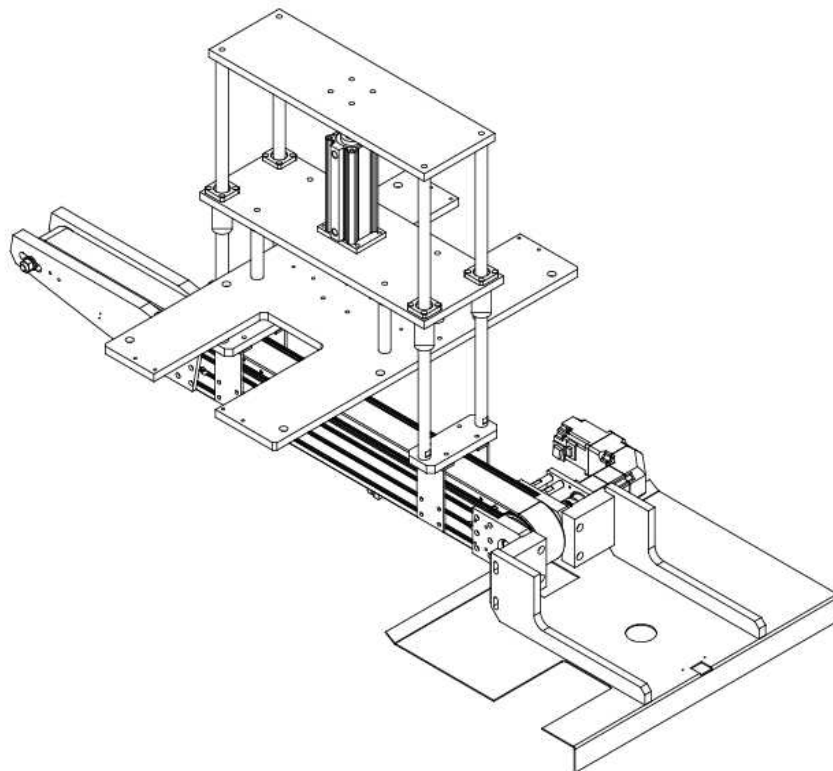


[그림 99] 폭조절장치의 프레임 형상변경

○ 컨베어 상하운동 장치 설계 및 개발 (AF24-2300)

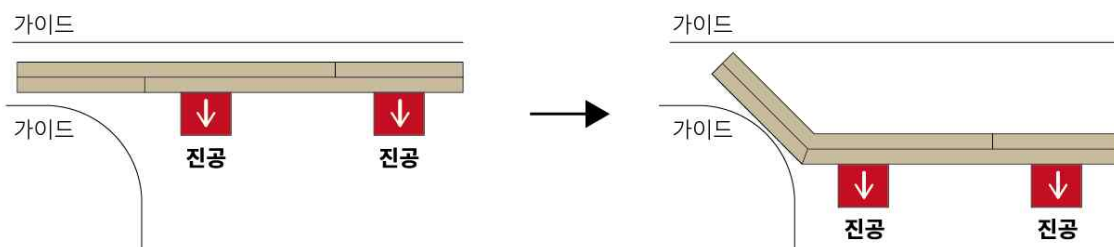
- 실린더를 사용한 상하운동 장치, 가이드 등으로 구성됨

- 실린더 활용한 컨베어장치를 상하로 움직일 수 있는 구조로 설계됨
- 정렬된 박스가 포밍부 위치로 이동 시 끝단부에 센서를 장착하고 위치를 조절할 수 있도록 설계하여 정확한 위치에 박스가 도착할 수 있도록 하여 다음 공정에서 설정한 위치에서 박스를 핸들링 할 수 있게 설계함



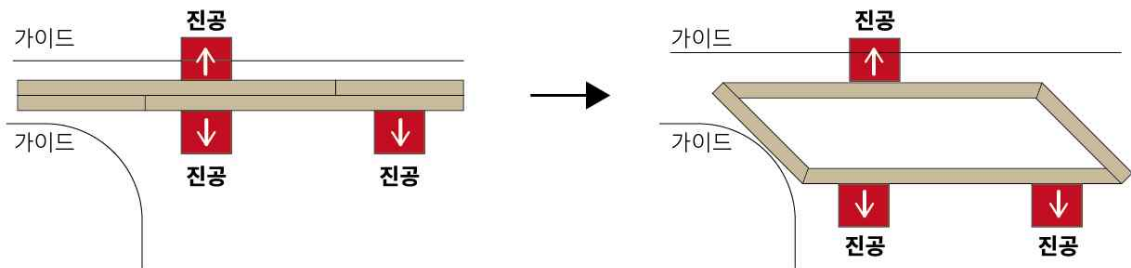
[그림 100] 폭조절장치의 프레임 형상변경

- 시작품으로 테스트시 하부진공과 유선형 가이드를 사용한 포밍을 하였는데, 간헐적으로 아래와 같은 문제점이 발생하여 포밍 진행시 박스의 상부에 진공노즐을 부착할 수 있도록 보완 설계됨



[그림 101] 시작품의 장비 동작 문제점

- 상부에 단순 진공 설치만으로도 포밍실패 확률은 줄었지만, 완벽하지 않기에 진공노즐이 포밍 방향으로 이동하며 일정타이밍 후 진공을 파기하도록 설계 및 프로그래밍을 진행함



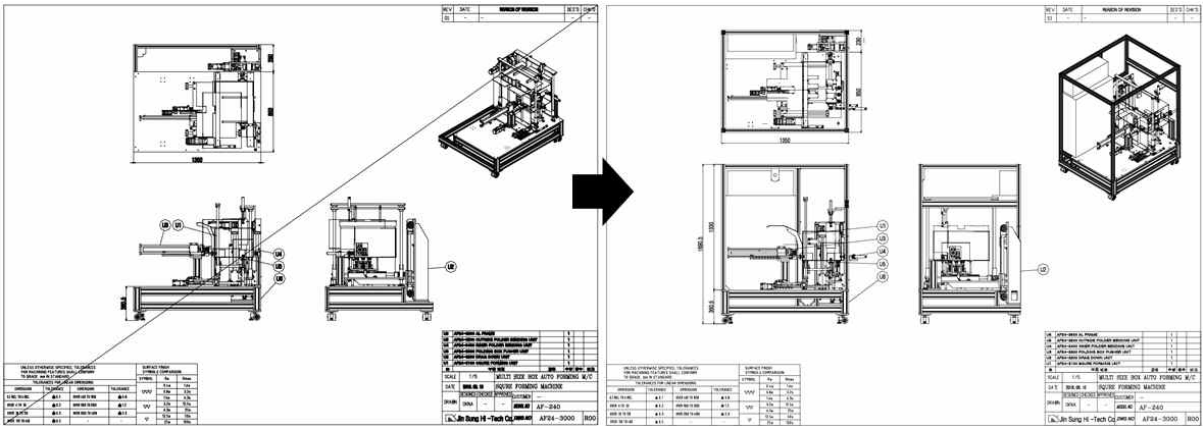
[그림 102] 시제품의 장비 동작 개선

② 시제품 제작

구분	도면 ID	모델명
보완	AF24-2000	ADJUST WIDTH & FEEDING UNIT
시작품 제작 및 설계변경 주요 사진		
		
		

3) SQUARE FORMING MACHINE

- ① 구조설계
- ② 개발목표

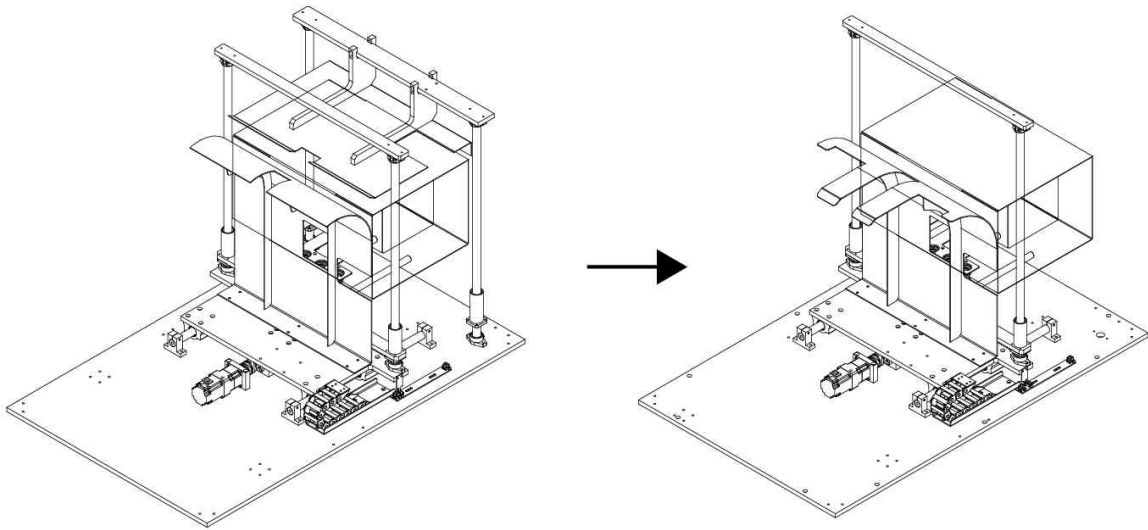
구분	도면 ID	모델명
보완	AF24-3000	SQUARE FORMING MACHINE
설계 도면		
		
기능 설명		
개발 목표	- 인식된 정보에 맞추어 장비셋팅 자동 변경시 속도 상승 - 시트형태를 박스형으로 포밍시 실패요인 제거	
설계 고려 방향	- 전 공정의 피딩 유니트와의 커넥팅 - 박스포밍 유니트 무게에 맞는 모터선정 - 정확한 위치 인지를 위한 센서 선정 - 박스 이탈방지 - 속도 업그레이드를 위한 부품 교체 용이	
구성	- SQUARE FORMING UNIT - DRAG DOWN UNIT - FOLDING BOX PUSHER UNIT - INNER FOLDER BENDING UNIT - OUTSIDE FOLDER BENDING UNIT - AL FRAME	

㉞ 개발 내용

○ 사각 포밍장치 설계 및 개발 (AF24-3100, AF24-3200)

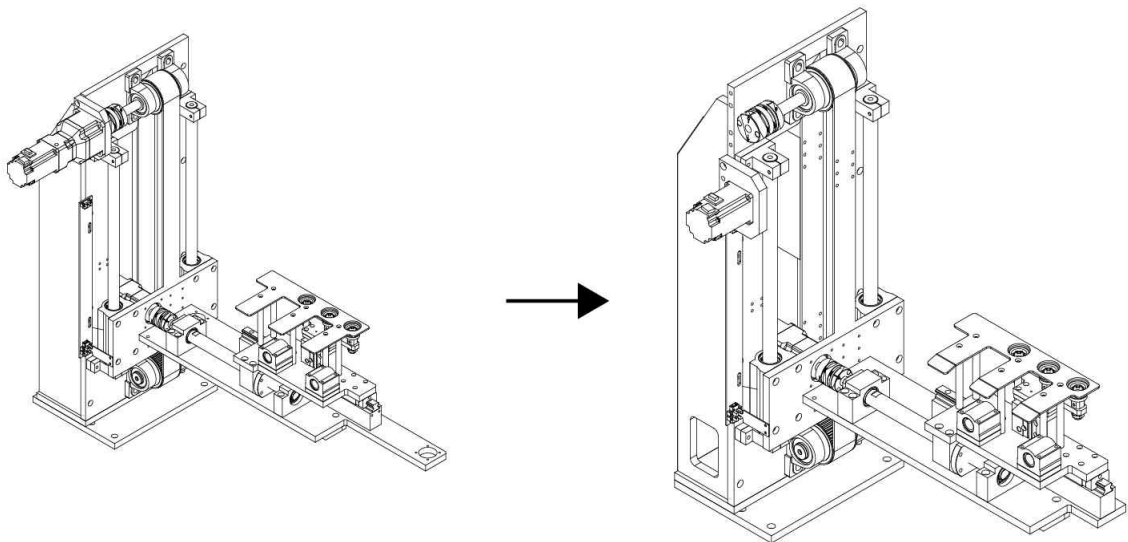
- 실린더와 흡착패드, 서보모터 등으로 구성됨

- 다규격의 박스를 적용, 박스의 이탈방지를 위하여 유선형의 가이드 형상을 중앙부를 연장 설계
- 백업 플레이트 부가 컨베이어 상하운동 장치로 이동 부착됨으로 기존 가이드기둥을 제거



[그림 104] 사각 포밍장치 설계 변경

- 약 30kg의 유닛의 무리없는 상하운동을 위해 400W서보모터와 25:1 감속기로 설계
- 웨이트밸런스 블록을 타이밍벨트에 장착하여 균형있게 움직이도록 설계
- 하단 드래그 플레이트의 형상을 하단부로 꺾이도록 설계하여 박스시트 들뜸을 방지

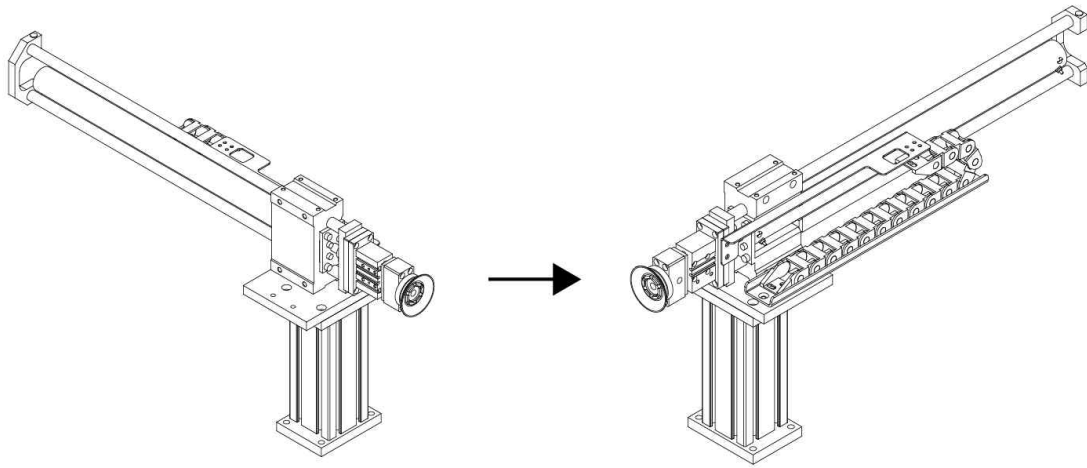


[그림 105] 박스 포밍장치 - 드래그

○ 폴딩박스 푸셔장치 설계 및 개발 (AF24-3300)

- 실린더와 63파이 흡착패드, 컨베이어벨트 등으로 구성됨

- 실린더 작동간에 배선의 안정성을 위해 브라켓길이를 연장하고 컨베이어의 방향을 반전 설계



[그림 106] 폴딩박스 푸셔장치

- 기존 흡착패드 만으로 다음공정으로 이동시키는 과정에서 최소크기박스는 문제가 발생하지 않았지만 최대크기 박스를 이동시킬 경우 한쪽면으로 밀게되어 박스가 이동하면서 방향이 틀어져 손상되는 현상을 개선하여 푸셔유닛에 플레이트를 설치하여 면적을 넓혀 설계



[그림 107] 시작품의 박스 푸시 장치

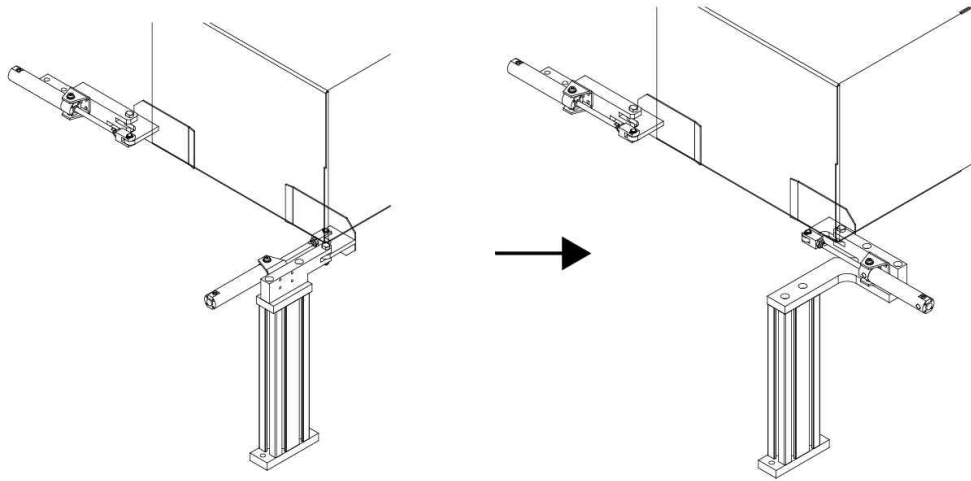


[그림 108] 시작품의 박스 푸시 장치

○ 인너 폴더 벤딩 설계 및 개발 (AF24-3400)

- 실린더와 폴딩 플레이트 등으로 구성됨

- 실린더와 폴딩 플레이트를 통해 사각형태가된 박스시트의 좌우양쪽 날개를 접는 장치
- 실린더의 작동방향을 좌우대칭으로 맞추어 박스시트의 좌우 양쪽날개를 안정적으로 접을 수 있도록 설계 변경함



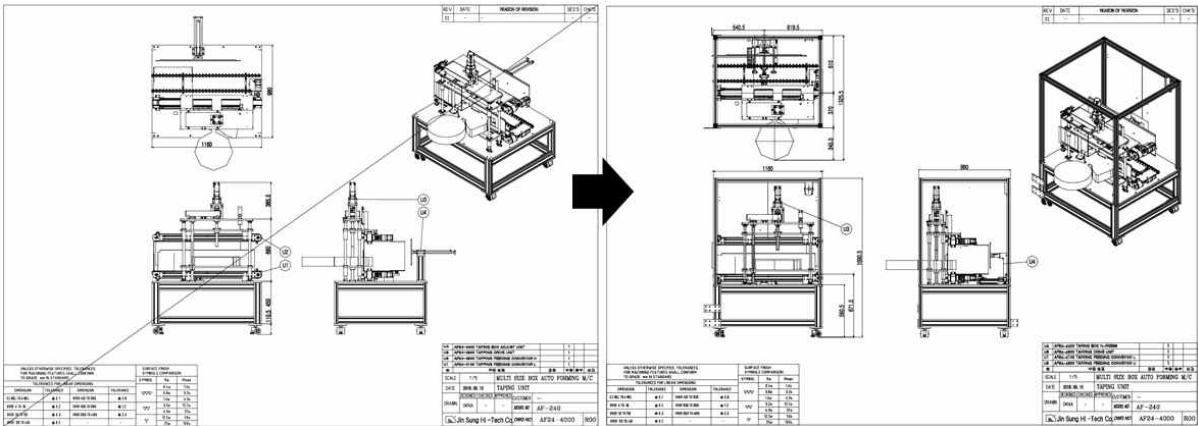
[그림 109] 박스의 좌우 날개 접는장치 설계변경

② 시제품 제작

구분	도면 ID	모델명
보완	AF24-3000	SQUARE FORMING MACHINE
시작품 제작 및 설계변경 주요 사진		

4) TAPING UNIT

- ① 구조설계
- ② 개발목표

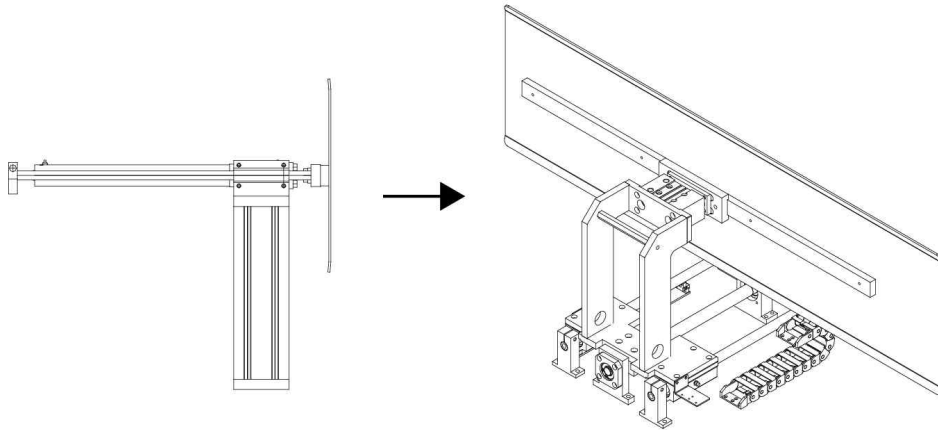
구분	도면 ID	모델명
보완	AF24-4000	TAPING UNIT
설계 도면		
		
기능 설명		
개발 목표	- 하부테이핑 품질 증대 - 적용박스 크기 변경시간 감소	
설계 고려 방향	- 박스 푸시장치(실린더) 힘조절 - 실린더 롱스트로크 → 숏스트로크 - 배출시 박스 밀림방지	
구성	- TAPING FEEDING CONVEYOR L - TAPING FEEDING CONVEYOR H - TAPING DRIVE UNIT - TAPING BOX ADJUST UNIT	

㉟ 개발 내용

○ 테이핑 드라이브장치 설계 및 개발 (AF24-4400)

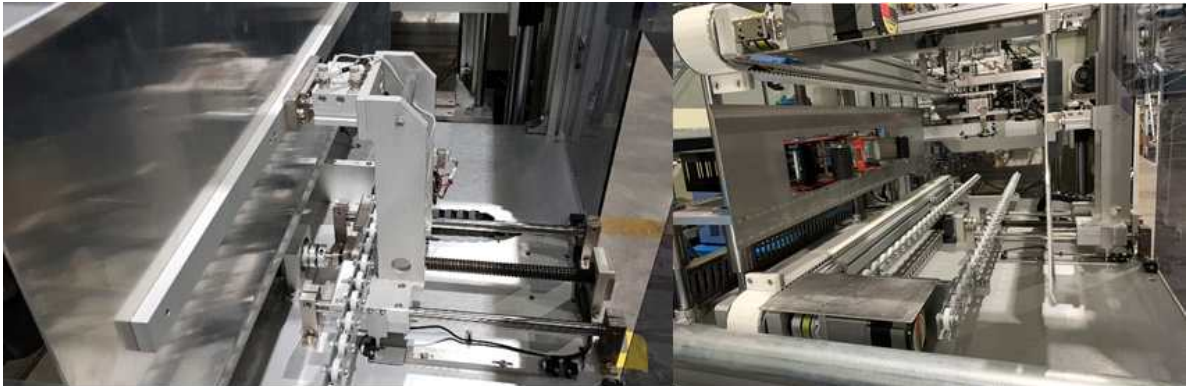
- 서보모터와 실린더 등으로 구성

- 박스의 크기에 따라서 푸시유닛을 서보모터를 사용하여 미리 위치하도록 설계
- 기존 롱 스트로크의 실린더를 이용하여 테이핑하는 면에 박스 밀착시 롱스트로크로 인해 플레이트가 이동하는 시간이 길고 너무 강한 힘으로 밀착시키게 됨으로 박스에 손상을 주던 것을 숏스트로크의 실린더를 사용하여 테이핑하는데 있어서 밀착만할 수 있게 설계



[그림 111] 박스 상부 프레스 유닛 설계변경

② 시제품 제작

구분	도면 ID	모델명
보완	AF24-4000	TAPING UNIT
시작품 제작 및 설계변경 주요 사진		
		

㉟ 개발 내용

○ X-축 박스 재단 & 누름장치 설계 및 개발 (AP15-0700)

– 커팅휠, 크리징휠, 클램프, 실린더 등으로 구성

- 박스의 크기에 따라서 이동된 위치에서 커팅휠과 크리징휠을 실린더에 의한 상하운동으로 커팅되도록 설계
- 기존 개발된 유닛으로 박스시트를 재단 시 재단면에 버(Burr)가 발견되어 개선하기 위하여 2차년도 나이프의 형상개선 연구를 진행, 3차년도에는 나이프의 크기 및 재질연구 진행

② 시제품 제작

구분	도면 ID	모델명
보완	AP15-0000Z	Z-FOLD GUIDE UNIT
시작품 제작 및 설계변경 주요 사진		
		

2) Z-FOLD GUIDE

① 구조설계

㉠ 개발목표

구분	도면 ID	모델명
보완	AP15-0000Z	Z-FOLD GUIDE UNIT
설계 도면		
기능 설명		
개발 목표	- Z-FOLD 형태의 박스시트를 손상없이 장비에 투입	
설계 고려 방향	- 상황에 따라 위치변경가능 구조 - 박스의 적재 높이 - 다규격 박스시트의 적용	
구성	- FRAME - GUIDE PLATE	

㉞ 개발 내용

○ Z-FOLD 가이드 설계 및 개발 (AP15-0000Z)

- 프레임, 가이드 플레이트, 캐스터 등으로 구성

- 다규격의 Z-FOLD상태의 박스시트를 장비에 무인상태에서 손상 없이 투입시킬 수 있도록 설계
- 캐스터를 장착하여 Z-FOLD의 적재높이, 거리 등에 따라 가변 가능하도록 설계 및 제작

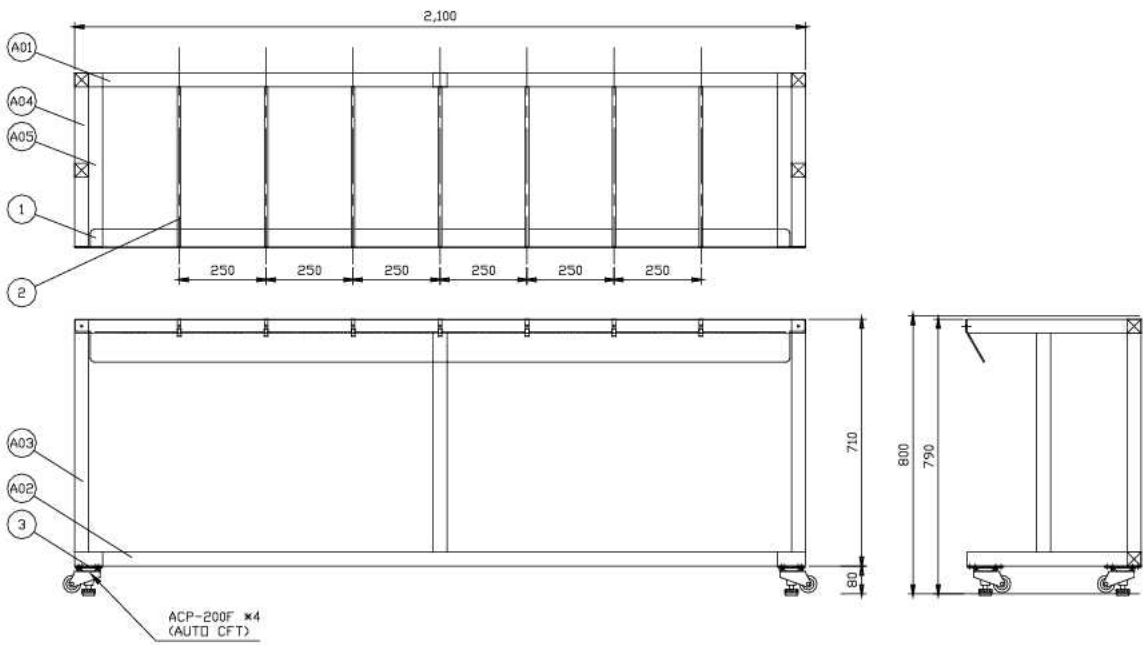
② 시제품 제작

구분	도면 ID	모델명
보완	AP15-0000Z	Z-FOLD GUIDE UNIT
시작품 제작 및 설계변경 주요 사진		
		

3) SHEET DISCHARGE UNIT

① 구조설계

㉠ 개발목표

구분	도면 ID	모델명
보완	SDT-150	SHEET DISCHARGE UNIT
설계 도면		
		
기능 설명		
개발 목표	- 완성된 박스시트와 시트조각의 분리 - 다규격 시트의 적용	
설계 고려 방향	- 440W, 760W 기본적용 - 재단기 박스시트 배출부 크기에 적용	
구성	- FRAME - GUIDE PLATE - CASTER	

㉔ 개발 내용

○ 박스시트 조각 배출부 설계 및 개발 (ADT-150)

- 프레임, 가이드 플레이트, 캐스터 등으로 구성

- 다규격의 박스시트가 재단기로부터 배출될 때 시트조각과 시트를 분리시켜, 완전 배출시 사람의 작업시간 단축되도록 설계
- 캐스터를 장착하여 시트조각이 쌓인 후 후처리를 쉽게 할 수 있도록 설계 및 제작

② 시제품 제작

구분	도면 ID	모델명
보완	SDT-150	BOX SHEET DISCHARGE UNIT
시작품 제작 및 설계변경 주요 사진		

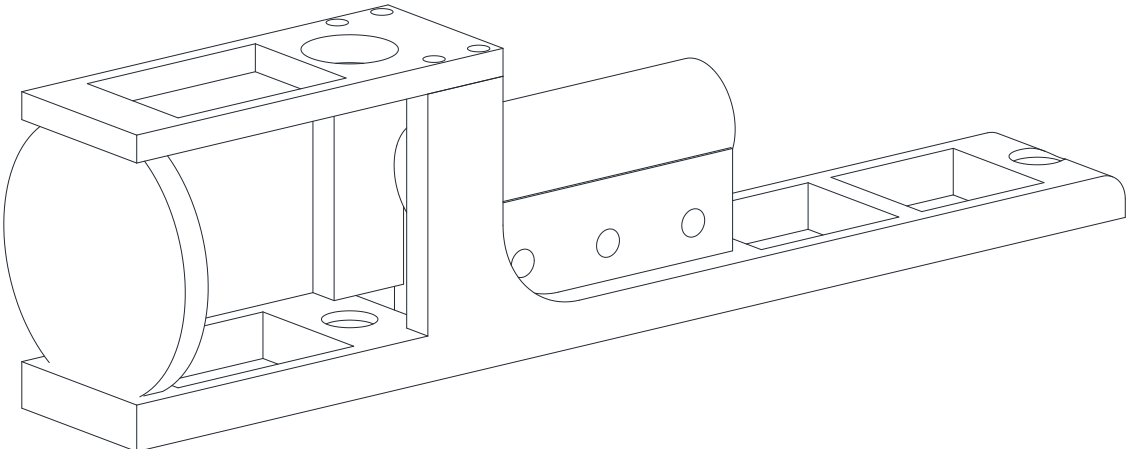


(다) 화물 체적 측정 장치

1) 전자부 광모듈

① 구조설계

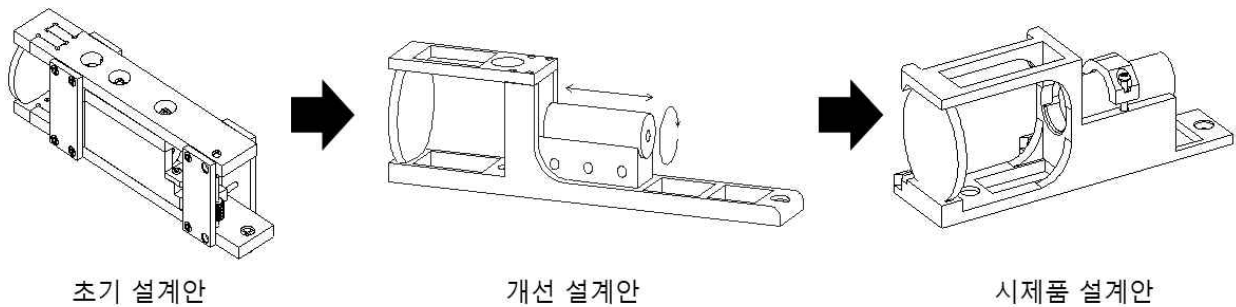
㉠ 개발목표

구분	도면 ID	모듈명
보완	-	전자부/광모듈
설계 도면		
		
기능 설명		
개발 목표	- 렌즈 고정, 레이저모듈 고정	
설계 고려 방향	- 30mm 범위 센서들에 수직으로 수광 되어야 함 - 렌즈 초점거리에 맞게 거리를 조절 할 수 있어야 함	
구성	- 렌즈, 레이저 모듈, 3D출력물 2종	

㉞ 개발 내용

○ 광모듈 설계 및 개발

- 초기 설계에서 상/하 좌/우 를 미세하게 조절할 수 있도록 하였음.
- 연구과정에서 초점거리와 미세각도 조절(회전)이 가능하도록 개선하여 개발하였음
- 시제품에서는 진동/충격에 레이저 모듈 각도가 틀어지지 않도록 나사 체결방식으로 바꾸었으며 기존 2개의 출력물이었던 구조를 1개의 출력물로 변경, 상단 체결나사 4개 삭제, 레이저 체결용 나사 1개 추가 되었음



[그림 112] 화물 체적 측정 장치의 광센서 모듈 설계안

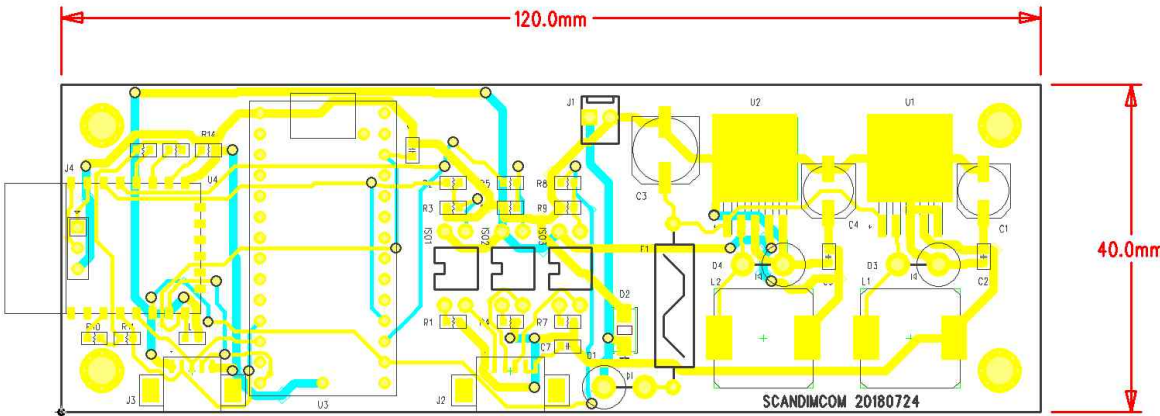
② 시제품 제작

구분	도면 ID	모듈명
보완	-	전자부/광모듈
시제품 제작 및 설계변경 주요 사진		

– 104 –

3) 전자부 통신보드

- ① 구조설계
- ㉠ 개발목표

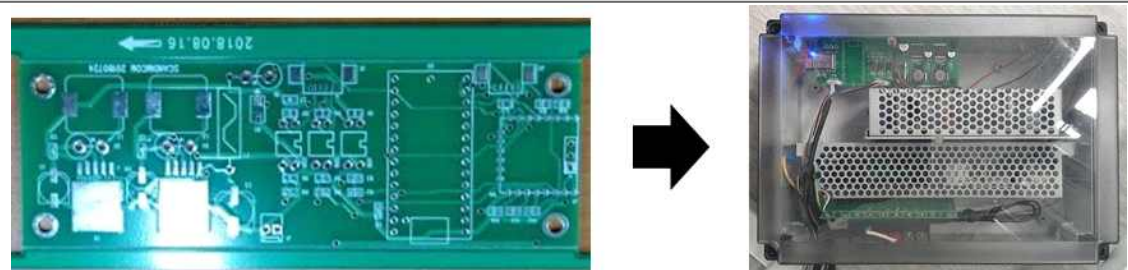
구분	도면 ID	모델명
신규	-	전자부/통신보드
설계 도면		
		
기능 설명		
개발 목표	- 센서데이터 취합, 무선 랜통신, 로터리엔코더 입력	
설계 고려 방향	- 모든 데이터를 취합하여 PC로 전송 가능하도록 설계	
구성	- 회로기판, 무선모듈, 저항, 콘덴서, 포토커플러, 연결기, 다이오드, 코일, 퓨즈, 스위칭 전압 조정기	

㉡ 개발 내용

○ PC통신 방식

- PC통신 방식을 기존 시리얼에서 무선랜 UDP 방식으로 변경하여 설계/제작 (시리얼 통신 통신 속도 한계문제로 통신방식 변경)

② 시제품 제작

구분	도면 ID	모델명
보완		전자부/광모듈
시제품 제작 및 설계변경 주요 사진		
		

4) 기구부 프레임

① 구조설계

㉠ 개발목표

구분	도면 ID	모델명
보완	-	기구부/프레임
설계 도면		
기능 설명		
개발 목표	- 광모듈 고정, 센서보드 고정 - 체적측정장치 본체 고정	
설계 고려 방향	- 하단 분리가 가능하여 컨베이어벨트에 이동 설치 가능 - 이동 편의를 위해 지지대만 분리 가능	
구성	- 철판, 각파이프	

○ 상용 제품 대비 차별성

- 기존 상용 제품들은 이미지 프로세싱, 무게 측정 등 다양한 기능이 포함되어 있어, 제품 가격이 높은 편임(약 2천만원 ~ 3천만원 선)
- 본 과제의 체적 측정 장비는 화물의 체적 정보(화물의 모양, 화물의 사이즈)만 필요함에 고가의 상용제품을 구매하지 않고 자사 개발하게 되었음(연구비 사용 절감)
- 본 체적 측정 장비만 보았을 때, 우수한 차별성은 기존 체적측정장비는 단품화물의 체적을 측정하는 기술에 특화되어있지만, 본 장비는 여러형태의 화물이 함께 적재될 경우 최소부피를 측정하는데 개발의 초점이 맞추어져 있음
- 또한 체적 측정 장비 운영시스템, 지능형학습시스템과의 연계운동을 통해 포장 대상 화물의 적절한 재단 박스 크기 산정 기능 및 작업자 편의를 위한 3D 화물 적재 시뮬레이션 기능을 함께 제공 가능한 이점이 있음

② 시제품 제작

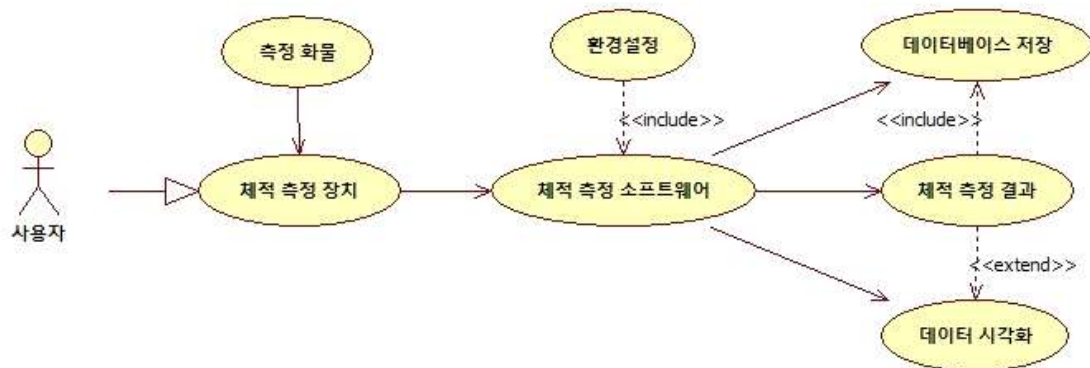
구분	도면 ID	모델명
보완	-	기구부/프레임
시제품 제작 및 설계변경 주요 사진		
		

(라) 지능형 학습 시스템

1) 체적측정장치 운영소프트웨어

① 기능 정의 및 설명

- 체적 측정 장치로부터 전달 받은 데이터 기반으로 화물의 체적 측정을 위한 소프트웨어
 - 측정된 데이터 시각화
 - 측정 값 데이터베이스 저장
 - UDP Socket
 - OpenCvSharp 3.4.1
 - .NET Framework 4.5
 - Npgsql 4.0.7



[그림 113] 체적측정장치 운영소프트웨어 구조

② 기능개발화면

- UDP 소켓 통신
 - 체적 측정 장치와 통신하여 화물의 체적 정보를 패킷으로 수신함
 - 비 연결지향형 프로토콜 UDP를 사용함
 - 프로그램 시작 시, 특정패킷을 체적 측정 장치로 전송하여 해당 패킷을 받은 곳으로 체적 측정 장치가 화물의 체적 정보를 패킷으로 송신함
 - 설정 메뉴에 들어가 내용 수정 시에도 위와 동일한 패킷을 송신함.
- 수신한 데이터 분석
 - 광모듈과 센서보드에서 수집한 데이터 기반 패킷

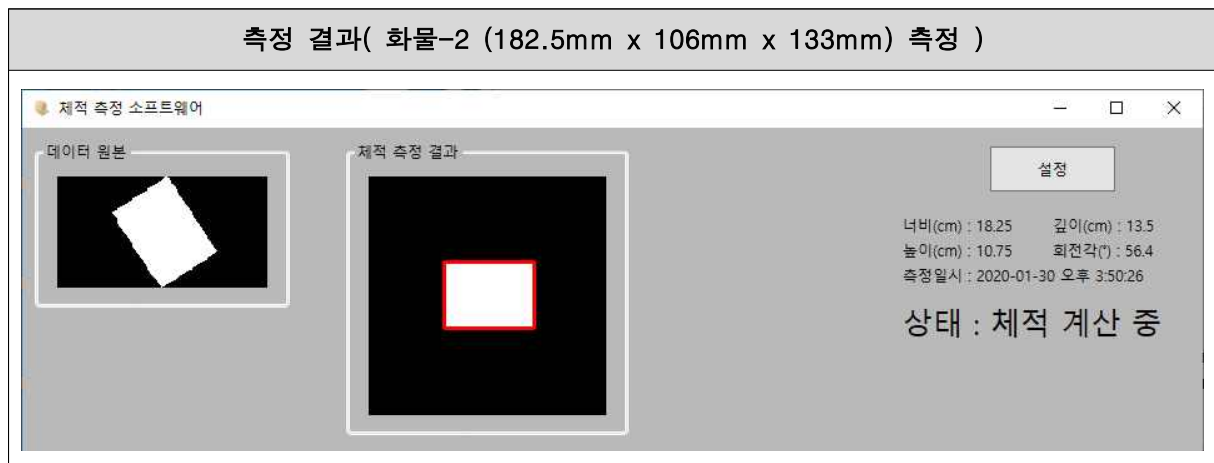
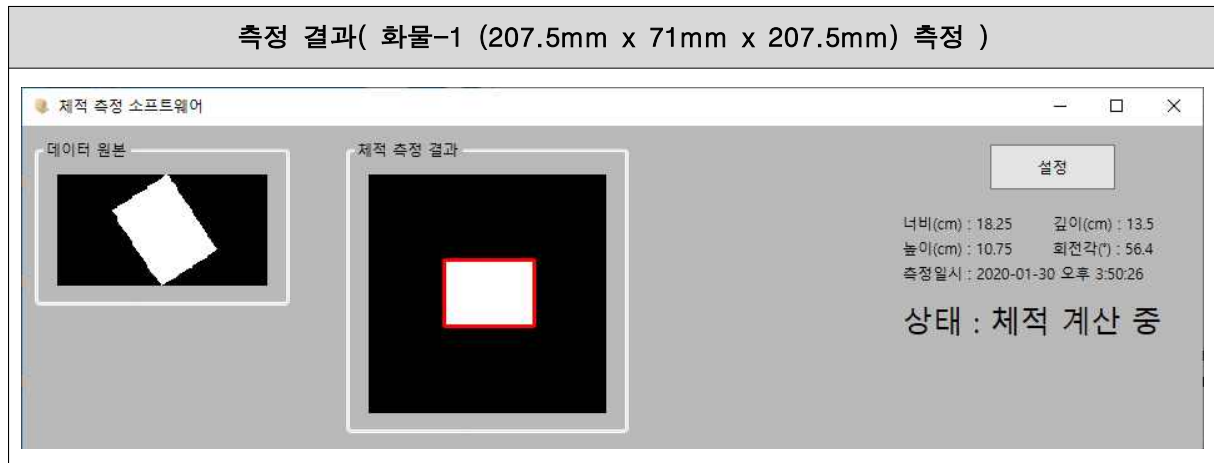
- 가로세로 각 14개의 광모듈과 168개의 수신센서가 장착된 센서보드 사이를 통과한 화물에 따라 패킷을 수신함
 - 로터리엔코더를 사용하여 화물이 얼마나 이동했는지 알 수 있고, 깊이를 측정하기 위해 이 로터리엔코더의 펄스 값과 컨베이어벨트의 지름을 이용함.
 - 전달 받은 패킷을 기준으로 화물의 모양과 높이를 측정 가능
- 체적 측정 데이터 산출
- 화물의 모양으로 체적 데이터 산출
 - 화물의 모양의 체적을 측정하기 위해, 가장 가장자리에 직사각형을 그려 크기를 측정함
 - 0도부터 0.2도씩 89.8도까지 측정된 모양을 회전시켜가며, 계속 직사각형을 그려 체적을 측정함
 - 직사각형을 그리므로, 90도 이상의 회전은 의미가 없으므로 89.8도까지 계산하여 가장 작은 직사각형을 체적으로 계산하여 산출함
 - 2차년도에 대각선방향으로 화물을 측정하면 오차율이 커지던 문제를 알고리즘으로 보완
- 데이터 시각화
- 영상처리 기술인 OpenCV를 사용
 - 체적 측정 장치를 통과한 물체가 어떤 모양으로 입고 났는지 눈으로 확인 가능함
 - 얼마나 회전시켜야 측정한 체적이 나오는지 눈으로 확인 가능함
 - 측정 상태를 표기하여 사용자에게 정보 제공
- 측정 값 데이터베이스 저장
- PostgreSQL DB를 사용
 - 다른 프로그램과 연동을 위해 특정 테이블에 측정한 값 및 상태 업데이트함

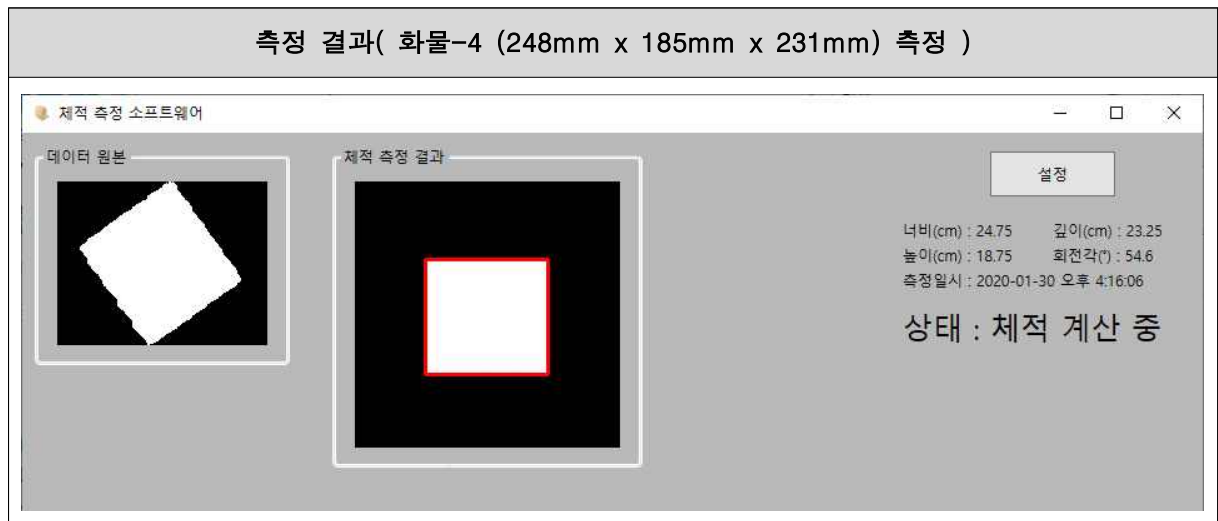
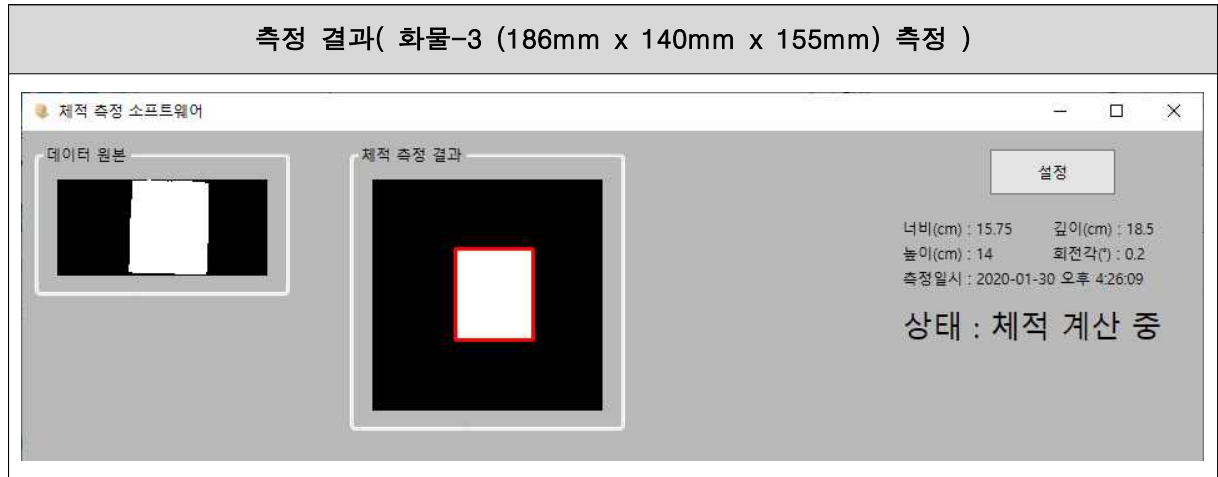
③ 내부 시운전 결과

○ 체적 측정 결과

– 제약사항

- 동일한 물체로 100회이상 테스트 진행하였고 놓는 위치 및 방향은 각각 다르게 측정하였음





	화물-1			화물-2			화물-3			화물-4		
	Width	Height	Length	Width	Height	Length	Width	Height	Length	Width	Height	Length
원본크기	207.50	71.00	207.50	182.50	106.00	133.00	186.00	140.00	155.00	248.00	185.00	231.00
최대 오차	7.50	1.50	7.50	5.00	1.50	4.50	6.50	0.00	7.50	5.50	2.50	6.50
오차 절대값 평균	2.50	1.50	2.70	1.32	1.50	3.10	3.77	0.00	5.16	1.58	2.50	3.23
전체 평균 오차	2.233333333			1.972081217			2.973958333			2.43834297		
표본 개수	572개			197개			132개			174개		

[그림 118] 체적 측정 결과(단위 : mm)

- 전체 평균 오차는 2.4mm를 보임, 너비와 깊이에서만 평균 2.92mm의 오차를 보임
- 컨베이어벨트에서 덜컹거리는 화물은 정상 측정이 불가능(오차율이 큼)
- 벨트마다 차이가 있겠지만 따라서 약간의 무게가 있거나 벨트 간격을 고려한 적당한 크기의 물체가 오차율이 적음
- 화물의 겉표면이 변형이 없는 물체일수록 오차율이 적음

2) 적재 소프트웨어

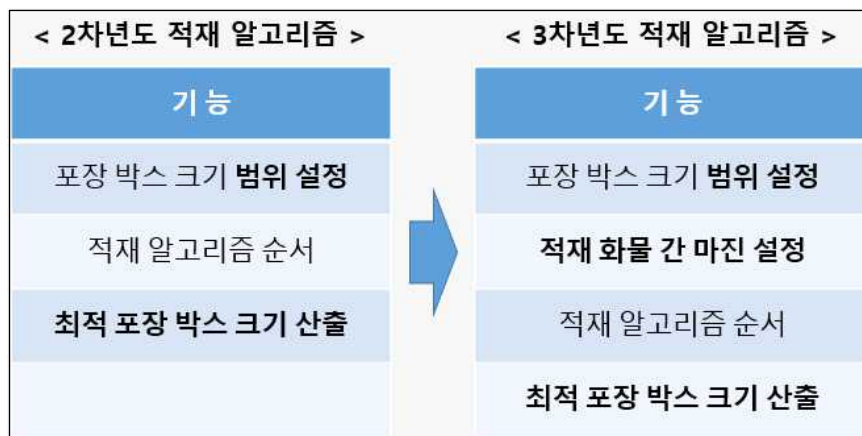
① 기능 정의 및 설명

- 화물 체적 측정 장비를 통해 수집된 포장 대상 화물의 체적정보를 활용하여, 재단 박스 크기 산정 및 적재 순서 관리를 위한 운영 소프트웨어

② 기능설계

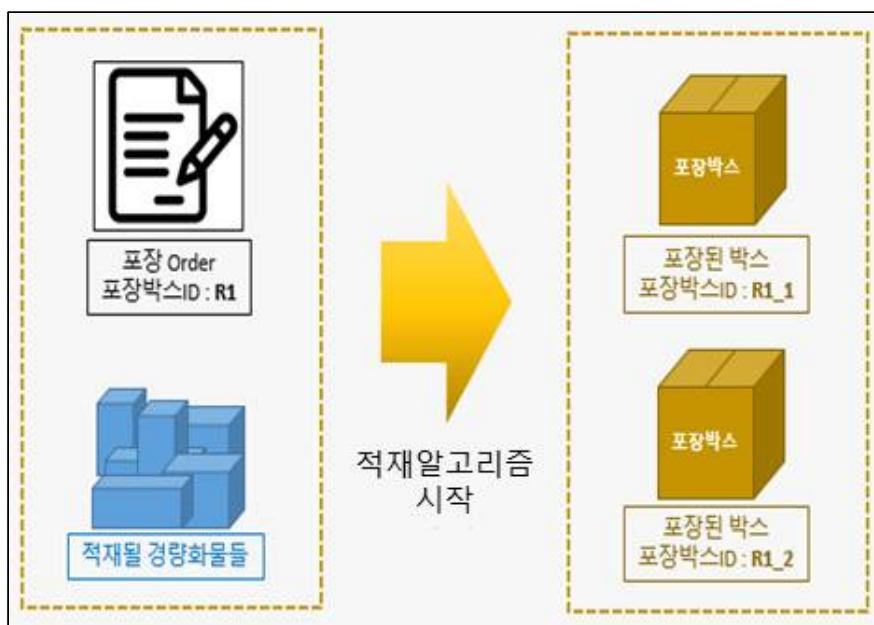
○ 적재 알고리즘 개선

- 2차년도 적재 알고리즘은 포장 크기의 범위를 지정하여 적재될 경량 화물들을 가장 최적의 포장크기로 적재되도록 개선하였으며, 3차년도 적재 알고리즘은 2차년도에 비해 적재 속도 개선 및 1개 박 적재 화물 간 마진(간격)을 설정하는 기능을 추가하였음



[그림 119] 2차년도 대비 3차년도 소프트웨어 수정(1/2)

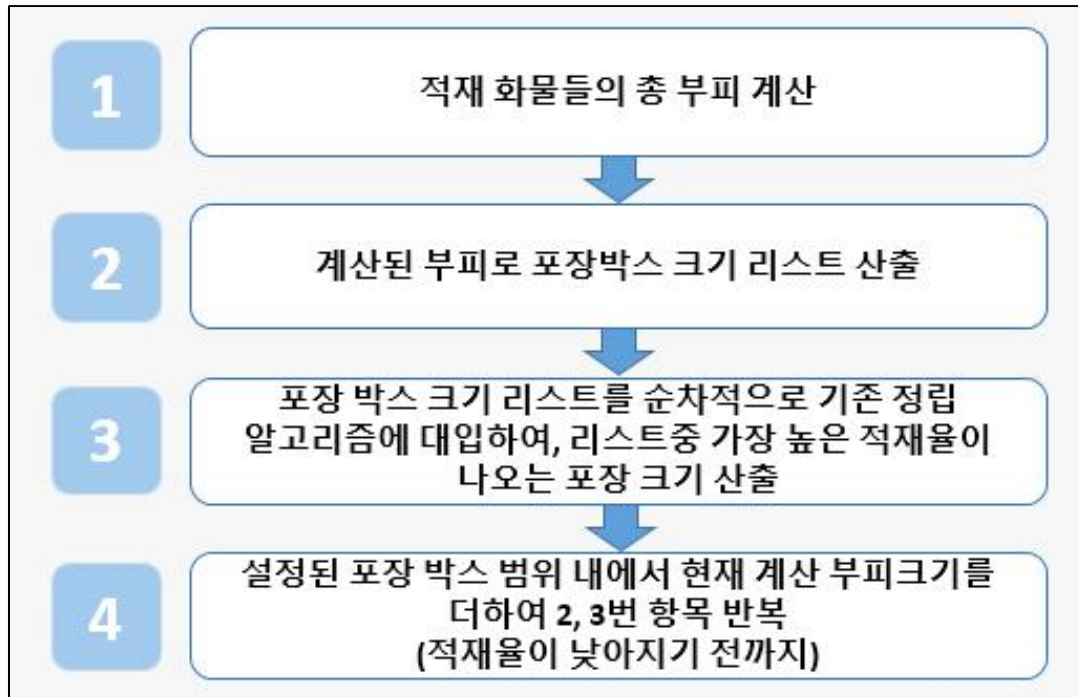
- 기존 2차년도 알고리즘은 1개의 포장박스만 가능하도록 구현되었지만, 3차년도에서는 포장박스를 1Box 이상 다중 적재가 가능하도록 개선되었음



[그림 120] 2차년도 대비 3차년도 소프트웨어 수정(2/2)

- 적재 알고리즘의 핵심 프로세스는 아래와 같음

- 적재될 화물들의 총 부피부터 확인하고, 포장박스 범위 내에 해당 부피에 맞는 크기들을 리스트로 산출
- 박스 크기 리스트를 순차적으로 기존 적재 알고리즘에 대입하여 가장 높은 적재율이 나오는 포장 크기 산출
- 테스트 시 적재 완료 시간은 적재될 박스개수 및 상황에 따라 2~6초대로 속도 차이가 있음



[그림 121] 화물적재 알고리즘 프로세스

○ 적재 소프트웨어 기능 정의서

기능 명칭	세부 기능	기능 설명
적재 알고리즘	화물 적재 순서 산출	- 적재 알고리즘을 통해 포장박스에 적재되는 화물 순서 산출
	최적 포장 크기 산출	- 적재 알고리즘을 통해 최적화된 포장 크기 산출
	프로그램 동작 상태	- 날짜, 프로그램의 동작상태 표현
	알고리즘 재생/중지	- 적재 알고리즘을 재생/중지 선택
이력 조회	과거 시간 선택 조회	- 조회 시작/종료 기간을 선택하여 검색
	과거산출데이터 출력	- 적재알고리즘을 통해 산출된 과거 데이터 표현
설정	포장 크기 범위 지정	- 최소/최대 포장 크기 범위 지정
	DB 접속 정보 설정	- Database 접속 정보 설정 및 접속 테스트
	마진 설정	- 적재 화물 간 마진(간격) 설정

○ Database Table 정의서

- packingOrder Table : 적재 주문(Order) 테이블로, 적재 소프트웨어에서 감시
- packingBoxList Table : 적재 될 화물들의 정보를 가지고 있는 테이블
- packingResult Table : 적재 완료 정보를 가지고 있는 테이블
- packingBoxListResult Table : 적재 알고리즘을 통해 산출된 적재 화물들의 적재순서 정보 및 적재좌표 등의 정보를 가지고 있는 테이블

Table명	Field명	형식	설명
PackingOrder	packTotboxid	string	토티박스 ID
	packboxCnt	int	적재 할 화물 개수
	packboxid	string	포장박스 ID
	packUse	int	포장 적재 유무
	orderDate	date	날짜
	packing_tote_hash_key	string	토티박스의 바코드 값
PackingBoxList	boxid	string	화물 ID
	width	int	가로 크기
	length	int	길이 크기
	height	int	높이 크기
	packboxid	string	포장박스 ID
PackingResult	packWidth	int	포장박스 가로 크기
	packLength	int	포장박스 길이 크기
	packHeight	int	포장박스 높이 크기
	packboxCnt_before	int	적재전 적재화물들 개수
	packboxCnt_after	int	적재 후 적재화물들 개수
	packboxVol	int	포장박스 부피
	packboxLoadVol	int	포장박스에 적재된 화물들 부피
	packboxid	string	포장박스 ID
	loadingRate	int	적재율
	packDate	string	날짜
	packstat	int	해당 박스의 패킹 완료 여부
PackingBoxListResult	num	int	순서
	boxid	string	화물 ID
	width	int	가로 크기
	length	int	길이 크기
	height	int	높이 크기
	x	int	x 좌표
	y	int	y 좌표
	z	int	z 좌표
	packboxid	string	포장박스 ID

③ 기능개발화면

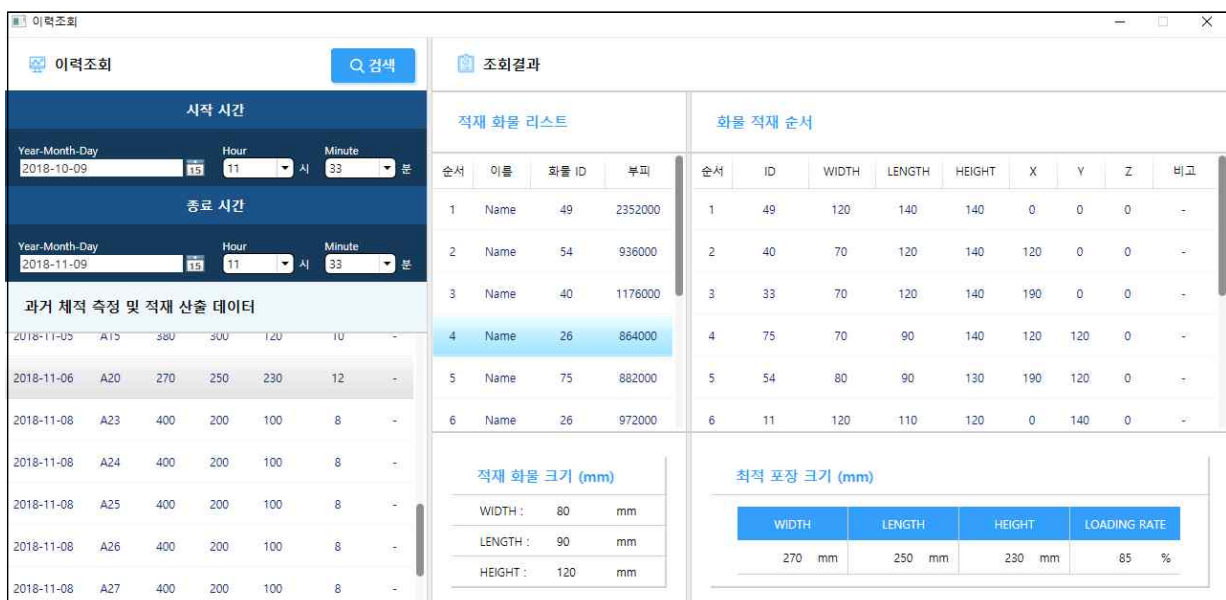
○ 적재 소프트웨어 UI 화면

- 적재 소프트웨어 메인화면은 아래와 같음



[그림 122] 적재 소프트웨어 메인화면

- 적재 알고리즘 시작/정지 버튼, 이력조회, 환경설정 기능 구현
 - 일시 상태가 리스트로 log화 하여 시작/정지, 알고리즘 완료 상태 등을 표출
- 적재 소프트웨어 이력조회 화면은 다음 아래와 같음
 - 과거 적재 알고리즘 실시한 포장박스에 대한 이력을 조회
 - 적재된 화물 및 화물 적재 순서, 최적 포장 크기, 적재율에 대한 정보 표출



[그림 123] 적재 소프트웨어 이력조회 화면

3) 3D 적재 시뮬레이션

① 기능 정의 및 설명

- 적재소프트웨어를 통해 표출된 포장 화물 적재 순서를 3D화면으로 표출하는 운영소프트웨어

② 기능설계

- 3D 적재 시뮬레이션 기능 정의서는 아래와 같음

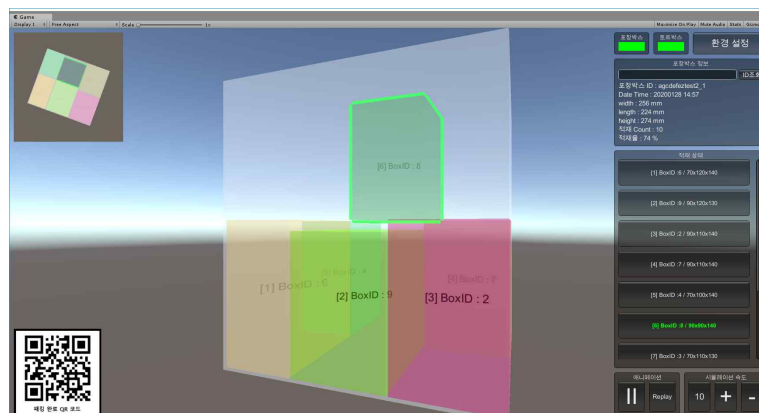
기능 명칭	세부 기능	기능 설명
적재 정보 출력	적재 물류 리스트	- 적재될 물류의 리스트를 표현
	포장 박스 정보 표시	- 제한기에서 나온 겹포장 박스의 상세정보 표시
	미니맵 기능	- 박스위에서 보이는 시각으로 좌표(X,Y) 표현
적재 시뮬레이션	적재 정보 읽기	- DataBase에서 포장박스 크기, 물류 적재정보 Read
	객체 생성	- 읽어온 데이터로 박스정보 및 화물 객체 생성
	시뮬레이션	- 시뮬레이션 재생
	시뮬레이션 Replay	- 시뮬레이션 재시작
	적재 시뮬레이션 속도 설정	- 시뮬레이션되는 물류 이동 속도 설정
QR 코드 리더기	포장박스, 토트박스 리딩	- 포장박스, 토트박스에 붙여져있는 QR코드 리딩
	포장 패킹 완료	- 좌측 하단에 있는 패킹 완료 QR 코드 리딩
환경 설정	DataBase 설정	- DataBase 접속 정보 설정

③ 기능개발화면

- 3D 적재 시뮬레이션 UI 화면

- 3D 적재 시뮬레이션 화면은 다음 아래와 같음

- 적재 알고리즘을 통한 적재 정보로 Unity를 이용한 3D 적재 시뮬레이션을 표현
- 현장 사용자들에게 미니맵을 통한 적재 좌표(X.Y) 및 적재 순서를 시각적으로 제공
- 제한된 포장박스에 붙여져 있는 QR코드, 화물이 들어있는 토트박스 QR코드를 순서대로 인식 후에 적재 시뮬레이션 및 현장 사용자가 화물을 적재한 후에 패킹 완료 QR 코드를 통해 Database에 패킹 완료 상태 업데이트



[그림 124] 강화학습기반 적재 소프트웨어 실행 화면

(마) 장비 운영 알고리즘 연구

① 적재 최적화 알고리즘 연구

㉠ 연구개요

○ Heterogeneous type 화물의 다중 포장을 위한 최적 포장박스 사이즈 산출 및 적재 방법 연구

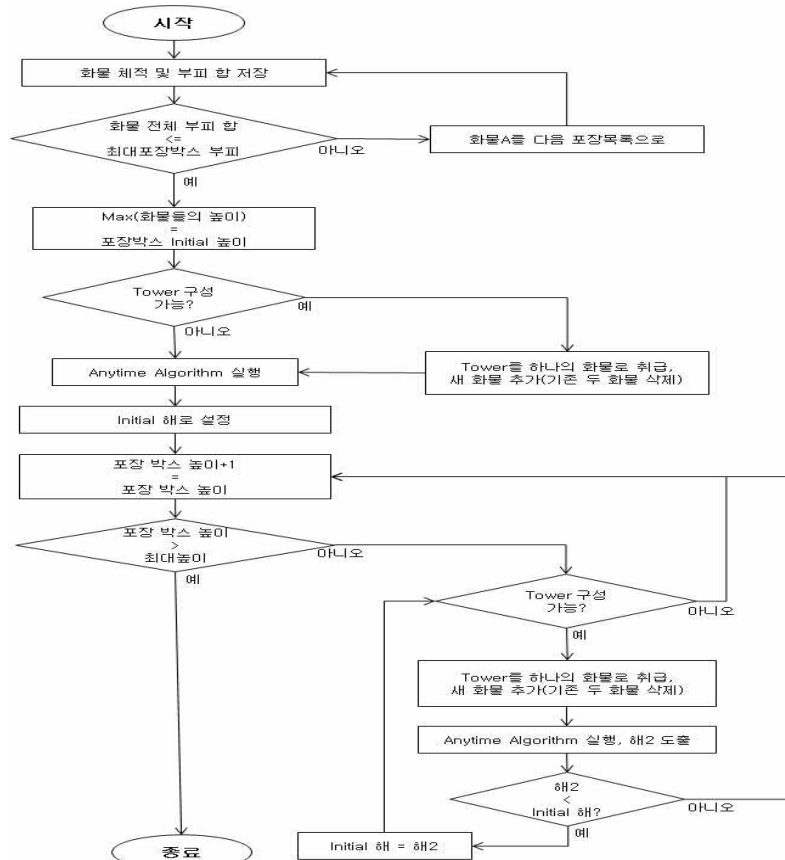
- 3D 적재 시뮬레이션 검토를 위한 최적 포장박스 사이즈 산출 방법 연구 수행

- 실제 물류 현장 운용가능성을 고려하여, 실시간으로 수 초 이내에 알고리즘 결과를 산출할 수 있는 발견적 해법 제시
- 본 연구의 재단 및 제한기의 성능을 고려하여 최대 규격인 (너비)410mm X (폭)310mm X (높이)280mm를 만족하는 포장박스 크기 산출 연구 수행
- 단위 주문에 포함된 화물들이 포장박스의 최대 규격을 충족시킬 수 없는 경우, 복수 개의 박스에 화물을 적재가능한 다중 포장 연구 수행

○ 수정된 탑 구성 알고리즘 연구

- 2D 직사각형 형태의 화물을 패키징하는 기존 연구의 Anytime Algorithm을 3D로 확장하여, 포장 높이를 늘려가며 탐색하는 수정된 탑 구성 알고리즘 개발

- 최초 포장박스 높이를 정의하고, 탑의 바닥면 구성에 Anytime Algorithm을 적용
- 포장박스의 높이를 점진적으로 증가시키면서 가장 높은 적재율을 보이는 적재 패턴 산출



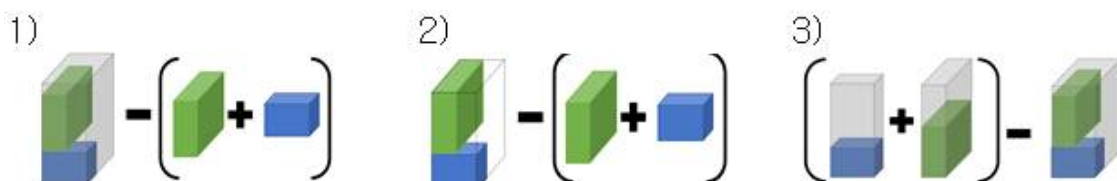
[그림 125] 수정된 탑 구성 알고리즘 동작 순서도

단계 별 알고리즘 동작	
[1단계]	각 화물의 체적에 따라, 세 모서리의 길이를 긴 순서대로 너비, 폭, 높이 설정
[2단계]	모든 화물의 부피 합 계산하여 포장 박스의 최대 부피를 초과하는 경우, 최대 부피 이하가 될 때까지 새 포장 목록 생성 및 화물 전달
[3단계]	모든 화물을 바닥면에 구성하고 Anytime Algorithm을 시행, 이때의 전체 화물을 고려한 너비, 폭, 높이를 포장 박스의 초기해로 설정
[4단계]	포장 박스의 높이를 현재 높이로 고정하고 이를 초과하지 않는 조건에서 두 화물 적재시행, 탑을 구성할 수 있는 모든 경우 탐색 및 각 탑 dead space 계산
[5단계]	dead space가 가장 적은 탑을 하나의 화물로 취급하여 새로운 화물 목록 생성, 바닥면에 Anytime Algorithm을 시행 및 포장 박스의 부피가 개선된 경우 해를 변경
[6단계]	현재 포장 박스의 높이 하에서 더이상 가능한 탑 구성이 없을 때까지 [4단계-5단계] 반복
[7단계]	더이상 가능한 탑 구성이 없으면, 포장 박스의 높이를 단위 길이(1cm)만큼 증가
[8단계]	[4단계-7단계]를 반복하여 포장 박스의 높이가 최대 높이를 초과하면 알고리즘 종료, 도출된 포장목록이 두 개 이상 존재할 경우 모든 포장 목록에서 같은 과정 반복시행

- [2단계]에서 부피가 가장 큰 화물을 먼저 넘기는 방법 혹은 가장 작은 화물을 먼저 넘기는 방법 중 적재율이 높은 경우를 선택 적용

- 적재율 최적화를 위한 탑 구성 방법 연구

- (case 1)탑이 포장박스에서 차지하는 공간에서 두 화물의 부피를 제외한 포장박스를 고려한 빈 공간을 dead space로 적용하는 방법
- (case 2)탑의 부피에서 두 화물의 부피를 제외한, 두 화물 사이의 순수한 빈 공간을 dead space로 적용하는 방법
- (case 3)화물이 전체 포장박스를 각각 차지하던 부피에서 탑을 구성하면서 절약되는 공간을 saving space로 적용하는 방법
- 각 case를 조합 시행 후, 가장 높은 적재율을 산출하는 패턴을 해로 채택하는 방법

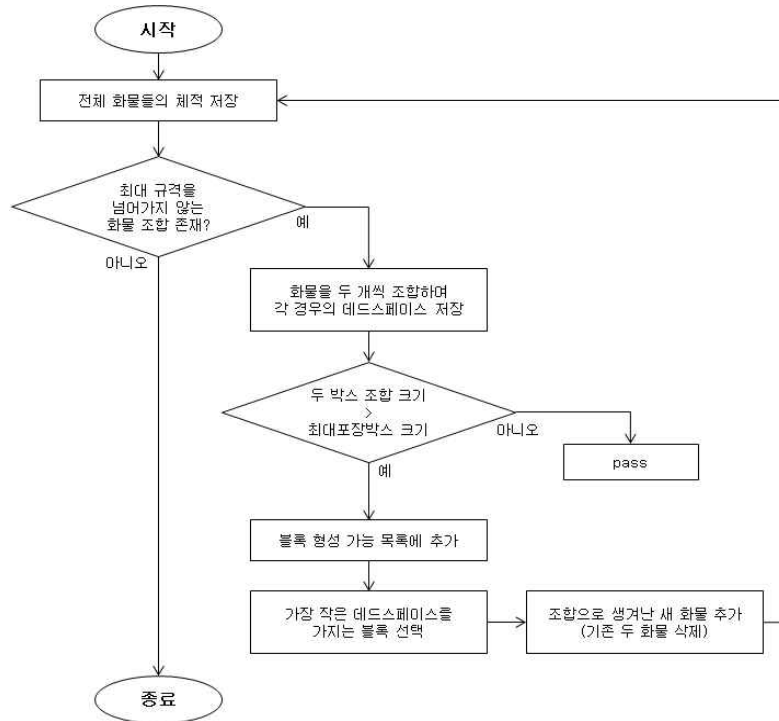


[그림 126] 적재율 최적화를 위한 탑 구성방법

○ 수정된 블록조합 알고리즘 연구

- 특정 조건을 충족하는 시점까지 계속적으로 블록조합을 수행하는 수정된 블록조합 알고리즘 개발
- 두 개의 화물을 1단위로 구성하는 블록조합 방법 적용

- 적재율을 최적화하기 위해, 단위 잔여 화물이 1개이거나 포장박스 크기를 초과하는 조건을 적용
- dead space를 최소화하는 블록조합을 반복 수행하여 가장 높은 적재율 패턴 도출



[그림 127] 수정된 블록조합 알고리즘 순서도

단계 별 알고리즘 동작	
[1단계]	블록조합 시행 및 block 회전을 고려 dead space가 가장 작은 모양의 블록을 형성 후, 최대 규격을 넘어가지 않으면 블록을 형성 가능 목록에 추가
[2단계]	블록형성 가능 목록에서 dead space가 가장 작은 블록조합을 선택하여 하나의 화물로 취급하여 새로운 화물 목록을 생성
[3단계]	[2단계]에서 만들어진 새로운 화물 목록에 대해서 [1단계-2단계] 과정을 반복하고, 더 이상 가능한 블록조합이 없으면 알고리즘 종료
[4단계]	만들어진 블록조합의 개수가 사용되어질 포장 박스의 수가 되며, 블록조합들의 전체 적재율 계산

- 조합된 블록 중 dead space가 동일한 블록이 다수 존재할 경우, 모서리 간의 길이 차이가 가장 적은 정육면체에 가까운 형태의 블록을 우선 선택
 - 블록형성 가능 목록에 dead space의 크기가 동일한 다수의 블록조합이 포함될 경우, 부피가 가장 큰 case와 작은 case 중 유리한 방법을 우선 채택
- 블록조합 구성순서에 따른 적재율 변화 보정방법 연구
- 조합 이전의 두 화물크기와 비교하여 dead space가 임계수치(10%) 이상이 되는 경우, bad case로 취급
 - bad case의 경우, 블록형성 가능 목록에서 두 번째로 작은 dead space를 가지는 블

록조합을 선택

- 지속적인 알고리즘 재실행 및 다양한 블록조합 패턴 고려를 통해 적재율 개선

㉠ 시뮬레이션 결과

○ 적재 최적화 알고리즘의 시뮬레이션 실험 수행

– 화물패킹 최적화 분야의 저명한 3d bin packing 社の ‘Container Adjustment’와 시뮬레이션 결과값 비교를 통해 본 연구의 알고리즘 성능 검증

– 실험 조건 산정

- 의사난수를 발생시켜 100개의 주문을 무작위로 생성
- 화물 크기는 50mm ~ 200mm로, 한 주문에 포함되는 화물 개수는 3 ~ 20개로 제한
- 최대 포장박스 규격은 (너비)410mm X (폭)310mm X (높이)280mm로 설정
- 알고리즘 연산의 최소 단위 길이는 10mm를 기준으로 시행

The screenshot shows a web-based interface for container adjustment. It features two tables: 'Containers list' and 'Items list'. The 'Containers list' table has columns for ID, Wdt., Hgt., Dpt., and Wgt., with one row showing ID 0. The 'Items list' table has columns for ID, Wdt., Hgt., Dpt., Quantity, and VR, with four rows (IDs 0, 1, 2, 3). Each row in the 'Items list' has a checked checkbox in the VR column and a trash icon. Below the 'Items list' table are buttons for 'ADD ITEM', 'IMPORT CSV/XLS', and 'PACK'.

[그림 128] 3d bin packing 社の Container Adjustment

– 실험 결과

- 3d bin packing 社の Container Adjustment는 포장박스가 2개 이상인 경우, 첫 번째 포장박스에 최대한 많은 화물을 적재한 후, 잔여 화물을 이후의 박스에 포장하는 추세를 보임
- 수정된 블록조합 알고리즘은 포장박스가 2개 이상인 경우, 특정 박스에 집중되는 경

항 없이 전체 적재율을 개선하는 경향 보임

시뮬레이션 테스트 결과		
	3d bin packing 社の Container Adjustment	본 연구의 수정된 블록조합 알고리즘
우세 개수	36	60
평균 적재율(%)	79.51	80.82
평균 적재율 차(%p)	1.31	

- 수정된 블록조합 알고리즘이 비교대상 프로그램 대비 개선된 결과를 보여주었음
- 임의의 100개의 주문 중 60개 case에서 비교대상 프로그램보다 우세한 적재 case 산출(약 1.7배 우세)
- 평균 적재율 측면에서는 약 1.31%p 높은 결과를 보여줌
- 본 연구에서 제시한 휴리스틱 기법은 임의로 생성된 100개의 테스트에서 모두 1000ms 이내 소요
- 수리적 모델을 활용한 기존의 연구는 10개 단위이하의 test에서도 수 시간 이상의 화물탐색 시간이 소요됨
- 본 연구의 알고리즘 연산 시간은 실제 화물 적재 프로세스 운용에 있어 지연을 발생시키지 않는 수준으로 판단됨

(바) 다규격 포장 시스템의 비즈니스 모델



[그림 129] 시스템 도입 후 개선 운영 방식

- 다규격 박스 포장 시스템은 포장 상품의 체적 측정 후 박스 재단, 제함이 이뤄지는 형태로 운영됨
- 본 시스템은 다품종, 다양한 크기의 상품 포장 작업이 많은 중소형 온라인 마켓을 운영하는 기업 내 적용 가능
- 본 시스템 적용 시, 공간 효율 개선 및 불필요한 수동 포장 작업 최소화 가능

(3) 현장 적용

(가) 현장 적용 방안 설계

1) 현장 정의

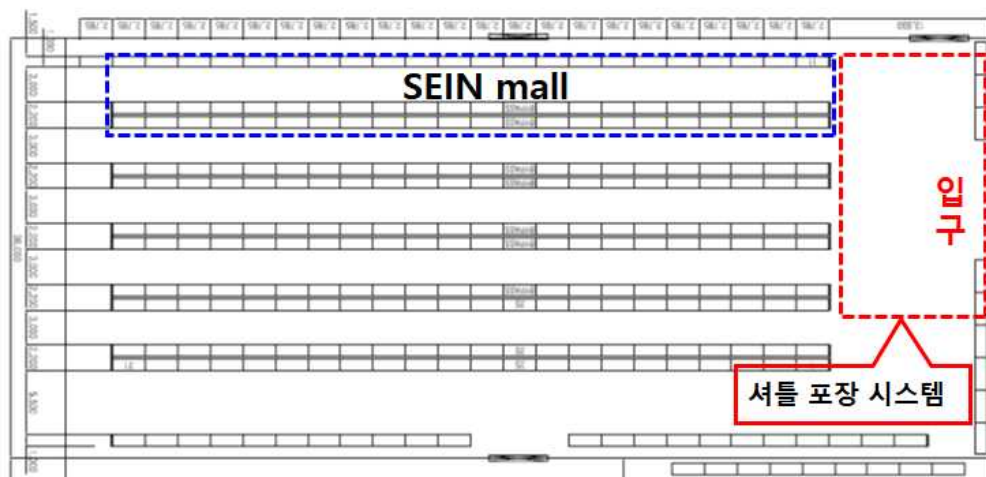
- 경기도 시흥시에 위치한 LogisALL 시화공동물류센터를 Test-bed로 선정하여 자동화물반출입시스템과 다규격 포장 시스템을 현장 적용 진행
- 본 과제 참여 기관으로서 현장 적용을 수행하는 한국파렛트풀(주)과 주관 기관인 랩투마켓의 회의를 통해 자동화물반출입시스템과 다규격 포장 시스템 Test-bed로 적합한 LogisALL 시화공동물류센터 내 입주 기업을 대상으로 현장 적용 선정



[그림 130] LogisALL 시화공동물류센터

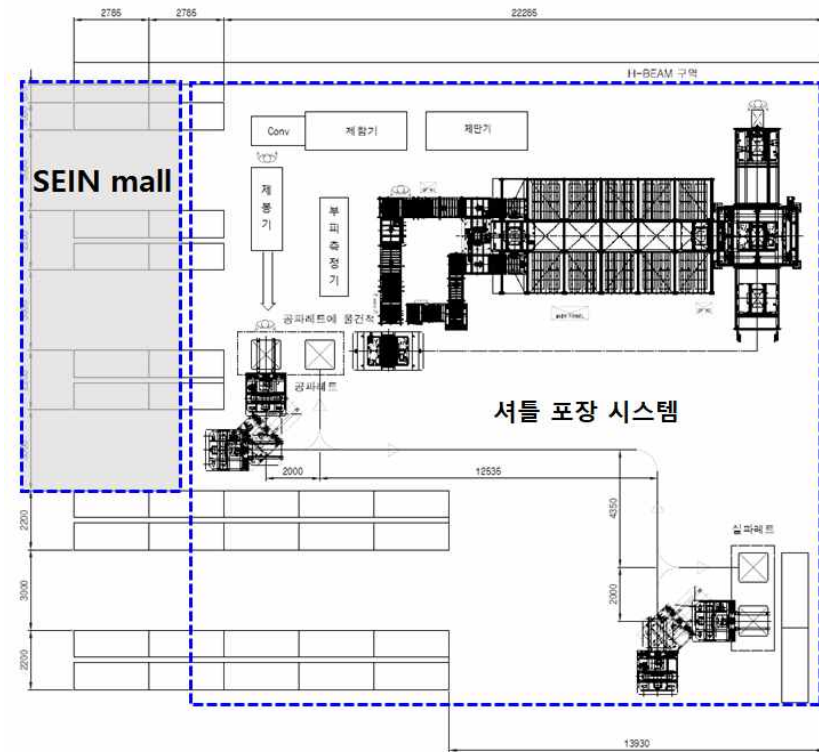
2) 적용 현장 분석

- LogisALL의 시화공동물류센터에 자동화물반출입시스템, 다규격 포장 시스템에 대하여 분석한 사항은 다음과 같음



[그림 131] LogisALL 시화공동물류센터 Lay-out

- 물류센터 내 상품 보관이 가능한 랙이 있으며 자동화물 반출입시스템과 다규격 포장 시스템 설치시 공간확보 및 적용 가능한 구조
- 작업 프로세스, 이동 동선을 고려한 Layout
 - LogisALL 시화공동물류센터 Layout 우측(20m*8.5m) 공간 확보
 - 자동화물반출입시스템 및 다규격 포장 시스템 설치 가능한 기업 선정
 - 화물 이송 장치 적용



[그림 132] 작업자 이동동선을 고려한 Lay-out 설계

- 상품 보관용 종이박스 파렛트에 적재된 상태로 랙에 개별 단품 단위로 보관



[그림 133] 종이박스로 보관중인 랙(기존)

- 세인몰 내 박스별 규격은 아래와 같음

품명	제원		
	가로	세로	높이
1호	230	140	120
2호	350	170	190
3호	350	270	150
4호	400	300	210
5호	455	350	250
6호	555	400	250
7호	455	350	300
8호	490	390	370

- 세인몰은 8종류의 종이박스를 사용하고 있음
- 상품 입고시 종이 포장사용하고 있으며 출하용으로는 종이 박스 8종류를 사용
- 파렛트 단위 보관을 개별 단위 보관이 필요한 경우로 자동화물반출입시스템 적용
- 출고 시 재포장 작업을 수행하기 때문에 다규격 포장 시스템 적용



[그림 134] 세인몰 출고박스

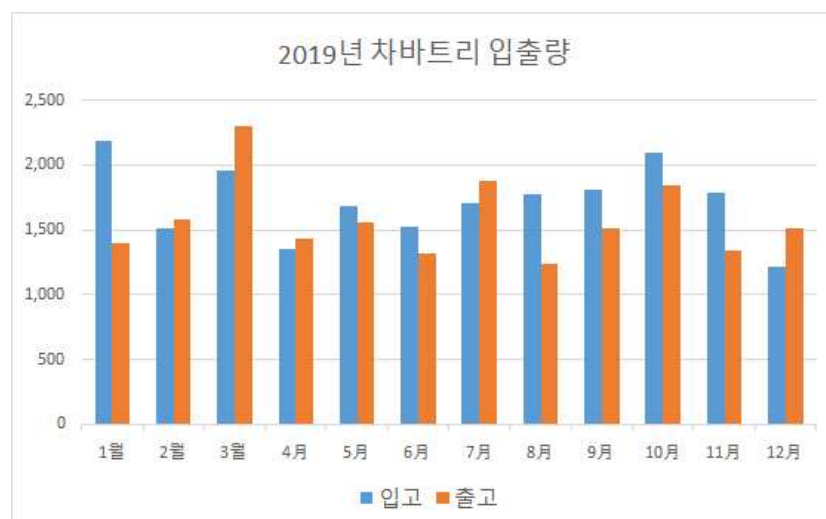


[그림 137] 세인몰 상품 보관 형태 및 포장용 종이 박스

2) 현장의 물동량 분석 및 설치

① 물동량 분석

- 세인몰 물동량 중 자동화물 반출입시스템과 다규격 포장 시스템 적용이 가능한 품목으로 물동량 측정
- 세인몰에서 취급하는 전체 품목중 차바트리 브랜드를 선정하였으며 사유는 세인몰 취급품목중 물품보관이 용이하고 파손이나 손상이 가장 적은 상품들을 취급하여 자동화물반출입시스템에 적합하다고 판단
- 차바트리 브랜드의 물동량 분석은 월별 입고량과 출고량으로 2019년 1월 ~ 2019년 12월 기준으로 분석 수행
- 전년 입고량과 출고량은 3월과 10월에 물동량이 증가
- 2020년 1분기의 입출고량 현황에서도 3월에 증가하는 것으로 나타남



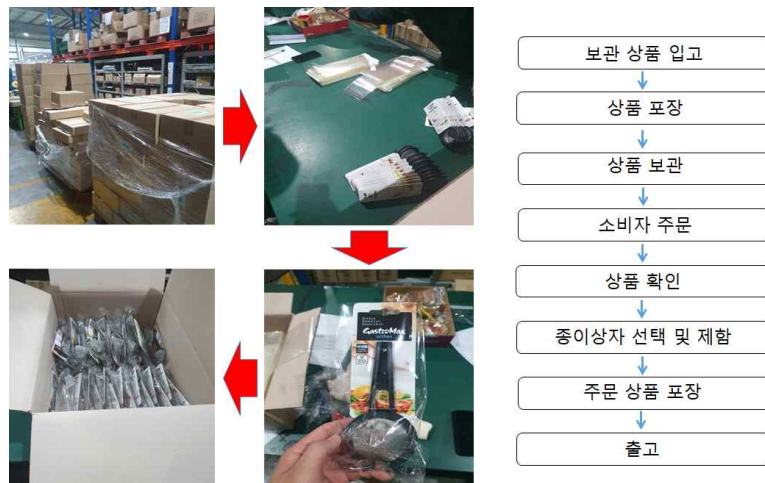
[그림 138] 세인몰 브랜드 중 차바트리 입출고량

1분기 화물 입.출고량				
2020년 차바트리 1월 ~ 3월 입출고현황				합계
월	1월	2월	3월	
입고	1,680	0	1,958	3,638
입고ITEM	14	0	13	27
출고	1,392	580	2,604	4,576
출고ITEM	56	62	100	218

② 작업프로세스 분석

- 자동화물 반출입시스템과 다규격 포장 시스템 적용을 위하여 현재 프로세스에 대한 분석을 진행하였음

- 보관할 상품의 입고시 해당 상품의 개별 날개 포장을 진행하고 이를 박스단위로 종이 상자에 보관
- 소비자의 주문이 있을시 출고는 해당 상품을 확인 후 제품 크기에 맞는 상자를 제함하여 포장 후 출고 진행



[그림 139] 운영 및 작업 프로세스

- 필요한 박스를 사이즈 별로 제함하여 상품 포장 인근 공간에 적치
- 종이 상자의 제함은 2명의 작업자가 진행하고 있으며 작업시 공간 문제로 혼잡해지는 문제 발생



[그림 140] 세인물 현장 박스 적치 상황

③ 보관 상품 분석

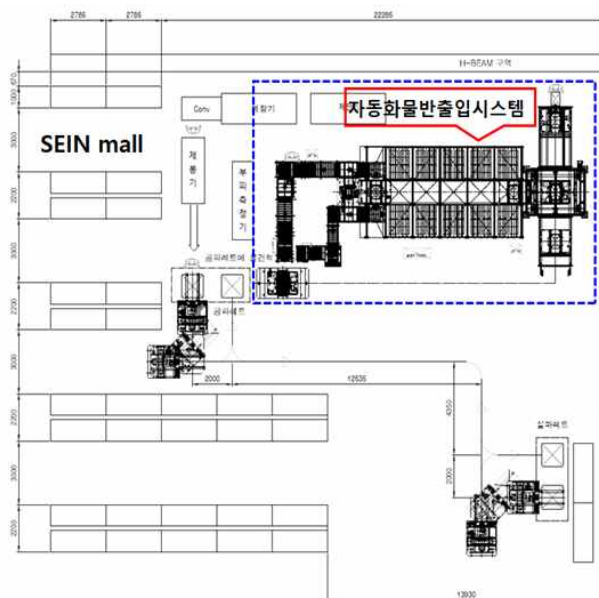
- 세인몰에서 취급하는 상품의 종류(SKU)는 220여종으로 다양한 형상이 있으며 상품의 제질도 다양함
- 자동화물 반출입시스템과 다규격 포장 시스템을 적용한 차바트리의 제품 종류는 120여종 취급

상품 정보			
브랜드	상품코드	상품명	가용재고
차바트리	CT_CS009-1	[차바트리]포레스트 젓가락	368
차바트리	CT_KD002-2	[차바트리]마마 유아용포크	331
차바트리	CT_FK016	[차바트리]레이디버드 포크	281
차바트리	CT_CU056	[차바트리]림피드 타원트레이(중)	248
차바트리	CT_SP059	[차바트리]포레스트 티스쿠프	232
차바트리	CT_KD002-1	[차바트리]마마 유아용스푼	228
차바트리	CT_CU095	[차바트리]직사각 티크우드접시	195
차바트리	CT_KD002-4	[차바트리]마마 유아용젓가락	154
차바트리	CT_SP077	[차바트리]주걱(대)	151
차바트리	CT_SP143	[차바트리]구멍 뒤집개	134
차바트리	CT_CU016	[차바트리] 링 서브접시	118
차바트리	CT_CU045	[차바트리]림피드 원형트레이(중)	114
차바트리	CT_FK013	[차바트리]로터스 포크	106
차바트리	CT_SP030	[차바트리]포레스트 커피스푼	106
차바트리	CT_CU043	[차바트리]림피드 사각트레이(중)	100
차바트리	CT_SP019	[차바트리]로터스 티스푼	100

(다) 시스템 설치 및 구축

○ 자동 화물 반출입 시스템

- 자동화물반출입시스템 구축은 레이아웃 선정, 현장설치, 운영테스트단계를 거쳐 수행됨
- 세인물 작업프로세스는 자동화물반출입시스템, 체적측정장치, 제단기, 제함기, 제봉기를 거쳐 출고하는 방식으로 선정
- 기존 세인물 운영 공간에 시스템을 구축하고 운영 프로세스 및 현장 작업자와 LGV 동선을 고려
 - 세인물 현장 설치는 랙, 셔틀, 셔틀 이송장치, 상품 보관함 등 작업을 진행하였음
 - 각 설치 작업은 랩투마켓, 일양엔지니어와 진행
 - 보관함은 플라스틱 보관함으로 자동화물반출입시스템에 사용하는데 문제가 없는 상자로 구매 진행
 - 보관함은 사용하지 않을시 보관이 용이한 접이식 플라스틱 상자로 함
 - 보관함 내부는 2가지 상품 보관이 가능한 디바이더 기능이 있는 제품

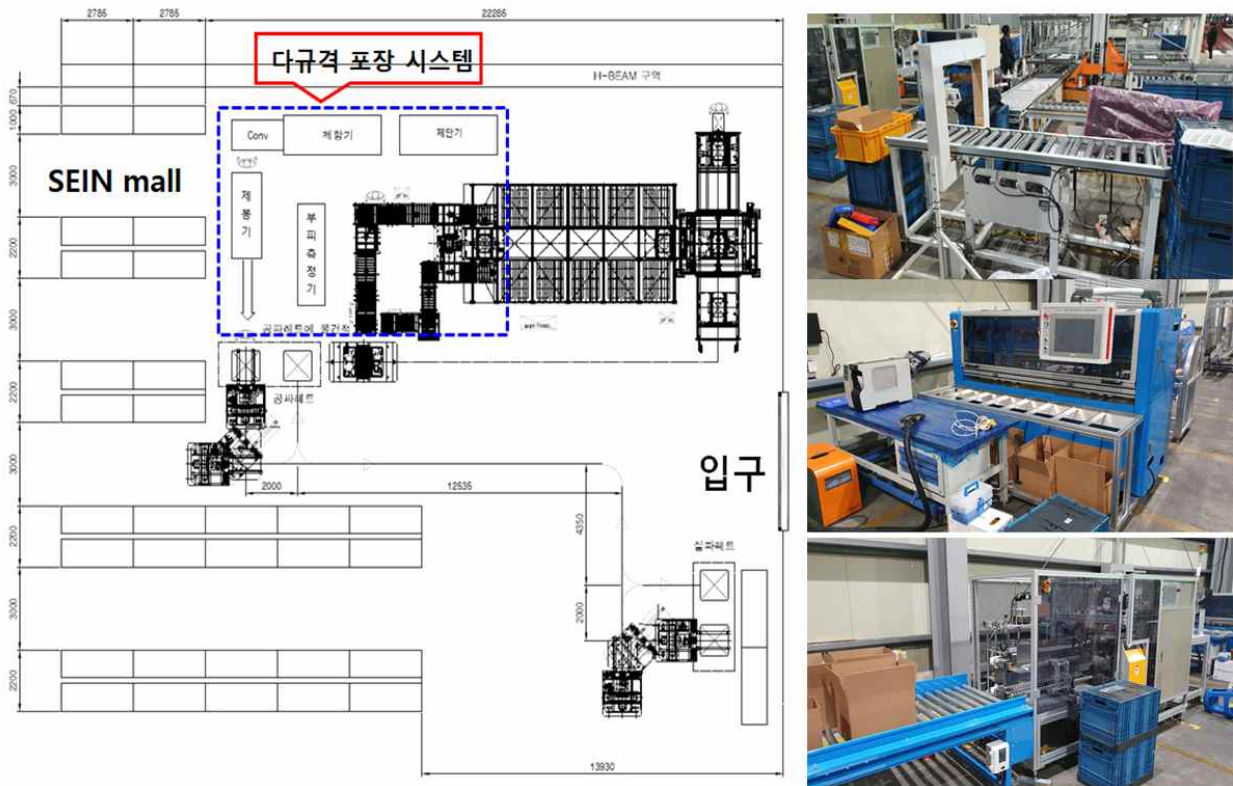


[그림 141] 자동 화물 반출입시스템의 현장설치 및 적용

○ 다규격 포장 시스템

- 다규격 포장시스템은 체적측정장치, 제단기, 제함기, 제봉기로 구성되었으며 자동화물 반출입시스템과 연동되도록 구성
- 운영 프로세스는 기존 상품 포장 동선을 고려하여 진행
- 포장된 상품 파렛타이징하여 출고하는 위치로 이동시키는 LGV의 동선을 고려

- 체적측정장치는 솔트웍스, 제단기, 제함기, 제봉기는 진성하이텍에서 사전 테스트 후 현장 입고 진행
- 다규격포장시스템의 테스트는 자동화물반출입시스템에서 출고된 상품의 체적을 측정하고 포장을 위한 골판지의 제단, 제함을 거쳐 제봉을 하는 순서로 진행



[그림 142] 다규격포장시스템의 현장설치 및 적용

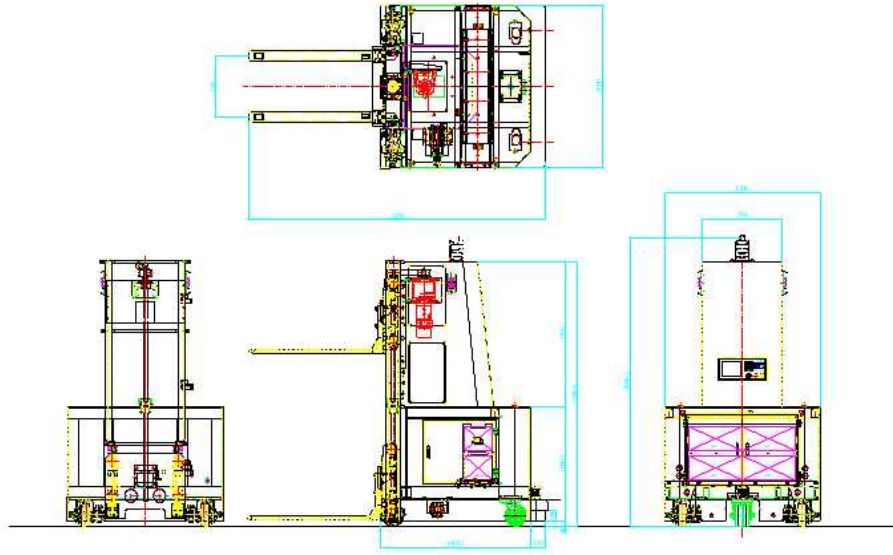
(라) 현장 지원 장치 설계 및 개발

① 정의 및 설명

- 자동화물반출입시스템에서 적재된 상품을 출고하기 위한 상품 이동 장치
- 물류센터 내부에서 적재된 파렛트를 이동 관리하는 장치로 적용

② 설계 및 개발

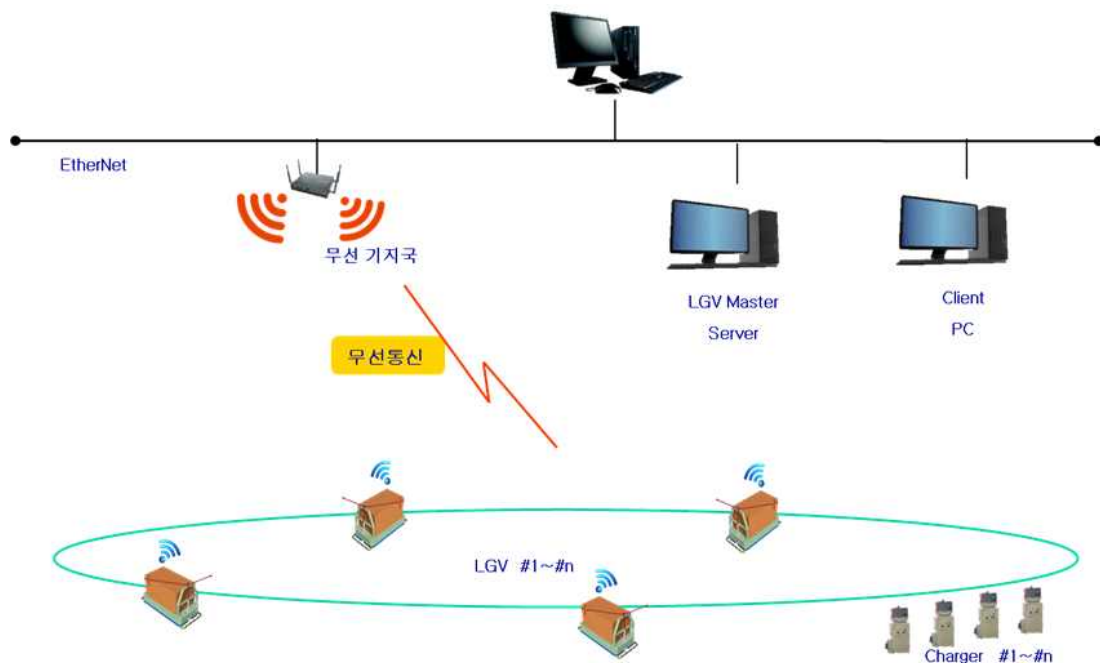
- HW 시스템 구조 설계 및 개발
 - 화물 보관랙에서 출하된 화물을 파렛트에 피킹하여 이.적재 및 지상이동 장치
 - PALLETIZING된 실 파렛트와 종이 박스가 적체된 파렛트를 지정된 임의의 위치까지 자동으로 이송하여주는 설비
 - LASER SCANNER를 이용, 물리적인 ROUTE 없이 이송 경로를 생성하여 자동 주행하는 LASER GUIDED VEHICLE임
 - Drive & Drive 구동 구조로서 방향전환이 용이함
 - 이송 속도를 고려하여 설계되어 있음



[그림 143] 현장지원용 장치 설계안

○ 제어 시스템 구조 설계 및 개발

- 제어시스템은 PLC 및 각종 전장품들에 대한 구조 및 배선에 대해서 설계하였음
- 산업용 허브를 이용하여 PROFINET 기반의 인터페이스 체계를 구축하였음
- 검증된 MITSUBISHI PLC를 이용하여 시스템 안정성을 도모하여 진행
- 모터 용량을 고려한 드라이브를 설정하여 배선하였으며, 시스템 제어를 수행함
- MCD를 통하여 작업자는 시스템을 제어 가능



[그림 144] 제어 구성도

③ 시제품 제작현황



기능 설명

제작 시 고려사항	- 이송속도 및 방향전환에 가능한 셔틀 및 화물탑재 구조 - 포크 리프터 업다운시 안정된 기반구조로 제작 - 파레트크기 1100(W)x1100(L)x150(H)를 고려한 섹션설계 (외 4종)
기능	- 파레트를 탑재후 목표 위치까지 이송

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

가. 연구개발의 최종 목표

구분	내용
최종 목표	장비도입 및 운영환경에 유연한 지능형 물류장비 기술 개발
세부 목표	- 다양한 운영환경에 적용 가능한 자동 화물 반·출입 기술 개발 - One-Stop 다규격 포장 기술 개발

나. 기관별 연구개발 세부목표

(1) 주관연구기관 : ㈜랩투마켓

- 자동 화물 반·출입 시스템 개발
 - 레고형 셔틀(시제품) 개발 및 테스트
 - 지능형 운영 소프트웨어 시스템 개발 및 테스트
 - 시스템의 성능 테스트(성능확인기관 : 한국기계전기전자시험연구원)
 - 현장적용 및 운영테스트

(2) 공동연구기관 : ㈜일양엔지니어링

- 자동 화물 반·출입 시스템 개발
 - 화물 보관랙, 수직 이송체(시제품) 개발 및 테스트
 - 시스템의 성능 테스트(성능확인기관 : 한국기계전기전자시험연구원)
 - 현장적용 및 운영테스트

(3) 공동연구기관 : 진성하이텍

- One-Stop 다규격 포장 시스템 개발
 - 유연 박스 제함-봉합 모듈(시제품) 개발 및 테스트
 - 시스템의 성능 테스트(성능확인기관 : 한국기계전기전자시험연구원)
 - 박스 재단 및 제함 장비의 현장 설치 및 현장적용, 운영테스트

(4) 공동연구기관 : ㈜솔트웍스

- One-Stop 다규격 포장 시스템 개발
 - 화물 체적 측정 장치의 시제품 개발(시작품의 구조 개선)
 - 지능형 학습 시스템 개발 및 테스트
 - 현장적용 및 운영테스트

(5) 공동연구기관 : 한국파렛트폴(주)

- 개발 장비의 현장 설치 및 테스트 베드 현장 적용 지원

(6) 공동연구기관 : 한국항공대학교 산학협력단

- 장비 알고리즘 연구
 - 지능형 에이전트 및 학습 시스템 알고리즘 연구

다. 연구개발 최종 성과물의 창의·혁신성

- 본 과제의 개발 시스템은 선진 기술(국외 기술)과 동등한 수준의 기술력 확보
- 다양한 장비 도입 환경에 유연한 적용/설치가 가능하도록 하기위해 시스템의 재조립 및 유연한 기능 개발을 추진하였음

<표 1> 다양한 운영환경에 적용가능한 자동 화물 반·출입 기술 비교

비교 항목	세계 최고 수준의 국외 장비	본 과제의 개발 장비
셔틀 이동 범용성	기존 랙 시설 안에서만 운영 가능하며, 랙 밖 지상주행은 연구 단계임 곡선주행 및 360° 방향전환 가능	기존의 랙 시설 및 지상·공중 이동 메커니즘 기술개발 유연주행 기술 개발
셔틀 포킹 메커니즘	다규격 화물 처리 가능	다양한 규격의 화물 처리를 위한 유연 포킹 기술 개발
작업환경 적응력 (기동력)	운영환경에 따라 장비 도입 제약 발생 화물 크기 및 속성에 따라 시스템 변형 및 추가 개발 필요	도입환경에 적합한 부품 교체형 레고형 셔틀 기술 개발(랙, 지상, 공중)
시스템 원격제어	산업용 원격 제어 시스템을 통한 셔틀 제어	지능형 에이전트 기반 셔틀 제어 및 운영 기술 개발

<표 2> 다양한 운영환경에 적용가능한 자동 화물 반·출입 기술과 국내외 기술의 성능비교

구분	ARC3 (국외 기술)	ADAPTO (국외 기술)	YLOG (국외 기술)	Muitishuttle Move (국외 기술)	Goods to Destination System (선행과제의 결과물)	자동 화물 반출입 시스템 (본과제)
제조사	Servus Intralogistics	Vanderlande	Knapp	Fraunhofer	한국항공대학교 산학협력단 (주관)	랩투마켓 (주관)
셔틀 주행 속도	3m/s	3m/s	3m/s	3m/s	3m/s	4m/s
포킹 방식	Under belt	Under belt	Under belt	Telescopic Arm	Telescopic Arm	Telescopic Arm
적재 중량	50kg	-	50kg	40kg	50kg	• 최대 적재 중량 : 40kg • 운영 적재 중량 :

						35kg
핵심 기능 (차별 화)	레일을 통한 곡선주 행기능	랙 간(Aisle) 이동 기능	360도 회전 후 랙 간 이 동 기능	랙 밖으로 지상 주행 기능	원격제어/관리 유지보수 편의를 고려한 구조설계	• 운영환경별 장치 탈부착 가능한 모듈화 구조 설계 • 화물 크기를 고려한 포킹 조절 기능 • 유연주행기능(랙 간 이동 및 랙 밖 지상 주행, Overhead 공중 이동 기능)
기타	-	-	-	-	국내 최초 기술 개발	국내 유일 국외기술과 동등한 수준의 기술 개발 달성

<표 3> One-Stop 다규격 재단 기술과 국내외 기술의 성능 비교

구분	Compact	다규격 포장 시스템 (본과제) AP-150
제조사	Panotec	랩투마켓(주관) 진성하이텍(공동)
재단가능크기	W 420mm	W440 ~ 760mm
재단가능두께	2~5mm	2 ~ 5mm
재단속도	EVO/MIDI : 4box/min COMPACT : 2box/min	6box/min
재단원지	Fanfold/sheet	Z fold/sheet
핵심 기능 (차별화)	• 화물 체적을 측정 후 박스 재단 기능	• 포장 대상 화물의 지능적 체적 측정, 박스 재단 기능 • 화물 체적 측정부터 박스 제한까지의 One-stop 연계 처리 기능
기타	• 박스재단은 가능하나, 박스 제한의 기술은 수작업	국내 유일 국외기술과 동등한 수준의 기술 개발 달성

<표 4> One-Stop 다규격 제함 기술과 국내외 기술의 성능 비교

구분	RCE(Robotic Random case erector)	SWBS-1000S	AF-240
제조사	Combi	삼원기계	랩투마켓(주관) 진성하이텍(공동)
포장규격	L 203 ~ 508 mm W 102 ~ 483 mm H 127 ~ 343 mm	L 300~500 mm W 200 ~ 370mm H 150 ~ 500mm	L 220 ~ 410 mm W 190 ~ 310 mm H 110 ~ 280 mm
규격변환	로봇팔을 이용하므로,	수동 규격 변경	자동 규격 변경

방식	규격변환이 되는것이 아니라, 서로다른 크기의 박스를 다른 박스공급기에 보관되어있는 박스를 선택함		
제함속도	현장의 로봇 수, 박스적재매거진의 양에 따라 속도가 달라짐	Max 5 boxes/min	Max 5 boxes/min
포장박스 적재방식	2종류 규격 박스 적재 가능	단일 박스 규격 적재 가능	포장 박스 규격 범위 내 다양한 크기의 박스 혼합 적재 가능
한계점 /단점	• 약 1억원 이상의 로봇팔을 활용함에 따라 제품 가격 고가임 • 여러박스를 사용할경우 여러 개의 박스공급기를 설치해야하고 작업 공간이 늘어나게됨 • 제조사에서 제시 하는 박스크기를 가진 박스 (약 3가지 종류)만 제함 가능 하며, 사전에 제시 된 크기 이외 다른 사이즈의 경우, 로봇의 작업 범위/동작범위가 바뀌게 되어 필요작업공간이 바뀜	• 제조사에서 제시하는 박스크기를 가진 박스만 제함 가능 하며, 사전에 제시된 크기 이외 다른 사이즈의 경우, 구조변경이 요구됨	-

※제함속도는 봉함, 라벨프린트 작업을 제외한 순수 박스 제함 작업의 처리 시간을 말함

3-2. 목표 달성여부

가. 3차년 성과점검 기준표

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		성과점검기준							해당 기관	양적성과목 표	목표 달성도	
				질적 성과지표		목표치	측정 방법	검증 방법	목표 달성도	가중치 (%)				
A	운영환경 에 유연한 레고형 셔틀 포장 시스템 개발	A-1	다양한 운영환경에 적용 가능한 자동 화물 반출입 기술 개발	①	(기본셔틀 모델의 운영 시) 셔틀의 레일주행 속도(랙) : 4 m/s	(기본셔틀 모델의 운영 시) 셔틀의 레일주행 속도 (랙) : 4m/s	단동테 스트		주행 속도 5.1m/s 달성	5	랩투 마켓	실적달성 - 특허출원 3건 - SW등록 2건 - 시제품 1건 - 특허등록 2건 - 디자인등 록 3건 - 사업화매 출 1건 *디자인 출원은 1차 년도에 2건 출원(1건 추가달성으 로 만족) 추가달성 - SW등록 1건 - 특허 등록 3건 - 디자인 등록 2건 - 사업화 매출 1건		
				②	(랙 내 주행 셔틀 운영 시) 셔틀 정지 오차 15mm 이내	(랙 내 주행 셔틀 운영 시) 셔틀 정지 오차 15mm 이내							평균정지 오차 9.7 mm 달성	2
				③	주행 부하 테스트 : 발생 토크 200% 이내 (서보모터 토크 발생 허용범위 최대 300%)	주행 부하 테스트 : 발생 토크 200% 이내(서보모터 토크 발생 허용범위 최대 300%)							2m/s주행 시 부하율 60%임(4 m/s = 120%)	0.5
				④	(기본셔틀 모델의 운영 시) 셔틀의 화물 적재 가능 중량 : 40kg	• (기본셔틀 모델의 운영 시) 셔틀의 화물 적재 가능 중량 : 40kg							41.06 Kg 포킹 가능	2
				⑤	(기본셔틀 모델의 운영 시) 셔틀 자체 중량 : 100kg	• (기본셔틀 모델의 운영 시) 셔틀 자체 중량 : 100kg							기본모델 의 무게 97.32kg	0.5
				⑥	다양한 장비 운영 환경 별 셔틀 (공중화물 이송·피킹 모델, 지상 화물 이송· 피킹 모델) 의 부차 장치 탈부차 가능 2종 이상	다양한 장비 운영 환경 별 셔틀(공중화물 이송·피킹 모 델, 지상 화물 이송·피킹 모 델)의 부차 장치 탈부차 가능 2종 이상	단동테 스트	화물포킹/ 폭조절 모듈과 화물승하 강 모듈 교체 탈부차 가능	5	- 특허 출원 3건 - 디자인출 원 1건 - SW등록 1건 - 시제품 1건				
				⑦	시스템 운영 시, 100회 화물 입· 출고 및 보관의 조합 작업 수행 : 작업 성공률 100%	시스템 운영 시, 100회 화물 입·출고 및 보관의 조합 작업 수행 : 작업 성공률 100%							입출고작 업 정확도 100% 달성	10
				⑧	(랙 내 주행 셔틀 운영 시) 셔틀의 화물 크기에 따른 텔레스코픽 포킹의 폭 조절 가능 범위 : 최소 300mm~500mm * 포킹ARM 의 폭조절 이동 가능거리는 200mm	(랙 내 주행 셔틀 운영 시) 셔틀의 화물 크기에 따른 텔레스코픽 포킹의 폭 조절 가능 범위 : 최소 300mm~500mm * 포킹ARM의 폭조절 이동 가능거리는 200mm	단동 테스트	화물승하 강모듈 장착 시, 100mm 폭조절 가능 / 화물포킹- 폭조절모 듈장착 시, 200mm 폭조절 가능	5					
				⑨	텔레스코픽 포킹의 폭 조절 장치의 포킹 속도 6 회/분	텔레스코픽 포킹의 폭 조절 장치의 포킹 속도 6회/분							6회 포킹속도 44.68초 달성	5
				⑩	지능형 운영 시스템 개발	• 기능 2종 개발(자동 충전시스템 기능, 충돌 방지기능)	단동/ 통합 테스트	시스템을 통한 자체 성능	자동충전 및 충돌 방지기능 개발완료				5	

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		성과검정기준							해당 기관	양적성과목 표	목표 달성도					
				질적 성과지표		목표치	측정 방법	검증 방법	목표 달성도	가중치 (%)								
								검 증										
				⑪	서틀지상주 행속도(지상 주행-화물 이송 지원 장치) : 2m/ s	• 서틀지상주 행속도(지상 주행-화물 이송 지원 장치) : 2m/ s	단동테 스트	공인기 관의 성능 평가	지상이송 지원장치 주행속도 2m/s 달성	5	일양 엔지 너링	- 특허 출원 1건 - 시제품 1건	실적달성 - 특허: 출원 1건 - 시제품 : 1건 - 사업화/ 제품화 (매출 실적) : 2건 추가달성 - 사업화 매출 2건					
				⑫	서틀, 화물리프트 승하강 속도 : 2m/s	• 서틀, 화물리프트 승하강 속도 : 2m/s			화물이송 리프트 및 서틀 이송 리프트의 승하강 속도 2m/s 달성	15								
				A-2	One-Stop 다규격 포장 기술 개발	①	재단처리량 - 최고 재단 속도 : 6ea/min - 운영 재단 속도 : 5ea/min (최소 크기의 박스 재단 시 220(L) x 190(W) x 110(H) mm) / 3ea/min(최대 크기의 박스 재단 시 410(L) x 310(W) x 280(H) mm)	재단처리량 - 최고 재단 속도 : 6ea/min - 운영 재단 속도 : 5ea/min(최소 크기의 박스 재단 시 220(L) x 190(W) x 110(H) mm) / 3ea/min(최대 크기의 박스 재단 시 410(L) x 310(W) x 280(H) mm)	단동테 스트	공인기 관의 성능 평가	최고재단 속도 6ea/분 이내 달성 (55초) 운영재단 속도 3ea/분 이내 달성 (36.8초)	6	진성 하이텍	- 특허 출원1건 - 시제품 1건	실적달성 - 시제품 1건 *2차년 특허출원 2 건 달성 (추가 달 성 1건)으로 양적성과 만족			
	②	재단 가능 크기 : 550 ~ 1200mm	재단 가능 크기 : 550 ~ 1200mm			재단가능 박스크기 550~ 1200mm 목표 달성	2											
	③	재단 가능 박스의 두께 : 최소 2mm 최대 5mm	재단 가능 박스의 두께 : 최소 2mm 최대 5mm			재단가능 박스두께 2~5mm 달성	2											
	④	제한 처리량 최고 제한 속도 : 5ea/min (제한 박스 크기가 "220(L) x 190(W) x 110(H) mm" 일 경우) 운영 제한 속도 : 4ea/min(제한 박스 크기가 "410(L) x 310(W) x 280(H) mm" 일 경우) *제한속도는 제한가능형태의 재단 박스가 제한기에 투입 되고 상단 봉합 전상태의 제한된 박스가 나오는 수량을 말함	제한 처리량 최고 제한 속도 : 5ea/min (제한 박스 크기가 "220(L) x 190(W) x 110(H) mm" 일 경우) 운영 제한 속도 : 4ea/min(제한 박스 크기가 "410(L) x 310(W) x 280(H) mm" 일 경우) *제한속도는 제한가능형태의 재단 박스가 제한기에 투입 되고 상단 봉합 전상태의 제한된 박스가 나오는 수량을 말함			최고제한 속도 5개/분 이내 달성 (51.87초) 운영제한 속도 4개/분 이내 달성 (43.43초)	8											
	⑤	제한 가능 크기 (L, W, H) : 220*190*110 ~ 410*310*280mm	제한 가능 크기 (L, W, H) : 220*190*110 ~ 410*310*280mm			기준박스 크기를 투입하여 제한속도 측정	2											

핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	성과점검기준						해당 기관	양적성과목 표	목표 달성도
		질적 성과지표	목표치	측정 방법	검증 방법	목표 달성도	가중치 (%)			
		⑥	지능형 학습 시스템 개발	기능 1종 설 계 및 개발 (화물 3D 시 뮬레이션 기 능)	단동 테스트	시스템을 통한 자체 성검증	총 기능 3 종 개발 (화물 체적운행, 적재알고 리즘/ 박스산정, 3D 적재시뮬 레이션 기능 구현)	5	솔트 웍스	- SW 등록 1건 - SW 등록 1건
		⑦	장비 운영 알고리즘 연구 및 개발	스케줄링 기능 연구	장비 시뮬레 이션	시뮬레이 션 SW를 통한 장비 운영 시뮬레 이션 검증	총 3종의 스케줄링/ 시뮬레이 션 수행 (셔틀 운행 알고 리즘, 지상 이송지원 장치 운행 알고 리즘, 적재 최적화 알고리즘)	5	한국 항공 대학교 산학 협력단	실적달성 - 특허출원 1건 - SW등록 2건 추가달성 - SW등록 2건
	A-3	①	테스트베드 현장적용	테스트베드 구축 및 활 용 : 1건	현장운 영	테스트베 드 현장의 연구개발 시스템 적용 및 운영	시흥시 소재 시화공동 물류센터 내 2층 시스템 설치/시범 운영 완료 (자동 화물반출 입시스템, 다규격 포장 시스템)	10	한국 파렛트풀	실적달성 - 현장적용 1건
							100		- 특허출원 6건 - 특허등록 3건 - 디자인 출원 1건 - SW등록 2건 - 시제품 3건 - 현장적용 1건	- 특허출원 6건 - 특허등록 3건 - 디자인 출원 1건 - SW등록 6건 - 시제품 3건 - 현장적용 1건

나. 2차년 성과점검 기준표

핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	성과점검기준						해당 기관	양적 성과목표	목표 달성도
		질적 성과지표	목표치	측정 방법	검증 방법	목표 달성도	가중치 (%)			
A	A-1	①	(랙 내 주행 셔틀 운영 시) 셔틀의 레이주행 속도 : 4m /s	단동테 스트	개발 중인 시스템을 이용한 자체 테스트	시작품 주행 속도 2m/s (400rp m) 이상 달성 (평균 500rpm)	3	랩 투 마켓		
		②	(랙 내 주행 셔틀 운영 시) 셔틀 정지 오차 15m			정지 오차 평균 15mm 달성	3			

핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	성과점검기준						해당 기관	양적 성과목표	목표 달성도
		질적 성과지표	목표치	측정 방법	검증 방법	목표 달성도	가중치 (%)			
		m 이내								
		③ 주행 부하 테스트 : 발생 토크 200% 이내 (서보 모터 토크 발생 허용범위 최대 300%)	주행 부하 테스트 : 발생 토크 2 50% 이내 (서보 모터 토크 발생 허용범위 최대 300%)			토크부하 율 평균 2 40%이내 달성	3			
		⑤ (랙 내 주행 셔들 운영 시) 셔들의 화물 적재 가능 중량 : 40kg	(랙 내 주행 셔들 운영 시) 셔들의 화물 적재 가능 중량 : 30kg	단동테 스트		적재 중량 30kg 화물로 테스트 수행	3			
		⑥ 다양한 장비 운영 환경별 셔들 (공중 화물 이송 피킹 모델, 지상 화물 이송 · 피킹 모 델)의 부착 장치 탈부착 가능 2종 이상	지상 화물 상승 장치, 공중 화물 이송 - 하강 장치 개발 (정 위치 정지 오차 : 50mm 이 내)	단동 테스트		정지 오차 평균 45mm 달성	3		- 특허출원3 건, - PCT출원 1건 - 디자인 출원 1건 - SW 등록 2건	실적달성 - 특허출원 3건, - PCT출원 1건 - 디자인 출원 1건 - SW 등록 2건 추가달성 - SW등록 1건
		⑦ (랙 내 주행 셔들 운영 시) 셔들의 화물 크기에 따른 텔레스코 픽 포킹의 폭 조절 가능 범위 : 최소 300 mm~500 mm	(랙 내 주행 셔들 운영 시) 셔들의 화물 크기에 따른 텔레스코픽 포킹의 폭 조절 가능 범위 : 최소 300mm ~ 최대 400m m	단동 테스트		폭조절 가능 범위 100mm 달성	5			
		⑧ 텔레스코 픽 포킹의 폭 조절 장치의 포킹 속도 6회/분	텔레스코픽 포킹의 폭 조절 장치의 포킹 속도 3 회/분			3회/분 이내 달성 (평균 57초)	4			
		⑨ 지능형 운영 시스템 개발	기능 개발 2 종(통합 운영 관리 기능, 최적경로설 정 기능)	단동 테스트	개발 중인 시스템을 이용한 자체 테스트	통합운영 및 최적 경로 설정기능 설계/ 구현완료	7			
		⑩ 장비 운영 알고리즘 연구 및 개발	알고리즘 설 계 및 시뮬레 이션 분석	설계/ 분석	시뮬레이 션을 통한 결과 분석	지상 이송 장치 운영알 고리즘/ 시뮬 레이션 구현완료 (특허 출원 완료)	3	한국 항공 대학교 산학 협력단	- 특허출원1 건	실적달성 - 특허출원 1건 - 인력양성 3건 추가달성 - 인력양성 3건
		⑪ 셔들 화물리프 트 승하강 속도 : 2m/s	셔들, 화물리 프트 이동속 도 : 1.5m/s	단동 테스트	개발 중인 시스템을 이용한 자체 테스트	(시작품) 셔들/ 화물이송 리프트 1. 5m/s 달성	5	일양 엔지 니어 링	- 특허출원1 건	실적달성 - 특허출원 1건

핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	성과점검기준						해당 기관	양적 성과목표	목표 달성도
		질적 성과지표		목표치	측정 방법	검증 방법	목표 달성도	가중치 (%)		
A-2	One-Stop 다규격 포장 기술 개발	①	⑫	서틀, 화물 리프터의 정위치 정지오차 10mm 이내	• 서틀, 화물 리프터의 정 위치 정지 오 차 : 15mm 이내		(시작품) 서틀/ 화물이송 리프트 1 5mm 이내 달성 (평균 2mm 이내)	5		
			①	재단처리 량 - 최고 재단 속도 : 6ea/min - 운영 재단 속도 : 5ea/min (최소 크기의 박스 재단 시 220(L) x 190(W) x 110(H) mm) / 3ea/min (최대 크기의 박스 재단 시 410(L) x 310(W) x 280(H) mm)	• 재단처리량 - 운영 재단 속 도 : 3ea/min (최소 크기의 박스 재단 시 220(L) x 190 (W) x 110(H)	단동테 스트	운영 재단 속도목표 달성 (1개 박스 재단시간 평균 20 이내)	10		
			②	재단 가능 크기 : 550 ~ 1200m m	• 재단 가능 크 기 : 550mm	단동테 스트	기준박스 크기로 속도 측정완료	5		
			③	재단 가능 박스의 두께 : 최소 2mm ~최대 5m m	• 재단 가능 박 스의 두께 : 3mm 이내	단동테 스트	개발 중인 시스템을 이용한 자체 테스트	기준박스 두께로 속도측정 완료	5	
			④	제한 처리량1) - 최고 제한 속도 5ea/min (제한 박스 크기가 "2 20(L) x 19 0(W) x110 (H) mm" 일 경우) - 운영 제한 속도 :4ea/min (제한 박스 크기가 "4 10(L) x 31 0(W) x280 (H) mm" 일 경우)	• 제한속도 : 3 ea/min(제한 박스 크기 가 "220(L) X 1 90 (W) x 11 0mm" 일 경 우)	단동테 스트	운영제한 속도목표 달성(1개 박스 제한 시간 평균 20 초 이내)	5		
			⑤	제한 가능 크기 (L, W, H) : 220*190 *110 ~ 4 10*310*2 80mm	• 제한가능크 기(L,W,H) : 220*190*11 0mm	단동테 스트	기준박스 크기로 속도측정 완료	5		
			⑥	체적 측정 장치 측정 가능 화물 크기(WxH) : 400x400 이내	• 측정 가능 화 물 크기(WxH) : 300x30 0 이내	단동 테스트	개발 중인 시스템을 이용한 자체 테스트	화물의 기준크기 로 측정 완료	2	
			⑦	체적 측정 장치 측정 오차 ±3m m 이내	• 체적 측정 장 치 측정 오차 ±5mm 이내		측정오차 ±5mm 이내 달성	2		
									진성 하이텍	
									- 특허출원1 건	실적달성 - 특허출원 2건 추가달성 - 특허출원 1건

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		성과점검기준						해당 기관	양적 성과목표	목표 달성도	
				질적 성과지표		목표치	측정 방법	검증 방법	목표 달성도				가중치 (%)
				⑧	지능형 학습 시스템 개발	• 기능 1종 설 계 및 개발 (적재 최적화 기능)			(평균 5mm)	7			
						개발 중인 시스템을 이용한 자체 테스트		시작품수 준의 기능 3종 개발완료					
		A-3	테스트 베드 현장적용	①	테스트베 드 구축 및 활용 : 1건	• 테스트베드 선정 및 레이 아웃 설계	조사 / 분석	장비 도입전 및 장비도입 후 운영 모델 설계 및 수립	시작품 시스템 설치/ 완료, 테스트 수행	9	한국 파렛 폴	-	
										100		- 특허출원 6건 - PCT출원 1건 - 디자인 출원 1건 - SW 등록 2건	- 특허출원 6건 - PCT출원 1건 - 디자인 출원 1건 - SW 등록 4건

1) 제함속도는 제함가능형태의 재단 박스가 제함에 투입 되고 상단 봉합 전상태의 제함된 박스가 나오는 수량을 말함

다. 1차년 성과점검 기준표

핵심성과 (level1)	단위성과 (level2)	성과점검기준						해당 기관	양적 성과목표	목표 달성도
		질적 성과지표	목표치	측정 방법	검증 방법	목표 달성도	가중치 (%)			
A	운영환경 에 유연한 레고형 서들:포장 시스템 개발	A-1 다양한 운영환경에 적용 가능한 자동 화물 반출입 기술 개발	① (기본서들 모델의 운영 시) 서들의 레이주행 속도 : 4m/ s	• (기본 서들 모델의 운영 시) 서들의 레이주행 속도 : 0.5 m/s	단동 테스트	테스트용 시스템을 통한 자체 성능 검증	주행속도 0.5m/s 달성	10	랩 투 마켓	- 특허출원3 건, - 디자인 출원 1건 실적달성 - 특허출원 3건, - 디자인 출원 2건 추가달성 - 디자인 출원 1건
			② (기본서들 모델의 운영 시) 서들의 랙 간 이동 시, 방향 전환 시간 10초	• (기본서들 모델의 운영 시) 서들의 랙 간 이동 시, 방향 전환 시간 2 0초	단동 테스트	테스트용 시스템을 통한 자체 성능 검증	방향 전환 시간 평균 18초 달성	10		
			③ 다양한 장비 운영 환경 별 서들 (공중화물 이송·피킹 모델, 지상 화물 이송 ·피킹 모 델)의 부차 장치 탈부착 가능 이상	• 공중 화물 이송-하강 장치, 지상 화물 이송 -상승장치 의 설계 및 서들과의 조립 여부 검증	3D 설계	설계 SW 의 설계를 통한 조립 가능 여부 테스트	설계 시물 레이션 시, 간섭 없음 결과 달성	10		
			④ 지능형 운영 시스템 개발	• 지능형 시스템 환경 (아키텍처 등) 설계	아키 텍처 설계 및 테스트	SW 통신 테스트	아키텍처 설계/개발 및 통신 테스트 수행 완료	5		
				• 최적 경로 설계, 충돌 방지 기능 연구 및 설계 검증	장비 시물레 이션	시물레 이션 SW를 통한 장비 시물레 이션 테스트	장비 시물레 이션 연구 및 테스트 완료	5	한국 항공 대학 교 산학 협력 단	- 특허출원 1건 실적달성 - 특허출원 2건 추가달성 - 특허출원 1건

핵심성과 (level1)		단위성과 (level2)		성과점검기준							해당 기관	양적 성과목표	목표 달성도
				질적 성과지표		목표치		측정 방법	검증 방법	목표 달성도			
	A-2	One-Stop 다규격 포장 기술 개발	⑤	셔틀, 화물리프트 속도 : 2m/ s	• 셔틀, 화물 리프트 이동 속도 : 0.5m /s	단동테 스트	테스트용 시스템 운동을 통한 자체 성능 테스트	셔틀/ 화물리프트 속도 0.5m/s 달성	30	일양 엔지 니어 링	- 특허출원 1건	실적달성 - 특허출원 1건	
			①	재단 처리량 : 6ea/min (단일 작업)	• 재단 처리량 : 2ea/min (단일 작업)	단동테 스트	테스트용 시스템 운동을 통한 자체 성능 테스트	1개 박스 재단 시간 평균 24초 달성	20	진성 하이텍	- 특허출원 1건	실적달성 - 특허출원 1건	
		②	지능형 학습 시스템 개발	• 지능형 학습 시스템 환경 (아키텍처 등) 설계	아키 텍처 설계 및 테스트	SW 통신 테스트	아키텍처 설계/개발 및 통신 테스트 수행 완료	5	솔트 웍스	-	-		
		A-3	테스트 베드 현장적용	①	재단박스공 급원지 피딩 속도 : 5m/ min	재단박스공급원 지 피딩 속도 : 5m/min	단동테 스트	테스트용 시스템 운동을 통한 자체 성능 테스트	원지 피딩 도달 5m/ 분 이내 달성 (평균 42 초)	5	한국파 렛트폴	- 특허출원 1건	실적달성 - 특허출원 1건
										100		- 특허출원 7건 - 디자인출 원 1건	- 특허출원 7건 - 디자인출 원 2건

라. 최종 양적 성과 달성도

구분		목표	달성	달성도	비고
특허 출원	국내	19	20	100%	1건 추가달성
	국외	1(PCT)	1	100%	
	계				
디자인 출원	국내	3	3	100%	
	국외				
	계				
특허 등록	국내		3		3건 추가달성
	국외				
	계				
디자인 등록	국내		2		2건 추가달성
	국외				
	계				
소프트웨어 등록	국내	4	10	100%	6건 추가달성
	국외				
	계				
인력 양성	석사		1		
	박사		2		
	계		3		3건 추가달성

구분		목표	달성	달성도	비고
기타	시제품	3	3	100%	
	현장적용	1	1	100%	
	성과 홍보		2		2건 추가달성
	일자리 창출				
	사업화/제품화(매출)		3		3건 추가달성

마. 개발 장비 성능평가

- 본 과제에서 개발하는 물류장비의 경우, 해당 범주에 대한 표준과 명확한 성능 평가 기준이 존재하지 않음
 - 본 과제 주관 연구 기관인 (주)랩투마켓에서 장비 개발 시 실용화에 대한 중요도와 참여 기업의 기존 경험 및 상담 결과를 토대로 개발 장비의 핵심 모듈부에 대하여 공인기관 (한국기계전기전자시험연구원)에 성능평가 수행
 - 성능 평가 기준에 대한 표준화 내용이 존재 하지 않아 주관연구기관의 일부성능지표는 객관적인 판단이 가능하도록 입증할만한 내부 측정 자료를 추가 제시하였음
- 본 연구에서 개발된 연구 성과는 자동화 기계장비로서 과학적 측정 장비를 통해 성능 검증 진행
- 장비 성능 평가를 통해 얻을 수 있는 효과는 다음과 같음
 - 정량적 수치 결과를 바탕으로 연구 성과물에 대한 객관적 평가 가능
 - 미진한 연구 성과 조기 발견 및 해결방안 도출 가능
 - 저성능 장비로 인해 실제 현장적용 단계에서 발생할 수 있는 사고 및 위험 상황 사전예방
 - 향후 연구 성과 사업화 시 장비 신뢰성 제공
 - 국내 기술로 개발된 선진 물류 자동화 장비에 대한 경쟁력 확보
- 본 연구에서 개발된 장비의 성능평가는 한국기계전기전자시험연구원(KTC)에서 수행
 - 한국기계전기전자시험연구원은 기계장비 시험·인증 및 해외인증을 실시하는 국제공인시험 인증기관임
- 아래 3개기관 개발성과물의 공인 성능 평가를 수행하였음
 - 자동 화물 반출입 시스템
 - 레고형 셔틀 시스템[주관연구기관 : (주)랩투마켓]
 - 화물 이송 및 셔틀 이송 리프트 시스템, 지상 이송 지원 장치 [공동연구기관 : (주)일양엔지니어링]
 - 다규격 포장 시스템
 - 박스 재단 장비, 박스 제함 장비 [공동연구기관 : 진성하이텍]

(1) 자동 화물 반출입 시스템

(가) 레고형 셔틀 시스템

① 평가 항목 및 시험 방법

- 아래 항목 5가지에 대한 성능 평가를 수행하였음

시험항목	시험조건 및 방법
주행 성능 측정	- 시료 셔틀을 샤시 다이아모 위에 고정시킴. - 셔틀을 동작시키고, 셔틀 바퀴의 직경 및 RPM을 측정하여 주행속도를 계산함. $\text{※ 주행속도 (m/s)} = \frac{\text{직경 (m)} \times 3.14 \times \text{RPM}}{60(\text{s})}$
주행 정지 오차 측정	- 시료 셔틀을 주행레일 위에서 특정 위치 A지점에서 B지점으로 이동시켜 정지 시키고, 셔틀 위치가 정위치에서 15 mm 이내에 있는지 확인함. - 주행 레일의 정지 위치마다 제작되어 있는 Hole에 정지 센서가 들어오는 지 확인하고, Hole 크기를 측정함. - 이동 및 정지 동작을 5회 수행하여 측정함.
포킹 성능 측정	- 시료 셔틀에 토트박스를 탑재하고, 포킹 동작 6회(반입 3회, 반출 3회)를 수행함. - 포킹 동작 6회 소요 시간을 측정함.
화물 적재 가능 중량 측정	- 포킹 성능 측정 시험을 수행한 토트박스의 무게를 측정함.
포킹 폭조절 가능범위 측정	- 시료 셔틀 포킹부의 폭조절 장치를 작동시킴. - 포킹부의 최대폭과 최소폭일 때의 폭을 측정하여 그 차이를 계산함.

시험항목	시험조건 및 방법
동작 정확도	1. 출고 - 시료(자동화물반출입시스템)에 시료박스 50개를 적재함. - 시스템을 제어하여 입력한 순서에 따라 시료박스 출고 작업을 동작시킴. - 시료박스가 정상적으로 출고되는지 확인함. 2. 입고 - 시료(자동화물반출입시스템) 입고 장소에서 작업자가 시료박스 50개를 차례대로 입고시킴. - 시스템에 입력된 순서에 따라 시료박스 입고 작업을 동작시킴. - 시료박스가 정상적으로 입고되는지 확인함.

* 동작 정확도는 일반적인 단어로 변환한 내용이며, 시스템의 입/출고 테스트임

② 평가 결과

○ 주행 성능 측정

- 계획 정량적 달성 목표 : (기본셔틀 모델의 운영 시) 셔틀의 레일주행 속도(랙) : 4m/s

구분	주행속도
	[m/s]
측정치	5.1



○ 주행 정지 오차 측정

- 계획 정량적 달성 목표 : (랙 내 주행 셔틀 운영 시) 셔틀 정지 오차 15mm 이내

구분	횟수	정지 오차
		[mm]
측정치	#1	9.65
	#2	9.64
	#3	9.71
	#4	9.74
	#5	9.76
	평균	9.70



○ 화물 적재 가능 중량 측정

- 계획 정량적 달성 목표 : (기본셔틀모델의 운영시) 셔틀의 화물 적재 가능 중량 : 40kg

구분	중량
	[kg]
측정치	41.06



○ 화물 포킹 성능 측정

- 계획 정량적 달성 목표 : 텔레스코픽 포킹/폭 조절 장치의 포킹 속도 6회/분

구분	포킹 시간(6회)
	[s]
측정치	44.68

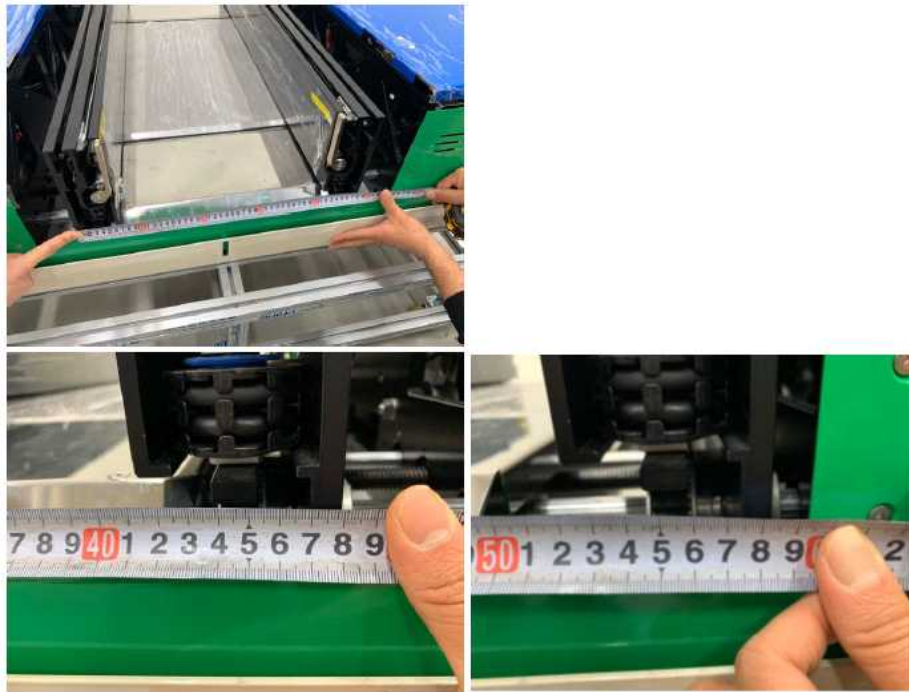


○ 화물 포킹 폭조절 가능 범위

- 계획 정량적 달성 목표 : (랙 내 주행 셔틀 운영 시) 셔틀의 화물 크기에 따른 텔레스코픽 포킹의 폭 조절 가능 범위 : 최소 300mm~500mm

- 셔틀 시스템의 화물 포킹/폭조절 모듈 및 화물 승하강 모듈이 모두 설치되어 있는 풀 버전으로 개발됨에 따라 신뢰성있는 공인성능평가를 위해 모듈 해체 후 진행하지않음
- 폭조절의 모터 및 스플라인 축 설계 범위는 최소 300mm ~ 500mm범위까지 가능하도록 설계 및 개발되었음

구분	최대폭	최소폭	조절 가능 범위
	[mm]	[mm]	[mm]
측정치	407.9	508.1	100.2



○ 시스템 입.출고 테스트

- 계획 정량적 달성 목표 : 시스템 운영 시, 100회 화물 입.출고 및 보관의 조합 작업 수행 : 작업 성공률 100%

구분	시도	동작	정확도	동작시간
	[회]	[회]	[%]	[시간]
출고	50	50	100	34분 44초
입고	50	50	100	34분 38초



〈자동화물반출입시스템 제어 시스템〉



〈시료 박스〉



〈자동화물반출입시스템 시험 사진〉



(나) 화물 이송 리프트 및 셔틀 이송 리프트

① 평가 항목 및 시험 방법

- 아래 항목 3가지에 대한 성능 평가를 수행하였음

시험항목	시험조건 및 방법
셔틀리프트 속도 측정	- 시료(셔틀리프트)에서 타이밍 벨트를 분리시킴. - 모터를 구동하여 리프트를 동작시키는 타이밍 풀리를 회전시키고, 타이밍 풀리의 직경 및 RPM을 측정하여 속도를 계산함. $\text{※ 주행속도 (m/s)} = \frac{\text{직경 (m)} \times 3.14 \times \text{RPM}}{60(\text{s})}$
화물리프트 속도 측정	- 시료(화물리프트)에서 타이밍 벨트를 분리시킴. - 모터를 구동하여 리프트를 동작시키는 타이밍 풀리를 회전시키고, 타이밍 풀리의 직경 및 RPM을 측정하여 속도를 계산함.
셔틀이송AGV 속도 측정	- 시료(셔틀이송AGV)를 샤시 다이노모에 고정시킴. - 시료를 동작시키고, 바퀴의 직경 및 RPM을 측정하여 주행속도를 계산함.

② 평가 결과

○ 셔틀리프트 속도측정

- 계획 정량적 달성 목표 : 셔틀, 화물리프트 승하강 속도 : 2m/s

구분	주행속도
	[m/s]
측정치	2.08



○ 화물리프트 속도측정

- 계획 정량적 달성 목표 : 셔틀, 화물리프트 승하강 속도 : 2m/s

구분	주행속도
	[m/s]
측정치	2.93



○ 지상이송지원 장치 속도측정

- 계획 정량적 달성 목표 : 셔틀지상주행속도(지상 주행-화물 이송 지원 장치) : 2m/s

구분	주행속도
	[m/s]
측정치	2.09



(2) 다규격 포장 시스템

(가) 박스 재단 장비 및 박스 제함 장비

① 평가 항목 및 시험 방법

- 아래 항목 3가지에 대한 성능 평가를 수행하였음

시험항목	시험조건 및 방법
재단 속도 측정	- 시료(박스 재단 장비)에 박스 원지를 투입시킨 후 재단 크기를 설정하고 재단 동작을 수행시킴. · 대형 박스(410 mm(L) × 310 mm(W) × 280 mm(H)) 재단 동작 시 박스 3개가 재단되는 시간을 5회 측정하고 평균값을 계산함. · 소형 박스(220 mm(L) × 190 mm(W) × 110 mm(H)) 재단 동작 시 박스 6개가 재단되는 시간을 5회 측정하고 평균값을 계산함. ※ 시스템 동작 시작 시, 투입원지 크기확인을 위한 초기 세팅 작업의 첫 번째 박스재단 동작은 측정 박스재단수량 및 시간측정범위에서 제외시킴.
제함 속도 측정	- 시료(박스 제함 장비)에 제함 되지 않은 박스를 투입시킨 후 재단 크기를 설정하고 제함 동작을 수행시킴. · 대형 박스(410 mm(L) × 310 mm(W) × 280 mm(H)) 제함 동작 시 박스 4개가 제함되는 시간을 5회 측정하고 평균값을 계산함. · 소형 박스(220 mm(L) × 190 mm(W) × 110 mm(H)) 제함 동작 시 박스 5개가 제함되는 시간을 5회 측정하고 평균값을 계산함. ※ 시스템 동작 시작 시, 투입원지 크기확인을 위한 초기 세팅 작업의 첫 번째 박스제함 동작은 측정 박스제함수량 및 시간측정범위에서 제외시킴.
박스 두께 측정	- 재단 속도 측정, 제함 속도 측정 시험을 실시한 박스의 두께를 측정함.

② 평가 결과

○ 재단속도 측정

- 계획 정량적 달성 목표 : 재단처리량[최고 재단 속도 : 6ea/min, 운영 재단 속도 : 5ea/min(최소 크기의 박스 재단 시 220(L) x 190(W) x 110(H) mm) / 3ea/min(최대 크기의 박스 재단 시 410(L) x 310(W) x 280(H) mm)

• 최대 크기의 박스 재단 기준

구분	회수	재단 시간(3개)
		[s]
측정치	1	36.78
	2	36.75
	3	36.60
	4	36.86
	5	36.96
	평균	36.80

• 최소 크기의 박스 재단 기준

구분	회수	재단 시간(6개)
		[s]
측정치	1	55.13
	2	55.10
	3	55.37
	4	55.20
	5	55.16
	평균	55.00



○ 제함속도 측정

- 계획 정량적 달성 목표 : 제함 처리량 [최고 제함 속도 : 5ea/min (제함 박스 크기가 “220(L) x 190(W) x110(H) mm” 일 경우)], 운영 제함 속도 :4ea/min(제함 박스 크기가 “410(L) x 310(W) x280(H) mm” 일 경우)

*제함속도는 제함가능형태의 재단 박스가 제함에 투입 되고 상단 봉합 전상태의 제함된 박스가 나오는 수량을 말함

- 최대 크기의 박스 제함 기준

구분	횟수	제함 시간(4개)
		[s]
측정치	1	43.54
	2	43.26
	3	43.13
	4	43.77
	5	43.46
	평균	43.43

- 최소 크기의 박스 제함 기준

구분	회수	제함 시간(5개)
		[s]
측정치	1	51.49
	2	51.64
	3	51.93
	4	52.32
	5	51.98
	평균	51.87



○ 재단 가능 박스 두께 측정

- 계획 정량적 달성 목표 : 재단 가능 박스의 두께 : 최소 2mm 최대 5mm

- 국내 제작 박스의 평균 두께는 3mm임에 따라, 재단 박스 두께 3mm로 성능 평가 진행
- 박스 재단 장비의 재단부는 5mm까지 가능하도록 설계/개발하였음

구분	박스 두께
	[mm]
측정치	3.1



바. 기술개발 성과물의 홍보실적

○ 국내 전시회 참가를 통한 기술개발 시제품 홍보 추진

- 2019년 로보월드 전시회, KOREA MAT 전시회를 참가하여, 개발 성과물의 홍보 추진

[KOREA MAT 2019] NDW코리아, 레고형 셔플 포장 시스템 선보여

스: 김미리 기자 | © 승인 2019.04.21.22:31 | 59글

| NDW코리아가 레고형 셔플 포장 시스템을 선보였다.

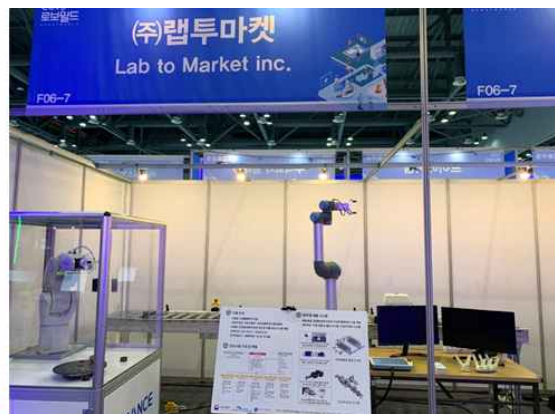


[인더스트리뉴스 김미리 기자] NDW코리아(대표 정문석)가 4월 16일부터 19일까지 경기도 고양 컨벤션에서 열리는 국제물류산업대전에서 레고형 셔플 포장 시스템을 선보였다.

가장 많이 본 뉴스



<2019년도 로보월드>



<2019년도 KOREA MAT>

○ 시제품 홍보를 위한 언론사 홍보 추진

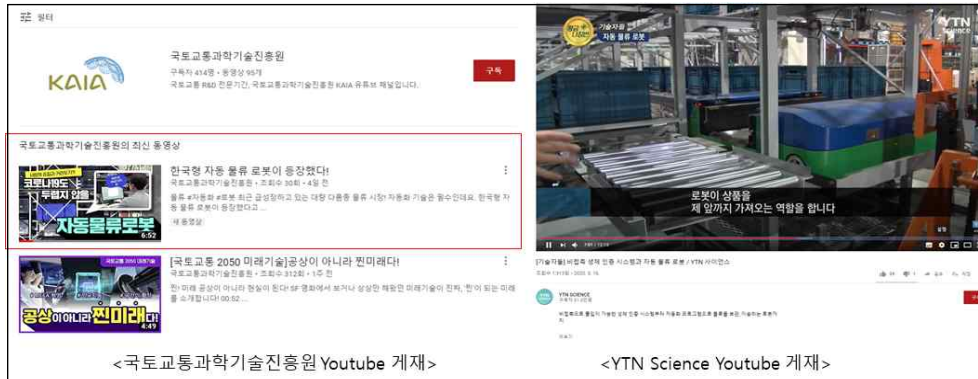
– 랩투마켓 “레고형 셔틀”로 물류 자동화 국산화 속도 낸다, 2020.03.11. 전자신문 기사



– YTN 사이언스, “황금나침반 : 기술자들” 프로그램에 참여하여 개발기술홍보 추진
(YTN 사이언스 채널, 2020.05.16. 방영)



• 국토교통과학기술진흥원 및 YTN 사이언스 Youtube 에도 게재되어 홍보되고 있음



3-3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

가. 목표 미달성 시 원인(사유)

- 본 과제의 양적성과지표는 계획 대비 추가 달성하였음
 - 특허 등록 3건 / 디자인 등록 2건
 - SW 등록 6건
 - 사업화 매출 3건
- 목표미달성 내용은 없으며, 공인성적평가의 자문 후, 정량적 성과 지표 중 6개는 공인기관에 의한 성능평가를 진행하고 나머지 3개의 성과지표는 시스템 툴을 사용하여 수행
- 객관적인 성능평가를 위해 관련 SW 측정 도구를 사용하여 평가를 수행하였고 결과를 제시하였음
 - 주행 부하 테스트(발생 토크 200% 이내) :
 - 모터제어SW 상의 토크 측정 기능을 이용한 측정 수행하였음
 - 다양한 장비 운영 환경별 셔틀의 부가장치 탈부착 가능 유무 :
 - 본 셔틀시스템은 모듈화된 포킹부를 탈부착가능한 구조로 개발됨에 따라, 3D 설계 SW(솔리드웍스)에서 제공하는 기능을 통해 동작/간섭 유무를 확인하였음
 - 기본셔틀모델의 무게(셔틀 자체 중량 100kg) :
 - 기본셔틀모델은 주행부 + 포킹부로 구성된 모델임

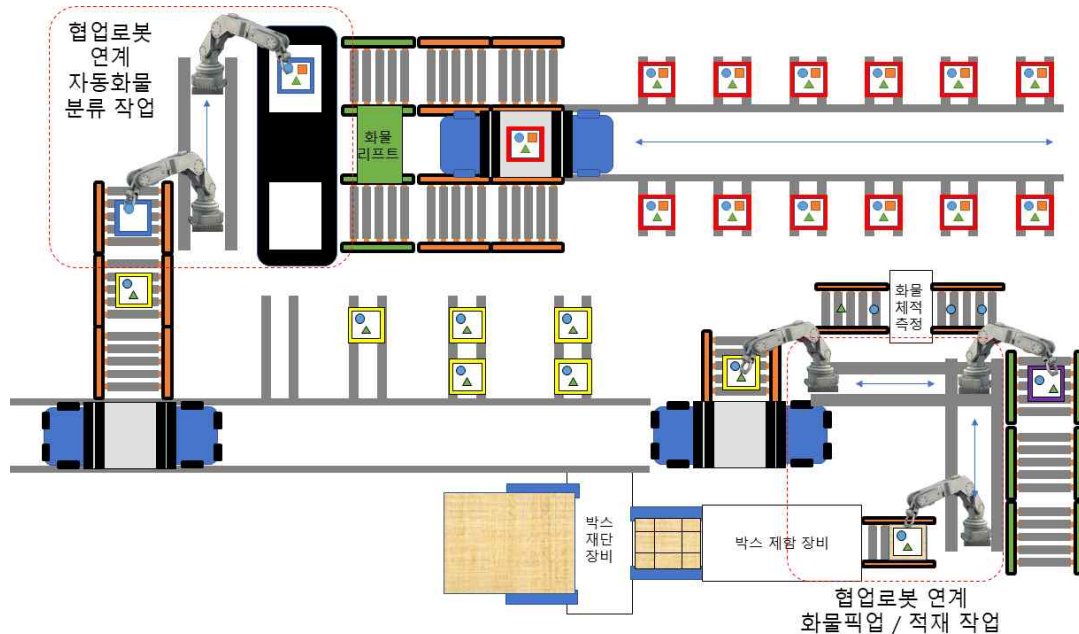
나. 차후대책(후속연구의 필요성)

- 해당사항 없음

4. 연구개발성과의 활용 계획 등

가. 추가 연구의 필요성

- 개발 시스템의 전 자동화 구축을 위한 후속 연구의 필요성



[그림 151] 협업로봇 연계 화물보관, 피킹, 이송 및 포장 자동화 라인 구축(예시)

- 현재 개발된 시스템(자동화물반출입시스템, 다규격포장시스템)은 각 시스템 당 최소 1~2명작업자가 투입되어 아래 작업을 수행하는 반자동화 시스템으로 운영됨
 - 출고된 토트 박스에서 화물을 추출하여, 배송 박스로 옮겨 담는 작업
 - 배송박스에서 포장 대상 화물 측정 시, 장비로 화물을 올려놓는 작업
 - 제함 완료 된 박스에 화물을 적재 후 상부 봉합하는 작업
- 작업자의 수작업을 대체할 수 있는 협업로봇과 연계하여 구축한다면, 화물 보관부터 피킹, 이송, 포장 작업의 전자동화 라인을 구성 가능
- 피킹/포장 자동화 라인 구축 시, 아래 협업로봇 요소기술에 대한 추가연구개발 필요
 - 협업로봇의 Vision 카메라 기반 피킹 효율 개선 알고리즘 연구 및 개발
 - 협업로봇의 다양한 종류, 크기의 화물 피킹 그리퍼 연구 및 개발

나. 본 기술의 관련 기대효과

- 기술적 측면
 - 국외 선진 기술력과 동등한 수준의 국내 기술력 확보 기여
 - 다양한 적용환경마다 유연하게 적용될 수 있는 모듈을 탈부착 할 수 있는 레고형 멀티

셔틀 기술 확보

- 다양한 크기를 가진 화물의 혼합 적재/포장이 가능한 박스 재단 및 제함 기술 확보
- 최신 기술인 웹 소프트웨어 기반 WCS(Warehouse Control System) 기술 개발 및 확보

○ 사회/경제적 측면

- 본 과제를 통해 개발된 보관/피킹 및 포장 기술은 노동집약적인 물류작업환경과 물류 작업 효율 개선에 따른 물류센터 운영비용 절감가능
- 국산화 기술 개발로 인해 국외 선진 기술 수입 의존도 절감 가능
- 국산부품 위주의 물류 장비 기술 국산화 성과는 물류 장비 자체의 개발 시장뿐만 아니라 물류 장비 관련 부품 납품 산업에도 영향을 미쳐, 물류 장비 공급망 전체의 기술력 개선 및 시장 활성화 효과를 가져 올 수 있음
- 국내 물류 산업의 낙후된 기술력을 향상시켜 획득한 수익을 다시 물류 장비 개발에 투자하여 지속적인 물류 장비 기술 개발을 유도
- 국내 물류 작업 환경 자동화 및 국가 경쟁력 확보 전략 아래 개발된 국산화 제품 개발과 국외 선진기술의 동등한 수준의 기대성과의 성격을 가지고 있음
- 다양한 운영환경에 유연한 지능형 물류 장비 개발에 근본을 두고 다양한 물류 작업 환경의 자동화 및 물류 작업 효율개선이라는 경량 소형 화물 시장의 생산 구조 ‘개혁’을 유도

기대 성과	내용 설명
물류, 제조현장 운영사의 장비 투자 비용 절감	현재 - 모듈화, 플랫폼화 되어 있지 않은 기존 상용 설비는 다양한 장비 도입 현장 및 현장 요구 사항에 따라 프로세스 별 단위 설비 중복 투자, 기존 장비와의 연계를 통한 시스템 연계 추가 비용 발생
	기대성과 - 공용 프레임을 기반으로 다양한 운영환경 별 장치 연계형 모듈 및 플랫폼화 구조 개발로 다양한 운영환경에 따라 유연하게 대응 가능한 운영사의 장비 도입에 대한 비용적 부담 해소
물류 자동화 작업 환경의 확산	현재 - 자동화 설비를 고려하였으나 현장 제약사항으로 시도하지 못하고 있는 국내 물류 창고 및 기타 작업 시설이 많음
	기대성과 - 저렴한 구축 및 유지보수 비용의 국산 제품은 수작업 기반의 물류 작

	업 환경을 자동화 작업 환경으로 개선하는데 기여할 것으로 예상됨
제품의 확산 비용 절감	현재 - 외산 제품 위주의 기존 자동화 설비에 새로운 장비를 추가할 시 호환성을 고려해 국산 제품이 있음에도 불구하고 외산 제품을 구매해야하는 경우가 많음
	기대성과 - 국내에서 편리하게 공급하여 설비를 확장시키는 것이 가능함

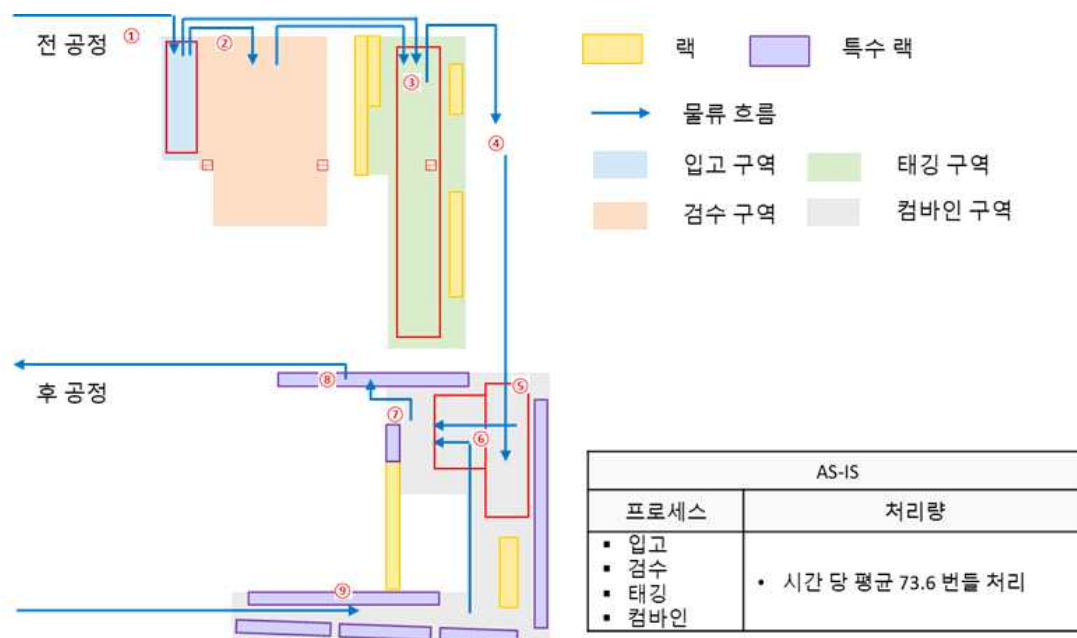
다. 시스템의 적용에 따른 효율성 및 경제성 분석

① 반도체 후공정 프로세스에 자동화시스템(레고형서틀) 도입의 경제성 분석

- 기존의 인력 중심의 WIP 물류 프로세스(As-Is)에 서틀 기반 시스템을 도입하는 경우 (To-Be)를 분석·비교

○ As-Is 프로세스

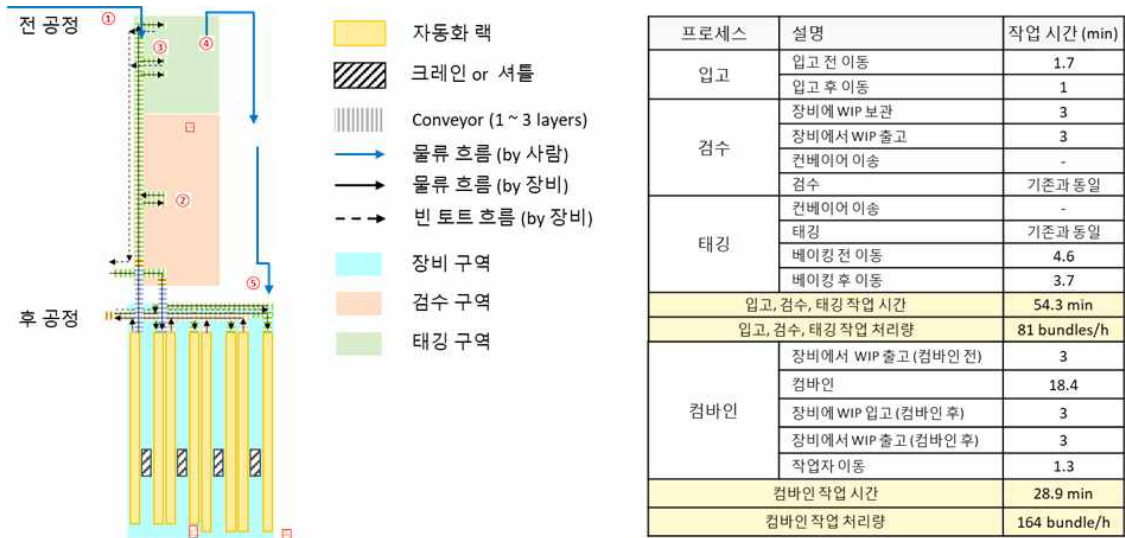
- WIP*이 본 공정에 도착하면 베이킹 전 작업 (입고, 검수, 태깅)과 베이킹, 베이킹 후 작업(컴바인)을 거쳐 다음 공정으로 이동
- WIP(공정 중 발생 재고, Work In Process) : Raw material이 제조공정에 들어와서 완제품으로 완성되기 이전, 즉 마지막 품질검사를 통과한 완제품이 되기 전의 상태에서 공정상에 존재하는 반제품과 부품 재고를 의미
- WIP은 각 작업 진행에 따라 다양한 곳에 분산 보관 (랙 및 특수 랙)



[그림 152] As-Is 프로세스 및 작업 처리량

○ To-Be 프로세스

- WIP이 입고되면 한곳에 설치되어 있는 자동화 장비에 통합되어 보관
- 작업이 필요한 경우만 자동화 장비에서 출고되어 처리



[그림 153] To-Be 프로세스 및 작업 처리량

○ 인력 절감 효과

- As-Is
 - 다수의 작업자 필요
 - 저부가가치 단순 작업
- To-Be
 - 매우 적은 수의 작업자 필요
 - 인건비 상승에 영향을 적게 받음
- 효과 산정
 - 현장 작업자 임금: 시프트 당 총 현장 작업자 수 * 작업자 타입 별 비중 * 작업자 타입 별 연간 임금 * 시프트 수
 - 관리자 임금: 시프트 당 관리자 수 * 관리자 연간 임금 * 시프트 수

인력 절감 효과 산정			
인건비 산정 요소	As-Is	To-Be	차이
입고 작업자 수 (시프트 당)	8	7	1
튜브 전담 작업자 수 (시프트 당)	1	1	0
베이크 작업자 수 (시프트 당)	5	3	2
컴바인 작업자 수 (시프트 당)	6	0	6
총 현장 작업자 수 (시프트 당)	20	11	9
관리자 수 (시프트 당)	2	1	1
연간 임금-Local DL (USD)	7,500		

연간 임금-Foreign DL (USD)	5,400		
연간 임금-Tech DL (USD)	17,400		
인건비 산정 (연간)	As-ls	To-Be	차이
관리 작업자	132,000	66,000	66,000
작업자	429,300	236,115	193,185
합계			259,185

○ 시스템 처리 능력 상승

- As-ls

- 대부분의 작업 시간이 WIP을 찾고 옮기는데 소요됨

- To-Be

- 자동화 시스템을 통해 WIP을 찾고 옮기는데 더 적은 시간을 소모
- 즉, 더 적은 작업자로 더 많은 일을 할 수 있음

- 효과 산정

- 연간 작업 가치: 시간당 번들 처리량 * 24시간 * 365일 * 번들 당 평균 가치 * 작업 시간 비중

시스템 처리 능력 상승효과 산정			
작업 가치 산정 요소	As-ls	To-Be	차이
시간 당 작업 처리량-입고, 검수, 태깅	73.60	83.16	9.56
시간 당 작업 처리량-콤바인	78.85	175.56	96.71
작업 시간 비중-입고, 검수, 태깅	5% (54.3 min ÷ 1163.2 min * 100)		
작업 시간 비중-콤바인	3% (28.9 min ÷ 1163.2 min * 100)		
번들 당 평균 가치 (USD)	24.2		
가치 산정 (연간)	As-ls	To-Be	차이
입고, 검수, 태깅 작업 가치 (5%)	780,131	881,503	101,373
콤바인 작업 가치 (3%)	501,467	1,116,491	615,024
합계			716,397

○ 작업 오류 감소

- As-ls

- 작업자 실수가 발생하는 빈도 높음
- 작업자 실수가 발생하기 쉬운 작업 환경

- To-Be

- 정보 시스템을 통한 WIP 관리를 통해 작업자 실수 방지

- 효과 산정

- 연간 오류 처리 비용: 시간당 번들 처리량 * 24시간 * 365일 * 오류 비율 * 오류 처리 비용

작업 오류 감소 효과 산정(Picking Error)			
오류 처리 비용 산정 요소	As-Is	To-Be	차이
시간 당 작업 처리량-입고, 검수, 태깅	73.60	83.16	9.56
시간 당 작업 처리량-콤바인	78.85	175.56	96.71
오류 비율 (%)	0.05	0.0	0.05
오류 처리 비용-입고, 검수, 태깅(USD)	6,206		
오류 처리 비용-컴바인 (USD)	6,648		
오류 처리 비용 산정 (연간)	As-Is	To-Be	차이
작업 오류 처리 비용	12,854	0	12.854
합계			

○ 투자 비용

- 공통 부분: 컨베이어, 화물 리프트, 운영시스템 등
- 셔틀 시스템 (To-Be): 셔틀 8기, 셔틀 리프트 4기

자동화 시스템 투자비용(단위 : US\$)	
항목	셔틀 시스템 (To-Be)
자동화 창고	760,000
컨베이어	150,000
리프트	117,000
토트	85,000
바코드 리더	8,000
WCS	200,000
설치 및 테스트	25,000
합계	1,345,000

○ 경제성 분석

– 산정 방법

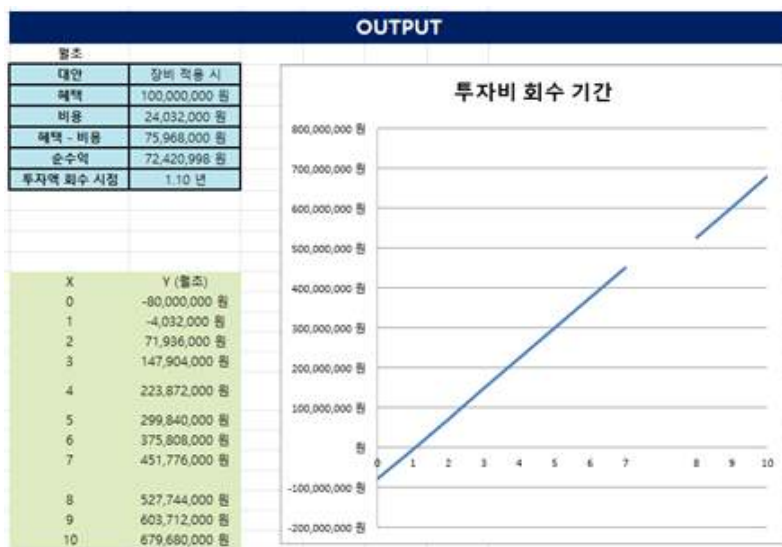
- Return on Investment(ROI, 투자 수익률 분석): 누적 연간 총 효과 / 투자 비용
- Break Even Point (BEP, 손익분기점 분석): 투자 비용 / 월간 총 효과

자동화 시스템 도입 경제성 분석				
셔틀 시스템 (To-Be)	시간	Y0	Y1	Y2
	연간 총 효과	-	988,436	988,436
	투자 비용	1,345,000		
	ROI		0.73	1.47
	BEP	16.33 months		

② 물류센터의 포장작업라인에 자동화시스템(포장 시스템) 도입의 경제성 분석

- 기존의 인력 중심의 포장작업(As-Is)에 다규격 포장시스템을 도입하는 경우(To-Be)에 대한 경제성 분석 수행

	항목	값	단위	비고
장비 원가/설치비	도입/설치비	80,000,000	원	
운영비	잔존가치	8,000,000	원	도입/설치비x10%
	내용연수	5	년	
	시스템의 시간 당 전력량	50	kwh	
	Kw당 전력비	100	원/kwh	
	하루 평균 사용시간	8	시간	
	월 평균 사용 일수	22	일	
시설 장비 유지비	연간 예방 정비 횟수	12	회	
	예방 정비 비용	7,500,000	원	
	연간 고장 횟수	4	회	
	평균 수리 비용	2,000,000	원	
인건비	연봉	25,000,000	원	
	AS-IS 작업자 수	5	명	
	To-Be 작업자 수	1	명	
공간	m ² 지가	1,800,000	원	네이버부동산 자료참고 - 시흥시 정왕동 소 재 공장 지가 m ² 당 지가
	시스템 도입 전 면적	100	m ²	
	시스템 도입 후 면적	60	m ²	
	시스템 도입 전 공박스 적재면적	30	m ²	공 박스 적재공간
	시스템 도입 후 공박스 적재면적	15	m ²	
기타	기업의 요구 수익률	0.15	%	

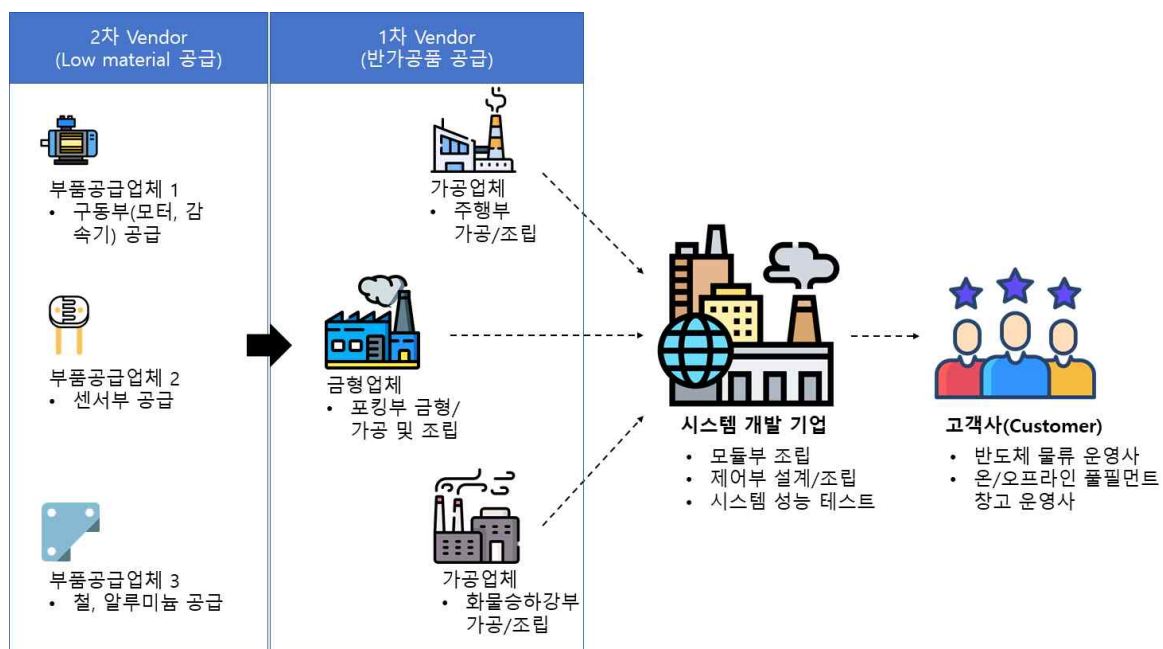


- 다규격포장시스템 도입 시, 경제성 분석 결과
 - 장비도입투자액 회수시점 : 1.10년
 - 연간 순이익 72,420,998원

라. 실용화 추진 계획

(1) 저가형 시스템 설계/개발을 위한 향후 계획

- 시스템의 판매 및 상용화 확산을 위한 저가형 시스템 설계/개발 및 단가 절감의 후속 연구의 필요성
 - 대부분의 국내 유통·물류 운영사들은 장비 구매의 높은 초기 투자비용 부담으로 인해 자동화 장비 도입을 기피하고 있음
 - 또한 장비 도입 대신 많은 인력을 투입하여 물류센터 혹은 풀필먼트센터(Fulfillment)를 운영하고 있는 실정임
 - 이에 반해, 국외 운영사들은 자동화 장비를 도입하여 무조건 인력을 절감하는 구조가 아닌 인력과 자동화 장비가 공존하여 작업을 처리하여 물류작업효율 향상시키는 구조임
 - 본 과제를 통해 개발된 장비는 상용화 전 시제품(TR 7단계) 단계이며, 시스템의 BOM(Bill Of Material) 분석을 통해 고가의 구성 부품 분류 후 중저가 수준의 부품으로 대체하는 방안 마련 필요함
 - 중저가 수준의 부품 교체 및 개선 설계 연구를 통해 국내 시장에 적합한 **중저가형 시스템 개발 및 상용화 추진 필요**
 - 단가절감 및 적기공급을 위한 국산 부품 / 가공품 공급 Supply chain 구축하여 시스템의 판매 단가 절감 추진
 - 구성부품의 자재(모터, 센서, 철/알루미늄 등) 공급 업체 모집 및 선별
 - 자재를 활용한 구성부품의 금형/가공 업체 모집 및 선별



[그림 154] 부품 공급 Supply chaine 구축(예시)

(2) 시스템 내구성/안정성에 대한 지속적 관리계획

- 실용화 및 상용화를 위한 시스템 내구성 및 안정성 확보 관리 계획
 - 개발 소프트웨어의 상용화를 위해 공인성능평가기관에서 발급하는 시험수행예정
 - KTL(한국산업기술시험원) 등 공인시험인증협회의 소프트웨어 시험 의뢰 및 기관 인증 마크 획득(KTL은 KOLAS 인증 마크 부여)
 - KOSTA(한국SW테스팅협회)의 SW테스팅 및 시험 : SW 시험성적서 발급
 - 개발시스템의 셔틀, 리프트, 박스재단/제함기의 극한환경에서 동작가능여부를 테스트 시운전 하기 위한 테스트 랩/공장 구축 예정
 - 시흥시 소재 부품 조립/테스트 공장부지 선별중이며, 2021년까지 공장부지 확보 후 개발/판매시스템의 내구성/안정성확보를 위한 고강도 내부 테스트 수행환경 구축예정
 - * 글로벌 장비제조기업인 Vanderlande社は 개발 시스템의 내부 테스트를 약 6~12개월정도 수행한 후 고객사에게 판매하고 있음
 - 개발시스템의 물류 신기술 혹은 신제품 인증(NEP) 획득 후 공공기관 등에 판매 시도

마. 기업화 추진 방안

(1) 사업화 계획(매출확보)

○ 자동 화물 반·출입 시스템

구분		(2021 년) 개발 종료 후 1년	(2022 년) 개발 종료 후 2년	(2023 년) 개발 종료 후 3년
국 내	판매량(단위: EA)	10	15	30
	판매 단가(원)	45,000,000	42,500,000	40,000,000
	국내 매출액(원)	450,000,000	637,500,000	1,200,000,000
해 외	판매량(단위: EA)	10	25	35
	판매 단가(달러)	50,000	49,000	48,000
	해외 매출액(달러)	500,000	1,225,000	1,680,000
당사 생산 능력		20대/년	40대/년	65대/년

- * 2021년 세계 AS/RS 시장을 5조로 예측, 셔틀만의 시장을 1조로 예측 (Rack과 Lift제외한 시장)
 * 본 건은 셔틀의 해당 판매예상가격을 기준으로 작성

○ 다규격 포장 시스템

구분		(2021 년) 개발 종료 후 1년	(2022 년) 개발 종료 후 2년	(2023 년) 개발 종료 후 3년
국 내	판매량(단위: EA)	2	7	12
	판매 단가(원)	100,000,000	99,000,000	98,000,000
	국내 매출액(원)	200,000,000	693,000,000	1,176,000,000
해 외	판매량(단위: EA)	3	3	8
	판매 단가(달러)	120,000	110,000	100,000
	해외 매출액(달러)	360,000	330,000	800,000
당사 생산 능력		5대/년	10대/년	20대/년

- * 국내 포장기계 시장을 7천억 규모 예측

(2) 사업화 전략

주관연구기관 : ㈜랩투마켓 - 자동화물반출입기술 : 셔틀시스템, 지능형 시스템	
구분	구체적인 내용
형태/규모	- 과제종료 후 시점인 2021년에 과제 상용화를 목표 (매출발생), 로지스올그룹, 일양엔지니어링과 판매 및 장비리스형태의 비즈니스 - 참여기업인 로지스올그룹 및 일양엔지니어링과의 공동마케팅을 통한 기존고객군인 자동차산업 및 전자산업, 물류기업을 대상으로 수요처 발굴 - 박사급인력 2인, 석사 이상급 3인 이상 등 고급개발 인력투입

상용화 능력 및 자원 보유	- 상용화에 성공한 경량화물장비 개발과제의 총괄담당자, 경력 26년의 반도체 장비 설계 및 정비이사, 개발 경력 10년의 소프트웨어 팀장, 기타 참여연구진으로 구성된 고경험의 인력자원 보유 2020년 중반기-하반기 서틀 조립 공장 입주 추진중
상용화 계획 및 일정	주요부품 국산화 및 부품 벤더 품질관리기준 정립 및 시스템 단가 절감 후 2021년 3분기에 중저가형 상용 제품 출시
공동연구기관 : (주)일양엔지니어링 - 자동화물반출입기술 : 화물보관랙/서틀, 화물이송리프트	
구분	구체적인 내용
형태/규모	- 과제종료 후 시점인 2021년에 과제 상용화를 목표 (매출발생), 로지스윌그룹, 일양엔지니어링과 판매 및 장비리스형태의 비즈니스 - 참여기업인 로지스윌 그룹 및 일양엔지니어링과의 공동마케팅을 통한 기존고객군인 자동차산업 및 전자산업, 물류기업을 대상으로 수요처 발굴
상용화 능력 및 자원 보유	경량화물장비개발과제의 일양측 과제 총괄연구자, 연구진 보유 및 자체 생산시설 기보유
상용화 계획 및 일정	주요부품 국산화 및 부품 벤더 품질기준 정립, 주관연구기관인 (주)랩투마켓과 함께 2021년 3분기에 중저가형 상용제품 출시
공동연구기관 : 진성하이텍 - 다규격포장시스템 : 박스재단장비, 박스제함장비	
구분	구체적인 내용
형태/규모	- 상용화 형태: 제품완제품 판매 및 제지와 장비리스의 형태 - 수요처: 기존고객인 삼성전기등의 전자산업분야, NXP, Nexperia 및 전자기계 부품 기업 및 해당기업의 부품물류센터, 고객을 End customer로 하는 물류센터 및 물류기업 - 예상 단가는 기존해외 기업의 80 프로수준의 수준 (8천-1억수준)
상용화 능력 및 자원 보유	안양본사에 상용화를 위한 생산시설 기보유, 삼성전기등 국내유수의 기업에 장비 상용화 및 판매/AS 경험보유
상용화 계획 및 일정	2021년 2분기 상용화 모델 출시
공동연구기관 : (주)솔트웍스 - 다규격포장시스템 : 지능형 학습시스템	
구분	구체적인 내용
형태/규모	- 상용화 형태: 장비 제조사인 진성하이텍과의 공동마케팅 - 수요처: 기존고객인 삼성전기등의 전자산업분야, NXP, Nexperia 및 전자기계 부품 기업 및 해당기업의 부품물류센터, 고객을 End customer로 하는 물류센터 및 물류기업
상용화 능력 및 자원 보유	코스닥 상장기업으로 상용화자원 및 능력 기보유
상용화 계획 및 일정	2021년 2분기 상용화 모델 출시

별첨. 협력의향서 : (주)엔로지스

협력 의향서

(주)엔로지는 (주)랩투마켓의 "레고형 서틀·포장시스템"의 사업화에 적극 협력 하겠습니다.

---- 다 음 ----

1. 연구 성과물의 현장 도입 및 활용 협조
2. 향후 시스템 도입 시, 현장 요구 사항 및 정보 제공

2020년 06월 09일

기 업 명 : (주)엔로지스

담 당 자 : 양 수 정 (인/서인)

별첨. 협력의향서 : 로지스올컨설팅엔지니어링(주)

협력 의향서

로지스올컨설팅엔지니어링(주)는 (주)랩투마켓의 "레고형 셔틀·포장시스템"의 사업화에 적극 협력 하겠습니다.

---- 다 음 ----

1. 연구 성과물의 현장 도입 및 활용 협조
2. 향후 시스템 도입 시, 현장 요구 사항 및 정보 제공

2020년 06월 09일

기 업 명 : 로지스올컨설팅엔지니어링(주)

담 당 자 : 최 태 호



직 급 : 파 트 장

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 교통물류연구 사업의 최종보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 교통물류연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.