R&D / 11교통체계-물류02

지능형 물류센터 상·하역 및 이송시스템 기술개발

2014
국토교통부 국토교통과학기술진흥원

Land Infrastructure & Transport R&D Report

교통물류연구사업 최종보고서(안)

R&D / 11교통체계-물류02

지능형 물류센터 상·하역 및 이송시스템 기술개발

2014. 07. 21.

주관연구기관 / ㈜덕평물류

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관(국토교통과학기술진흥원장) 귀하

이 보고서를 “지능형 물류센터 상·하역 및 이송시스템 기술개발”에 관한 연구 과제의 보고서로 제출합니다.

2014. 07. 21.

주관연구기관명 : ㈜덕평물류
주관연구책임자 : 손 병 석
공동연구기관명 : 한국해양대학교
부경대학교
㈜엔스퀘어
㈜한성웰텍
㈜보우시스템

요 약 서

<table>
<tr><td>과제고유
번호</td><td>R&D/11교통체계-물류02</td><td>해당단계
연구기간</td><td>2013.07.22.
~2014.07.21</td><td>단계구분</td><td>3차년도
/3차년도</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구사업명</td><td colspan="4">교통물류연구사업</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구과제명</td><td colspan="4">지능형 물류센터 상·하역 및 이송시스템 기술개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">손병석</td><td>해당단계
참여
연구원수</td><td>총 : 66명
내부 : 45명
외부 : 21명</td><td>해당단계
연구비</td><td>정부 : 2,214,000천원
기업 : 748,674천원
계 : 2,962,674천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참여
연구원수</td><td>총 : 66명
내부 : 45명
외부 : 21명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 7,194,000천원
기업 : 2,410,804천원
계 : 9,604,804천원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구기관명
및
소속부서명</td><td rowspan="2">㈜덕평물류
물류시설
연구소</td><td>참여기업명</td><td colspan="3">㈜보우시스템, ㈜엔스퀘어, ㈜한성웰텍</td></tr>
<tr><td>참여연구기
관명</td><td colspan="3">한국해양대학교, 부경대학교</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="4">요 약</td><td>보고서면수</td><td>316</td></tr>
</table>

○ 지능형물류센터내의 무인이송장비로서, 1.5톤의 팔레트 2개를 동시에 이동하여 5m(3단)이상 적재할 수 있는 무인지게차 개발
- 삼방향(3-Way) 포크기술
- 이중적재(Dual Carrage)적재기술
- 사용자정의 통합형 차량제어시스템
- 레이저용 동시위치/매핑기술
- 키넥트 융합형 팔레트 인식기술
- 트래픽회피 스케쥴 관리기술

○ 날로 다층화, 지능화되는 물류시설(창고, 물류센터 등)의 개발동향에 선도적으로 대응하기 위한 수평,수직 이송장치, Volume Checker, 가변형 버퍼 등이 유기적으로 연계된 다층형 화물 이송장비와 그 운영소프트웨어를 개발하고, 시연, 홍보, 보급을 위한 TEST-BED를 구축하여 실용화의 질과 속도를 높이는 것을 최종목표로 함
- 다층형 화물 이송장비군(수평컨베이어, 연속식 수직컨베이어, 볼륨체커, 가변형 버퍼)
- 다층형 화물이송시스템 소프트웨어
- 테스트 베드

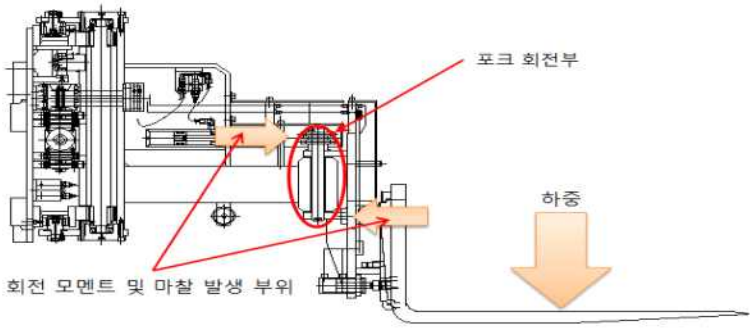
<table>
<tr><td rowspan="2">색인어
(각5개
이상)</td><td>한글</td><td>지능형
물류센터</td><td>상하역 및
이송시스템</td><td>다층형
물류센터</td><td>무인지게차</td><td>수직이송기기
시스템</td></tr>
<tr><td>영어</td><td>INTELLIGENT
WAREHOUSE</td><td>LOADING
AND
TRANSPORTI
NG SYSTEM</td><td>MULTI-LEVEL
WAREHOUSE</td><td>UNMANNED
FORKLIFT</td><td>VERTICAL
CONVEYOR
SYSTEM</td></tr>
</table>

요 약 문

1. 고단적재 무인지게차 시스템

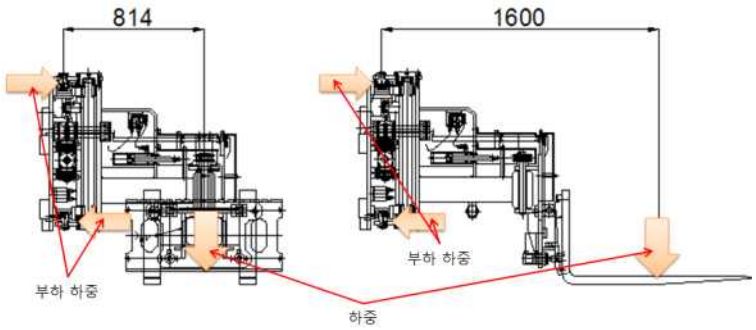
가. 삼방향 포크(3-Way Fork) 기술

○ 포크 회전을 위한 포크 회전부 설계



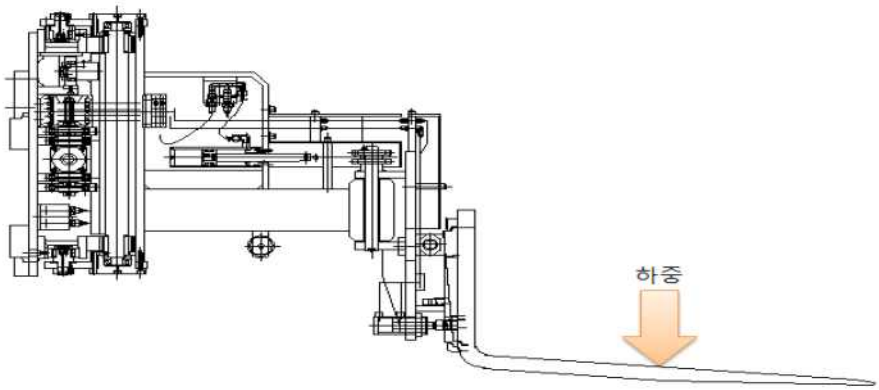
[도표 3.1] 포크 회전시 회전 모멘트 및 마찰

○ 포크 슬리이딩을 위한 포크 슬라이딩부 설계



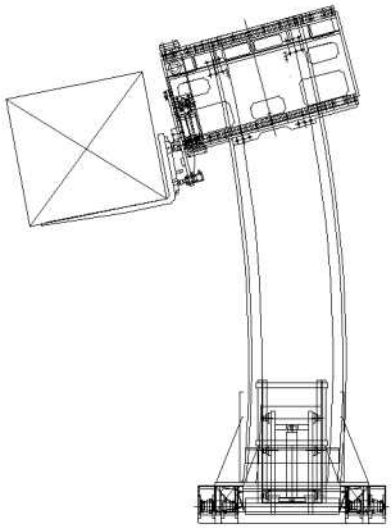
[도표 3.2] 포크 회전시 변화하는 거리 및 슬라이딩시 걸리는 하중 부분

○ 포크 틸팅을 위한 포크 틸팅부 설계



[도표 3.3] 포크에 화물이 적재될시 포크 처짐 현상

○ 삼방향 포크 상승, 하강을 위한 삼방향 포크용 마스트(메인 마스트) 설계

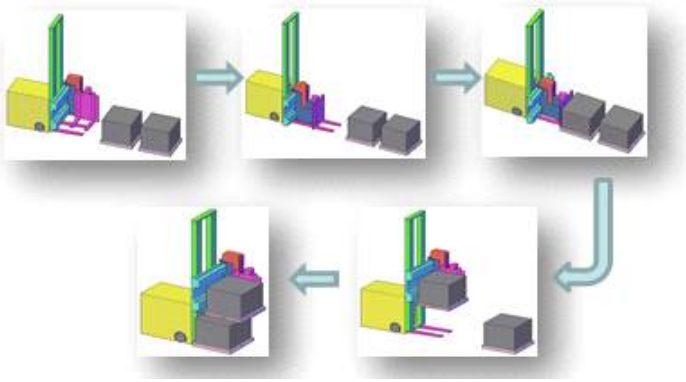


[도표 3.4] 측면하중으로 인한 마스트 휘는 현상 개념도

나. 이중적재(Dual Carriage) 기술

○ 이중적재를 위한 운영시나리오 설계

- 연구 수행방법은 문헌 고찰, 전문가 자문, 비교분석 등의 방법을 사용하였으며 각각의 연구방법을 요약하면 아래와 같음
- 첫째, 관련부서 및 실무자, 전문가를 통해 분야별 업무에 대한 조언을 토대로 모의수준 및 범위, 운용방법, 제약사항 등을 검토
- 둘째, 각종구조, 연구 논문, 관련 연구서 등의 문헌을 다각도로 검토하여 개발할 모델의 성격을 정의한 후 모델의 구성 요소 및 관련 기능 개발 시 고려해야 할 사항을 식별하였음



[도표 3.5] 이중적재 운영 개념도

○ 파렛트 화물 하중을 견디는 역할을 하는 카운터 발란스를 벗어나면 지게차가 전복 되는 사고가 발생

○ 상기 문제점을 해결하고자 전면 하중 및 측면 하중을 고려하여 지게차를 설계함



[도표 3.6] 정면 전복 사고



[도표 3.7] 측면 전복 사고

다. 사용자정의 통합형 차량제어시스템

○ 무인지게차의 제어모듈로서 자율이송/ 충돌회피/ 네비게이션 기능을 포함한 제어기술 개발

○ 기존 무인차량은 작업환경, 이적재하는 물건의 종류, 주행형태 등에 따라 다양한 종류의 주행 장치, 위치인식 장치, 이적재 장치가 각기 조립되어 전체 차량으로 완성될 수 있으나, 사용되는 알고리즘 또한 선택된 하드웨어가 어떤 종류의 장치냐에 따라 달라지는 문제를 해결 할 수 있도록함.

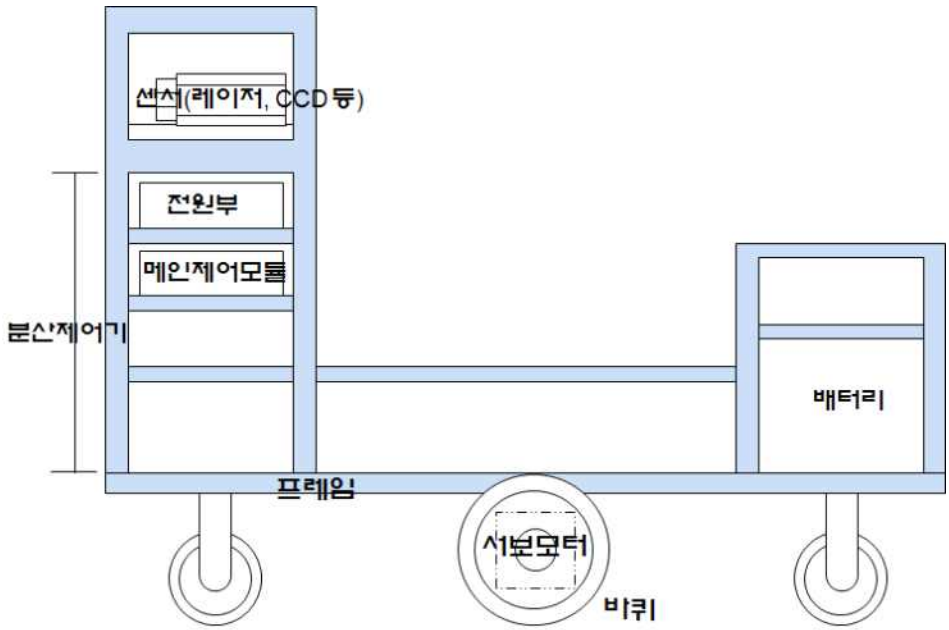
○ 무인차량을 필요로 하는 작업과 요구사항에 따라 다양한 방식이 조합되고 다양한 운용환경에 대응하여 움직여야 하므로, 각각의 조합에 따라서 소프트웨어로 구현되는 내부제어시스템을 각기 설계해야 하는 문제를 극복할 수 있는 시스템을 설계함

○ 무인차량에 사용되는 다양한 장치들과 이를 제어하기 위한 다양한 알고리즘이 손쉽게 조합되어 단일한 내부제어시스템이 동적으로 재구성될 수 있도록, 내

부제어시스템을 기능적으로 구조화하는 장치를 제공함

○ 무인차량의 이적재 장치에 대한 동작정보를 외부에서 정의할 수 있도록 이를 스크립트(Script)화하여, 새로운 동작이 필요한 경우에도 차량의 내부제어시스템을 변경하지 않고, 새로 작성된 스크립트를 활용할 수 있는 장치를 제공함

○ 주행 알고리즘 적용을 위한 테스트 차량 설계



[도표 3.8] 엔스퀘어의 테스트를 위한 무인차량

- [도표 3.8]에 도시된 바와 같이, 프레임상에 위치 인식을 위한 센서(레이저 or CCD 등)가 설치되고, 프레임의 중앙에 결합되어 설치되는 서보모터에 의해 구동되는 바퀴(DD Type)를 가짐
- 위치 센서에 의해 획득된 정보를 사용하여 상기 서보모터를 제어하는 분산제어기는 앞의 알고리즘에 따라 서보모터 제어를 수행함
- 분산제어기는 마이크로소프트 윈도우 운영체제 또는 리눅스를 사용
- 메인제어모듈을 구비하여 상기 위치 센서로 부터 전송되는 위치정보를 통해 주행에 필요한 장애물 및 주행경로에 대한 정보를 수집하고 처리하여 주행에 필요한 명령을 발생시키기 위한 모듈로 이는 산업용 PC 임
- 메인제어모듈(산업용 PC)로부터 전송되는 명령을 전달받아 상기 서보모터를

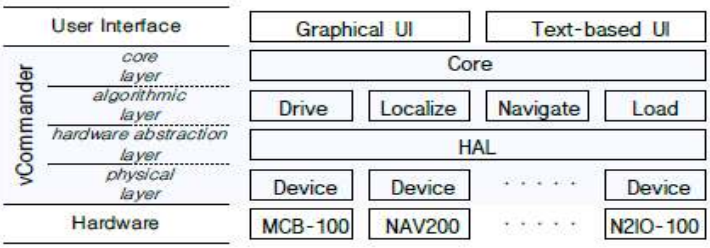
작동키고, 상기 서보모터의 작동상태를 메인제어모듈로 전송하기 위해 원칩 마이크로프로세서를 갖는 모터제어모듈, 즉 모션컨트롤러를 필요로 함

- 메인제어모듈과 모터제어모듈을 접속시켜 데이터의 전송은 TCP/IP 프로토콜을 사용하는 네트워크를 방식을 이용함
- 메인제어모듈의 내부제어시스템은 다음과 같이 구성됨
  - 각사용자의 설정정보에 따라 무인반송차량의 위치인식,
  - 경로설정 및 주행제어에 관하여 연산하는 연산부
  - 무인차량에 장착되는 각 하드웨어 장치를 직접 제어하며, 장착된 하드웨어 장치의 고유 아이디를 가지고 장치 제어부
  - 연산부와 장치 제어부를 연계하되, 각 장치 제어부가 가지고 있는 하드웨어 장치의 아이디를 저장하고 있어, 연산부와 장치 제어부가 필요한 정보를 주고받을 수 있도록 중계하는 장치 가상화부
  - 사용자의 이적재 스크립트 정보를 입력받아, 상기 장치 가상화부를 통해 장치 제어부로 전달함으로써 이적재 장치가 이적재 동작을 수행하도록 하는 이적재 동작부
- 이적재 스크립트(script)는, 무인반송차량의 개별 모터에 대한 제어명령과, 개별 센서에 감지명령이 시간의 흐름에 따라 정의되어 있는 것이 특징임
- 연산부는, 무인반송차량의 현재위치를 인식하기 위한 연산을 수행하는 위치인식 연산모듈
- 위치인식 연산모듈을 통해 연산된 무인반송차량의 현재위치에서 목적지까지의 도달경로 및 경로상황에 따라 이동방식을 설정하는 경로설정 연산모듈
- 경로설정 연산모듈을 통해 설정된 도달경로 및 이동방식을 바탕으로, 주행 장치의 모터에 전달할 주행제어에 관한 신호를 연산하는 주행제어 연산모듈
- 위치인식 연산모듈은, 장치 제어부를 통해 위치인식 장치로부터 측정된 정보를 이용하여, 무인차량의 위치인식을 연산하는 것을 특징으로 한함
- 주행제어 연산모듈은, 상기 주행 장치에 설정된 주행방식을 확인하여, 설정된 주행방식에 맞는 주행제어에 관한 신호를 연산하여 모터신호로 변환하는 것이 특징임

- 장치 가상화부는, 상기 연산부로부터 장치 제어부의 아이디를 질의될 경우, 질의된 해당 하드웨어 장치의 아이디 검색을 통해 장치 제어부에 접근할 수 있도록 중계하는 것이 특징임
- 기능 재구성부는, 입력된 사용자의 설정정보를 파싱(Parsing)하여 그 정보에 따라, 미리 구현되어 기능 재구성부가 포함하고 있는 여러 연산 알고리즘 및 장치들을 선택하고, 선택한 연산 알고리즘 및 장치들을 내부제어시스템의 각부에 배치하는 것이 특징임

○ 차량제어시스템의 아키텍처

- 소프트웨어적인 측면에서 보면, 차량제어시스템은 Layered Architecture와 Configurable Architecture라는 두 가지 특성을 가지고 있음.
- Layered Architecture



[도표 3.9] 차량제어시스템의 Layered Architecture

- Physical Layer
- Algorithmic Layer
- Hardware Abstraction Layer(HAL)
- Core Layer

○ 배터리교환시스템

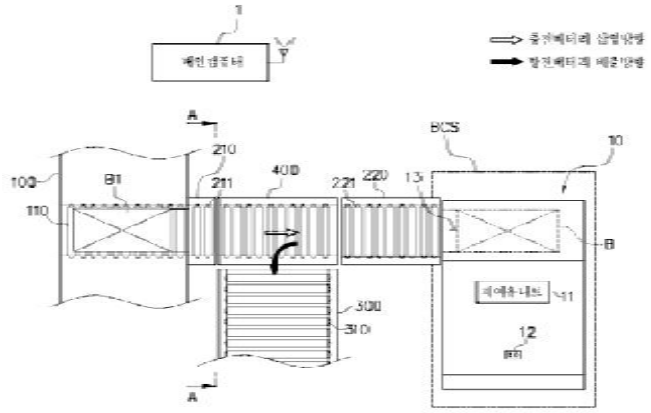
- 무인지게차의 안전한 운영 및 24시간 자동화를 위한 자동화된 배터리 교환시스템 개발
- 전동 지게차의 배터리 교환을 위한 특징을 기반으로 하는 구조적 장치를 설계하여 본 연구의 무인지게차 뿐만 아니라 범용성을 갖는 배터리 교환을 위한 구조적 장치를 개발
- 고중량의 배터리를 운반하기 위한 컨베이어 이송 타입의 구조
- 차량 운행 대수에 따라 배터리의 충전 및 보관 랙 장치의 확장이 효율적이

구조로 설계 및 제작

- 상위 시스템과 자유로운 연동으로 에너지 관리 프로그램과의 복합적인 작동으로 자동화된 교환, 차량과의 단일 통신으로 이뤄지는 단일 교환, 매뉴얼 교환의 복합적인 기능을 수용할 수 있는 제어 시스템 제공

○ 시스템 구성

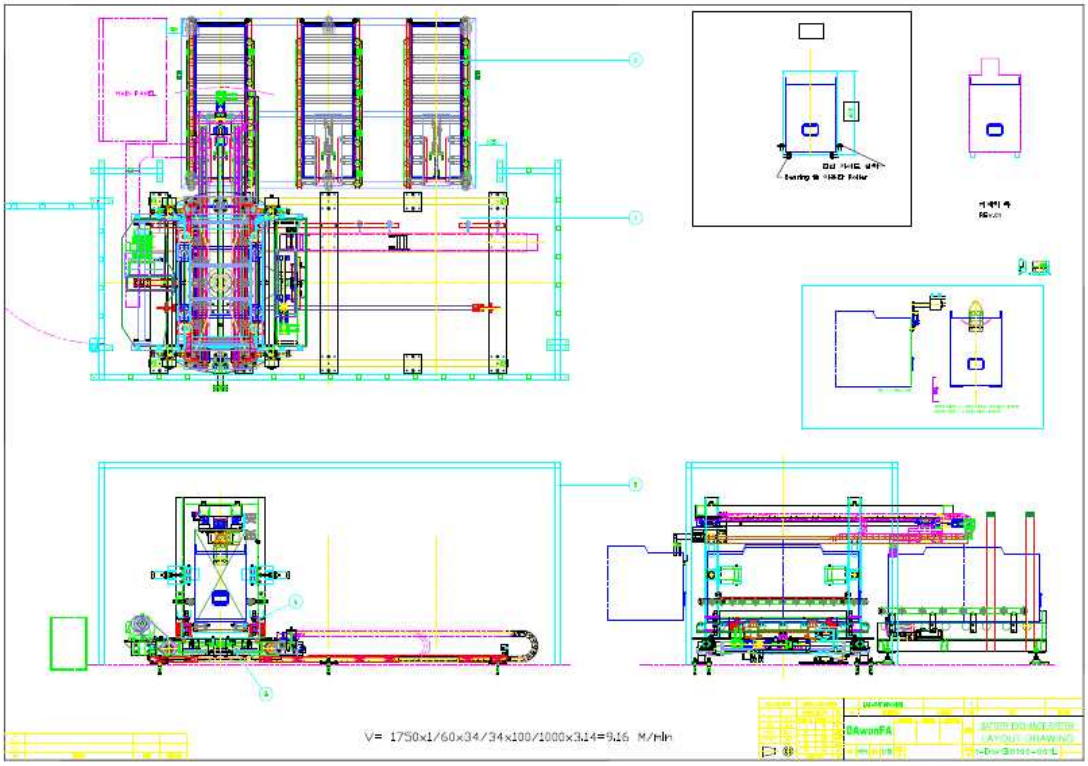
- 무인운반차량(10)은 메인컴퓨터(1)로부터 전달된 지령에 따라서 제어가 이루어지며, 예를 들어 무인운반차량(10)의 제어유니트(11)는 메인컴퓨터(1)로부터 전달된 명령에 따라서 지시된 위치로 이동하여 화물을 적재하고 지정된 장소로 화물을 운반하여 자동 하역 작업을 수행할 수가 있다.
- 무인운반차량(10)은 배터리(B)에 의해 구동이 이루어지며, 제어유니트(11)는 배터리(B)의 방전 상태를 검출하여 배터리(B)의 충전이 필요한 경우에는 배터리교환스테이션(BCS)으로 이동하여 방전된 배터리를 교체한다.
- 한편, 본 발명에서 무인운반차량(10)은 배터리 교환 중의 임시 전원을 공급할 수 있는 별도의 보조배터리를 필요로 하지 않으며, 상부에 마련된 보조충전단자(12)를 이용하여 배터리 교환 중에 임시 전원을 공급받게 된다.
- 배터리(B)는 충전된 배터리와 방전된 배터리로 충전배터리(B1)와, 방전배터리(B2)이다.



[도표 3.10] 배터리 교환 시스템의 평면 구성

○ 배터리 교환 시스템 설계

- 전체 시스템에 대한 기구도면으로 RGV Moving Unit이 무인지게차 배터리 교환제어를 하고, 3개의 버퍼를 통해 충전이 이뤄짐

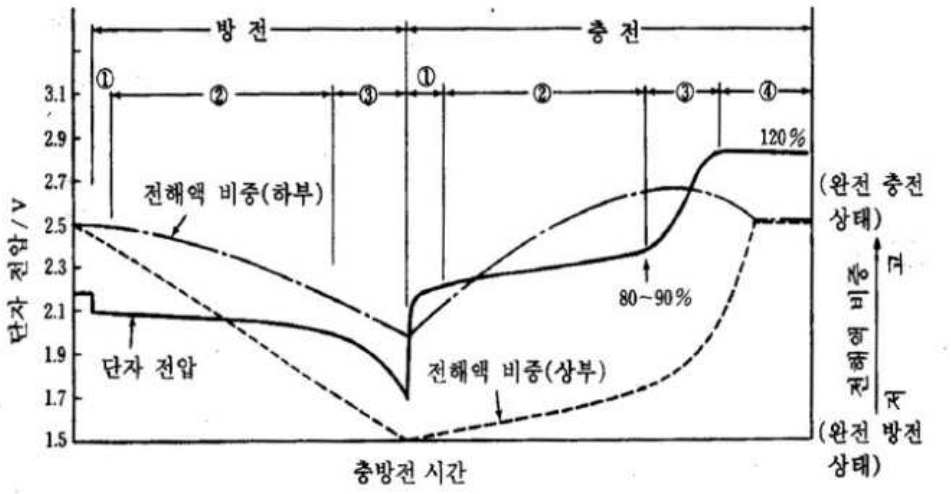


[도표 3.11] 배터리 교환 시스템 설계

- RGV Moving Unit으로 X,Y,T Axis 제어가 가능하다. 상단의 포크를 이용하여 무인지게차 배터리 교환제어를 하고, X축으로 이동하여 해당 버퍼에 배터리를 투입하여 충전함
- RGV Push Pull Unit으로 1개의 포크가 Y축 이동을 하여 배터리 교환제어를 한다. Push Pull Unit은 정밀 제어를 위해 Servo Motor가 사용됨
- Conveyor Up, Down Unit으로 무인지게차와의 Z축 편차오차를 보정하고자 적용되었다. 무인지게차에서 배터리를 빼낼 경우에는 RGV의 Z축을 조금 낮은 위치에서 빼내고, 무인지게차에 배터리를 넣을 경우에는 Z축을 조금 올려서 약간 높은 위치에서 무인지게차에 배터리를 넣도록 제어됨
- Conveyor Tilting Unit으로 무인지게차와 배터리 교환제어를 할 경우 Y축 포크가 직각으로 움직일 수 있도록 하여 배터리를 걸고 나올 수 있도록 설계됨
- 배터리 교환 장치의 Buffer Conveyor Unit으로 3개의 버퍼를 사용하여 충전이 이루어진다. 각 버퍼에는 배터리 검출용 센서가 장착되어 있고, 배터리 충전 커플러는 하단에서 위로 상승하도록 설계됨

○ 에너지관리 프로그램

- 무인지게차의 배터리 교환 시스템과 연동되어 무인지게차의 배터리 교환 주기를 분석 및 판단할 수 있는 정보를 제공하고, 시스템의 에너지 효율 및 소비 환경을 분석하기 위한 통계 정보 제공을 위한 프로그램 개발
- 할당된 작업에 따라 소비되는 에너지 측정, 차량의 작업에 따른 소비 에너지 측정, 배터리의 정보 관리에 필요한 데이터 관리 및 통계분석 기능 제공
- 측정 정보의 독립된 DB 관리 및 DB관리 서버를 독립함으로써 상위 시스템의 변화에 유연하게 대처할 수 있음
- 에너지 소비 분석을 위한 통계 자료의 독립된 관리로 무인 운반 차량의 효과적인 운영 정책 수립에 활용됨
- 지게차 배터리의 표준 자료 분석 및 회귀 모델 선정
- 에너지 관리 프로그램의 회귀모델 선정을 위해 [도표 3.12]를 통하여 독립변수로써 현재 전압을 사용하기로 하였음

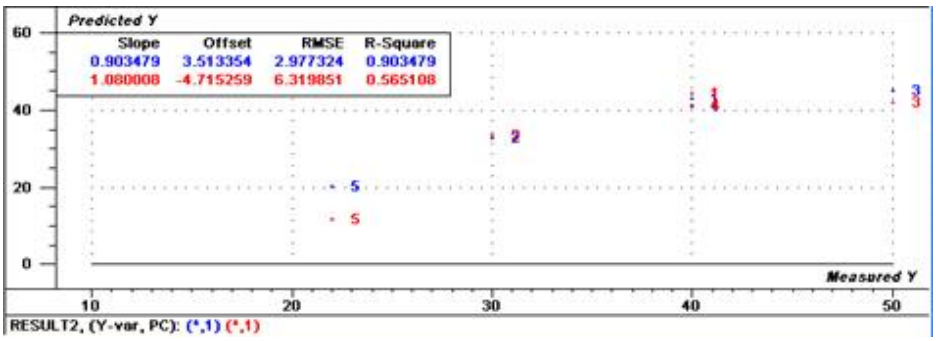


[도표 3.12] 지게차 배터리(납축전지)의 충방전 특성 그래프(출처:글로벌파워㈜)

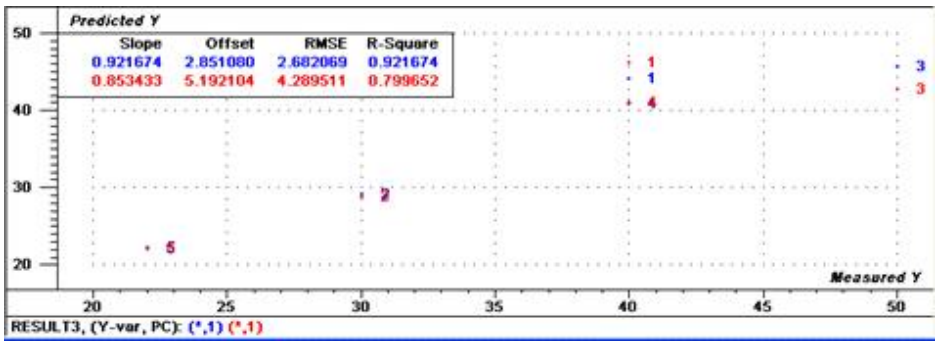
- [도표 3.12]의 그래프를 통해 배터리의 수명에 따른 차이는 있을 수 있겠으나, 단자전압 대비 방전시간에 대한 관계의 상관관계가 있음을 알 수 있으며 독립 변수로써 전압을 주요 변수로 사용할 수 있음을 알 수 있음
- 배터리의 방전상태를 만충전 상태의 20~30%를 이하로 방전하지 않도록 하며, 가능하면 완전 방전을 피할 수 있도록 충전기의 충전 스케줄링이 필요 함

- 납축전지의 딥사이클 수명이 260회이며 따라서 배터리의 완전방전 사이클은 피해야 함
- 배터리의 충방전 사이클 횟수를 조정하여 배터리를 일정하게 소모시킬 수 있도록 해야 함
- 배터리의 입고 시점의 이력 관리를 통해 배터리의 수명을 효율적으로 관리할 수 있도록 해야 함
- 회귀 방정식의 가장 중요한 독립변수를 현재 전압으로 두고 표본회귀 방정식을 구함
- 배터리의 이력에 따른 충방전 사이클 횟수 및 소모량을 조정하기 위해 교환 스케줄링 정보를 추가하여 배터리 교환시스템에서 배터리교환 시 우선순위를 정하여 줌
- 배터리 이력 관리 및 사이클 등을 쉽게 파악할 수 있는 조업화면 개발을 통해 현장적용이 용이하도록 함

○ 회귀 모델 선정(The Unscramble)



[도표 3.13] AGV1 에 대한 회귀 공식 도출 Y= 0.903*X + 3.51



[도표 3.14] AGV2 에 대한 회귀 공식 도출 Y= 0.921*X + 2.85

○ 에너지사용량 예측에 적합한 수학적 모델(최소자승법)

- 에너지 사용 예측량의 기울기

- $lop = \frac{N\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - (\sum_{i=1}^{n} x_i)(\sum_{i=1}^{n} y_i)}{\sum_{=1}^{n} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2}$

- 에너지 사용 예측량의 y절편

- $y = \frac{(\sum_{i=1}^{n} y_i)(\sum_{i=1}^{n} x_i^2) - (\sum_{i=1}^{n} x_i)(\sum_{i=1}^{n} x_i y_i)}{N\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2}$

- 에너지 사용 예측량 = $slop*$ 별평균투입건수 + y

○ 통합관리프로그램

- 무인지게차의 운영 환경을 고려한 통합운영 플랫폼을 설계, 운영 관리를 위한 모니터링 기술 개발
- 다수의 무인지게차량을 운용하는 환경에서 차량간 우선순위를 부여 우회, 회피, 대기를 통한 트래픽 제어와 오더의 할당, 재할당을 통한 보다 효율적인 반송 오더 수행을 목적으로 함
- 다익스트라 알고리즘의 통한 우회경로 탐색 및, 회피 포인트 선정을 빠른시간에 처리함으로써 차량의 대기시간을 최소화함
- 차량의 경로 탐색시 다른 차량의 경로를 분석하여 교착지점을 미리 판단하여 해당 경로를 우회하는 예측회피 기능을 통해 차량간 교착 상태를 미리 방지함
- 효율적인 트래픽 알고리즘을 통해 보다 빠르게 반송명령을 수행할수 있지만 그것은 한계가 있음. 그것을 보완 하기 위한 기능(Group설정 및, Path 단방향 설정, AREA 설정, 오더의 재할당) 등을 쉽게 설정 할수 있는 인터페이스를 제공함
- 원격에서 오더를 컨트롤 하고 차량의 현 위치나 상태를 파악할수 있는 원격 모니터링 기능을 제공함.

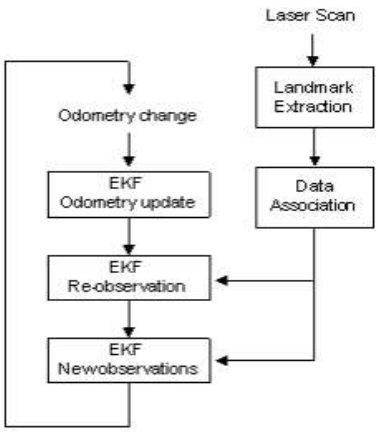
라. 레이저용 동시위치/맵핑기술

○ SLAM법을 이용하여 맵핑 및 자기위치검출을 함

○ SLAM의 과정은 여러 단계로 구성되어 있으며 AGV의 위치를 업데이트할 환경을 사용

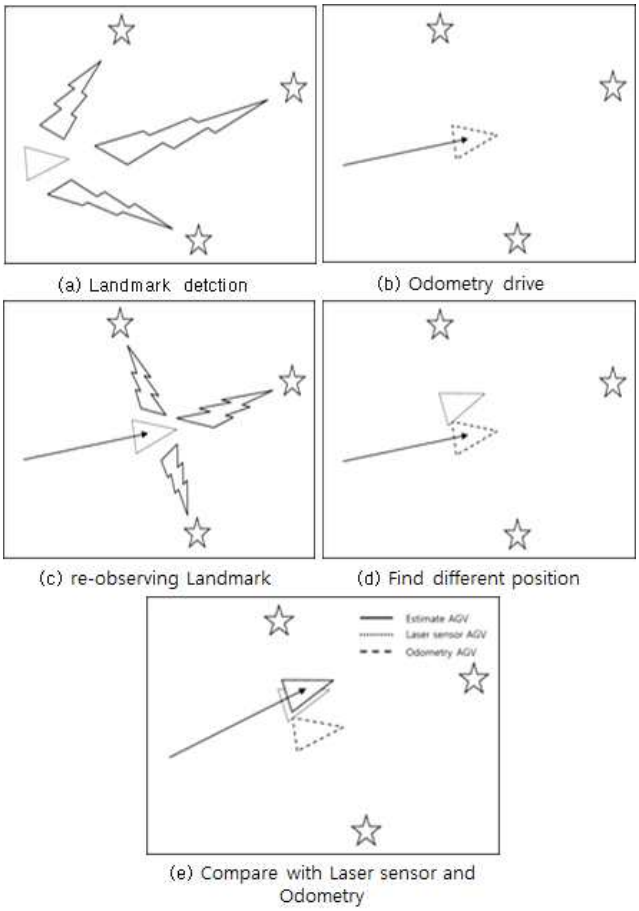
○ 맵의 환경을 인식하는 데에 있어서 AGV의 엔코더는 잦은 오차로 인해 엔코더만으로는 의존할 수 없기 때문에 AGV의 정확한 위치를 알 수 있도록 레이저 측정시스템(LMS-151)을 사용

○ 그리고 확장칼만필터를 사용하아여 AGV가 랜드마크를 기반으로 생각하는 곳의 환경을 업데이트 하고, 랜드마크의 기본적인 정보로 AGV의 위치와 환경에 대한 불확실성한 경로예측을 추적함



[도표 3.15] Overview of the SLAM process

○ 아래의 그림은 SLAM을 이용한 랜드마크 및 자기 위치인식을 하는 자세한 과정을 설명함



[도표 3.16] Positioning process using SLAM

○ [도표 3.16(a)]의 AGV는 삼각형으로 표시된되는데 별모양은 랜드 마크이며, 번개모양은 센서로 측정한다는 의미임

○ AGV가 레이저 측정 시스템을 이용하여 초기의 랜드마크를 측정하여 AGV자기 자신을 위치를 파악하는 단계를 보여줌

○ [도표 3.16(b)]는 레이저 측정시스템으로부터 받은 위치정보를 기반으로 엔코더를 사용하여 AGV가 목표지점으로 움직이는 단계를 보여줌

○ [도표 3.16(c)]는 AGV가 엔코더를 이용하여 목표지점까지 움직인 위치에서 다시 한 번 레이저측정시스템으로 랜드마크를 재탐색하여 랜드마크위치와 AGV의 자기자신의 위치(점선)를 재 파악하는 단계를 보여줌

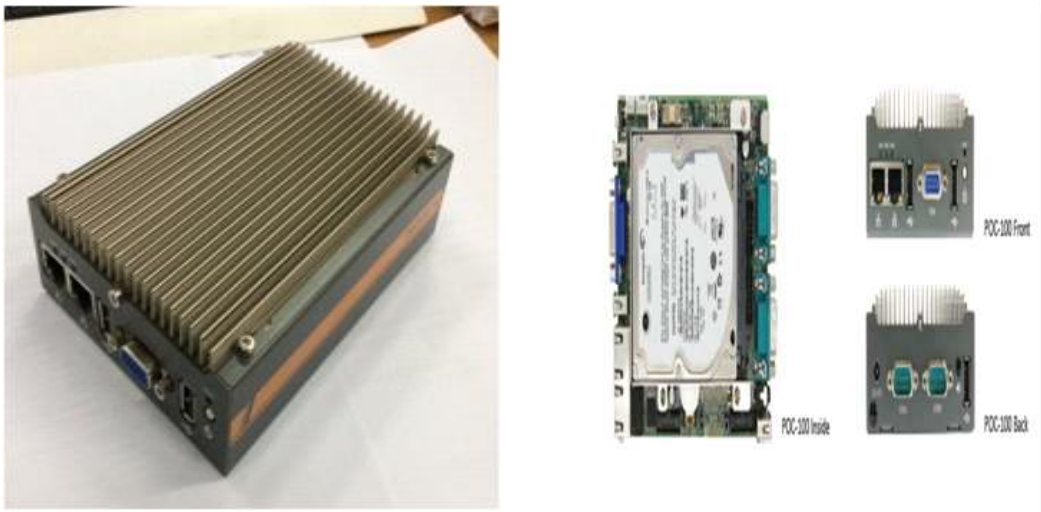
○ [도표 3.16(d)]는 레이저측정시스템으로부터 재탐색 하여 측정한 AGV위치(점

선)와 엔코더를 이용하여 AGV가 이동한 위치(파선)를 통한 비교하는 단계를 표시하며 그 결과 두 위치정보가 차이가 있음을 보여주고 있음

- [도표 3.16(e)]는 레이저측정시스템(가는점선) 엔코더(파선)와 확장 칼만필터(굵은 점선)를 이용한 AGV의 위치정보를 비교하는 단계를 보여 주고 있다. 이들은 서로 차이가 있음을 보여주고 있음
- 이러한 이유는 센서들은 정확하지 않기 때문에 AGV가 정확히 어느 위치에 있는지 알 수가 없음
- 실제 AGV가 확장칼만필터로 예측한 곳은 엔코더 의 정보보다 레이저측정시스템의 정보가 있는 곳이 가깝기 때문에 추정치는 엔코더만 의존하는 것보다 레이저측정 시스템과 같이 비교하는 것이 효율적임

마. 키넥트 융합형 파렛트 인식 기술

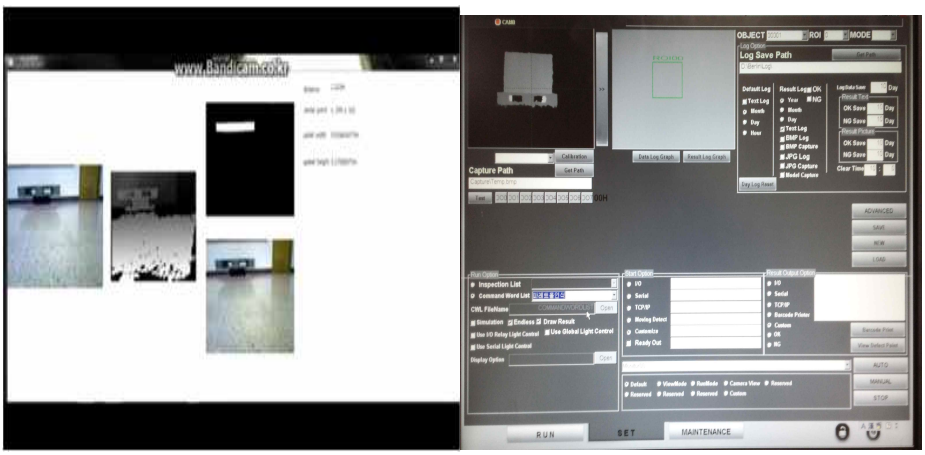
- 파렛트 인식기술
- Kinect 센서 : Kinect 센서는 Microsoft에서 게임용 영상 인식 센서 로서 개발하였는데 이후 ASUS에서 개발자용으로 개발하여 출시함으로써 현재 키넥트를 이용한 많은 연구가 진행중에 있음
- Pallet Recognition Module
  - 자동화 도입에의 핵심인 산업용 컴퓨터를 이용하여 파렛트 인식 시스템을 모듈화 하였으며 일반적인 컴퓨터와 같이 사용할 수 있기 때문에 사용자가 어떤 환경에서든 파렛트 인식 시스템을 적용할 수 있도록 제작함



[도표 3.17] 최종 파렛트 인식 모듈

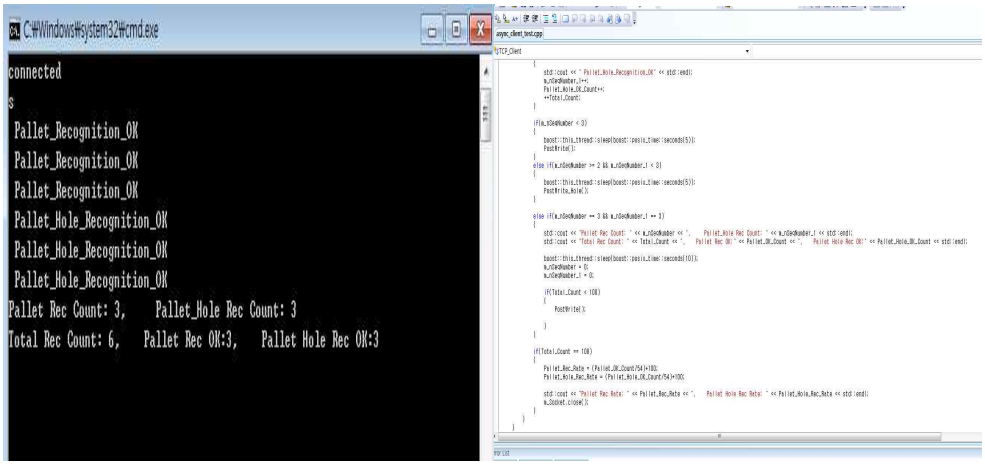
○ 파렛트 인식 소프트웨어

- 파렛트 인식 모듈 안에 설치되어 파렛트 인식 영상의 정보, 파렛트 인식 시점의 설정, 파렛트 인식 데이터의 통신 등의 기능을 수행할 수 있는 파렛트 인식 모듈 운용 소프트웨어를 개발함



[도표 3.18] 파렛트 인식 소프트웨어

- threshold, Labeling을 비롯한 영상 처리 과정에 관여하는 파라미터는 조정하기 위한 Advanced 메뉴를 구성하여 통신 및 인식 시점 설정과 분리되도록 구성하였으며 각 부분의 파라미터를 조정할 시 그 부분만을 조정할 수 있도록 구성함



[도표 3.19] 인식 성능검증 프로그램

- 적용

	1	2	3	4	5
Image					
인식율	97%	97%	97%	97%	97%
거리	1m	1.25m	1.5m	1.75m	2m
폭	1.1m	1.1m	1.1m	1.1m	1.1m
너비	1.1637m	1.1634m	1.1747m	1.1856m	1.1845m
에러	5.79%	5.76%	6.79%	7.78%	7.68%
높이	0.15m	0.15m	0.15m	0.15m	0.15m
측정 높이	0.1717m	0.1678m	0.1651m	0.1703m	0.1606m

[도표 3.20] 파렛트 인식 결과



[도표 3.21] 파렛트 중앙점 추적 및 포킹 위치 검출

○ 랙 인식 기술

○ 근접 센서 및 MCU

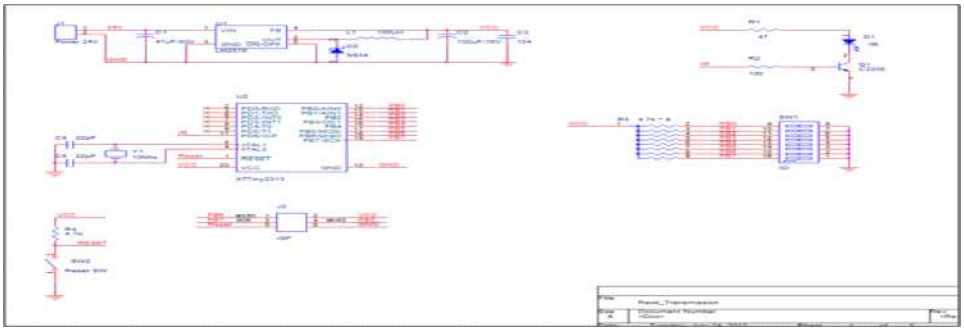
- 본 연구에 사용된 근접 센서는 초음파 센서와 적외선 발광 소자로 구성되어 있으며 이 두 가지의 센서를 융합하여 랙 인식 시스템을 구성하였으며 제어를 위해 Micro Controller Unit을 사용함



항목	데이터
Operating voltage	DC 5V
Current	15mA
Operating frequency	40KHz
Distance Range	20mm ~3500mm
Resolution	1mm
Measuring angles	15 degrees
Serial baud rate	9600
Response Time	50ms
Size	45 x 20 x 15 mm



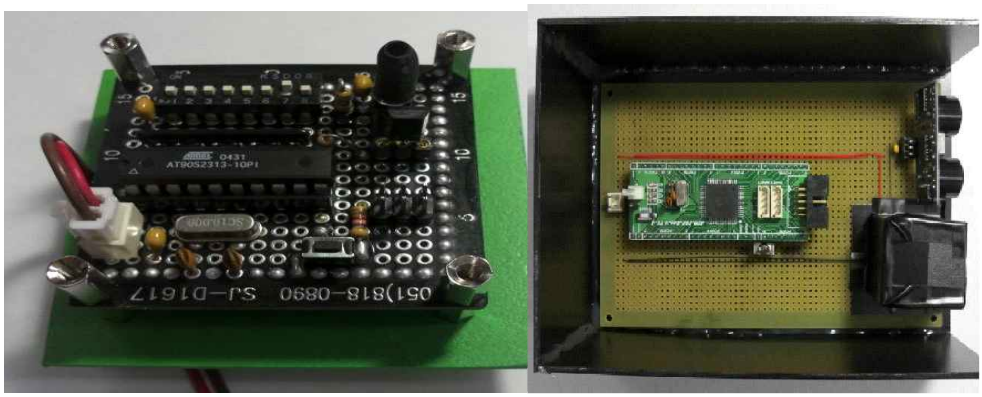
[도표 3.22] 근접센서



[도표 3.23] 랙인식 모듈 회로도

○ 랙 인식 시스템

- 위의 근접 센서와 마이크로 프로세스를 이용한 랙 인식 모듈을 아래 그림에 나타냄
- 최대한 컴팩트 한 사이즈로 개발하였으며 폼보드를 이용한 케이스를 제작하여 외부에서 보기에도 간결한 모습을 할 수 있도록 개발함



[도표 3.24] 랙인식 모듈

○ RFID Module

- 플라스틱 재질로 전면부가 덮혀 있는 형태를 가지며 내장 안테나를 사용하였기 때문에 따로 안테나의 설치가 불필요함



[도표 3.25] RFID 모듈의 전면부

- 본 RFID module은 900MHz대역의 주파수를 사용하며 출력을 조절할 수 있도록 되어 있어 인식 가능 거리를 조절할 수 있는 장점이 존재함
- RFID reader가 tag를 인식한 경우 Buzzer 음이 들리도록 되어 있어 소리로도 인식 가능 여부를 판단할 수 있음
- RFID module의 전원은 DC 9V를 사용하도록 되어 있으며 일반적인 공장 및 실험실에서도 테스트를 수행할 수 있도록 AC 220V의 입력을 받을 수 있는 어댑터도 포함되어 있음

○ 랙 인식 소프트웨어

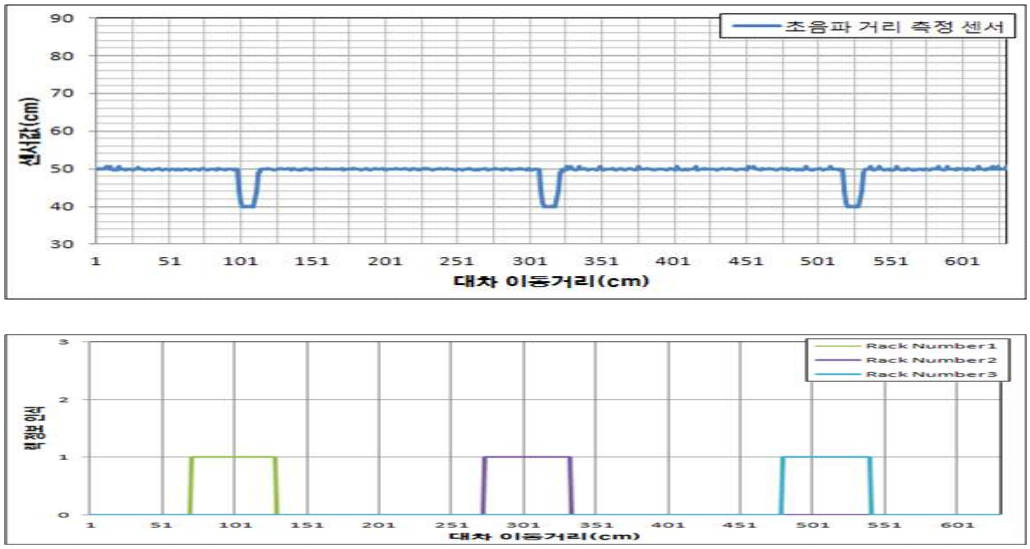
- 본 연구에서 사용한 MCU의 I/O 포트에 초음파 센서 및 적외선 수광, 발광 소자를 연결 한 후 전원과 함께 신호를 주면 부착된 센서가 작동하고, 센서에서 추출되는 데이터를 MCU에서 정확성 및 정밀성을 판단하여 연결된 제어 PC에 전송하도록 시스템을 구성함
- RFID module의 통신 포트, 통신 속도의 설정, 출력 주파수의 변경 등의 기능을 구현하였으며 tag에 ID를 부여할 수 있도록 하였으며 인식 정보의 확인을 가능하게 하여 직접 환경에 맞추어 설정하고 설정을 변경할 수 있도록 구성

○ 적용

d	50cm	70cm	90cm	110cm	130cm	150cm
a	60°	55.136°	50.272°	45.408°	40.544°	35.680°
b	57.73cm	78.97cm	99.41cm	119.24cm	138.58cm	157.58cm
c	57.73cm	73.09cm	84.46cm	92.05cm	96.03cm	96.55cm
인식율	100%	100%	100%	100%	100%	100%

[도표 3.26] 인식 각도, 거리, 인식율 측정 결과

- 랙 인식 모듈과 랙에 부착된 랙 정보 송신기의 거리를 50cm에서 150cm까지 변화를 주면서 그 변화의 요인을 측정함



[도표 3.27] 랙 정보



[도표 3.28] 랙 인식 모듈 실험 환경

출력 1dBm(1.23mW)			
직선 인식거리	인식율(%)	수평 최대 인식거리(mm)	각도(°)
100mm	100	±140	54.46
110mm	100	±130	49.76
120mm	100	±100	39.85
130mm	100	±70	28.30
140mm	100	±60	23.19
150mm	53	±40	14.93
160mm	37	±20	07.12

[도표 3.29] 출력에 따른 인식율(100mm~160mm)

출력 2dBm(1.59mW)			
직선 인식거리	인식율(%)	수평 최대 인식거리(mm)	각도(°)
160mm	100	±130	39.09
170mm	100	±130	37.41
180mm	100	±120	35.83
190mm	100	±120	32.28
200mm	100	±120	30.96
210mm	100	±110	27.64
220mm	100	±110	26.56
230mm	100	±100	23.50
240mm	100	±90	20.56
250mm	100	±90	19.80

[도표 3.30] 출력에 따른 인식율(160mm~250mm)

바. 트래픽회피 스케쥴관리기술

- 선행연구에서는 항만에서의 단순화된 경로상에서의 AGV의 트래픽을 검토하였으나, 물류센터 및 생산라인에서의 복수경로 및 복수 AGV를 대상으로 한 체계적인 트래픽 회피에 대해서 다루지 못하고 있음
- 일부 Time window를 적용한 AGV 교착 회피기술이 적용되고 있으나, 모든 경로를 관리해야 하는 어려움이 있으며, 적절한 회피 경로 선정에 어려움이 있음
- 본 연구에서는 이중적재 및 이중명령을 수행하여야 하므로, 상기 알고리즘 적용에 대한 검토가 충분히 필요하며, 트래픽을 사전에 예상하고 이를 회피하는 전략 알고리즘이 필요함

2. 다층형 화물이송시스템

가. 수평컨베이어

(1) 기술정의 및 차별성

- 기존의 수평 컨베이어는 박스와 파렛트의 동시이송이 불가하여 화태에 따른 독립적인 컨베이어 라인의 구성으로 공간활용의 효율이 떨어지는 문제가 있었음
- 성과물인 수평컨베이어는 박스와 파렛트를 동시에 이송할 수 있는 상황별 이송모드가 지원되고 필요시 결합해체가 가능한 구조로 설계되어, 하나의 컨베이어 라인으로 다양한 종류의 화물을 이송시킴으로 공간활용의 극대화와 설치비용의 최소화를 동시에 도모할 수 있음



(2) 구조 및 구동방식

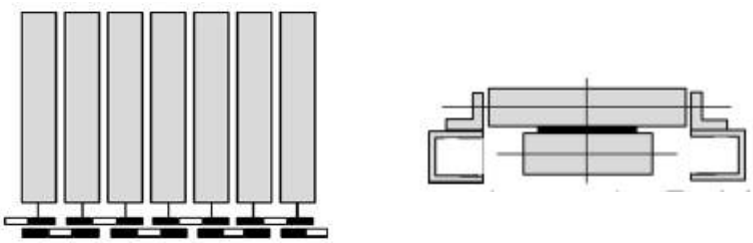
○ 구조

- 파렛트 화물과 상자 화물을 하나의 라인에서 운반 할 수 있는 수평 운반 컨베이어로 파렛트 컨베이어부 롤러와 상자 컨베이어부 롤러가 분리될 수 있는 구조임

○ 구동방식

- 롤러 컨베이어 구동력 전달을 위해 체인 및 벨트가 사용되며, 아래 왼쪽 그림은 구동 롤러 컨베이어의 편측구동 방식을 보여줌
- 편측 구동 방식은 한쪽이 다른 기계와의 배치 등의 관계로 구동 장소를 취할 수 없는 경우 등에 편측 구동한 방식임

- 체인 구동 방식의 체인 대신 V벨트 또는 로프를 사용하는 경우와 롤러 컨베이어에서 롤러 본체의 중간부에 V벨트 및 로프가 들어가는 요부 (凹部)를 만들어 V벨트 및 로프를 끼워 그 마찰로서 롤러를 회전시키는 경우가 있음
- 수평 컨베이어 운반 화물의 중량, 속도 및 소음, 진동을 고려하여 롤러의 구동방식을 벨트 구동한다. 아래 오른쪽 은 중앙 구동방식을 나타냄



[도표 3.31] 편측 구동방식 및 중앙구동 방식

- 파렛트 컨베이어부는 일반적으로 체인 구동 시 발생하는 소음과 진동을 최소화하기 위하여 단면이 V형인 동력 전달용 V벨트가 많이 사용되나 여기에서는 V벨트의 고전동과 평벨트의 유연성을 겸비한 Ribstar벨트를 롤러 구동 벨트를 사용함
- 상자 컨베이어부는 롤러 구동에 일반적으로 사용되는 구동방식인 띠벨트 구동방식을 사용하여, 가운데 상자 컨베이어부의 롤러가 구동하면서 상자 화물을 운반하며, 운반부 아래쪽에서 롤러 구동을 위한 벨트가 상승하여 구동력을 전달하고, 프리 롤러 하면에 좁은 폭의 띠벨트를 구동시켜 띠벨트 상면과 롤러 하면의 접촉 마찰력에 의해 롤러를 구동시켜 물체를 운반함

(3) 시제품

- 아래 사진은 3차년도 수평컨베이어의 시제품을 나타냄

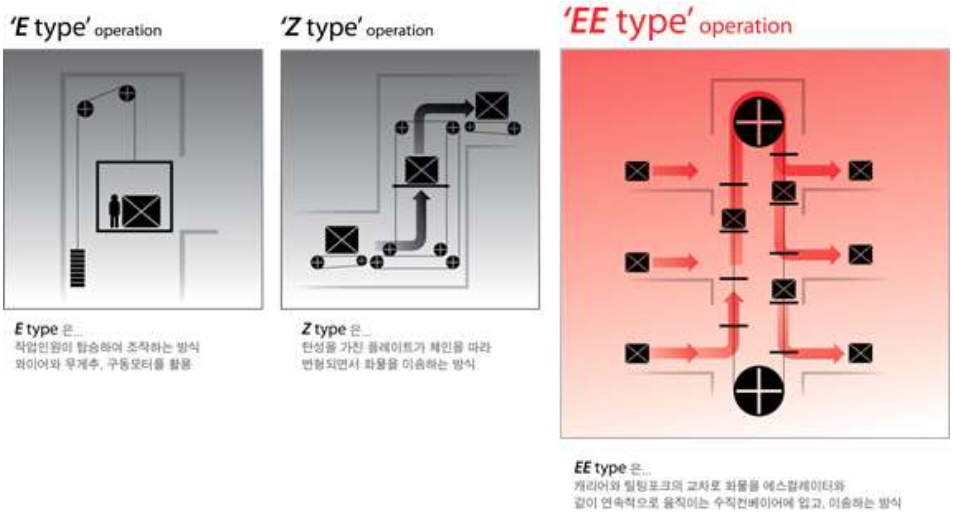


[도표 3.32] 수평컨베이어 시제품

나. 연속식 수직컨베이어

(1) 기술정의 및 차별성

- 기존 화물 엘리베이터는 화물승강장치가 필요한 목표 층의 요구에만 응답하며 작업하는 방식임
- 이러한 작업방식은 특정 층의 엘리베이터 독점 사용에 따른한 전체 물류센터의 작업효율 감소와 클레임 제기와 같은 문제를 발생시킴 (이는 아파트 등에서 이사·전입 등으로 특정 호수가 오랜 시간 엘리베이터를 사용해서 해당 동 전체 입주자들에게 불편을 주는 것과 같은 문제임)
- 본 연구성과물인 'EE-TYPE'의 연속식 수직 컨베이어는 아래 그림에서와 각 층이 독립적이면서도 연속적인 작업을 실현시켜, 독점사용으로 인한 분쟁을 최소화하고, 물류센터 전체의 작업속도를 개선할 수 있다는 점에서 각 층에 서로 다른 업체들이 입주하는 현재의 영업용 다층형 물류센터에 부합하는 새로운 화물이송시스템임



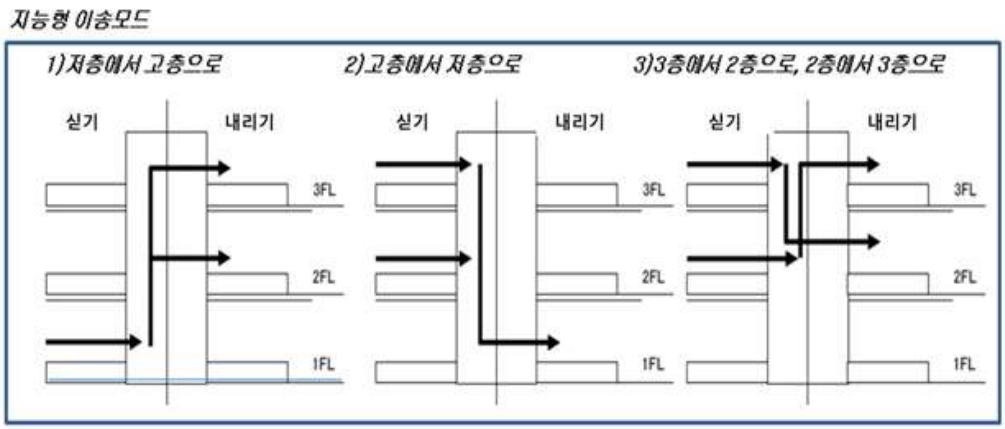
(2) 구조 및 구동방식

○ 구조

- 수직 컨베이어의 일반구조는 철골구조의 프레임에 승강용 구동장치를 설치하고 적재부는 각 층에 설치한 자동출입 컨베이어에 연동하는 반송물을 목적층으로 운반하는 것으로 함

○ 구동방식

- 저층에서 고층, 고층에서 저층으로의 수직 운반과 함께, 중간층의 수직 운반 (예: 3층에서 2층으로, 2층에서 3층)도 수행 가능한 王자형의 이송모드임



[도표 3.33] 수직컨베이어 이송모드 형식

(3) 시제품

- 아래 사진은 3차년도 수직 컨베이어의 시제품을 나타냄

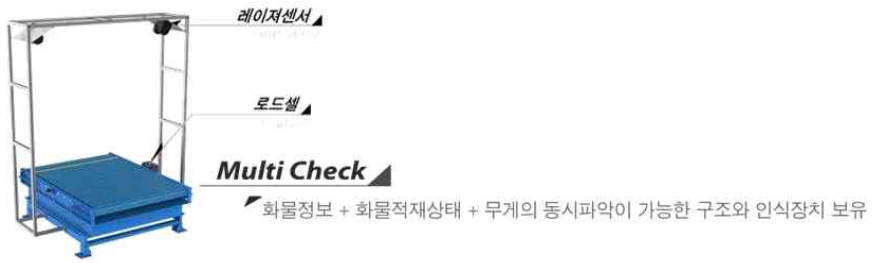


[도표 3.34] 수직컨베이어 3차년도 시제품

다. 볼륨체커

(1) 기술정의 및 차별성

- 기존에 파렛트 화물을 인식하기 위해서는 컨베이어에서 화물이 일시정지 후 볼륨이나 무게 등을 파악하였음
- 기술개발된 볼륨체커는 컨베이어의 이동간에 화물정보+짐상태+무게의 동시 파악이 가능한 구조와 인식장치화물의 상태를 파악할 수 있음





(2) 구조 및 구동방식

○ 구조

- 반송장치는 측정대상이 장치로의 반입 및 반출을 원활하게 함
- 측정장치는 측정 결과를 관련 장치에 원활하게 전달함.
- 제어장치는 측정대상의 측정값과 기존 정보 설정 값을 비교·판별하여, 측정대상과의 체크 신호를 구분 장치로 전송할 수 있어야 함

(3) 시제품

- 아래 사진은 3차년도 볼륨체커의 시제품을 나타냄

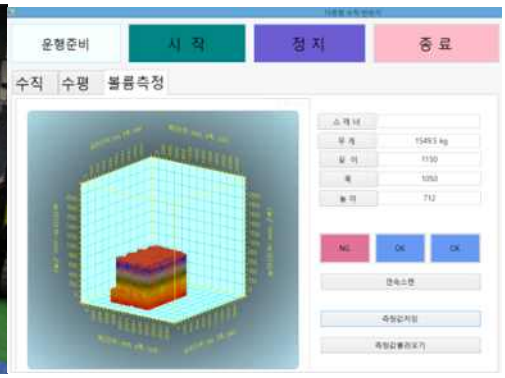


[도표 3.35] 볼륨체커 3차년도 시제품

- 아래 그림은 볼륨측정 화면을 나타냄
- 볼륨체커를 통해 측정된 체적(크기, 중량)이 수치로 표시되고, 화물의 형태가 3D로 표현됨



[대상 화물]



[결과 화면]

라. 가변형 버퍼

(1) 기술정의 및 차별성

- 다층형 화물이송시스템에서 이상화물을 선별하여 분류하는 역할로써 수평컨베이어, 연속식 수직컨베이어, 볼륨체커의 개발에 파생적으로 필요한 기기

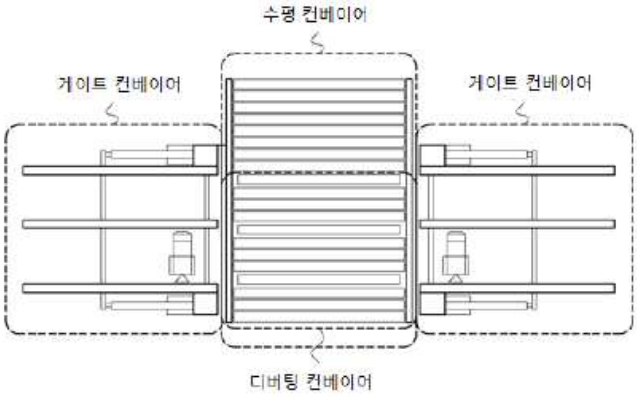


(2) 구조 및 구동방식

○ 구조

- 수평 컨베이어는 화물 운반 라인을 형성하는 다수 개의 롤러와 롤러 사이에 형성된 다수 개의 공간부를 구비하며, 화물 운반 라인을 따라 화물을 운반함
- 디버팅 컨베이어는 수평 컨베이어 롤러와 롤러 사이에 형성된 공간에 체인과 상하운동부를 이용하여 화물을 들어 올려 화물의 방향을 전후에서 좌우로 전환시킬 수 있는 운반부를 구비함
- 게이트 컨베이어는 수평 컨베이어 측면에 위치하고 디버팅 컨베이어의 구동과 연결되어 작동하도록 형성되어 있으며, 디버팅 컨베이어에 의해 방향 전환되어 운반되는 화물을 받아 임시 적치함
- 불필요한 경우에는 세움 부재에 의해 펼쳐진 버퍼 컨베이어를 세울 수 있음
- 제어부는 이상 화물이 수평 컨베이어의 공간부에 위치할 때를 감지하고, 디버팅 컨베이어 및 게이트 컨베이어의 구동을 제어하여 이상 화물을 임시 적치시켜 줌

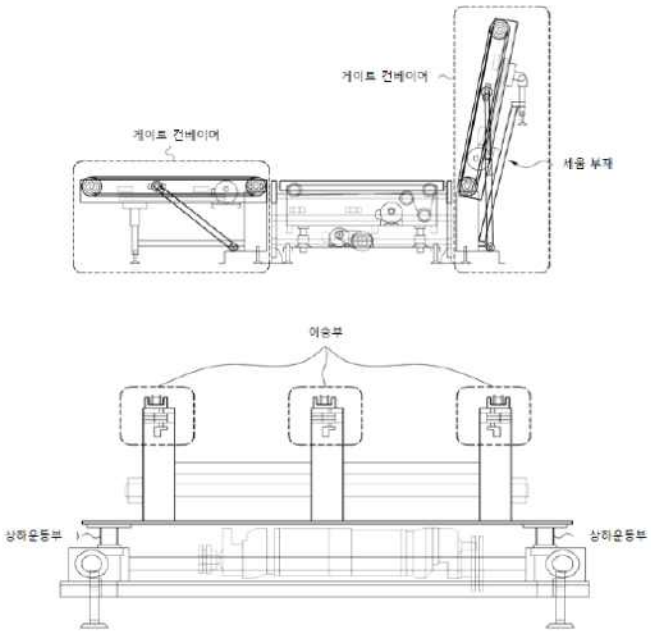
- 운반 라인에 운반되는 화물의 개수를 카운팅하고, 해당 카운팅 된 화물 개수와 미리 설정해 둔 화물의 적정 개수를 비교하여 동일한 경우에, 화물 적체가 우려되는 경우로 판단하여 디버팅 컨베이어 및 게이트 컨베이어의 구동을 제어하여 화물을 임시 적치시켜 줌



[도표 3.36] 가변형 버퍼의 구조

○ 구동방식

- 수평 컨베이어의 공간부 내에 형성되는 디버팅 컨베이어의 운반부는 상하운동부에 의해 상승되어 수평 컨베이어의 공간부에 위치한 화물을 들어 올린 후에 제어부의 구동 제어에 따라 해당 화물을 버퍼 컨베이어로 운반하여 화물 운반 라인에서 해당 화물을 빼내도록 구동함
- 불필요 시는 세움부재를 이용해 버퍼 컨베이어를 수직으로 세움



[도표 3.37] 가변형 버퍼의 구동방식

(3) 시제품

- 아래 그림은 가변형 버퍼 3차년도 시제품 나타냄



[도표 3.38] 가변형 버퍼 3차년도 시제품

마. WCS 통합 소프트웨어

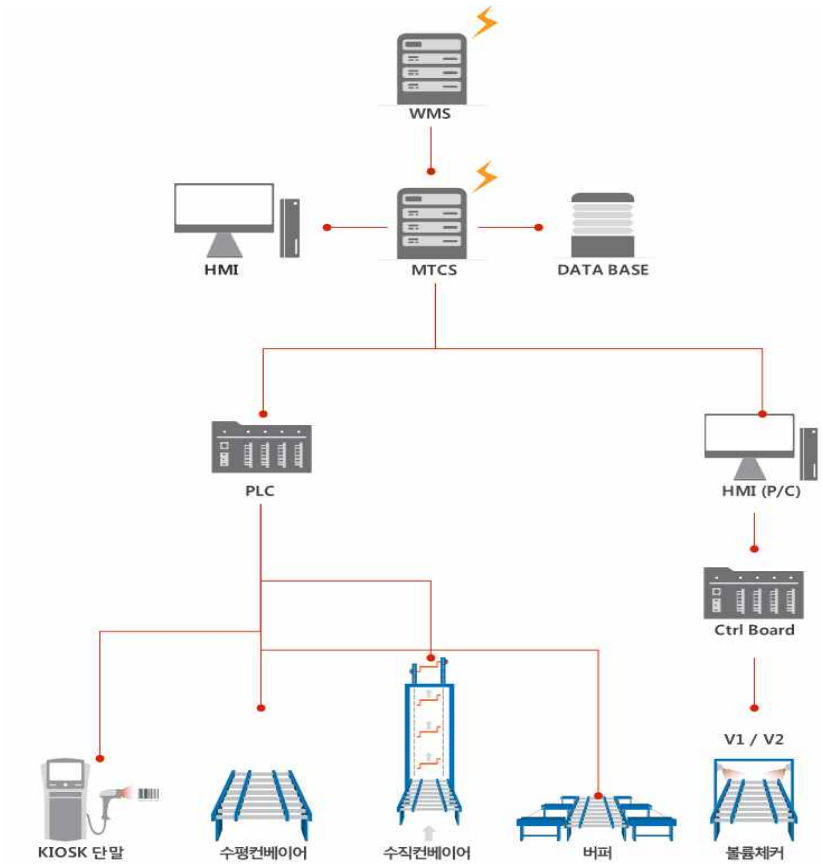
(1) 기술정의 및 차별성

- 다층형 화물이송시스템(수평컨베이어, 연속식 수직컨베이어, 볼륨체커, 가변형 버퍼)이 WCS를 통하여 다양한 물류활동에 적합한 기능을 수행하기 위한 통합 소프트웨어 기술 개발

(2) 연구성과

(가) 시스템 구성도

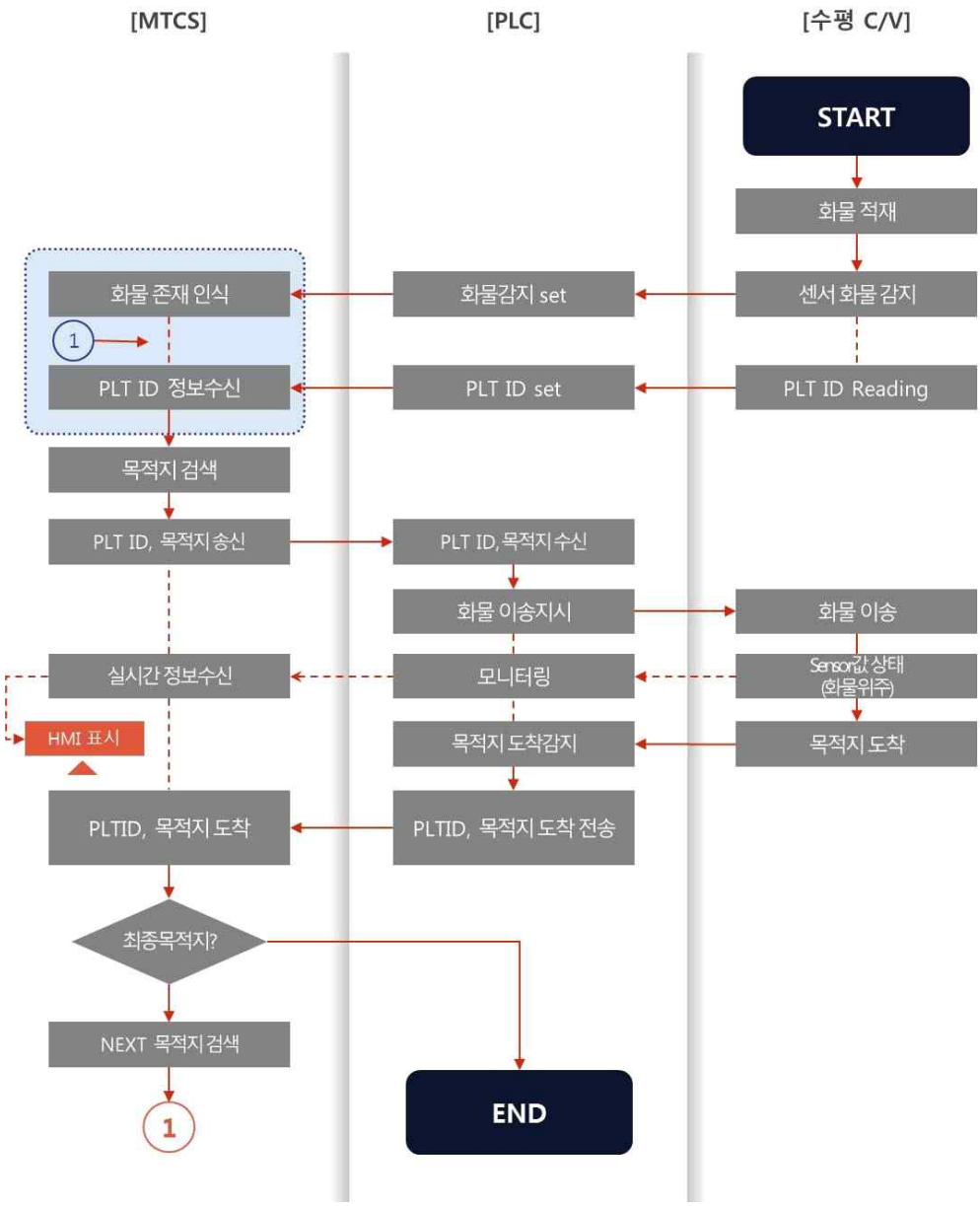
- 다층형 화물이송시스템(수평컨베이어, 연속식 수직컨베이어, 볼륨체커, 가변형 버퍼)이 WCS를 통하여 다양한 물류활동에 적합한 기능을 수행하기 위한 통합 소프트웨어 구성도임



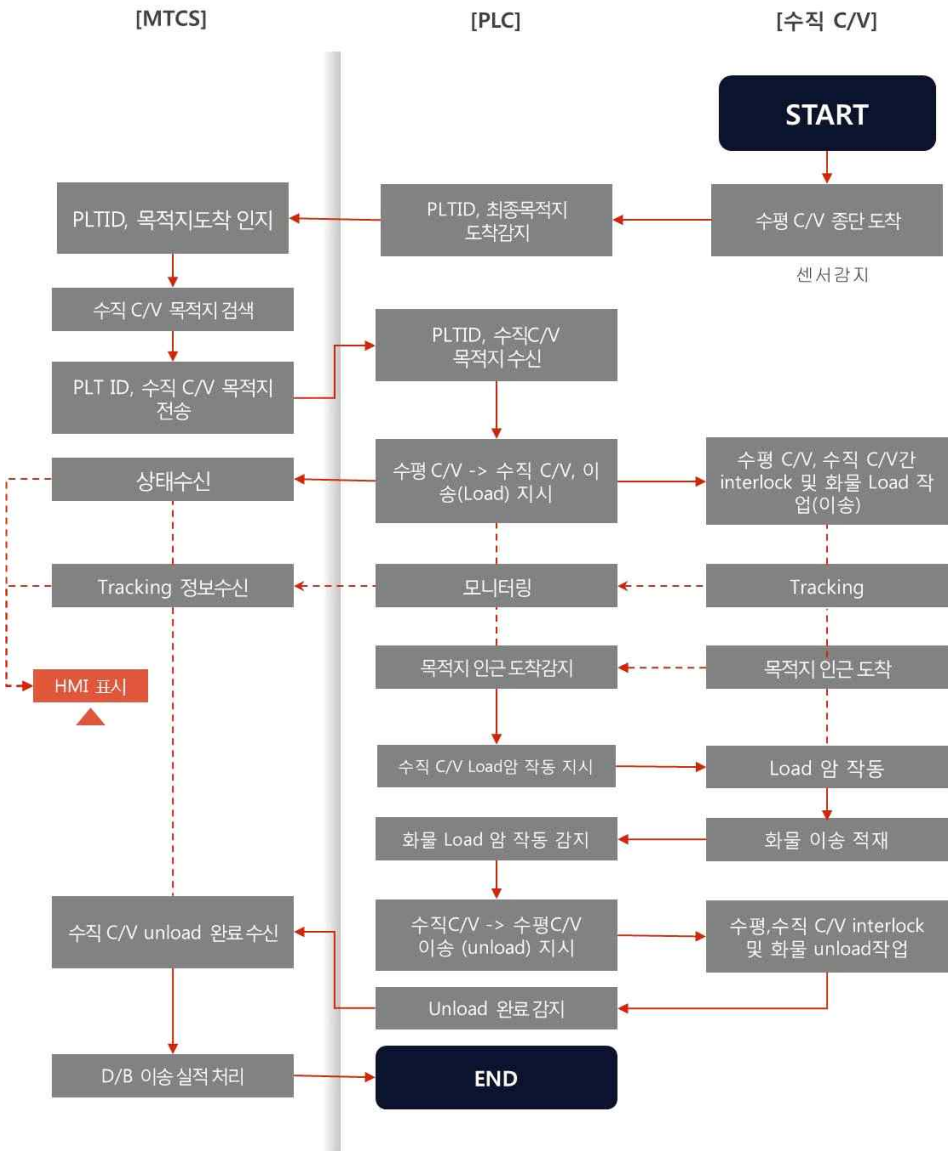
[도표 3.39] 전체 시스템 구성도

(나) 시스템 업무 흐름도

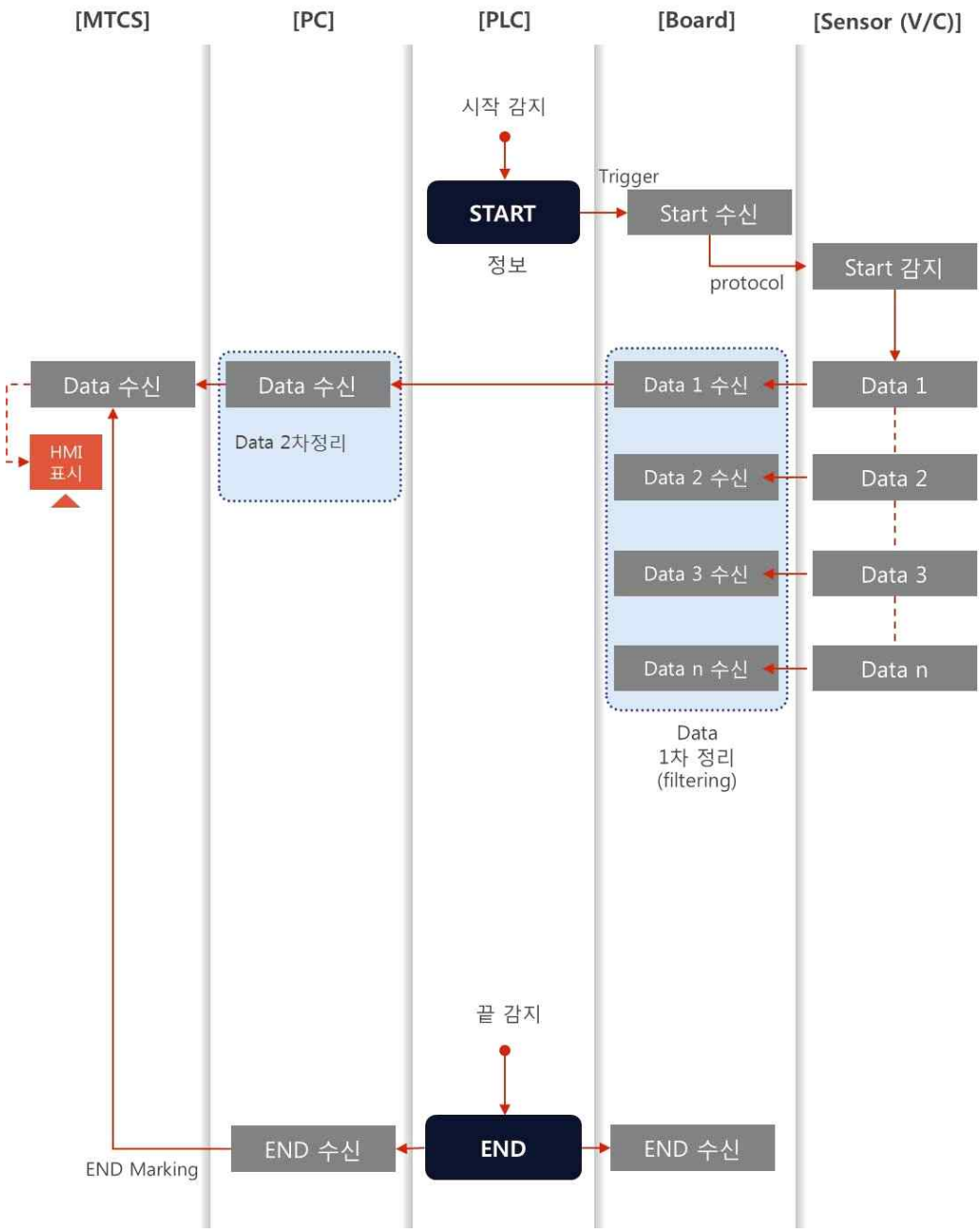
- 아래 그림은 수평 컨베이어 시스템 업무 흐름을 나타냄



- 아래 그림은 수직 컨베이어 시스템 업무 흐름을 나타냄



- 아래 그림은 볼륨체커 시스템 업무 흐름을 나타냄

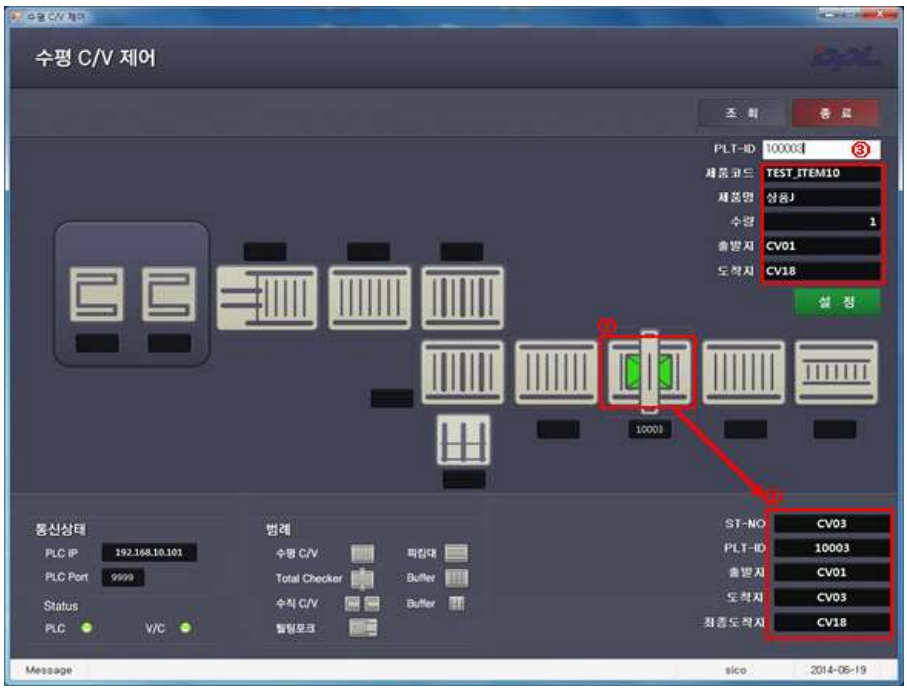


(다) 시제품

- 다층형 화물 이송시스템의 운영관리를 위한 것으로 화물의 위치, 적재가능 여부, 에러상황 파악 등을 설비와 작업자가 판단이 가능함

○ 수평 컨베이어 프로그램

- 아래 그림은 수평 C/V의 제어 및 상태정보를 표시하는 화면으로 복수형태의 화물이송이 가능하며, 화물량이 많을 경우 버퍼에 임시 적치함
- 이송화물이 해당 스테이션에 존재하는 경우 아래 그림의 ① 같은 이미지가 생성됨
- 화물이 이송된 위치에 따라 이미지 위치도 변경됨
- 각 스테이션을 선택하면 ② 에 해당 스테이션에 대한 간략한 정보가 표시됨
- ③ 이송 예정수신을 받은 PLT-ID 입력하여 수동으로 작업지시도 가능함



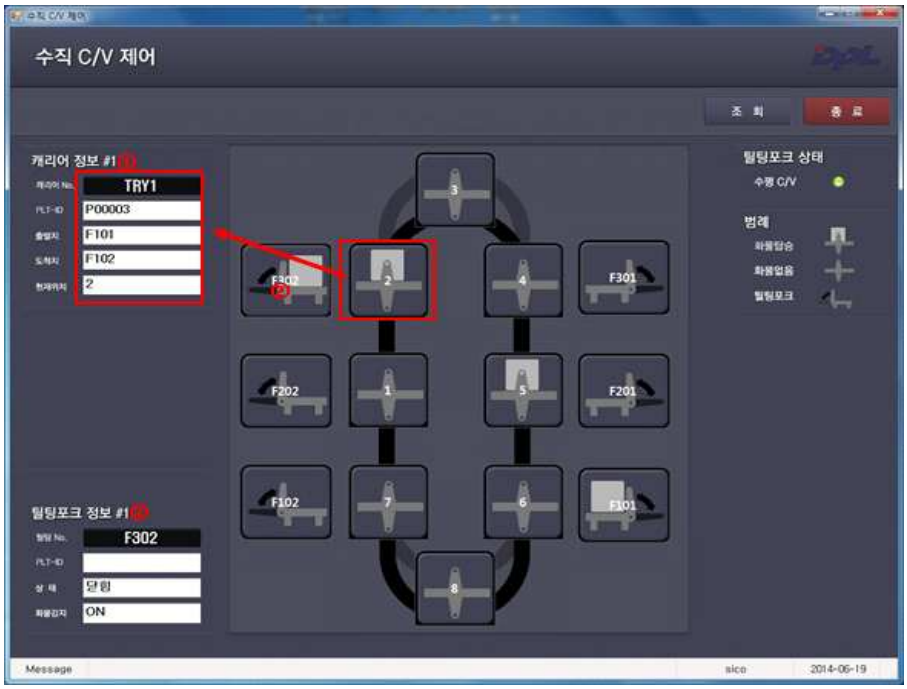
[도표 3.40] 수평 C/V 프로그램

○ 수직 컨베이어 프로그램

- 아래 그림은 수직 C/V의 제어 및 상태정보를 표시하는 화면으로 화물의 정지 없이 이송하는 수직 컨베이어로, 로드암의 위치를 파악하여 화면에 표기 및

에러위치를 상세히 표현함

- ① 은 캐리어#1의 이송정보를 표기해 줌
- ② 은 틸팅포크의 작업정보 및 상태정보를 실시간으로 표기해 줌



[도표 3.41] 수직 C/V 프로그램

바. 다층형 화물이송시스템 통합 제어기술

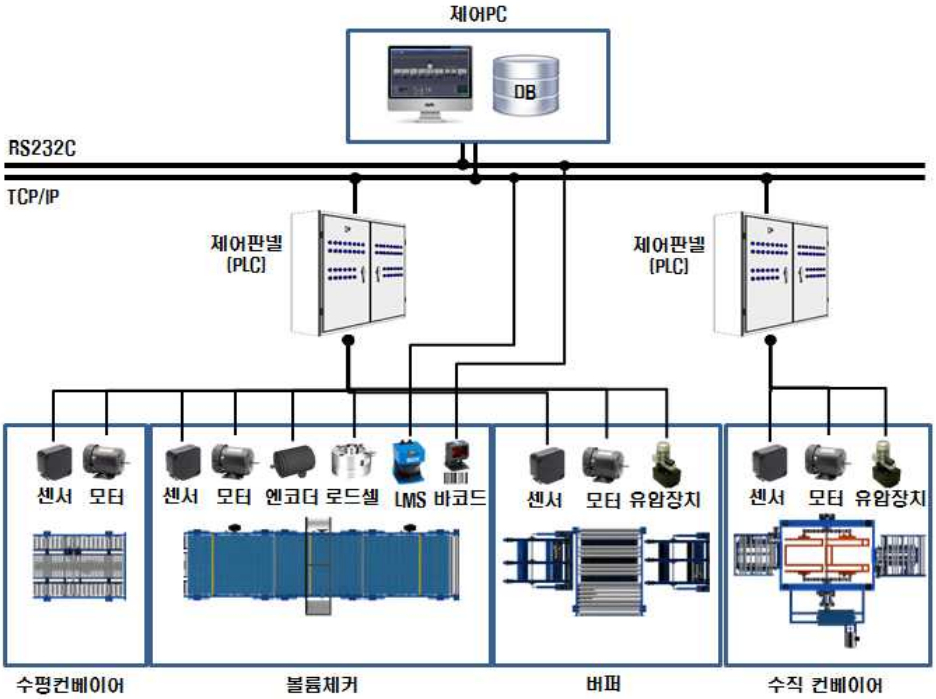
(1) 기술정의 및 차별성

- 다층형 화물이송시스템 구성 장비들을 상위시스템 작업지시, 장비상태, 작업상황과 연계하여 제어함
- 화물 이송 시스템을 구성하는 수평/수직이송, Volume Checker, 가변형 버퍼 기기들의 제어와 모니터링을 위한 통합 제어 시스템 및 정보 시스템과의 효율적 인터페이스의 편의성을 제공함
- 복합적인 기능으로 단층에서 이행되는 수평화물이송 및 다층화물 이송을 위한 수직이송, 화물의 중량만 측정하는 단순 체커가 아닌 화물의 부피도 측정하는 볼륨 체커기를 사용하여 화물을 입체모형을 산출하여 작업자가 화물을 상태를 프로그램으로 실시간 감시하여 화물이송작업에 대한 작업 신뢰성을 제공함
- 시스템이 반자동으로 이송작업을 수행하며 프로그램 사용자는 간단한 조작만으로도 작업수행을 할 수 있고, 프로그램 모니터링을 통해 전체작업진행을 실시간으로 감시가 가능함

(2) 연구성과

(가) 제어구성도

- 아래 그림은 다층형 화물이송시스템 통합 제어시스템 구성도을 나타냄



[도표 3.42] 다층형 화물이송시스템 통합 제어 시스템 구성도

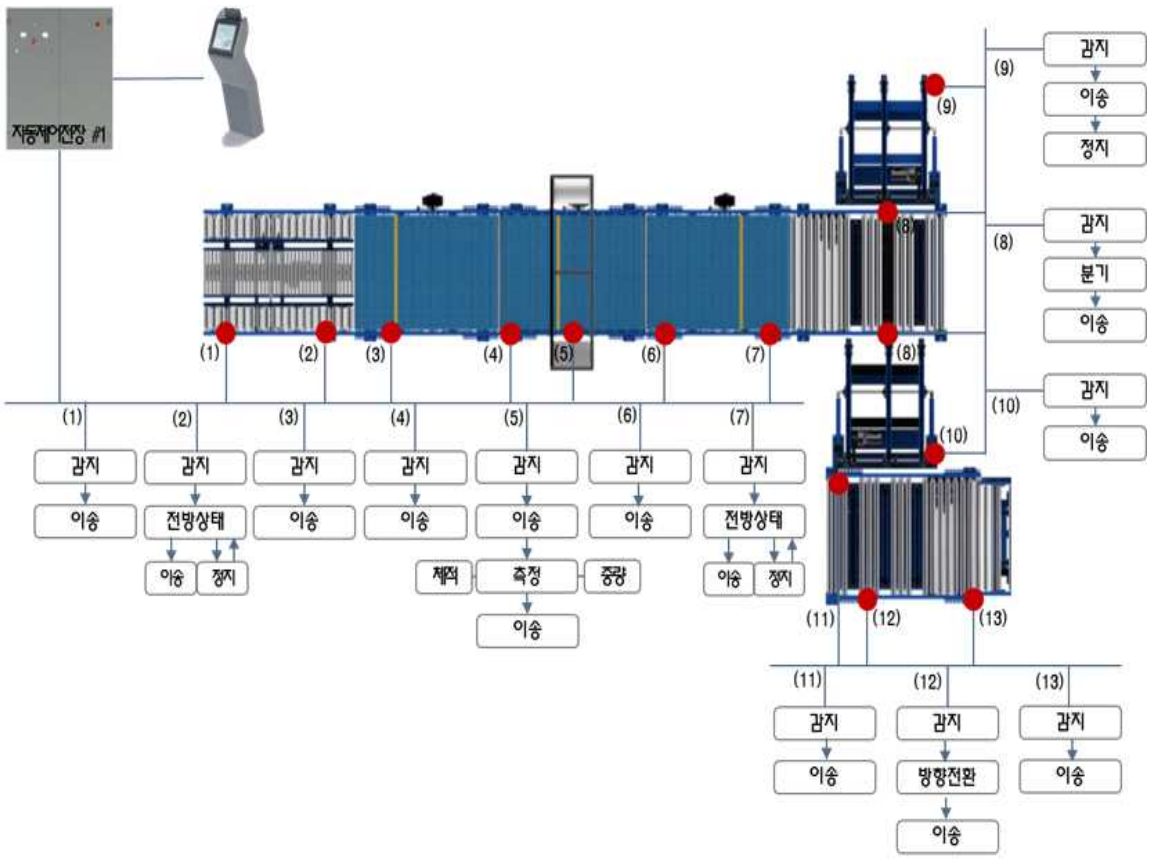
구분	제어항목	감시, 측정 항목	기록
수평컨베이어	1) 구동모터 기동/정지 제어	1) 화물 감지	1) 화물정보 기록
볼륨체커	1) 구동모터 기동/정지 제어 2) 측정센서 측정 시작/정지	1) 화물감지 2) 화물 외곽면 측정 3) 화물중량 측정 4) 이송속도 측정	1) 외곽면 측정치 기록 2) 중량 측정치 기록 3) 속도 측정치 기록 4) 화물 위치
버퍼	1) 구동모터 기동/정지 제어 2) 측정센서 측정 시작/정지 3) 게이트부 상승/하강 유압밸브 제어	1) 화물감지 2) 디버터부 상승/하강위치 측정 3) 게이트부 상승/하강위치 측정	1) 화물 위치
수직컨베이어	1) 수직이송모터 기동/정지 2) 진출입 컨베이어 구동모터 기동/정지 3) 틸팅포크 접힘/펼침 유압밸브 제어 4) 틸팅포크 구동모터 기동/정지	1) 화물감지 2) 틸팅포크 접힘/펼침 측정	1) 화물 위치

- 위의 표는 다층형 화물이송시스템을 구성하는 주요 장비의 구동을 위한 주요

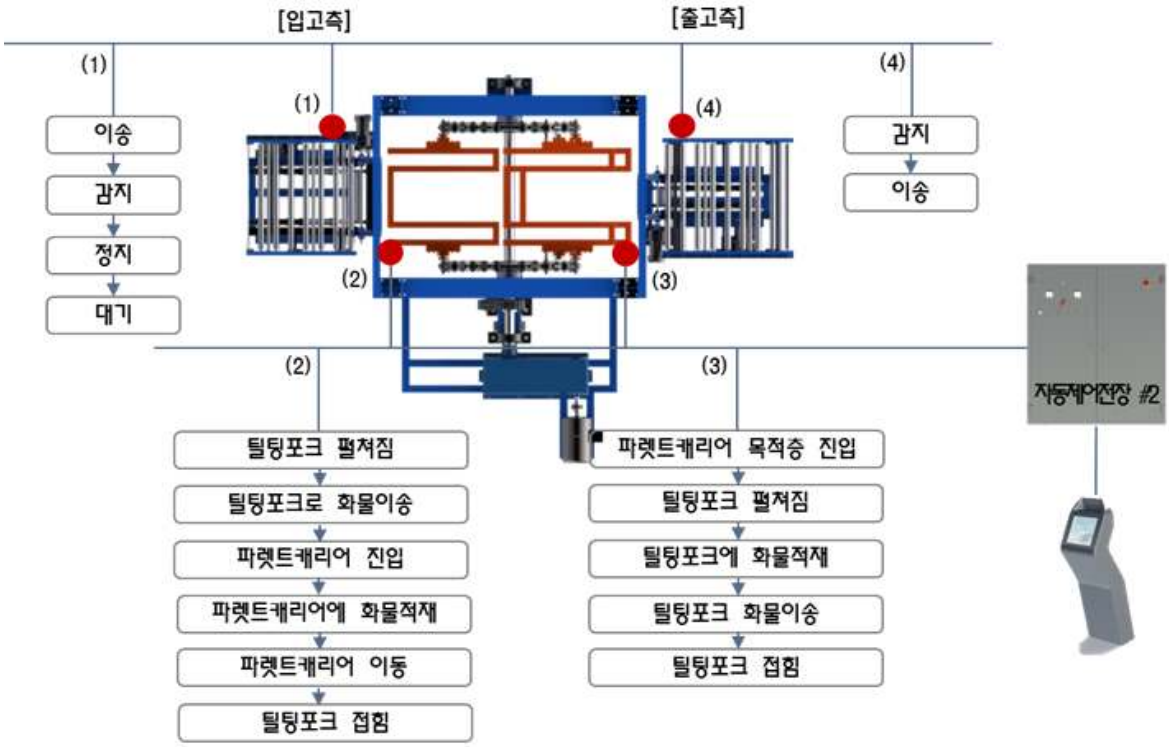
제어항목을 나타내고 있으며 통합 제어에서는 이러한 개별 장비의 제어를 화물 정보 및 화물 이송 상태를 기초로 서로 연계하여 이송이 이루어지도록 함

(나) 제어 흐름도

- 아래 그림은 수평, 볼륨체커, 버퍼의 순서로 구성된 수평부분의 화물이송라인에 대한 제어 흐름도를 나타냄
- 각 장비는 화물 감지 여부에 따라 구동을 하며 화물 이송 정보를 이용하여 전방 라인에 화물이 체류하고 있으면 구동을 정지하고 화물 정보 및 화물 상태에 따라 화물의 이송을 계속하거나 이송라인에서 제외함

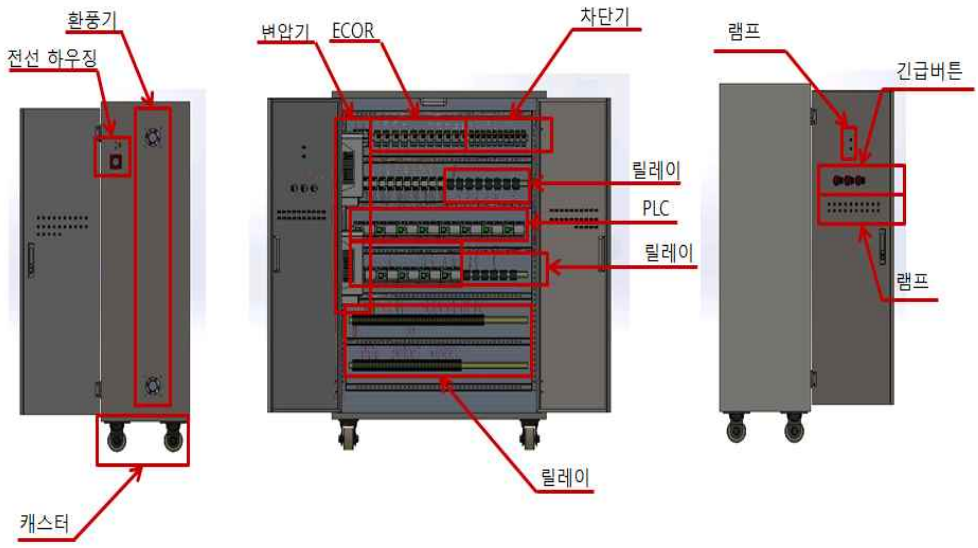


- 아래 그림은 화물의 수직이송을 위한 수직 컨베이어의 제어 흐름도를 나타냄
- 수직 컨베이어는 화물 정보와 목적지층의 화물 이송 상태에 따라 진출입 컨베이어 및 틸팅 포크를 제어하여 수평라인으로부터 투입되는 화물을 목적지층으로 연속적으로 수직 이송할 수 있도록 통합 제어됨



(다) 제어 판넬

- 아래 그림은 제어판넬의 형태 및 주요파트를 나타냄



1. 환풍기: 내부 열기 및 먼지 제거
2. 전선하우징: 전기 피복 보호
3. 캐스터: 제어판넬 이동용 캐스터
4. 변압기: AC를 DC로 변경
5. EOCR: 일정 전압으로 관리
6. 차단기: 전압 과부하 및 역 전류시 전원 차단
7. 릴레이: 회로 차단 개방 장치(PLC에서 신호를 받음)
8. PLC: 센서류 및 구동장치 제어
9. 램프: 경고등 및 가동 등 시각적 출력 장치
10. 긴급버튼: 모든 신호 정지 및 위험 감지 시 장비 작동 정지

사. 테스트베드

(1) 기술정의 및 차별성

- 연구개발품의 성능 측정과 개선을 위해 사용자 환경을 고려하여 구축한 가상의 시험공간을 의미함
- 구체적으로 다층형 물류환경(중 3층)과 여기에 적합한 스케일의 시제품을 제작하여, 실용화 위한 도입시 가이드라인 설정, 제품의 기능과 안정성의 보완, 그리고 이를 종합한 성능측정 등을 위한 공간으로 정의하였음

(2) 연구성과

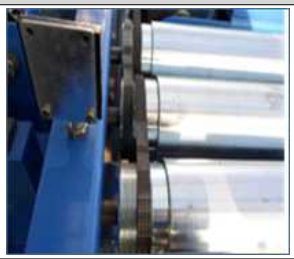
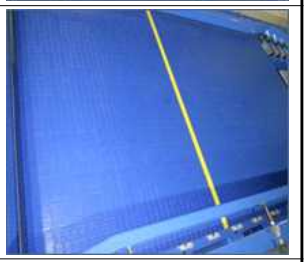
- 테스트베드 설치완료보고서
- 다층형 화물이송시스템의 성능 측정 및 개선을 위한 시험공간을 구축하여 도입시 가이드라인 설정, 제품의 기능과 안정성 보완, 이를 종합한 성능측정 등을 수행함
- 기능적으로 소음・진동, 체인 및 속도를 측정, 안전설계를 재검증하여, 설치 가이드라인 자료 제공과 화물 유형에 따른 투입인력 및 하역기기를 검토함

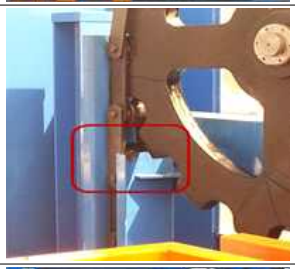


[도표 3.43] 테스트베드 외관

아. 테스트베드 운영결과보고서

- 수평 및 연속식 수직 컨베이어와 볼륨체커, 버퍼 라인 사용 시 안전사고를 방지하기 위한 사전 검토 및 조치를 취함
- 운영결과를 통해서 안전 및 구조적 문제 등을 파악하고 보완함

구분	내용	변경전	변경후
안전	동력전달부 안전커버 설치		
안전	안전을 위한 볼트 마감처리		
성능	화물의 체적과 정보인식을 위한 컨베이어 타입 교체 (롤러타입 -> 벨트타입)		
안전	구동부(모터)에 커버 설치		
안전	게이트 컨베이어에 안전커버 설치		

성능	화물의 정확한 정지를 위한 센서조정 및 인버터 설치로 딜레이시간 조정		
안전	회전체 주의에 안정망 설치		
안전	팔레트 캐리어에 올려진 화물이 넘어져지 않도록 고무패드 부착		
구조	팔레트 캐리어의 궤도유지를 위한 가이드 레일 진입부 구조변경		
안전	팔레트 캐리어 보다 화물이 넘어가는 것을 방지하기 위한 펜스 프레임 설치		

[도표 3.44] 테스트베드 운영 조치사항

제 목 차 례

제1장 연구의 개요 ····· 3

제1절 연구의 배경 및 목적 ····· 3
제2절 연구의 범위 ····· 16
제3절 성과지표 설정 ····· 31

제2장 국내외 기술개발현황 ····· 43

제1절 국내 기술 및 산업 동향 ····· 43
제2절 국외 기술 및 산업 동향 ····· 53
제3절 특허동향 ····· 69
제4절 기술개발현황 종합 ····· 87

제3장 최종 연구성과 및 적용실적 ····· 95

제1절 연구내용 및 성과 ····· 95
제2절 기술 적용사례 ····· 209

제4장 연구목표 달성 및 효과 ····· 239

제1절 연구개발 최종목표 달성도 ····· 239
제2절 연구개발 성과의 효과분석 ····· 290

제5장 연구성과활용 및 추가연구 필요성 ····· 307

제1절 연구성과의 활용계획 ····· 307
제2절 추가연구 필요성 ····· 313

<도 표 차 례>

[도표 1.1] 3Way fork의 개발 배경 ····· 4
[도표 1.2] 사용자정의 통합형 차량제어 시스템 ····· 5
[도표 1.3] 다층형 물류센터의 분류 ····· 12
[도표 1.4] 1.5톤용 삼방향 포크 예시 ····· 16
[도표 1.5] 이중적재 무인지게차 컨셉 ····· 17
[도표 1.6] 하부 막힘형(위), 개방형(아래) 파렛트 ····· 18
[도표 1.7] 제어 기술의 구조 ····· 18
[도표 1.8] Concept ····· 22
[도표 1.9] 고단적재형 무인지게차 트래픽 회피 스케쥴 관리기술 ····· 22
[도표 1.10] 트래픽관리 개념도 ····· 23
[도표 1.11] 성과 Road Map ····· 25
[도표 1.12] 단계별 개발목표 ····· 26
[도표 1.13] 다층형 화물이송장비군 목표이미지와 성능목표 ····· 26
[도표 1.14] 다층형 화물이송시스템 소프트웨어 목표이미지 ····· 27
[도표 1.15] 테스트베드 목표이미지 ····· 28
[도표 1.16] 성과 지표 ····· 31
[도표 1.17] 고단적재무인지게차 연차별 성과목표 ····· 33
[도표 1.18]고단적재무인지게차 성과지표 ····· 34
[도표 1.19] 결합측정 분석결과 요약 ····· 39
[도표 1.20] 군집분석 결과요약 ····· 40
[도표 2.1] 융하인리히사 1.2톤용 삼방향 포크 지게차 ····· 43
[도표 2.2] (주)금성자동화의 AGV ····· 44
[도표 2.3] WONAGV의 무인운반차(AGV) ····· 44
[도표 2.4] 3D 선박모니터링시스템(3DVMS) ····· 45
[도표 2.5] KAIST 권인소 교수팀의 위치인식용 인공표시 ····· 46
[도표 2.6] 고려대 송재복 교수팀의 세선화 기법 ····· 47
[도표 2.7] 포항공대 정완균 교수팀의 위치 보정기술 ····· 47
[도표 2.8] 국내 물류관련 주요 기술보유 및 연구기관 ····· 51
[도표 2.9] 국내 주요 이송장치 개발 기업 ····· 52
[도표 2.10] 2009년 국내 이송장치 관련 산업통계 ····· 52

[도표 2.11] 융하인리히 삼방향 포크 지게차 ····· 53
[도표 2.12] 린데 삼방향 포크 지게차 ····· 54
[도표 2.13] 니찌유 삼방향 포크 지게차 ····· 54
[도표 2.14]크라운 삼방향 포크 지게차 ····· 55
[도표 2.15] AGV Electronics AB社의 ACE 2000 SDK ····· 56
[도표 2.16] Egemin 사의 Automatic Battery Swap for AGV System ····· 56
[도표 2.17] 운항효율 모니터링 시스템 ····· 57
[도표 2.18] 미국 MIT 대학의 SLAM 연구 결과 ····· 57
[도표 2.19] MIT J.Leonard 교수팀의 SLAM 연구 결과 ····· 58
[도표 2.20] 독일 Freiburg 대학의 SLAM 전/후 지도 ····· 58
[도표 2.21] Sydney 대학의 실외 나무들을 이용한 SLAM ····· 59
[도표 2.22] CMU의 H. Choset 교수의 topological SLAM ····· 59
[도표 2.23] CMU의 S.Thrun 교수의 SLAM 영상 ····· 60
[도표 2.24] 컨테이너 터미널의 레이아웃 ····· 62
[도표 2.25] 자동화 기기 출하시장 ····· 63
[도표 2.26] 팔레타이저 자동화 시장 추이 ····· 63
[도표 2.27]무인운반차량 주요 수요처 ····· 64
[도표 2.28] 2010 Global Industry Analysts-SYSTEM SUPPLIER ····· 67
[도표 2.29] Logistics Automation 관련 해외 주요 기관 현황 ····· 68
[도표 2.30] 한국 특허 동향 ····· 69
[도표 2.31] 일본 특허 동향 ····· 69
[도표 2.32] 이송장비 관련 전체 특허의 연도별 특허 출원 현황 ····· 72
[도표 2.33] 수직형 컨베이어 기술 특허의 연도별 출원 현황 ····· 73
[도표 2.34] 이송장비 관련 세부기술 특허의 연도별 출원 현황 ····· 74
[도표 2.35] 이송장비 관련 세부기술 특허의 국가별 특허 출원 현황 ····· 75
[도표 2.36] 이송장비 관련 10개 상위출원인의 연도별 특허 출원 현황 ····· 76
[도표 2.37] 이송장비 관련 전체 특허의 출원인별 특허 출원 현황 ····· 76
[도표 2.38] 수직형 이송시스템 기술 특허의 상위 출원인별 특허 출원 현황 ····· 77
[도표 2.39] 수평형 이송 시스템기술 특허의 상위 출원인별 특허 출원 현황 ····· 78
[도표 2.40] 특허검색 소스, 구간, 범위 ····· 79
[도표 2.41] 다층형 화물이송시스템의 OS메트릭스 분석결과 ····· 80
[도표 2.42] 연속식 수직컨베이어 관련 특허기술 개발 내용 ····· 81
[도표 2.43] 연도별 WCS 관련기술의 개발동향 ····· 84

[도표 2.44] 삼방향 포크기술 및 이중적재 기술의 특장점 비교 ····· 87
[도표 2.45] 개발모델의 출시가격 및 해외 모델과의 비교 ····· 87
[도표 2.46] IT융합형 로봇시스템 구조 예시 ····· 88
[도표 2.47] AGV의 적용 사례 ····· 88
[도표 2.48] SLAM기술 개발 현황 ····· 89
[도표 2.49] 대기 전략 원칙 3가지 ····· 89
[도표 2.50] 경로 재배치 ····· 90
[도표 3.1] 포크 회전시 회전 모멘트 및 마찰 ····· 95
[도표 3.2] 포크 회전시 변화하는 거리 및 슬라이딩시 걸리는 하중 부분 ····· 95
[도표 3.3] 포크에 화물이 적재될시 포크 처짐 현상 ····· 96
[도표 3.4] 측면하중으로 인한 마스트 휘는 현상 개념도 ····· 96
[도표 3.5] 이중적재 운영 개념도 ····· 97
[도표 3.6] 정면 ····· 97
[도표 3.7] 측면 전복 ····· 97
[도표 3.8] 엔스퀘어의 테스트를 위한 무인차량 ····· 98
[도표 3.9] 차량제어시스템의 Layered Architecture ····· 100
[도표 3.10] 배터리 교환 시스템의 평면 구성 ····· 102
[도표 3.11] 배터리 교환 시스템 설계 ····· 102
[도표 3.12] 지게차 배터리(납축전지)의 충방전 특성 그래프(출처:글로벌파워㈜) 104
[도표 3.13] AGV1 에 대한 회귀 공식 도출 Y= 0.903*X + 3.51 ····· 105
[도표 3.14] AGV2 에 대한 회귀 공식 도출 Y= 0.921*X + 2.85 ····· 105
[도표 3.15] Overview of the SLAM process ····· 107
[도표 3.16] Positioning process using SLAM ····· 107
[도표 3.17] 최종 파렛트 인식 모듈 ····· 109
[도표 3.18] 파렛트 인식 소프트웨어 ····· 109
[도표 3.19] 인식 성능검증 프로그램 ····· 110
[도표 3.20] 파렛트 인식 결과 ····· 110
[도표 3.21] 파렛트 중앙점 추적 및 포킹 위치 검출 ····· 111
[도표 3.22] 근접센서 ····· 111
[도표 3.23] 랙인식 모듈 회로도 ····· 112
[도표 3.24] 랙인식 모듈 ····· 112
[도표 3.25] RFID 모듈의 전면부 ····· 113
[도표 3.26] 인식 각도, 거리, 인식율 측정 결과 ····· 113

[도표 3.27] 랙 정보 ····· 114
[도표 3.28] 랙 인식 모듈 실험 환경 ····· 114
[도표 3.29] 출력에 따른 인식율(100mm~160mm) ····· 114
[도표 3.30] 출력에 따른 인식율(160mm~250mm) ····· 115
[도표 3.31] 삼방향 포크용 마스터부 설계도면 ····· 116
[도표 3.32] 삼방향 포크부 설계도면 ····· 116
[도표 3.33] 구조 해석 유한요소 모델 ····· 117
[도표 3.34] 구조 해석 유한요소 모델 (Rigid Element) ····· 117
[도표 3.35] 구조 해석 유한요소 모델 (Chain Model) ····· 118
[도표 3.36] 삼방향 포크(3-Way Fork) 구조해석 결과 ····· 118
[도표 3.37] 3-Way Fork Ass's (Case 1) ····· 119
[도표 3.38] 3-Way Fork Ass's (Case 2) ····· 119
[도표 3.39] 삼방향 포크 구성 동작 구성도 ····· 120
[도표 3.40] 삼방향 포크 운영 시나리오 정의도 ····· 120
[도표 3.41] 3차년도 삼방향 포크 시제품 ····· 121
[도표 3.42] 이중적재용 마스트부 및 포크부 설계도면 ····· 121
[도표 3.43] 통합차량 바디부 설계도면 ····· 122
[도표 3.44] 통합차량 주행부 설계도면 ····· 122
[도표 3.45] 이중형태의 로드 휠 설계도면 ····· 122
[도표 3.46] 통합차량 구동부 설계도면 ····· 123
[도표 3.47] 통합차량 전장부 설계도면 ····· 123
[도표 3.48] 통합차량 유압회로 설계도면 ····· 124
[도표 3.49] 구조 해석 유한요소 모델 - Lift Assy 1.5Ton ····· 124
[도표 3.50] 동특성 해석을 위핸 컨셉 동작 시뮬레이션 ····· 125
[도표 3.51] 저단 마스트 Ass'y ····· 125
[도표 3.52] 동특성 해석을 위한 컨셉 동작 시뮬레이션 ····· 126
[도표 3.53] 컨셉 동작 시뮬레이션 중 포크위치 변화 ····· 127
[도표 3.54] 포크 위치 변화에 따른 무게 중심의 변화 ····· 127
[도표 3.55] 저단 마스트 및 메인 마스트 ····· 127
[도표 3.56] 메인 마스트 지지대 ····· 128
[도표 3.57] 자동 전장 공간 ····· 128
[도표 3.58] 배터리함 및 배터리 클램프 ····· 129
[도표 3.59] 자동충전용 배터리 커넥터 장착 ····· 129

[도표 3.60] 센서 장착 및 센서 보호용 브라켓(후면) ····· 129
[도표 3.61] 포크 좌/우 슬라이딩시 하중을 지탱할 이중형태의 로드휠 ····· 130
[도표 3.62] 차량제어프로그램의 실행 직후 ····· 130
[도표 3.63] 차량제어의 Configurable Architecture ····· 131
[도표 3.64] vCommander의 기본 구성 Class ····· 132
[도표 3.65] 차량제어 시스템의 아키텍처 ····· 133
[도표 3.66] 통합형 차량제어시스템 vCommander ····· 133
[도표 3.67] 배터리 교환 시스템의 제어 구성 ····· 134
[도표 3.68] 배터리 교환 시스템 기구 ····· 134
[도표 3.69] 배터리교 과환 시스템의 제어용 프로그램 ····· 135
[도표 3.70] 에너지 관리 프로그램 실행 결과 ····· 135
[도표 3.71] 소비에너지 통계 정보 프로그램 ····· 136
[도표 3.72] 통합관리 시스템의 구성 ····· 137
[도표 3.73] 통합관리프로그램 실행화면(1) ····· 137
[도표 3.74] 통합관리프로그램 실행화면(2) ····· 138
[도표 3.75] 무인지게차 통합관리시스템 설계서 ····· 138
[도표 3.76] Spike Landmark ····· 139
[도표 3.77] Experimental result for path tracking ····· 140
[도표 3.78] Position output from experiment, ····· 140
[도표 3.79] Position output error in local coordinate from experiment, ····· 141
[도표 3.80] Position output from experiment, ····· 142
[도표 3.81] Position output error in local coordinate from experiment ····· 142
[도표 3.82] 실제 정지오차 값 ····· 143
[도표 3.83] 파렛트 홀 인식 실험 결과 ····· 143
[도표 3.84] 파렛트 인식 실험 결과 ····· 144
[도표 3.85] 데이터 추출 ····· 144
[도표 3.86] 모듈 및 카메라 설치 ····· 145
[도표 3.87] 통합 테스트 ····· 145
[도표 3.88] 발생원인 ····· 145
[도표 3.89] AGV 작업 상태 ····· 146
[도표 3.90] AGV 트래픽 밀도 산출 예시 ····· 146
[도표 3.91] AGV 2 예측 대기시간 ····· 146
[도표 3.92] 회피 전략 시행시 대기시간 ····· 147

[도표 3.93] 전략 미시행시 대기시간 ····· 147
[도표 3.94] 스케쥴 관리시의 대기시간 ····· 147
[도표 3.95] 파렛트 상자 겸용 컨베이어 ····· 150
[도표 3.96] 파렛트 상자 겸용 컨베이어 운송부재 및 지지부 ····· 150
[도표 3.97] 편측 구동방식 및 중앙구동 방식 ····· 151
[도표 3.98] 수평컨베이어 구조해석 Modeling ····· 152
[도표 3.99] 수평컨베이어 하중 Modeling ····· 153
[도표 3.100] 경계조건(볼트결합부) ····· 153
[도표 3.101] 처짐(최대처짐: 0.13cm) ····· 154
[도표 3.102] 응력분포도(최대응력: 0.55ton/㎠) ····· 154
[도표 3.103] 수평컨베이어 구조해석 결과(최대응력) ····· 155
[도표 3.104] 수평컨베이어 구조해석 결과(최대처짐) ····· 155
[도표 3.105] 수평컨베이어 시제품 ····· 157
[도표 3.106] 다층형 연속식 수직컨베이어 정면도 ····· 160
[도표 3.107] 수직컨베이어 이송모드 형식 ····· 161
[도표 3.108] Modeling Structure ····· 161
[도표 3.109] 사용부재와 단면계수 ····· 162
[도표 3.110] 하중 (Load Condition) ····· 162
[도표 3.111] 경계조건 (Boundary Condition) ····· 163
[도표 3.112] 처짐(Deflection) ····· 163
[도표 3.113] 응력 분포도 (Stress Distribution) ····· 164
[도표 3.114] Code Check (by AISC) ····· 164
[도표 3.115] 수직컨베이어 구조해석 결과(최대응력) ····· 165
[도표 3.116] 수직컨베이어 구조해석 결과(최대처짐) ····· 165
[도표 3.117] Modeling Structure ····· 166
[도표 3.118] 하중 (Load Condition) ····· 167
[도표 3.119] 경계조건(양쪽 가이드 프레임 핀에 구속) ····· 167
[도표 3.120] 처짐(최대변위 : 0.03㎝) ····· 168
[도표 3.121] 응력분포도(최대응력 : 0.558 ton/㎠) ····· 168
[도표 3.122] 응력분포도(최대응력 : 0.783 ton/㎠) ····· 169
[도표 1.123] 팔레트 구조해석 결과(최대응력) ····· 169
[도표 3.124] 팔레트 구조해석 결과(최대처짐) ····· 169
[도표 3.125] Modeling Structure ····· 171

[도표 3.126] 하중(스프로킷 축에 직접 하중) ····· 171
[도표 3.127] 처짐(최대처짐 : 0.95㎝) ····· 171
[도표 3.128] 응력분포도(최대응력 : 1.72ton/㎠) ····· 172
[도표 3.129] 틸팅 포크 구조해석 결과(최대응력) ····· 172
[도표 3.130] 틸팅포크 구조해석 결과(최대처짐) ····· 172
[도표 3.131] 수직컨베이어 3차년도 시제품 ····· 175
[도표 3.132] 볼륨체커 상부 구조해석 Modeling ····· 178
[도표 3.133] 볼륨체커 상부 하중 Modeling ····· 178
[도표 3.134] LOAD CELL 4지 지점:fixed ····· 179
[도표 3.135] 처짐(최대처짐:0.22cm) ····· 179
[도표 3.136] 응력 분포도(최대응력:0.73ton/㎠) ····· 179
[도표 3.137] 볼륨체커 구조해석 결과(최대응력) ····· 180
[도표 3.138] 볼륨체커 구조해석 결과(최대처짐) ····· 180
[도표 3.139] 볼륨체커 3차년도 시제품 ····· 181
[도표 3.140] 가변형 버퍼의 구조 ····· 185
[도표 3.141] 가변형 버퍼의 구동방식 ····· 185
[도표 3.142] 게이트 Modeling Structure ····· 186
[도표 3.143] 게이트 하중(Main Frame) ····· 187
[도표 3.144] 경계조건(볼트결합부 6개소) ····· 187
[도표 3.145] 처짐(최대변위:0.02cm) ····· 187
[도표 3.146] 응력분포도(최대응력:0.042ton/㎠) ····· 188
[도표 3.147] 게이트 구조해석 결과(최대응력) ····· 188
[도표 3.148] 게이트 구조해석 결과(최대처짐) ····· 188
[도표 3.149] 디버팅 Modeling Structure ····· 189
[도표 3.150] 하중(Main Frame 분포하중) ····· 190
[도표 3.151] 경계조건(볼트 결합부 6개소) ····· 190
[도표 3.152] 처짐(최대변위:0.08cm) ····· 191
[도표 3.153] 응력분포도(최대응력:0.064 ton/㎠) ····· 191
[도표 3.154] 디버터 구조해석 결과(최대응력) ····· 191
[도표 3.155] 디버터 구조해석 결과(최대처짐) ····· 192
[도표 3.156] 가변형 버퍼 3차년도 시제품 ····· 194
[도표 3.157] 전체 시스템 구성도 ····· 195
[도표 3.158] 수평 C/V 프로그램 ····· 199

[도표 3.159] 수직 C/V 프로그램 ····· 200
[도표 3.160] 다층형 화물이송시스템 통합 제어 시스템 구성도 ····· 202
[도표 3.161] 테스트베드 외관 ····· 206
[도표 3.162] 테스트베드 운영 조치사항 ····· 207
[도표 3.163]시험평가 인증서 ····· 228
[도표 3.164] 기술이전 계약서(부경대, 엔스퀘어) ····· 228
[도표 3.165] 기술이전계약서(해양대, 엔스퀘어) ····· 228
[도표 3.166]기술 사업화 현황 ····· 229
[도표 3.167] 검사내용 개요 ····· 235
[도표 3.168] 세부 검사내용 ····· 236
[도표 4.1] 시험평가 결과 인증서를 통한 질적 성과표 ····· 288
[도표 4.2] 램프웨이 공간활용 개념도 ····· 301
[도표 4.3] 시뮬레이션 입력 파라메타 ····· 302
[도표 4.4] 시뮬레이션 output ····· 302
[도표 4.5] 시뮬레이션 구동화면 ····· 302
[도표 5.1] 연차별 시제품 활용계획 ····· 307
[도표 5.2] 클라크 지게차에 삼방향 포크를 장착한 모습 ····· 308
[도표 5.3]구동부 목형 사진 (1) ····· 308
[도표 5.4] 구동부 목형 사진 (2) ····· 308
[도표 5.5] 구동부 목형 사진 (3) ····· 309
[도표 5.6] 구동부 목형 사진 (4) ····· 309

제 1 장 연구의 개요

제1절 연구의 배경 및 목적

제2절 연구의 범위

제3절 성과지표 설정

제1장 연구의 개요

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 고단적재 무인지게차 시스템

가. 연구배경

(1) 생산성 향상 및 에너지 고효율화 추세

○ 본 연구는 미래 산업의 발달로 인하여, 물류분야의 다품종소량 화물의 다빈도 처리가 요구되며, 이로서 서비스율의 고도화에 따른 물류센터에서의 신속한 하역·이송처리가 필요

○ 다품종화물에 대한 물류센터의 유연한 화물처리 및 이송시스템이 필요

○ 물류센터에서의 화물 하역·이송 처리시, 화물의 안전성을 높이며 화물의 처리 정보의 실시간 전송 및 현황 파악 필요

○ 물류센터내의 주된 작업시간 및 비용이 요구되는 하역·이송 분야의 자동화로 인하여 인건비 및 운영비의 획기적 절감 필요

○ 물류센터내의 단순한 이송의 자동화를 통한 사고예방 및 신뢰성을 지닌 서비스 제공

○ 녹색성장시대에 부응하는 녹색 물류기술 개발 및 응용을 통한 물류센터내의 효율적인 운영관리를 통한 물류비용 절감 필요

○ 에너지 고효율화에 대비한 물류센터의 단위화물 처리당 에너지 소비량의 최소화에 대한 관리 및 운영을 행하는 시스템 개발 필요

○ 녹색물류기술의 응용 및 상용화를 통한 선진 외국기업으로부터의 물류센터의

운영관리시스템의 진입 방어 및 이에 대한 국내 기술경쟁력 확보 필요

○ 물류센터에서의 다품종소량 화물의 다빈도 처리시의 물류센터에서의 효율적인 운영 관리를 하는 지능화된 시스템 필요

○ 외국 수입에 의존하는 첨단 보관시설 및 분류장비에 대한 국산화 개발로서, 기술비용의 해외유출 방지 및 A/S 대응 신속화 필요

○ 일반적인 물류창고에서 랙 작업을 하는 리치형태의 지게차는 정면으로만 작업을 하기 때문에 랙 사이 간격이 2.6m가 필요하므로 수용할 수 있는 양이 현저하게 줄어듦

○ 위와 같은 현상으로 인하여 국내외 전문 물류업체에서는 동일한 공간에서 수용가능한 화물의 양을 증대시키기 위하여 삼방향 포크를 도입하고 있는 추세임



[도표 1.1] 3Way fork의 개발 배경

(2) 작업자 편의를 위한 통합관리 및 제어의 용이성 추세

○ 한편으로, 무인지게차의 위치인식(localization), 지도작성(mapping), 주행제어(guidance/control)는 차량용 내비게이션과 동일한 개념이지만 로봇의 특징은 각 요소의 정밀도(level of detail), 공간인지 기반의 지역경로생성 및 자율제어

로 요약이 가능함

○ 무인차량의 제어 특성과 분리되는 통합 제어시스템 및 사용자 정의 프로그래밍 방식의 이적재 제어를 수행하는 시스템 설계가 필요함

○ 여러 종류의 무인차량의 종류에 따라 차량제어, 이적재 제어가 다를 경우 그 관리 효율은 급격히 감소함. 관리 효율을 높이기 위한 방법으로 동일한 시스템을 적용함은 가장 효과적인 해결 방안이 됨



[도표 1.2] 사용자정의 통합형 차량제어 시스템

○ 무인지게차는 이동성능이 중요하며, 이적재를 위해서는 많은 동력을 필요로 함, 따라서 배터리가 필요로 하는 전력을 지속적으로 충분히 공급하는데 한계를 가지고 있음

○ 배터리의 무게는 500kg이상이며 차량의 평균 운용시간은 5시간, 급속 충전시간은 2시간이 소요됨

○ 전동 지게차는 배터리 관리를 하는데 있어서 많은 업체들이 많은 어려움을 격고 있으며, 구입 시의 초기 자금 부담과 관리의 문제로 전문적으로 담당하는 담당자가 없을 경우 배터리 관리 미숙에 따른 배터리 교체 비용의 과다 지출이 이루어 짐

○ 무인지게차의 운용 환경은 그 범위 또한 넓기 때문에 중앙 통제만 의지할 수 없으며, 현장의 여러 곳에서 다수의 담당자에 의함 차량 통제 및 관리를 필요로 함

○ 무인지게차의 원활한 운용을 위하여 하드웨어 및 시스템 lifecycle 관리를 목적으로 하는 프로그램을 필요로 하며, 무인지게차의 작업 중 긴급 정지 시 상황 점검을 위한 시스템이 필요하기 때문에 이를 지원할 시스템을 필요로 함

○ 주로 생산라인 및 완제품 보관물류센터에서는 일정한 작업량에 대처하기 위하여 자동화를 행하고 있으며, 주로 AGV를 이용한 작업 스케쥴관리 및 FMS와의 연동을 통한 상호작업을 행하고 있음

○ 수요자의 요구에 의해 변동이 심한 경우에는 더욱 관리에 어려움이 발생함

○ 물류센터 및 생산라인에서의 경로 간에 많은 트래픽 발생이 예상되며, 효율적인 트래픽 관리가 생산시간단축 및 작업시간 단축으로 연결되며 이것을 전체 비용감소로 관련됨

○ 이에 실시간으로 경로상 트래픽을 예측하고 관리하는 기술은 중요한 부분으로서 트래픽 발생시 경우에 따른 우선순위에 의하여 대처를 행하는 회피전략알고리즘 설계가 무엇보다도 중요하게 작용됨

○ 트래픽 발생시에 알고리즘으로 선 처리하며, 이에 대한 결과를 작업 관리자에게 보고하여 확인하는 절차과정이 필요하며 작업공정에 대한 신뢰성이 검증되어야 함

(3) 신기술 도입을 통한 글로벌 물류기술 대응

○ 현재의 물류센터는 택배 및 운송 서비스를 비롯한 물류 산업의 발달로 인해 물류센터의 수와 규모가 증가하고 있으며 이로 인해 물동량이 크게 증가하는 추세에 있음

○ 물류센터의 양적 증가에 따라 화물의 종류도 다양해졌으며 물류센터 내의 작업 환경도 다양해지는 경향을 보임

○ 물류센터의 양적 증가와 환경의 다양화로 특수한 환경 조건을 갖춘 물류 센터(냉동 창고, 무균 환경, 위험 지역의 환경 등)가 등장하였으며 특수한 환경에서 사람이 직접 내부에 투입되어 작업을 진행하는 것에는 한계가 있음

○ 이러한 현재의 추세로 보아 물류 산업에서는 물류센터와 물류 시스템의 자동화 도입이 필수적이며 자동화의 도입이 점진적으로 증가하는 경향을 보임

○ 물류센터의 자동화 및 자동화의 활성화에 따라 특수지역, 인건비 절감 등을 목적으로 사람이 직접 투입되지 않는 무인시스템의 도입이 추진되고 있으며 지게차의 무인 시스템도 증가하고 있음

○ 다양한 화물을 적절하고 안전하게 운반하고 이 · 적재하는 기술이 필요함

○ 물류산업시스템 자동화를 위한 AGV에 사용

- AGV는 자체동력으로 운송의 정확성을 위해 주어진 작업방향을 충실히 이행하는 것으로 현재 증가추세에 있음
- 물류산업시스템에 고정된 궤도만을 따라 주행하는 AGV가 주로 사용되고 있으나 이러한 AGV는 한정된 장소에서만 사용가능
- 임의의 작업환경에서 사용하려면 자율적인 판단능력과 주행능력이 요구됨
- AGV는 사람이 접근하기 어려운 환경에서도 사용되며 물류창고시스템에서 물자운반을 위한 무인화용도로 사용될 수 있음

○ 지능화된 AGV를 구현하기 위한 기술 및 연구

- AGV는 이동중 현재위치를 파악할 수 있도록 하는 위치인식기술이 요구됨
- 종래에는 칼라테이프나 안내선을 이용하여 주어진 경로에 따라 움직이는 것, 마크, 다른 인식스티커등의 표식을 인식하여 영상처리기법으로 위치인식하여 움직이는 것 등이 있음
- 엔코더, 자이로, 전자나침반 등과 같은 상대위치센서는 전역위치 측정센서보다 가격은 낮으나 오차가 크며 외부잡음에 강한 이점이 있음
- 최근 초음파센서와 스테레오 카메라를 같이 사용하여 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)의 문제를 진행되고 있음

나. 연구의 목적

○ 물류센터의 생산성향상 및 효율적인 인력사용을 통한 물류비용 절감을 위하여 1.5톤 이상의 팔레트를 동시에 2개를 이송하여 표준 팔레트 기준 3단 이상 적재할 수 있는 듀얼캐리지형 고단적재 무인지게차 기술, 환경인식기술 및 이를 활용하여 자율주행 통합운영시스템을 개발하는 것을 연구목적으로 함.

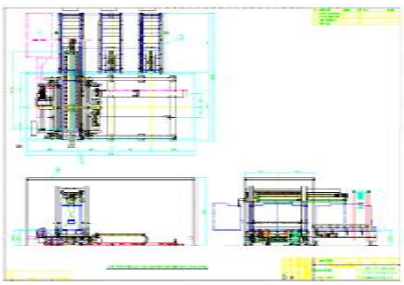


(1) 고단적재 무인지게차 설계/제작



- 팔레트를 안정적으로 이중적재 (Dual Carriage)할 수 있는 있는 구조를 개발하고, 좁은 랙 통로내에서 사용할 수 있는 삼방향 (3-Way) 포크 장착형 고단적재형 무인지게차의 설계 및 제작

(2) 무인지게차 에너지관리



- 스마트그리드 기법을 적용한 무인지게차의 배터리 충전시간 및 교체시간의 관리를 통하여 효율적으로 전력에너지를 관리하는 에너지관리시스템 및 차량 배터리를 60초 내에 교환하는 배터리교환시스템 개발

(3) 무인지게차 환경인식

- 물류센터내에서 무인지게차의 다양한 팔레트 반출입작업 및 유연한 이송수행을 위한 물류센터의 작업환경의 인식기술로서 팔레트인식, 차량동시위치인식 및 랙인식을 포함한 모듈형 인식기술 개발



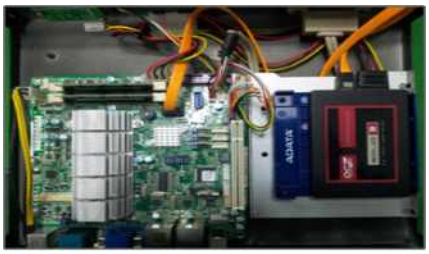
(4) 무인지게차 통합제어시스템

- 무인지게차의 기능별 고장진단 및 예측을 행하고, 돌발 작업환경에서의 장애물회피 및 자율주행을 구현하며, 다종 복수차량에 대하여 유연하게 대응하는 사용자정의형 통합 차량제어시스템을 개발



(5) 무인지게차 통합관리시스템

- 무인지게차의 작업 경로상의 양방향 트래픽을 검출 및 예측을 통하여 트래픽을 회피하는 스케쥴관리기술을 포함한 모니터링 및 통합형 관리시스템 개발



(6) 핵심개발기술

- 삼방향(3-Way) 포크기술: 물류센터내의 랙 내에서 차량이 회전하지 않고 팔레트화물을 반입/반출할 수 있는 기술(**통로폭 4m → 1.6m로서 60% 저감**)
- 이중적재(Dual Carriage) 적재기술 : 무인지게차에서 세계 최초로 한꺼번에 두 개를 적재 및 이송할 수 있는 기술(**생산성[1] 480개/일 → 720개/일로서 66% 향상**)
- 사용자정의 통합형 차량제어시스템기술 : 사용자가 GUI 환경에서 다양한 종류의 무인운반차량 및 무인지게차의 속성을 정의하여 통합화한 차량제어기

1) 무인지게차 속도기준으로 Dual cycle 운영시 비교

술(**단독차량대응 → 다종 복수차량 대응**)

- 레이저용 동시위치/매핑기술 : 차량 전방에 부착한 저가형 레이저센서를 이용하여 시설 및 장비와의 거리를 측정하여 위치를 인식하며 위치정보를 매핑하는 기술 (**위치정밀도[2] 200mm → 50mm로서 목표달성**)
- 키넥스 융합형 팔레트 인식기술 : 키넥스센서의 화상 및 거리정보를 이용한 세계 최초의 팔레트 인식기술 (**팔레트 1차 인식율[3] : 80% → 98%로서 22.5% 향상**)
- 트래픽회피 스케줄관리기술 : 양방향 경로상에서의 다중차량의 트래픽을 검출, 예측하며 이를 트래픽 회피전략 및 재경로할당을 통하여 스케줄을 관리하는 기술 (**트래픽 회피율 : 50% → 98%로서 96% 향상**)

2) 미국 연구기관의 발표 자료
3) 팔레트 2차 인식률 100% 목표

2. 다층형 화물이송시스템

가. 연구의 배경

○ 물류센터 자동화 비중 증가

- 최근 물류시장은 종래의 규격화된 상품을 대량으로 생산하여 고객에게 판매하던 방식에서 탈피하여 다양한 상품들이 다양한 크기로 제조되어 공급되는 추세임
- 기업 활동이 글로벌화되면서 지역별, 국가별 상품의 범위는 더욱 다양하게 확장되었고 이로 인해 물류센터 내 작업단위도 파렛트 단위에서 점차 박스, 낱개 단위로 다양한 상품들을 소품종으로 처리하는 형태로 변화하고 있음
- 시장의 변화에 의하여 제품단위가 다양해짐에 따라 물류센터에서 대량으로 나오는 제품들의 효율적 관리가 어려워지고 있고 증가하는 제품 단위와 종류로 인해 물류센터에서 처리하는 작업량이 늘어나고 물류센터 내의 보관 공간이 부족한 현상도 나타나고 있음
- 최근 지가의 상승으로 넓은 토지의 확보가 어려운 상황에서 물류시설들은 제한된 공간을 최대한 활용하면서, 질적 그리고 양적인 변화들에 대해서 유연하게 대응할 수 있는 시스템과 장비 등을 구축하고 있음

○ 다층형 물류센터 건설 증가

- 업체간 경쟁 심화로 인한 비용감축의 경쟁력 강화와 지가상승으로 인해 최근의 물류센터는 단층이 아닌 다층형 물류센터를 지향하고 있음
- 다층형 물류센터란 구조적으로 건축법상에 정의된 “층”이 여러 개인 물류센터로 쉽게 이해할 수 있음
- 다층형 물류센터는 화물차량이 각 층에 직접 진입할 수 있는 여부에 따라 자주식과 기계식으로 구분할 수 있음
- 다층형 자주식 물류센터는 화물차량이 각 층에 직접 진입, 접안하여 화물의 상하차 작업이 이루어지는 형태의 물류센터이며, 이와 반대 개념인 다층형 기계식 물류센터는 차량의 진입과 접안에 따른 입·출고 활동을 1층에서 전담하고, 수직이송용 장비를 이용해서 상층으로의 화물 운반이 이루어지는 물류센터라 할 수 있음



다층형 자주식 물류센터



다층형 기계식 물류센터(연구 대상)

[도표 1.3] 다층형 물류센터의 분류

나. 연구의 목적

○ 물류시설의 변화에 대응

- 지가의 상승으로 넓은 토지의 확보가 어려운 상황에서 물류시설들은 점점 다층화 되고 있는 상황이며, 또한 본격적인 고령화 사회를 맞아 젊은 노동력의 부족은 심각한 문제가 되고 있음
- 이러한 변화에 대한 물류센터 입장에서의 준비란 제한된 공간을 최대한 활용하면서, 질적 그리고 양적인 변화들에 대해서 유연하게 대응할 수 있는 시스템과 장비 등을 구축하는 것임
- 본 연구개발사업은 이러한 물류시설업계의 날로 다층화, 지능화되는 물류시설 개발동향에 선도적으로 대응할 수 있는 다층형 화물이송시스템을 개발하여 물류시설운영자, 화주기업, 물류장비 제조업체들의 경쟁력 향상 및 원가절감 등에 도움을 주고자 함

○ 물류시설 조성 시 초기 투자비의 획기적 절감

- 화물차량을 위한 램프웨이와 차로 등의 건설을 위해서는 평당 280~240만원의 건축비가 소요되는데 이는 보관을 위한 공간인 물류센터비의 평당 건축비와 같은 수준임
- 반면 수직컨베이어 대당 가격은 약 4억 원으로 예상되는데, 이는 물류센터 조성에 투입되는 초기건축비를 획기적으로 절감시킬 것으로 기대됨

참고 : 다층형 이송장비의 필요성(덕평물류 내부자료 활용)

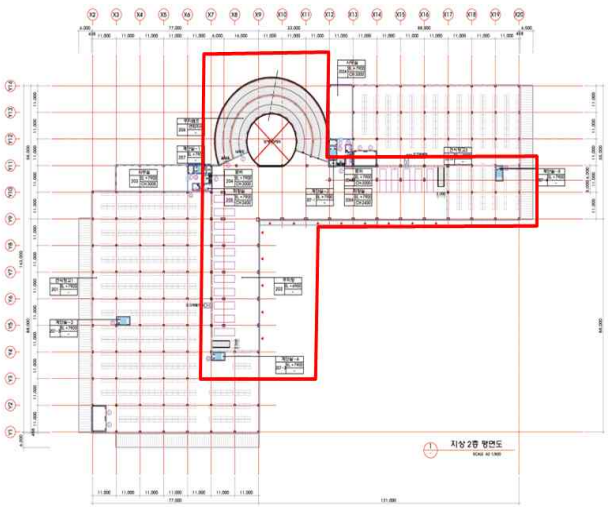
고층형 물류센터의 각 층에 대형 화물차량이 진입하기 위해서는 차량의 진입, 통행, 회전, 접차 등을 위한 공간이 필요함(이 공간은 물류창고업자의 입장에서는 보관료를 받을 수 없는 DEAD SPACE임)

구체적으로 11톤 화물차량이 진입하는 고층형 물류센터를 조성할 경우 보관면적이 53,779㎡라면, 보관 면적의 40%에 해당하는 21,855㎡의 공간이 주차장, 차로, 램프웨이 등이 필요함. 이에 필요한 건축비는 평당 280만원으로 가정할 경우 약 185억 원에 달하는 건축비가 소요됨. 이에 반해 같은 면적에 수직컨베이어를 10기 도입한다면 40억 원 내외의 설비투자비가 발생(대당 4억 원)하여 약 135억 원의 공사비 절감 효과가 기대됨

단위 : ㎡

창고	사무실	주차장과 차로	램프	합계
53,779	4,390	16,495	5,360	80,588

자료 : 덕평물류 김포물류센터(다층형 물류센터) 설계도면



주 : 붉은색은 차량진입, 상하차 등을 위해 필요한 램프웨이, 차로, 접차공간

○ 보관면적 극대화를 통한 수익극대화

- 물류창고업은 보관을 위한 공간을 화주에게 제공하여 수익을 창출하는 업으로 보관면적의 극대화는 수익을 극대화 시킬 수 있는 가장 중요한 도구임
- 그러나 각 층에 대형 화물차량이 진입할 경우 화물차량의 진입, 통행, 회전, 접차 등을 위한 공간이 필요한데, 이는 물류창고업자의 입장에서는 보관료를 받을 수 없는 DEAD SPACE임
- 본 과제를 통해 개발된 안전하고 신뢰도 높은 연속형 수직이송컨베이어는 이러한 DEAD SPACE들을 최소화하고, 보관공간을 극대화하여 물류창고업체들의 수익개선에 기여할 것으로 기대됨

○ 물류시설 이용자의 편의성, 작업효율 향상

- 기존 화물 엘리베이터는 화물승강장치가 필요한 목표 층의 요구에만 응답하며 작업하는 방식임
- 이러한 작업방식은 특정 층의 엘리베이터 독점 사용에 따른 전체 물류센터의 작업효율 감소와 클레임 제기와 같은 문제를 발생시킴 (이는 아파트 등에서 이사 · 전입 등으로 특정 호수가 오랜 시간 엘리베이터를 사용해서 해당 동 전체 입주자들에게 불편을 주는 것과 같은 문제임)
- 본 과제에서 목표하는 연속형 수직컨베이어는 각 층을 일정한 속도로 섭동하며, 동일한 작업기회를 부여하는 작업방식임
- 이로서 각 층이 공평하고, 일정하며, 예측가능한 타이밍에 층간 상하역 작업을 수행할 수 있는데, 이는 날로 다층화 되고, 각 층에 서로 다른 화주가 입주하는 최근의 물류창고업 시장에 적합한 형태의 작업방식임

○ 물류장비류의 국산화 실현, 기술력 경쟁력 확보

- Modern Materials Handling에 인용된 Global Industry Analysts의 세계시장 수요 예측 보고서에 의하면 물류설비 제조업의 규모는 2010년 이후 250억 달러 규모의 시장으로 성장하였음
- 시장 선도업체들은 독일과 일본의 주요기업들로 2007년 독일계 물류장비류 제조업체 Schaefer의 연매출은 24억 달러, 일본계 Daifuku의 매출은 22억 달러에 달하는 것으로 나타남
- 그러나 국내의 관련기술과 제품수준은 수평이송용 컨베이어와 수직이송용

리프트 등 개별제품의 생산에만 치중되어 있으며, 많은 경우 파렛트와 박스화물을 별도로 분리하여 취급하고 있는 현실임

- 컨베이어 분류기의 경우 고가의 외산 장비가 대부분으로 초기 구축비용이 높아 일부기업에서 제한적으로 사용되고 있음
- 따라서 관련기술 개발 시 이러한 외산장비와 소프트웨어의 도입으로 인한 수입대체효과 및 수출증대의 효과도 기대할 수 있을 것으로 기대됨

제2절 연구의 범위

1. 고단적재 무인지게차 시스템

가. 연구개발 범위

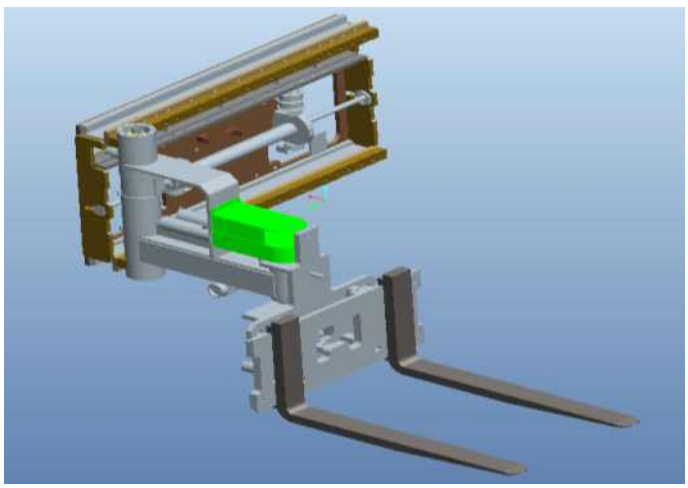
(1) 삼방향 포크(3-Way Fork) 기술

○ 삼방향 포크의 국산화

- 국내 전문 물류업체에서 도입하고 있는 삼방향 포크는 수입에만 의존하고 있음
- 해외에서 수입되는 삼방향 포크는 가격(2억 이상)이 높아 영세 물류업체는 도입하기가 어려움

○ 고하중 이송이 가능한 삼방향 포크개발

- 해외에서 수입되는 삼방향 포크 중 이송 가능한 최대 하중은 1.5톤임
- 1.25톤용 삼방향 포크는 일반 삼방향 포크(1톤) 대비 단가가 약 20% 정도 높아 도입하기가 더욱 어려움



[도표 1.4] 1.5톤용 삼방향 포크 예시

○ 상하역 작업장소가 협소한 곳에서 파렛트 화물의 상하역 작업 가능

○ 랙과 랙 사이거리 1.6m에서 파렛트 화물 상하역 작업 가능

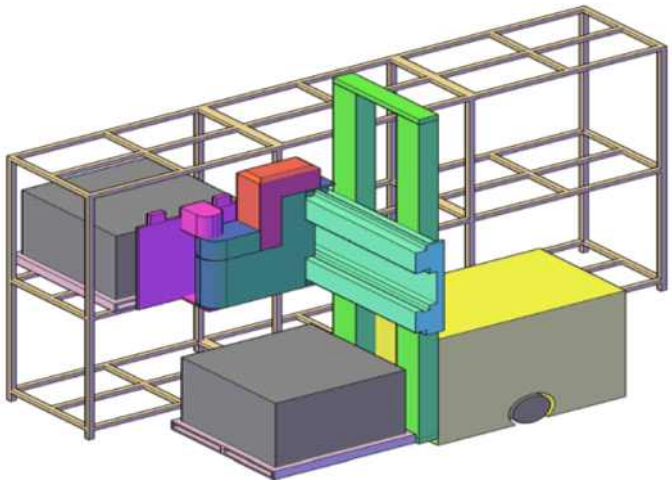
○ 지게차가 고정된 상태에서 양방향 랙 작업 가능

○ 화물 중량 1.5톤을 이송 가능한 장비 개발

(2) 이중적재(Dual Carriage) 적재기술

○ 세계 최초로 동시에 두 개를 이송 및 적재할 수 있는 기술

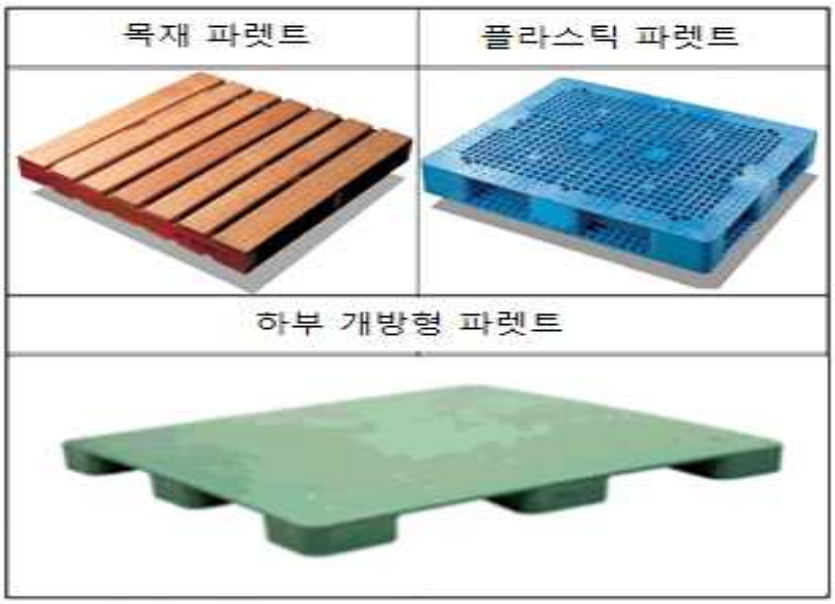
- 3Way Fork & Pallet Truck형 무인지게차 개발
- 동시에 두 개의 파렛트 화물을 이송 가능하여 작업의 효율성 및 생산성을 향상시킴
- 무인지게차 기준으로 Dual Cycle 운영시 **'480개/일→720개/일'로서 약 66% 향상**



[도표 1.5] 이중적재 무인지게차 컨셉

○ 1.5톤용 파렛트 화물을 동시에 두 개 이상 이송 가능한 이중적재형 지게차 개발

○ 하부 개방형, 하부 막힘형의 두 종류 파렛트에 모두 대응 가능한 지게차 개발

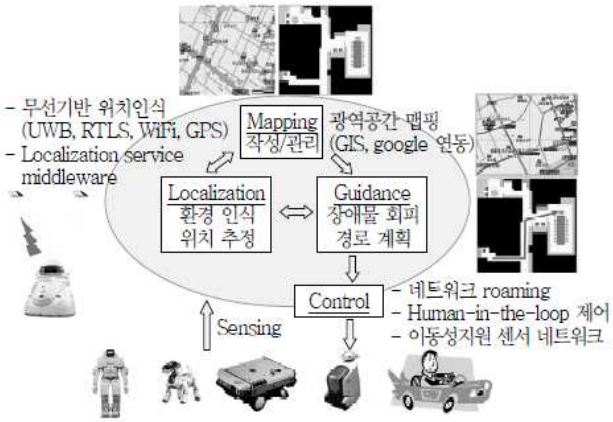


[도표 1.6] 하부 막힘형(위), 개방형(아래) 파렛트

(3) 사용자정의 통합차량제어시스템

○ 전통적인 로봇요소기술 외에 RTLS, WiFi, GIS, 센서 네트워크 등 대상 응용 서비스에 따라 IT 기술과의 적극적인 융합을 통해 주행성능의 고도화가 가능한 기술 개발을 목적으로 하며,

○ 본 연구의 차량제어시스템은 차량의 하드웨어적 제어를 담당하는 기본 모듈로서 <그림1-6>과 같이 자율이송, 충돌회피, 내비게이션 기능을 수행하기 위한 통합 제어기술이며, 차량 통제를 위한 통신모듈 등을 제어 관리하는 시스템 설계를 행함.



[도표 1.7] 제어 기술의 구조

○ 통합 차량 제어 아키텍처 구성

- 차량 제어 시스템 특성에 맞는 구성요소 분석
- 시스템 아키텍처 설계

○ 통합 차량 제어 알고리즘 설계

- 무인지게차의 차량의 바퀴타입 분석
- 차량의 바퀴 특성에 맞는 알고리즘 설계

○ 사용자 환경 설정에 따른 차량 구성 설정 모듈 설계

- 차량 특성을 정의항목 분석
- 차량 특성을 정의하는 XML 구성
- 차량의 파라미터 설정 XML 구성

○ 사용자 편집 가능한 이적재 모듈 설계

- 스크립트 편집 기능 구성
- 스크립트 정의
- 편집 툴 설계
- 이적재 프로그램 방법론 정의

(4) 배터리교환시스템

○ 무거운 배터리의 안전한 교환과 작업 공백의 최소화, 안적적인 작업 효율을 위한 안전한 배터리 교환 시스템이 필요함

○ 무인지게차의 기반 시스템의 전력은 시스템을 이루는 각 부분의 전력의 합으로 표한할 수 있다는 가정을 바탕으로 시스템 수준의 전력을 예측하는 다양한 방법에 대한 연구를 필요로 함

○ 에너지 측정에 있어 세밀한 모델이 연구되지만 이를 계산하기 위해서 더 많은 시간과 비용이 들게 되어, 이를 개선하기 위한 간략하지만 정확도를 높일 수 있는 효과적이 모델의 개발을 목표로 함

○ 무인지게차의 운용 방식에 따라 시스템 관리 영역은 하드웨어 및 소프트웨어가 접목된 복잡한 시스템으로 확장되어 여러 정보에 대한 모니터링을 목적으로 하는 시스템의 개발이 수반되어야 함

○ 무인차량의 배터리 자동 교환을 위한 기본 Concept을 정립

- 배터리 자동 교환 장치의 원리 탐구
- 배터리 자동 교환 장치 기본 구성

○ 무인지게차 배터리의 자동 교환을 위한 배터리 교환시스템 제작

- 기계 설계
- 전장 설계

○ 배터리 교환 제어시스템 개발

- 제어 프로그램 기능 정의
- 제어 프로그램 개발

(5) 에너지관리프로그램

○ 에너지 예측 알고리즘 적용 방법 고찰

- 알고리즘 이론 검토
- 알고리즘 적용 방법론

○ 프로그램 개발

- 에너지 소비 예측을 위한 알고리즘 프로그래밍
- 에너지 소비에 대한 통계 정보를 제공하기 위한 프로그램 개발

(6) 레이저용 동시위치/맵핑기술

○ 본 연구는 물류창고의 차량에 사용되는 다음과 같은 기술을 개발을 목표로 함

- 동시위치인식 및 맵핑(Simultaneous Localization and Mapping)(이하 'SLAM' 표기) 기술 개발
- 자율주행 및 장애물회피제어 기술(이하 '자율주행 및 회피제어 ')개발
- 고장진단예측기술 개발

○ 동시위치인식 및 맵핑기술개발 측면에서는 종래기술과의 차별화된 저가의 Laser Scanner를 이용한 동시위치인식 및 맵핑기술을 개발하여 차량의 생산 원가 절감

○ 상기와 같은 종래기술과의 차별화된 SLAM기술개발로 작업환경의 차량, 장애물, 주위시설에 대한 동시위치정보 검출기술 및 작업환경의 Mapping기술확보

하여 국제경쟁력강화

○ 작업공간에 장애물이 있을 경우 D* 알고리즘을 이용하여 이 장애물을 회피하면서 목표위치까지 자율주행할 수 있는 최적경로계획 및 자율 주행 제어알고리즘 개발

○ 차량에 고장이 발생할 경우 고장부위에 대한 정보를 표시하여주고 경보할 수 있는 고장진단예측프로그램 개발

○ SLAM법을 이용하여 맵핑 및 자기위치검출을 함

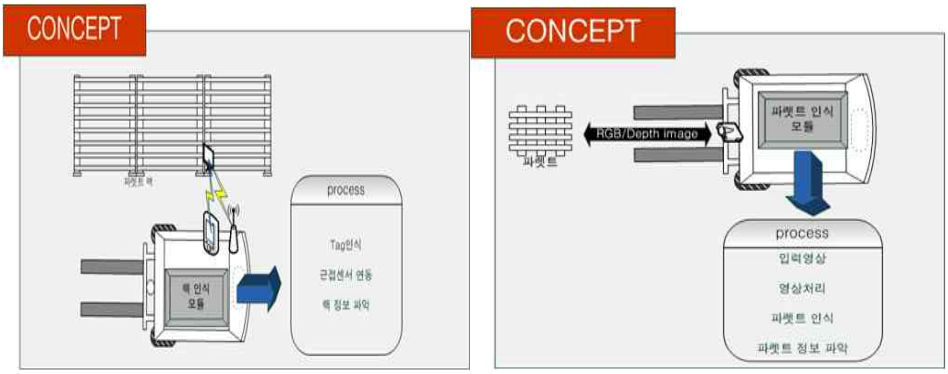
○ 맵의 환경을 인식하는 데에 있어서 AGV의 엔코더는 잦은 오차로 인해 엔코더만으로는 의존할 수 없기 때문에 AGV의 정확한 위치를 알 수 있도록 레이저측정시스템(LMS-151)을 사용

○ 확장칼만필터를 사용하아여 AGV가 랜드마크를 기반으로 생각하는 곳의 환경을 업데이트 하고, 랜드마크의 기본적인 정보로 AGV의 위치와 환경에 대한 불확실성한 경로예측을 추적함

○ 실제 AGV가 확장칼만필터로 예측한 곳은 엔코더의 정보보다 레이저측정시스템의 정보가 있는 곳이 가깝기 때문에 추정치는 엔코더만 의존하는 것보다 레이저측정 시스템과 같이 비교하도록 함

(7) 키넥트 융합형 파렛트 인식 기술

○ 본 기술은 고단 적재 형태의 무인지게차 시스템을 위한 인식 기술로, 물류 센터 내에서 화물의 선반 이 · 적재 작업이 용이하도록 주변 환경의 변화와 각종 노이즈 및 외란에 강인하게 적응하여 인식할 수 있는 파렛트 인식 기술을 개발하는 것을 목적으로 함.



[도표 1.8] Concept

○ 기존의 연구와 차별화된 파렛트 인식 기술을 모색하고 연구함

○ 모듈화한 파렛트 인식 모듈 및 강인한 인식을 구현하는 알고리즘 개발과 성능 검증

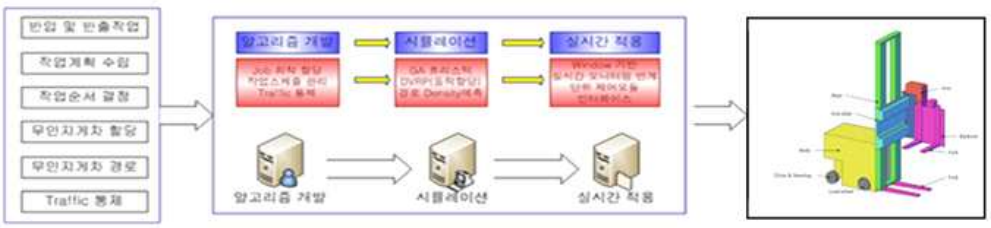
○ 정밀하고 정확한 랙 인식을 위한 기초 인식 기술의 동향을 조사함

○ 조사한 기초 인식 기술 자료를 토대로 랙 인식에 있어 가장 적합한 기술 선정

(8) 트래픽회피 스케쥴관리기술

○ 본 연구에서는 고단적재형 무인지게차의 물류센터내의 작업구역에서의 경로내의 트래픽을 검출 및 예측하여 관리하는 기술개발로서, 트래픽 정보를 이용하여 최소 대기시간내에 작업을 수행할 수 있도록 최적의 스케쥴을 관리하는 것이 목적임 (<그림1-8> 참조)

○ [도표 1.9]에서는 트래픽관리의 개념도를 나타냄



[도표 1.9] 고단적재형 무인지게차 트래픽 회피 스케쥴 관리기술



[도표 1.10] 트래픽관리 개념도

○ 무인지게차 운용을 위한 전체 환경을 분석

- 일일 반송량 및 운용 AGV 수
- Layout 구조 분석

○ 무인지게차 운용을 위한 하드웨어, 소프트웨어 정의

- 무선 통신을 위한 AP
- 통합 관리 시스템 운영을 위한 PC

○ 다양한 하드웨어, 소프트웨어가의 통신 방식, 제어방식, 통합 방식을 정의

- 유, 무선 이더넷 통신
- 경로탐색 : 다익스트라, 플로이드 알고리즘

○ 통합을 위한 설계 기준 정의

- 이더넷 통신을 위한 서버, 클라이언트 정의 및 Port 구분
- 데이터 통합 및 운용을 위한 Data 구분 및 통신 포맷 설정

○ 통합관리 프로그램 제작

- 오더 관리
- 차량 관리
- Layout 관리
- 효율적인 운용을 위한 각종 설정 (Group, Point, Area, Line)
- 트래픽 제어
- 오더 할당

- 에너지관리 시스템 인터페이스
- 원격 모니터링 모니터링 기능

○ 물류센터를 포함한 AGV 및 무인지게차의 이용 가능한 범위로 함

○ 단일명령 및 이중명령에 대응

○ 이중적재로서 최대 2개의 화물의 이적재에 대응

○ 트래픽 검출 및 예측 알고리즘 개발

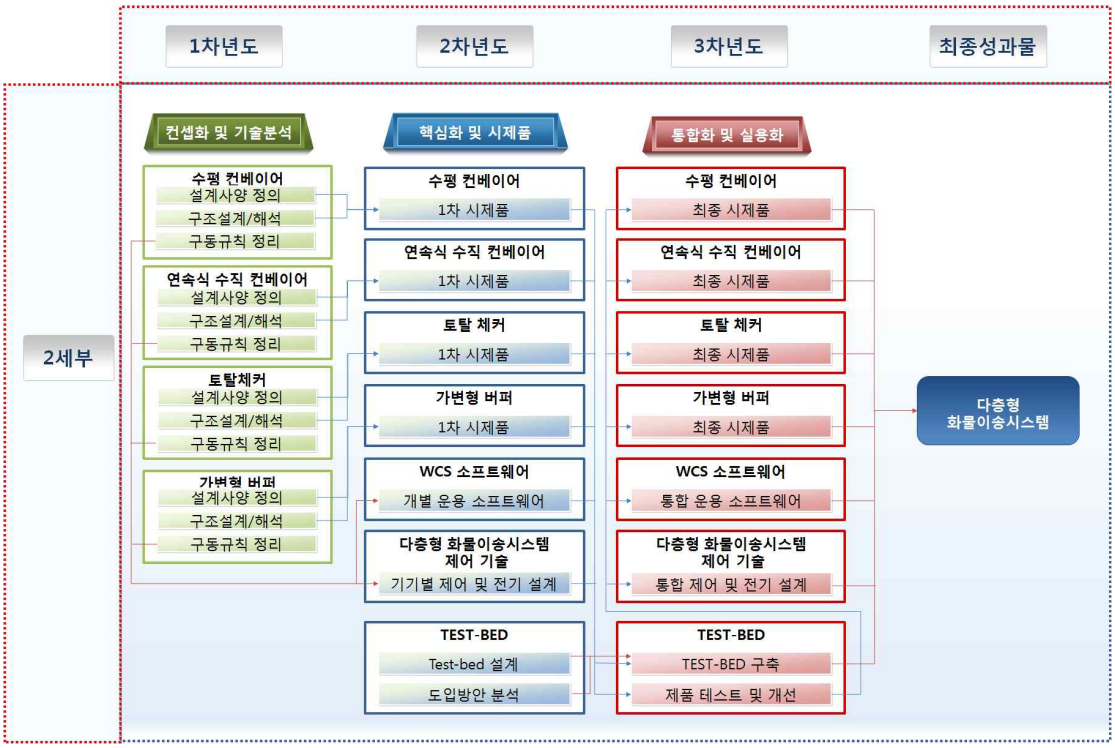
○ 트래픽 정보를 이용한 트래픽 회피 전략알고리즘 개발

2. 다층형 화물이송시스템

○ 본 연구의 시간적 범위는 2011년 12월부터 2014년 7월까지(2년 7개월)로써 3차년에 걸쳐 연구 개발 수행

- 1차년 : 2011년 12월~2012년 9월(9개월)
- 2차년 : 2012년 9월~2013년 7월(10개월)
- 3차년 : 2013년 7월~2014년 7월(1년)

○ 본 연구 목적에 부합하는 성과 도출을 위하여 전체 연구 분야에 대한 Road Map은 다음과 같음



[도표 1.11] 성과 Road Map

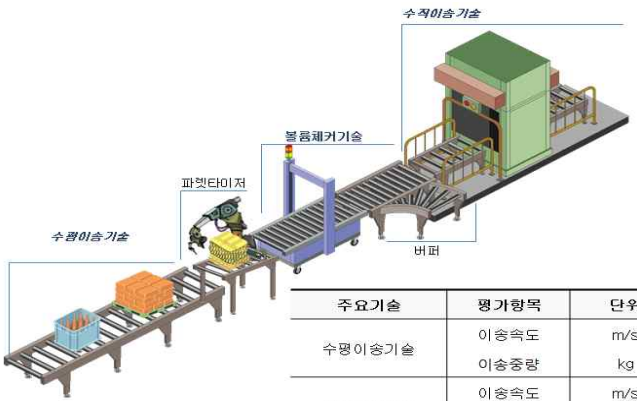
○ 본 과제는 날로 다층화, 지능화되는 물류시설(창고, 물류센터 등)의 개발동향에 선도적으로 대응하기 위한 수평·수직 이송장비, 볼륨체커, 버퍼 등이 유기적으로 연계된 다층형 화물 이송장비와 그 운영소프트웨어를 개발하고, 시연·홍보·보급을 위한 테스트베드를 구축하여 실용화의 질과 속도를 높이는 것을 최종목표로 함



[도표 1.12] 단계별 개발목표

○ 다층형 화물이송장비군

- 고밀도(고층)화, 자동・첨단화되고 있는 물류시설의 개발방향에 대응하고 다품종 다빈도 화물처리 서비스를 지원할 수 있는 체계화된 아래의 일괄이송용 장비군을 의미함



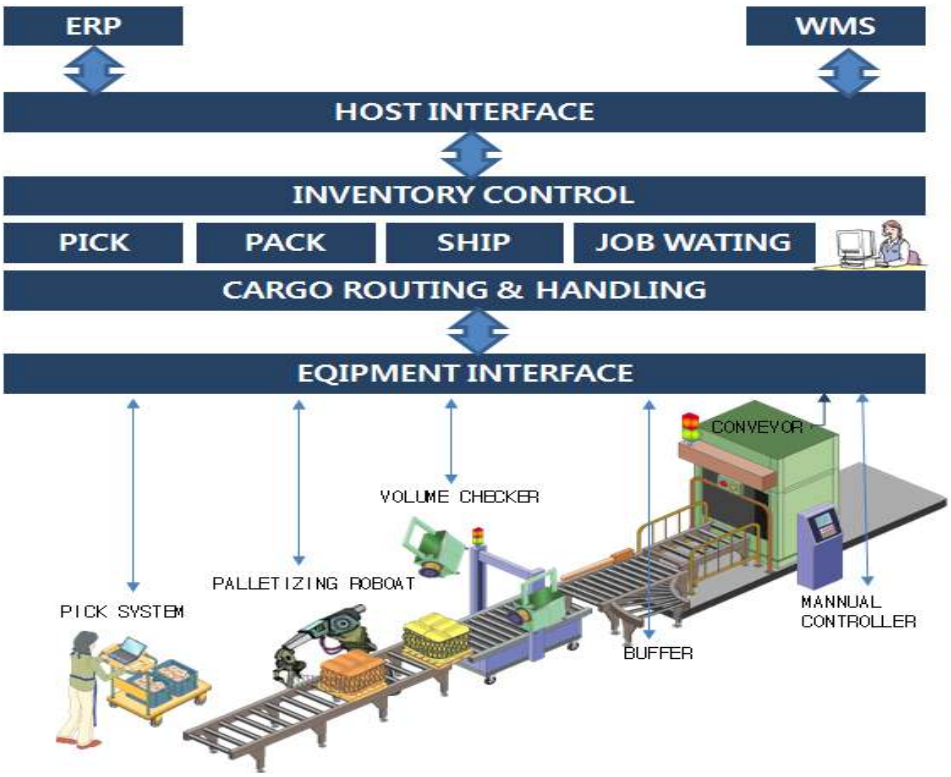
주요기술	평가항목	단위	목표성능
수평이송기술	이송속도	m/s	0.3~1.0
	이송중량	kg	1,500
수직이송기술	이송속도	m/s	0.3~1.0
	이송중량	kg	1,500
VolumeChecker기술	이송속도	m/s	0.3~1.0
	이송중량	kg	1,500
	정확도	%	98

[도표 1.13] 다층형 화물이송장비군 목표이미지와 성능목표

- 수평이송기술 : 다양한 화태(박스, 파렛트)의 화물을 하나의 라인에서 운반할 수 있는 수평 컨베이어 및 이와 관련된 기술임
- 수직이송기술: 파렛트 화물을 각층에 동시작업이 가능한 연속식 수직이송장치 및 이와 관련된 기술임
- 볼륨체커 : 화물의 중량, 부피, 적재상태, 바코드 정보를 운반 작업의 중단 없이 동시에 인식 및 처리할 수 있는 기술임
- 버퍼 : 물류작업 및 전체시스템 정지 등을 방지하기 위해 작업진행을 조절하거나 체크된 에러화물을 분류하여 임시 보관하는 활동과 관련된 기술임

○ 다층형 화물이송시스템 운영 소프트웨어

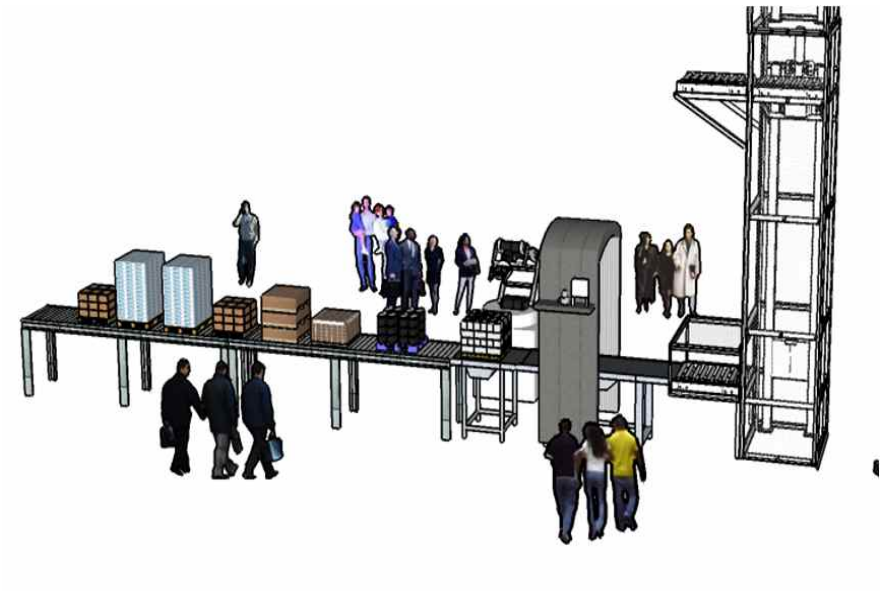
- 다층형 화물이송장비군의 유기적 상호작용을 실현하고, 설비 및 물류작업 상태와 상황을 동시 조절 및 모니터링 시키는 전산화된 관리운영 툴을 의미함



[도표 1.14] 다층형 화물이송시스템 소프트웨어 목표이미지

○ 테스트베드

- 연구개발사업 결과물들을 테스트베드에 집약하여 검증, 시연(홍보), 교육을 통해 다양한 물류 및 산업 현장에서 결과물들을 쉽게 활용하도록 지원함



[도표 1.15] 테스트베드 목표이미지

○ 다층형 화물이송시스템 연구개발 연차별 목표

- 1차년도 연구목표는 아이디어 및 이론개발을 통한 구조설계가 목표이며, 이를 위해 현황조사, 컨셉설계와 검증, 구조와 사양을 설정하여 설계와 해석을 수행함
- 2차년도 연구목표는 이송장비의 개별 제어를 위한 제어부 설계 후 시제품 제작 및 현장 테스트를 통해 1차년도 설계를 보완. 또한 통합 제어 및 운영을 위한 시스템을 설계하고 테스트베드의 구축을 기획함
- 3차년도 연구목표는 테스트베드에 파일럿 시제품을 설치하여 장비군과 소프트웨어에 대한 실제운영을 통해 최종 기능과 성능을 개선하며, 또한 원활한 실용화를 지원하기 위해 공신력 있는 기관의 최종 시험평가 및 사용자를 위한 매뉴얼 제작 등을 수행함

○ 연차별 연구목표 및 내용

- 다층형 화물이송시스템 기술개발

연차	연구목표	주요연구내용	주요연구결과
1차년도	■ 수평컨베이어 컨셉화 및 기술 분석 - 차별화 설계전략 - 컨셉설계 및 구체화 - 기본구조 및 설계도 - 3차원 모델 구축	▪ 설계전략 수립 ▪ 컨셉설계 및 검증 ▪ 구조설계 ▪ 구조해석	▪ 구조설계사양서 1건 ▪ 구조설계도면 1건 ▪ 구조해석 성적서 1건 ▪ 주행 및 구동기술 설계서 1건
	■ 연속식 수직컨베이어 컨셉화 및 기술 분석 - 기술 및 특허 분석 - 컨셉설계 및 구체화 - 핵심 구조 설계 - 정적 및 동적 해석	▪ 설계전략 수립 ▪ 컨셉설계 및 검증 ▪ 구조설계 ▪ 구조해석	▪ 구조설계사양서 1건 ▪ 구조설계도면 1건 ▪ 구조해석 성적서 1건 ▪ 주행 및 구동기술 설계서 1건
	■ 볼륨체커 컨셉화 및 기술 분석 - 인식/측정기술 조사 - 컨셉 설계 및 구체화 - 기본구조 및 설계도	▪ 설계전략 수립 ▪ 컨셉 설계 및 검증 ▪ 구조설계 ▪ 구조해석	▪ 구조설계사양서 1건 ▪ 구조설계도면 1건 ▪ 구조해석 성적서 1건 ▪ 주행 및 구동기술 설계서 1건
	■ 가변형 버퍼 컨셉화 및 기술 분석 - 유사기술 분석 - 컨셉 설계 및 구체화 - 기본구조 및 설계도 - 3차원 모델 구축	▪ 설계전략 수립 ▪ 컨셉 설계 및 검증 ▪ 구조설계 ▪ 구조해석	▪ 구조설계사양서 1건 ▪ 구조설계도면 1건 ▪ 구조해석 성적서 1건 ▪ 주행 및 구동기술 설계서 1건
	■ WCS 소프트웨어 기술 분석	▪ 정보시스템 연계기술 분석	▪ 보고서 1건
2차년도	■ 수평컨베이어 핵심화 및 시제품	▪ 파일럿 시제품 제작 및 구동테스트 ▪ 시제품 설계 보완	▪ 시제품 제작 1건 ▪ 특허출원 1건 ▪ 성능시험성적서 1건 ▪ 파렛트 박스 겸용 컨베이어 표준 제정 신청
	■ 연속식 수직컨베이어 핵심화 및 시제품	▪ 파일럿 시제품 제작 및 핵심 부문별 구동테스트 - 입출고 틸팅 포크 - 메인 기어 ▪ 시제품 설계 보완	▪ 시제품 제작 1건 ▪ 특허출원 1건 ▪ 성능시험성적서 1건 ▪ 다층형 연속식 수직컨베이어 표준 제정 신청
	■ 볼륨체커 핵심화 및 시제품	▪ 파일럿 시제품 제작 및 구동테스트 ▪ 시제품 설계 보완	▪ 시제품 제작 1건 ▪ 특허출원 1건 ▪ 성능시험성적서 1건
	■ 가변형 버퍼 핵심화 및 시제품	▪ 파일럿 시제품 제작 및 구동테스트 ▪ 시제품 설계 보완	▪ 시제품 제작 1건 ▪ 특허출원 1건 ▪ 성능시험성적서 1건
	■ WCS 소프트웨어 개발	▪ 운영 소프트웨어 설계 ▪ 각 제품별 운영소프트웨어 개발	▪ 소프트웨어 등록 4건
	■ 다층형 화물이송 시스템 제어기술	▪ 전기 및 제어회로 설계 ▪ 제어기 설계	▪ 제어 설계서 4건

연차	연구목표	주요연구내용	주요연구결과
	■ 테스트베드 설계	▪ 테스트베드 레이아웃 설계 ▪ 물류센터 유형별 시뮬레이션 분석	▪ 테스트베드 설계도 1건 ▪ 도입방안분석서 1건 ▪ 국내 논문 1건 ▪ 킨텍스 국제 전시회 출품 1건 ▪ 국내외세미나 발표 2건 ▪ 홍보 8건
3차	■ 수평컨베이어 실용화	▪ 최종 시제품 제작(최종 도면 포함) ▪ 설치 및 유지관리 매뉴얼 ▪ 최종 시험 평가	
	■ 연속식 수직컨베이어 실용화	▪ 최종 시제품 제작(최종 도면 포함) ▪ 설치 및 유지관리 매뉴얼 ▪ 최종 시험 평가	
	■ 볼륨체커 실용화	▪ 최종 시제품 제작(최종 도면 포함) ▪ 설치 및 유지관리 매뉴얼 ▪ 최종 시험 평가	
	■ 가변형 버퍼 실용화	▪ 최종 시제품 제작(최종 도면 포함) ▪ 설치 및 유지관리 매뉴얼 ▪ 최종 시험 평가	
	■ 통합 WCS 소프트웨어 개발	▪ 통합운영 소프트웨어 개발 ▪ 테스트와 시연	
	■ 다층형 화물이송 시스템 제어기술	▪ 통합 제어부 설계(최종 도면 포함)	
	■ 테스트베드 구축	▪ 다층형 화물이송시스템 테스트베드 구축 ▪ 지능형 물류센터 테스트베드 설계 (무인지게차 기술 연계)	

제3절 성과지표 설정

1. 고단적재 무인지게차 시스템

연차	핵심성과 (level 1)	단위성과물 (level2)	성과목표			해당 기관
			당해 연도 질적목표 (측정방법)	목표 수준	검증 방법	
1	컨셉차량 설계/제작	컨셉차량설계	디자인출원	2건	디자인출원	HS
		컨셉차량제작	시제품	1건	시제품	HS
		표준화 분석	표준화 사례분석서	1건	분석서	HS
		시험평가 분석	시험평가 사례분석서	1건	분석서	HS
2	통합차량 설계/제작	통합차량설계	설계도면	1건	설계도면	HS
			디자인출원	1건	디자인출원	HS
			디자원등록	1건	디자인등록	HS
		통합차량제작	시제품	1건	시제품	HS
		구조/동적 해석	해석서	1건	해석서	HS
		시험평가 설계	평가서	1건	평가서	HS
3	통합차량 보완제작	통합보완설계	설계도면	1건	설계도면	HS
			디자인출원	1건	디자인출원	HS
			디자원등록	1건	디자인등록	HS
			기술교류세미나	1회	세미나	HS
		통합보완제작	시제품	1건	시제품	HS
		시험평가	평가서	1건	평가서	HS
1	기초 인식기술	랙 기초인식	인식정확도(정확도 80%)	1건	논문	KMU
		팔레트 기초인식	인식정확도(정확도 80%)	1건	보고서	KMU
2	인식모듈화기술	위치검출모듈	정지오차 측정(±10mm이내)	1건	설계서	PKNU
		랙인식모듈	인식정확도(정확도90%)	1건	논문	KMU
		팔레트 인식모듈	인식정확도(정확도90%)	1건	보고서	KMU
3	통합인식 기술	인식검출 보완	S/W설계	1건	특허등록	PKNU
		통합인식모듈	인식정확도(정확도 98%)	1회	논문	KMU
			인식정확도(정확도 98%)	1건	특허출원	KMU
			인식정확도(정확도 98%)	1건	논문발표	KMU
			인식정확도(정확도 98%)	1건	S/W등록	KMU
1	제어기	고장진단/예측 분석	S/W 설계	1건	S/W등록	HKNU

	술 분석	자율주행 및 회피 분석	S/W 설계	1건	S/W등록	PKNU
		차량제어시스템 설계	시뮬레이션	1건	보고서	NS
2	제어 단위화 기술	고장진단/예측 모듈	시뮬레이션(정확도80%)	1건	논문	PKNU
			시제품	1건	시제품	
		자율주행/회피 모듈	회피오차측정(±50mm이내)	1건	논문	PKNU
			시제품	1건	시제품	PKNU
		차량제어시스템	S/W 제작	1건	시제품	NS
3	통합제어 기술	충돌회피 검증	회피오차 측정(±40mm 이내)	1건	논문발표	PKNU
		자율주행 검증	인식정확도(정확도 100%)	1건	논문발표	PKNU
			인식정확도(정확도 100%)	1건	특허등록	PKNU
		통합 차량제어시스템	S/W 제작	2건	S/W등록	NS
			S/W 제작	2건	특허출원	NS
			전시회	1회	홍보	NS
1	에너지 관리설계 기술	배터리교환시스템 설계	개념도	1건	특허출원	NS
		에너지관리프로그램 설계	S/W제작	1건	S/W등록	NS
2	에너지 관리제작 기술	배터리 교환시스템	시제품	1건	특허등록	NS
			시제품	1건	시제품	NS
		에너지관리프로그램	S/W 제작	1건	S/W등록	NS
3	에너지 관리보완 기술	배터리교환시스템 보완	시제품	1건	특허등록	NS
		에너지관리프로그램보완	시제품	1건	시제품	NS
1	통제관리 설계	JOB최적할당 설계	시뮬레이션(처리율 85%)	1건	보고서	KMU
		최적스케쥴 설계	시뮬레이션(처리율 85%)	1건	보고서	KMU
2	통제관리 구현	트래픽 관리	시뮬레이션(처리율 90%)	1건	논문	KMU
		스케쥴 관리	S/W 제작	1건	S/W등록	KMU
		모니터링 프로그램	S/W 제작	1건	S/W등록	NS
		통합관리설계	시제품	1건	시제품	NS
			시제품	1건	특허출원	NS
3	통합통제 관리	통합스케쥴관리	시뮬레이션(처리율 100%)	1건	논문발표	KMU
			시뮬레이션(처리율 100%)	1건	S/W등록	KMU
		통합관리프로그램	시제품	1건	S/W등록	NS
			시제품	1건	특허등록	NS
합계				59건		

[도표 1.16] 성과 지표

○ 본 연구에서의 무인지게차의 연구개발방향

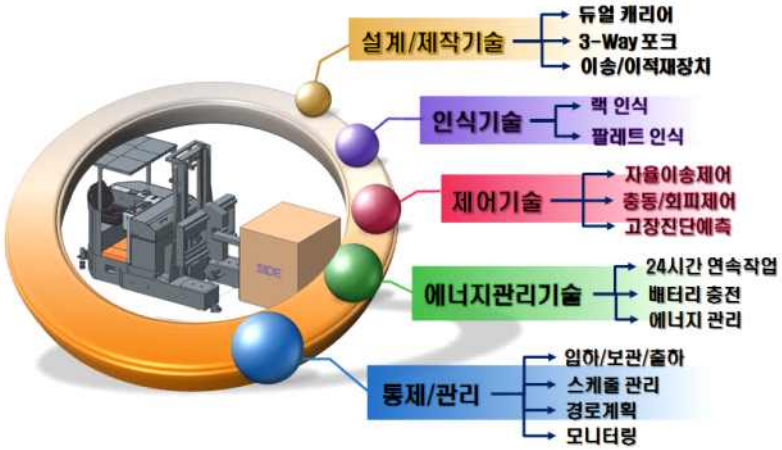
- 신규 기술의 도입을 통한 종래기술과의 차별화
- 사용자 편의성 및 용이성을 고려한 기술개발
- 유연성과 생산성을 겸비한 에너지 효율화 기술
- 인력효율을 고려한 무인자동화



[도표 1.17] 고단적재무인지게차 연차별 성과목표

○ 본 “고단적재 무인지게차 시스템 기술개발”의 연차별 성과목표에 대하여 아래의 5가지 성과지표 중 위치인식기술 및 제어단위화 기술을 통합제어시스템에 적용함

- 컨셉차량 설계/제작 → 통합차량 설계/제작 → 통합차량 보완/제작
- 에너지관리기술 설계 → 관리시스템 제작 → 보완
- 인식기술 분석 → 인식기술 모듈화 → 통합 인식화
- 제어기술 분석 → 제어 단위화 → 통합제어시스템 구축
- 통제관리 설계 → 통제관리 구현 → 통합통제관리



[도표 1.18]고단적재무인지게차 성과지표

2. 다층형 화물이송시스템

○ 최종연구 목표에 따른 핵심성과 설정

- (시장 관점) 건축비와 인건비절감, 보관시설 확대를 통해 물류창고업계의 경영에 도움을 주는 것이 궁극의 목표
- 이러한 목표들은 다층형 화물이송시스템이 기존의 램프웨이(차로)를 대체할 수 있을 때 실현될 수 있음
- 목표의 달성을 위해 본 연구는 다층형 화물이송시스템을 장비(수평 및 수직 컨베이어, 볼륨체커, 가변형 버퍼)와 시스템(제어와 운영)으로 구분하여 기술개발을 진행

핵심성과	성과유형	내용
수평컨베이어	장비장치	화물의 수평이송과 관련된 장비
수직컨베이어	장비장치	화물의 수직이송과 관련된 장비
볼륨체커	장비장치	화물 및 화물정보의 검색과 확인
가변형 버퍼	장비장치	화물의 방향전환
제어기술과 WCS	시스템 소프트웨어	장비와 장치들의 무인화 연계작업 지원

- (종사자 관점) 연구개발대상 장비·장치들은 산업안전보건법상의 자율안전확인신고 대상인 위험
- 기계·기구에 속함. 따라서 테스트베드를 구축하여 성능조건과 제도적 요건들을 모두 충족하는지에 대한 사항들을 테스트하여 연구개발품의 실용화를 준비

핵심성과	성과유형	내용
테스트베드 구축 운영	운영결과 및 검사보고서 제품 성적서 등	도입 및 사용에 대한 문제점을 사전파악 과학적인 성능 및 안전성 검사 실시

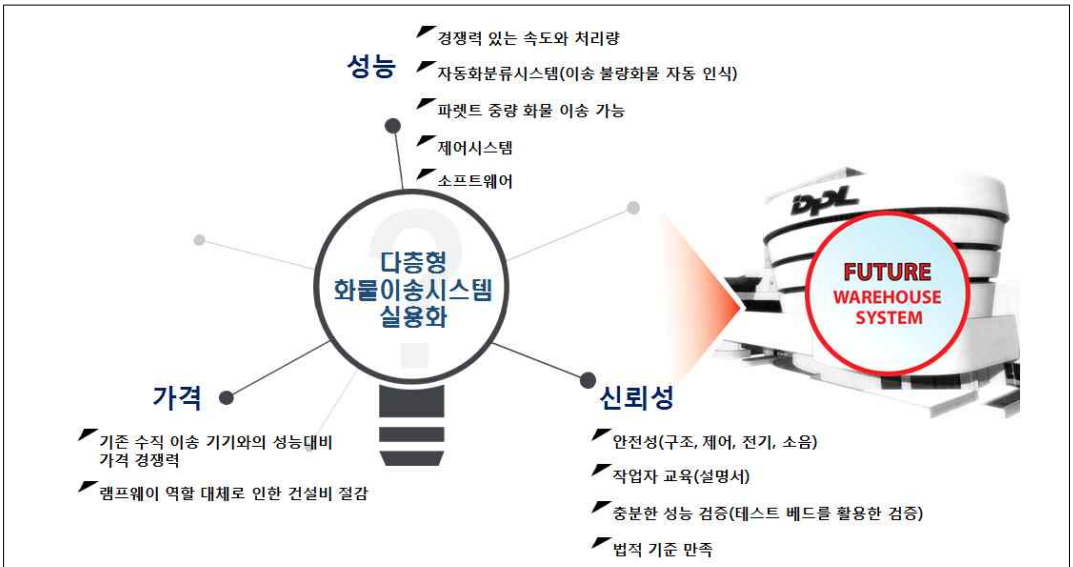
- (제작자 관점 . 기술적 측면) 물류센터 혹은 제조공장 등의 시설물들의 다층화/지능화 되는 개발 추세에 선제적 대응. 기존의 방식들과 비교하여 화물처리량은 많거나 동일하게, 인력소요는 적은 제품을 개발

핵심성과	성능목표	
	최신 경쟁품(쉐퍼, 호쿠슈)	연구개발 대상품
수평컨베이어	18m/min	18m/min
수직컨베이어	시간당 60PALLET	시간당 120PALLET
볼륨체커	-	18m/min(논스톱 화물체킹)
가변형 버퍼	-	수평이송: 18m/min

주 : 본 연구개발품의 성능목표는 수직이송장비들은 독일 최신제품과 동일한 처리량으로, 수직이송과 관련된 장비들은 일본 최신제품의 2배로 설정하였음. (수평이송장비의 경우 20m/min 이상의 속도에서는 파렛트 화물이 붕괴될 위험이 있는 것으로 얼려져 있음)

○ 핵심 성과별·연차별 성과지표 설정

- 연차별 연구진행은 1차년도는 구조/구동부 설계와 그 해석을, 2차년도는 제어부와 운영시스템 설계 및 파일럿 시제품 제작을, 3차년도는 테스트베드에서의 검증을 통한 최종시제품 제작과 실용화 준비를 연차별 목표로 설정하여 추진하도록 하였음
- 연도별 성과지표는 연차별 목표 달성을 증명할 수 있도록 연구내용을 제품화 혹은 문서화하여 아래 표와 같은 일정에 의해 산출하도록 설정하였음



핵심성과	연구진행에 따른 성과지표 정리		
	1차년(설계와 해석)	2차년(시제품 제작)	3차년(실용화 기반완성)
수평컨베이어 수직컨베이어 볼륨체커 버퍼	현황조사 3D 설계 구조해석 구동부 수치화	특허출원 파일럿 시제품 제작 및 전시회 출품 자체성능시험	특허등록 최종 시제품 제작 설치 및 유지관리 매뉴얼 작성 최종 제작도면 작성 최종 시제품 검사(공인검사기관)
WCS	-	기기별 소프트웨어 개발과 등록	통합 소프트웨어 개발 및 성능평가전문가)
제어시스템	-	제어설계 및 시제품 기동 테스트 전시회 출품	
테스트 베드	-	테스트 베드 설계 관련 논문 작성	설치보고서 시스템 종합 검사 및 성능보완 테스트베드 운영결과 보고서

○ 실용화를 위한 성능지표(종합)

- 마지막으로 이러한 성능목표에 경쟁품의 가격을 반영하여 실용화를 위한 성능 및 제품출시예정 가격을 아래와 같이 설정하였음

구분	성능요소				
수평	성능	이송속도(m/min)	파렛트		18
			박스		60
		화물중량(kg)	파렛트		1,500
			박스		40
		화물크기(mm)	파렛트	폭(W)	1,250
				길이(L)	1,250
				높이(H)	1,250
			박스	폭(W)	450
				길이(L)	600
				높이(H)	450
	가격(만원)	기존(길이 2m 기준, 국내)	파렛트		850
			박스		400
		목표가격			1,160
수직	성능	이송속도(m/min)	파렛트		18
		화물중량(kg)	파렛트(캐리어당)		1,500
		화물크기(mm)	파렛트	폭(W)	1,200
				길이(L)	1,200
				높이(H)	1,200
		진출입컨베이어 이송속도(m/min)	파렛트		18
		틸팅포크	이송속도(m/min)		16
			상/하강속도(완료시간, 초)		7.3
	가격(만원)	기존(수직반송기, 3층 기준-국내업체)			20,000
		목표가격			27,000
볼륨 체커	성능	이송속도(m/min)	파렛트		18
		화물중량(kg)	파렛트		1,500
		화물크기(mm)	파렛트	폭(W)	1,250
				길이(L)	1,250
				높이(H)	1,250
		화물인식률	파렛트		98%
	가격(만원)	기존	박스, 일제		4,000
			박스, 50kg		800
		목표가격			7,579
버퍼	성능	이송속도(m/min)	수평이송부	파렛트	18
			디버터	파렛트	11
			게이트	파렛트	11
		화물중량(kg)		파렛트	1,500
		화물크기(m/min)	파렛트	폭(W)	1,250
				길이(L)	1,250
				높이(H)	1,250
	가격(만원)	목표가격			2,656

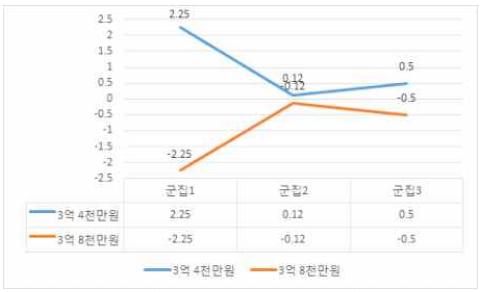
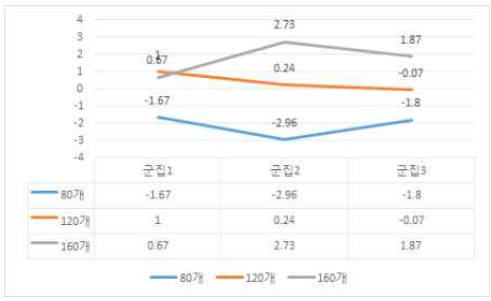
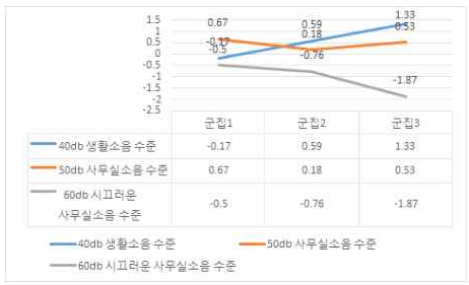
○ 시장분석을 통한 성과지표 설정 근거

- 당해 연도 연구개발 기간 내 우수물류창고 인증업체 및 제3회 국제물류기기전을 참관한 창고업체를 대상으로 본 연구개발 품에 대한 시장(소비자)조사를 실시하였음
- 조사방법은 컨조인트 분석기법을 이용하여 다층형 화물이송시스템을 다속성 자극물로 가정하여 소비자가 원하는 가격, 처리량, 보증기간, 진동과 소음의 효용을 측정하였음
- 속성별 결합측정 결과에 의하면 소비자들은 성능(처리량)과 진동·소음 등을 주요한 선택기준으로 여기는 것으로 나타남

구분			유틸리티 추정	표준 오차	중요도
가격		3억 4천만 원	.375	.061	10.530
		3억 8천만 원	-.375	.061	
성능	처리량 (시간당)	80개	-2.611	.082	57.697
		120개	.236	.082	
		160개	2.375	.082	
	보증기간	3년	-.333	.061	10.274
		5년	.333	.061	
환경	진동소음	40db 생활소음 수준	.681	.082	21.499
		50db 사무실소음 수준	.292	.082	
		60db 시끄러운 사무실소음 수준	-.972	.082	
(상수)			4.986	.065	

[도표 1.19] 결합측정 분석결과 요약

- 소비자 그룹은 회계·기획담당자, 물류운영실무진, 시설관리자 등으로 구분할 수 있는데, 회계 및 기획담당자 그룹은 가격이 싼 제품을, 물류운영실무진 그룹은 성능을 기본으로 모든 면이 뛰어난 제품을, 시설관리담당자들은 적당한 속도의 보증기간이 긴 제품을 중요하게 생각하는 것으로 나타남

가격요인	성능요인
	
보증기간	진동소음
	

[도표 1.20] 군집분석 결과요약

- 상기와 같이 분석된 미래 시장의 요구들에 적절히 대응하기 위해서는 처리량이 많으면서도 현장 작업자에게 미치는 영향이 적은 제품의 개발을 연구개발의 목표로 설정하였음
- 구체적으로는 연구개발의 질적 성과지표로 시간당 최대 160PALLET를 처리할 수 있는 속도인 18m/min로 연속식 수직컨베이어의 성능목표로 설정하였음
- 덧붙여 3차 년도에는 공신력 있는 검사기관을 통해 진동과 소음 등의 환경측면을 포함한 성능검사를 실시하고 문제점을 보완하여 연구개발결과의 완성도를 재고할 계획임

제 2 장 국내외 기술개발현황

- 제1절 국내 기술 및 산업 동향
- 제2절 국외 기술 및 산업 동향
- 제3절 특허 동향
- 제4절 기술개발현황 종합

제2장 국내외 기술개발현황

제1절 국내 기술 및 산업 동향

1. 고단적재 무인지게차 시스템

가. 삼방향 포크(3-Way Fork) 기술

○ 국내에선 삼방향 포크를 개발한 연구 기관 및 업체는 없음

○ 국내 전문 물류업체는 삼방향 포크 기술을 도입하기 위해서 해외 수입품에만 의존하고 있으며, 한국쓰리엠사, 삼양 밀맥스, 삼양웰푸드, 롯데삼강 등 다수의 업체에서 독일 융하인리히사의 삼방향 포크 지게차를 도입하여 운영하고 있음



[도표 2.1] 융하인리히사 1.2톤용 삼방향 포크 지게차

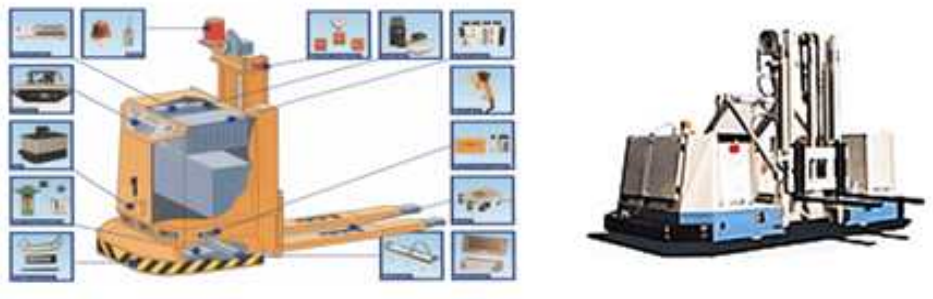
나. 이중적재(Dual Carriage) 적재기술

○ 현재 이중적재형 지게차를 개발한 곳은 전 세계에 어디에도 없는 것으로 조사되었으며 **본 연구에서 세계 최초로 개발하는 장비**임

다. 사용자 정의 통합향 차량제어 시스템

○ (주)금성자동화의 AGV-System

- PLC를 이용항 제어 시스템 구성
- 레이져 스캐너를 이용한 가이드 방식
- Wifi를 이용항 무선 통신을 이용한 작업정보 송수신



[도표 2.2] (주)금성자동화의 AGV

○ WONAGV의 AGV-System

- PLC, 자기유도장치, 광통신센서 등의 주문 제작 방식의 개발
- 운영 소프트웨어를 통한 통합제어



[도표 2.3] WONAGV의 무인운반차(AGV)

○ (주)영테크의 AGV 배터리 교환시스템

- 삼성 반도체 생산라인에서 운용중인 AGV 차량용 배터리 교환시스템
- 상위 제어 시스템은 AGV 차량의 배터리 잔량을 모니터링하고 AGV는 상위 제어 시스템으로부터 교환 명령을 받아 지정된 위치에서 자동 교환을 수행
- 상세 정보는 비공개 사항으로서 알 수 없음

○ EDINET의 가상현실솔루션

- 항만 인근 해상의 안전의 취약지역 및 음영지역과 부두 내 선박의 이, 접안 혹은 정박지 작업상황 등 작업정보를 파악하여 선박의 안전한 항행을 지원하는 모니터링 솔루션
- 움직이는 3D 객체를 지원하여 시간에 따른 공간변화를 실시간으로 모니터링, 시각화하고 능동적인 시뮬레이션으로 표현해 다이나믹한 3차원 항만 환경을 구현

○ 기능

- 3D화면을 관리하고 내비게이션 기능을 보유한 지도제어
- 3차원 객체 시뮬레이션 생성 및 조정을 위한 객체편집
- 거리, 면적 측정 및 버퍼, 고도분석, 공간분석
- 좌표계 설정, 변환, 레이어 제어 등 편리한 공간객체 관리
- 고도, 반경 등 다양한 3차원적 공간 분석 및 파도, 풍향, 일조량 등 SIMULATION

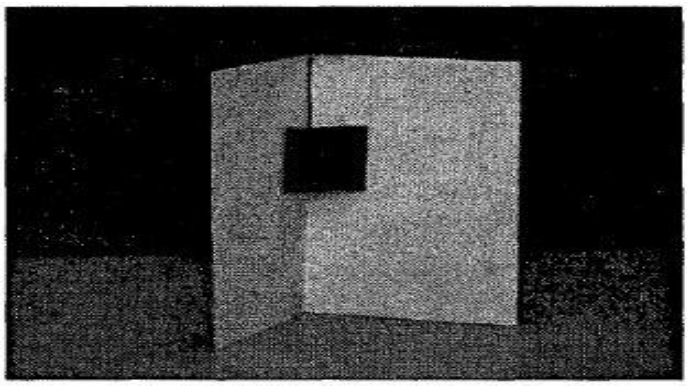


[도표 2.4] 3D 선박모니터링시스템(3DVMS)

라. 레이저용 동시위치/맵핑기술

○ KAIST 연구개발 현황

- 본 연구에서는 카메라 영상처리기술을 이용하여 인공적인 landmark를 감지함으로 써, landmark에 대한 상대적인 위치를 인식하는 위치인식 알고리즘을 성공적으로 개발한 바 있음

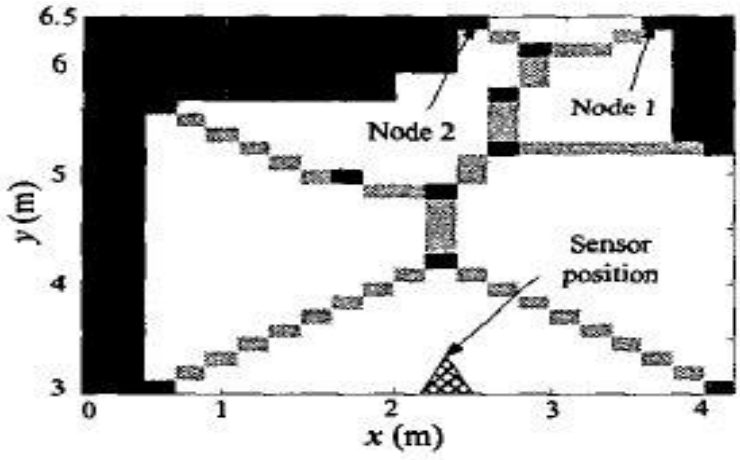


[도표 2.5] KAIST 권인소 교수팀의 위치인식용 인공표시

- 하지만 이 방법은 인공적인landmark를 사용해야 한다는 것과, 로봇과
- landmark 사이의 거리가 멀어질수록 위치 오차가 증가한다는 것, 그리고 어두운 환경에서는 사용될 수 없다는 단점을 가지고 있음

○ 고려대학교 연구개발 현황

- 본 연구에서는 세선화 기법을 이용하여 local map을 형성한 후 이를 global map과 비교함으로써 위치인식을 수행하는 알고리즘을 개발하였음

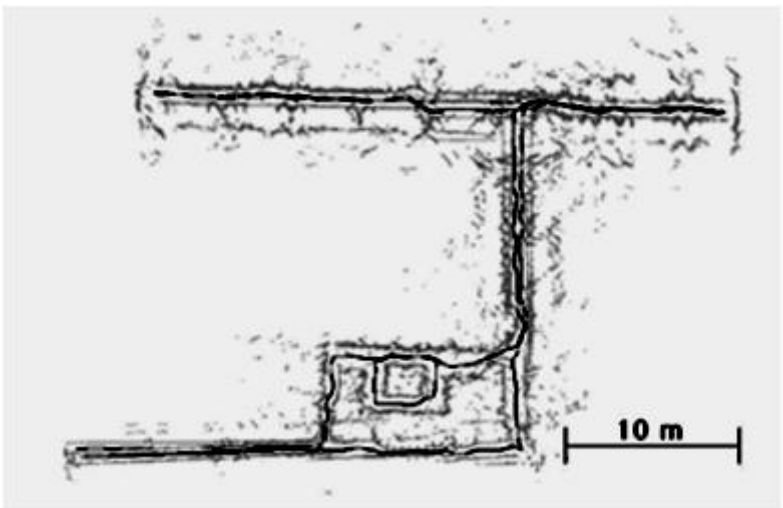


[도표 2.6] 고려대 송재복 교수팀의 세선화 기법

- 그러나 이 기법은 grid map에 기초하고 있기 때문에 가장 정확하게 위치인식을 수행한 이후에도 최소 5cm의 위치 오차를 가지게 되며, 복도와 같이 단순한 환경에서는 위치인식이 불가능하다는 단점을 가지고 있음

○ 포항공대 연구개발 현황

- 위치결정의 핵심 기술 중 하나인'odometry'를 이용한 정밀한 위치인식 기법'에서 세계 수준의 기술을 보유하고 있음



[도표 2.7] 포항공대 정완균 교수팀의 위치 보정기술

- 그리고 건물 내부의 복도환경에서 저가 센서를 이용하여 SLAM을 수행하는 CT-algorithm을 개발하였음
- 이 알고리즘은 이동로봇이 얻을 수 있는 가능한 많은 정보인 정확한odom-etry, 노드의 주변 데이터, 에지의 데이터, 지나온 노드와 에지의 history 등에 기반하여 위치결정을 수행

○ 기타

- Y.-H. Choi 등은 적외선 센서를 이용한 SLAM을 제안하였음
- 적외선 센서는 가격이 저렴한 대신 거리와 방향에 대한 정확도가 낮고 측정 데이터도 적기 때문에 <그림 4-18>처럼 로봇이 이동하면서 얻은 센서 측정들을 모아서 사용하는 PDS(Pseudo Dense Scan)기법을 적용

마. 키넥트 융합형 파렛트 인식 기술

○ 영상 역투영 기법을 이용한 파렛트 인식 기술

- 파렛트 앞면의 음영차이와 파렛트의 규격 정보만을 이용하여 영역을 추출함
- 파렛트의 자세 측정 방법은 파렛트의 두 평행선이 이루는 평면과 동일한 자세를 갖는 가상 평면을 찾아서 투영시키는 방법을 통해 이루어짐

○ 레이저 파인더를 이용한 파렛트 인식 및 측정 기술

- Laser range finder를 이용하여 파렛트의 홀과 파렛트 크기의 비를 구하고, 이를 통해 파렛트를 인식하는 시스템

○ 무인 자율주행 지게차의 비전 센서를 이용한 팔레트 자율 적재 기술

- 파렛트의 홀 구성정보와 홀 주변의 색상 정보로 결정하며 홀의 가운데, 왼쪽, 오른쪽영역의 픽셀을 수집하고 색상 분포 유사도를 구하여 파렛트 홀을 확정

○ 물류센터의 파렛트 인식은 현재 RFID를 이용한 인식 정도 활성화되고 있는 추세에 있으며 생산, 유통, 재고관리 분야에 초점을 맞추고 진행 중인 것으로 판단함

○ RFID를 이용한 자동 물류 시스템 구현

- 관리자가 RFID 모듈을 이용하여 이동체에 해당 물품을 가져오게 하는 동작 명령을 내리는 방식이며 이동체는 관리자의 신호를 받아서 물품을 적재한 후

에 컨베이어 벨트에 화물을 적재

○ RFID 태그를 사용한 물류 창고의 화물 위치 식별 기법

- RFID 바닥 태그 기반 방법의 경우 RFID의 태그를 창고 바닥에 부착한 후 지게차에 부착된 리더를 이용하여 태그를 인식하는 방법임

○ 현재 추세로 보면 랙 인식은 창고 관리 시스템으로 통합되어 이미 적용되고 있으며 앞으로 물류 산업의 발달에 힘입어 성장할 것으로 전망됨

○ 다양한 창고 관리 시스템이 존재하며 대다수의 창고관리 시스템에서 자재 및 재고의 관리 및 이동 경로까지 추적할 수 있도록 되어 있음

바. 트래픽회피 스케쥴관리기술

○ 무인운반차 개발

- 1990년대에 포항공과대학에서는 무인운반차 시스템 설계에 관한 연구를 행하였으며, 주된 목적은 무인운반차의 대수 선정이었음
- 연구시의 기본 조건은 생산현장의 레이아웃, 공정설비배치 및 공정별 흐름량을 파악하여 Flow-distance 최소화하는 정수계획법으로 AGV 대수 조정을 통하여 시스템 비용 및 처리물동량 적합성을 고려한 최소 대수 선정하는 것임

○ 무인운반차 주행기술 개발

- 1993년도에 한국생산기술연구원에서는 AGV 주행기술개발로서, CIM 및 FA에서 사용되는 AGV의 역학적 모델 및 주행제어 알고리즘 개발하였으며, 이후 1994년도에는 전방향 AGV 개발 및 물류시스템 핵심기술개발로서, 전방향 AGV 구동을 위한 MMI(Man Machine Interface) 방법 개발 및 구동의 H/W 및 제어 S/W 개발을 행하였음

○ 컨테이너터미널용 무인운반차 자동화기술 개발

- 1997년에는 부산대학교에서 무인운반차를 이용한 컨테이너 터미널의 자동화에 관한 연구를 행하였으며, 주된 목적은 아드트랙터를 대신하는 AGV의 통제계측 정의 및 운영규칙을 개발하는 것이었음
- 방법으로는 차량할당문제를 위주로서 적재와 하역의 듀얼사이클 적용하여 수학적 최적화 해법을 통하여 알고리즘을 제안하였으며 휴리스틱 기법과의 비교 검토를 행하였음

○ 자동운반차량 운영성능 분석기술

- 1999년에는 한국기계연구원에서 생산시스템에서의 자동운반차량 운영 성능 분석기술 개발을 행하였으며, 주된 목적은 AGV의 수행평가 분석기술 수행하는 것이었음
- 방법으로서는 물류기기의 수행평가 수행도를 위해 시뮬레이션에 의한 평가를 행하였으나, 동적시스템을 분석을 위한 Closed queueing Network 방법을 적용한 결과, 시스템 flow, 물류수요, 운반시간 등의 제약조건 검토에 한계를 지님

2. 다층형 화물이송시스템

○ 기술동향

- 제조업과 물류업은 SCM을 구성하는 핵심 주체로 모든 기업은 기업 공급망에서 발생되는 비용을 줄이려고 노력하고 있고, 물류센터는 그 다음 단계인, 공급망을 최적화으로 연결해주는 창고로 인식됨
- Logistics Automation 중 물류센터 관련 기술은 국내 정부출연 연구기관, 학교부설 연구소 등을 포함하여 관련 연구가 미비 실정임

구분	기관명	비 고
1	한국철도기술연구원 (국가물류표준화연구단)	일관수송 중심의 물류표준체계 구축사업 등
2	한국교통연구원 (국가물류표준화연구단)	물류정보화 및 보안표준체계 고도화 사업 등
3	서울대학교 (국가물류표준화연구단)	위험물 물류표준화 및 위험물 안전관리시스템 개발, 환경친화적 폐가전 물류표준체계 및 물류관리시스템 개발 등
4	부산대학교(차세대물류IT기술연구사업단)	자율이송장치, TIOS 개발, WLAN 기반 Mesh Network, RTLS 요소 기술 개발, 등
5	KAIST	물류표준설비 인증제도 등

[도표 2.8] 국내 물류관련 주요 기술보유 및 연구기관

- 국내 컨베이어 생산업체는 대부분은 아직 영세하고 열악한 환경에 처해 있으며, 특히 연구개발 전담 인력은 많이 부족한 실정임
- 컨베이어, 리프트, 파렛타이징 등과 같이 물류센터에서 발생되는 물류활동의 자동화(Automation)를 지원하는 장비, 시설 등을 개발하는 업체의 기술경쟁력이 선도 기업군과 비교하여 낙후되어 있어 핵심 부품과 장비를 수입하여 사용하고 있음

구분	회사명	비 고
1	보우시스템	생산 가공, 개발 및 설계, 시스템 설비보유
2	SFA	산업별 자동화설비, 자동창고, 포장적재설비 등
3	금강오토텍	자동 운반 시스템 구축 가능 및 위험물 물류 기술의 보유
4	로테코	컨베이어 및 수직 자동 반송기 기술의 보유
5	이지인더스	타워식 승강구동장치, 적재설비, 관련 고정장치 등

[도표 2.9] 국내 주요 이송장치 개발 기업

○ 산업동향

- 2009년 기준 컨베이어의 국내 생산액은 약 8천 7백억 원이며 2008년에 비해 국내 생산액이 감소한 이유는 글로벌 금융위기에 따른 경기위축인 것으로 분석됨
- 또한 2009년 기준 자동창고시스템을 포함한 컨베이어 관련 산업(컨베이어, 자동창고시스템, 컨베이장치류 부품)의 국내 생산액은 약 1조 2천 2백억에 달하는 것으로 추정됨

품목	구분	2007	2008	2009	증감율(전년대비)
컨베이어	사업체수	215	223	206	-7.6%
	생산액	885,817	1,073,028	874,136	-18.5%
	출하액	883,283	1,070,107	870,521	-18.7%
자동창고시스템	사업체수	16	14	12	-14.3%
	생산액	302,848	248,886	227,749	-8.5%
	출하액	302,943	248,987	227,535	-8.6%
컨베이장치류 부품	사업체수	28	28	37	32.1%
	생산액	66,031	84,275	118,767	40.9%
	출하액	65,906	83,832	118,452	41.3%

자료 : 광업제조업조사보고서(통계청)

[도표 2.10] 2009년 국내 이송장치 관련 산업통계

제2절 국외 기술 및 산업 동향

1. 고단적재 무인지게차 시스템

가. 해외 연구

(1) 삼방향 포크(3-Way Fork) 기술

○ 융하인리히 1.2톤 삼방향 포크 개발

- 독일 융하인리히 지게차 제조업체에서는 13m까지 상승할 수 있는 1.2톤용 삼방향 포크를 개발하였음



[도표 2.11] 융하인리히 삼방향 포크 지게차

○ 린데 1.5톤용 삼방향 포크 개발

- 독일 린데 지게차 제조업체에서는 11.8m까지 상승할 수 있는 1.5톤용(세계 최고 기술 수준) 삼방향 포크를 개발하였음



[도표 2.12] 린데 삼방향 포크 지게차

○ 니찌유 1.2톤용 삼방향 포크 개발

- 일본 니찌유 지게차 제조업체에서는 12m까지 상승할 수 있는 1.2톤용 삼방향 포크를 개발하였음



[도표 2.13] 니찌유 삼방향 포크 지게차

○ 크라운 1.5톤용 삼방향 포크 개발

- 미국 크라운 지게차 제조업체에서는 17.1m까지 상승할 수 있는 1.5톤용(세계 최고 기술 수준) 삼방향 포크를 개발하였음



[도표 2.14]크라운 삼방향 포크 지게차

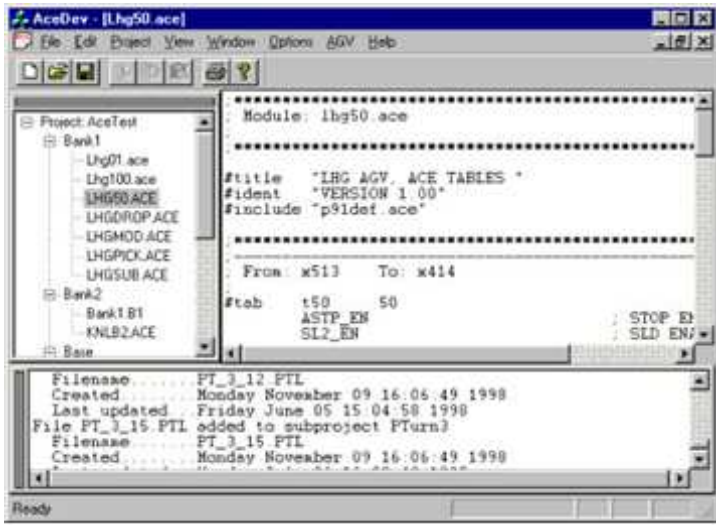
(2) 이중적재(Dual Carriage) 기술

○ 현재 이중적재형 지게차를 개발한 곳은 전 세계에 어디에도 없는 것으로 조사되었으며 **본 연구에서 세계 최초로 개발하는 장비**임

(3) 사용자 정의 통합차량제어시스템

○ AGV Electronics AB社의 ACE 2000 SDK

- PLC 방식으로 정해진 규칙에 따라 사용자의 일부 수정이 가능함.
- AGV Programming Tool 이며, AGV의 본체 제어 및 AGV-System의 Lay-out Program을 할 수 있는 Tool
- ACE2000 Tool은 모든 유도 방식 즉 전자(Wire), Magnet Gyro 및 Laser 유도 방식을 제어 및 Programming 가능하도록 설계 개발이 됨
- Windows 95/98/2000/XP/NT 모든 운영 체제에서 운영이 될 수 있도록 개발되어 있음.



[도표 2.15] AGV Electronics AB社의 ACE 2000 SDK

○ Egemin사의 Automatic Battery Swap for AGV Systems

- 소수의 무인차량을 위한 자동 배터리 교체장치
- 차량이 교환 위치 대기 시 사용자의 조작으로 배터리 교체 작업 수행
- 각 슬롯별 자동 재충전 장치가 설치됨



[도표 2.16] Egemin 사의 Automatic Battery Swap for AGV System

○ 일본 JRC의 운항효율 모니터링 시스템

- 선박으로부터 운항상태를 모니터링하고, 다양한 센서로부터 수집한 데이터를 분석하여, 이메일을 통하여 육상에 송부
- EEOI(선박 에너지 효율운항지표)기반의 해당 선박별 운항효율 지표 모니터링 함으로써, 전선대의 최적 선박관리와 에너지 효율향상 계획을 세우는 도구로 활용

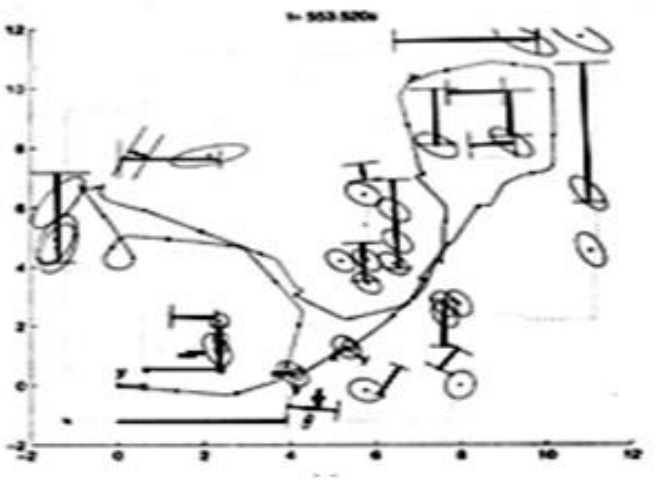


[도표 2.17] 운항효율 모니터링 시스템

(4) 레이저용 동시위치/맵핑기술

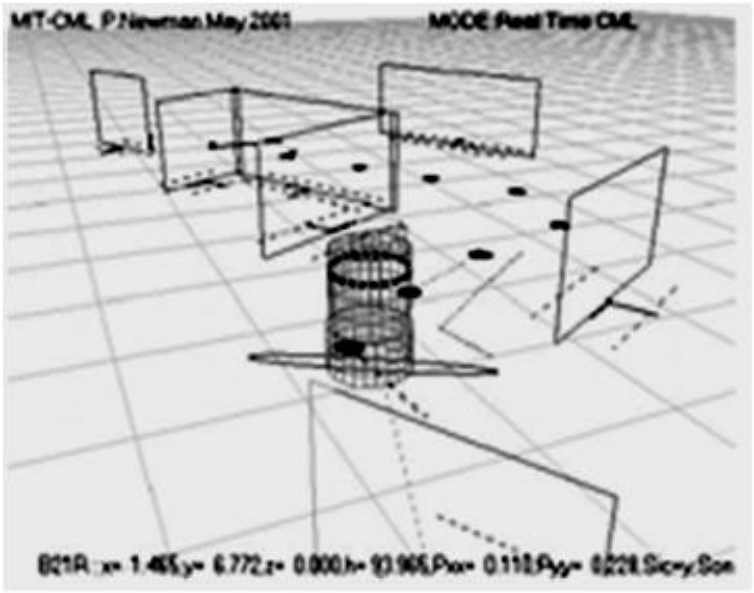
○ 미국 MIT연구개발 현황

- 본 연구에서는 초음파 센서만을 이용한 SLAM알고리즘을 개발
- 이 알고리즘의 위치인식 오차는 100m 주행 시 약40cm 정도임
- 저가의 초음파 센서들만으로도 구현이 가능



[도표 2.18] 미국 MIT 대학의 SLAM 연구 결과

- MIT의 다른 실험실에서는 레이저 센서를 이용하여 사람들이 움직이고 있는 실내 환경에서 위치인식과 지도형성을 동시에 수행하는 알고리즘을 개발하였음
- 이 알고리즘은 100m 주행 시에도 위치오차가 2cm 정도



[도표 2.19] MIT J.Leonard 교수팀의 SLAM 연구 결과

○ 독일의 Freiburg 대학 연구개발 현황

- 본 연구에서는 global map을 이용한 순환구간에 대한 지도형성 알고리즘을 개발하였음

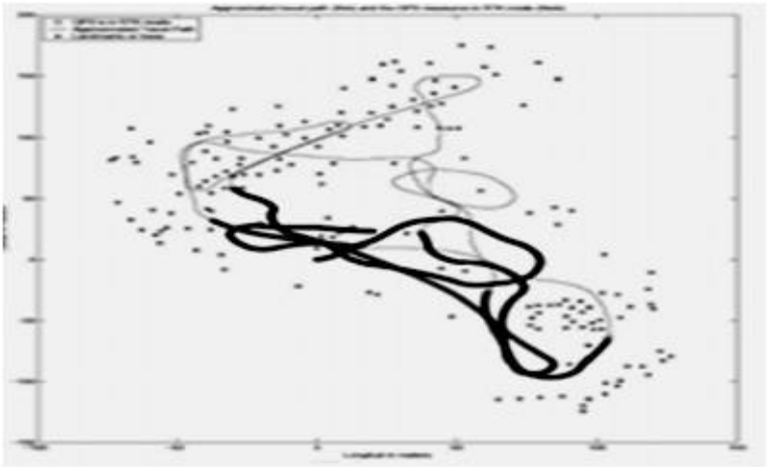


[도표 2.20] 독일 Freiburg 대학의 SLAM 전/후 지도

- Freiburg 대학에서는 약 400m를 주행하며 5개의 순환구간에 대한 지도를 성공적으로 형성한 실험결과를 제시하였음

○ 호주 Sydney 대학연구개발 현황

- 본 연구에서는 부 환경에서 나무를 landmark로 이용하는 SLAM 알고리즘을 개발하였음

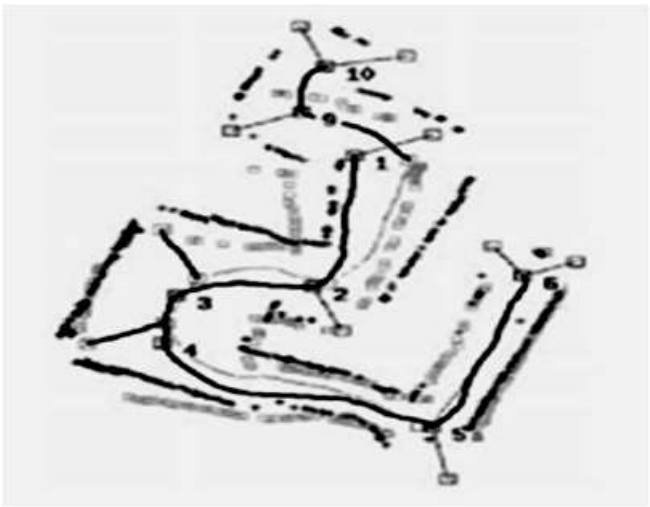


[도표 2.21] Sydney 대학의 실외 나무들을 이용한 SLAM

- 이 알고리즘에서는 Kalman Filter의 확장된 개념인 Extended Kalman Filter를 사용하고 있으며, 센서로는 고가의 레이저를 사용하고 있음
- 주행 중 최대 위치 오차는 50cm

○ 미국 Carnegie Mellon University

- 16개의 초음파 센서만을 이용하여 위치인식과 지도형성 그리고 자율주행을 동시에 수행하는 알고리즘을 제안하였음

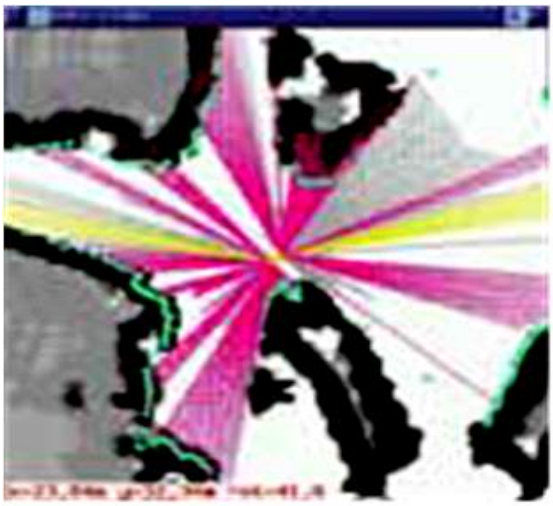


[도표 2.22] CMU의 H. Choset 교수의 topological SLAM

- 이 알고리즘은 직선으로 형성된 복도환경에서 적용이 가능하며, 복도의 형상

자체를 landmark로 사용하고 있음

- CMU의 다른 연구실에서는 확률적 계산방법을 이용하는 강인한 위치인식 알고리즘을 개발하였음



[도표 2.23] CMU의 S.Thrun 교수의 SLAM 영상

- 이 알고리즘은 사람이 많은 환경 속에서도 강인하게 동작하며, 실제 미국의 Smithosonian 박물관에서 안내용 로봇의 위치인식 알고리즘으로 사용되기도 하였음

(5) 키넥트 융합형 파렛트 인식 기술

○ 스테레오 카메라를 이용한 파렛트 측정 기술

- 지게차의 Overhead Guard에 설치된 두 대의 카메라를 사용하여 비전 인식 기반의 파렛트 자동 적재 기법을 제안한 연구이며 정확도가 떨어지는 단점이 존재

○ 모델 기반 인식 기법을 이용한 파렛트 측정 기술

- 포크 캐리지 안쪽에 설치되어 있는 한 대의 카메라를 이용하여 파렛트를 인식하는 연구이며 특징점을 추출하기 위해 고정된 색상의 파렛트를 대상으로 제한하며 작업장 바닥면에서 떨어진 파렛트에 대해서는 적용이 불가능한 단점이 존재함

○ 바닥면 특징점 추출을 이용한 파렛트 측정 기술

– 이 기술은 차량의 상부에 설치된 한 대의 카메라를 이용하여 파렛트의 색상 정보를 추출한 후 이를 이용하여 작업장 바닥면과 파렛트를 분할함

○ 강인한 자율 이동 지게차의 파렛트 인식

- online과 offline에서 파렛트 인식을 모두 사용할 수 있는 장점이 존재하고 다양한 영상처리 기법과 알고리즘을 이용해 파렛트를 인식하지만 비젼인식 기반의 파렛트 컬러를 이용한 인식이기 때문에 조명의 환경에 민감한 영향을 받을 수 있음

○ Smart Storage Rack에서의 분배된 RFID 안테나를 이용한 인식 기술

- Tag를 랙의 바닥면에 부착하고, 랙 바닥면 주위에 코일 안테나를 설치한 후 RFID 리더가 태그를 인식하는 방법

(6) 트래픽회피 스케쥴관리기술

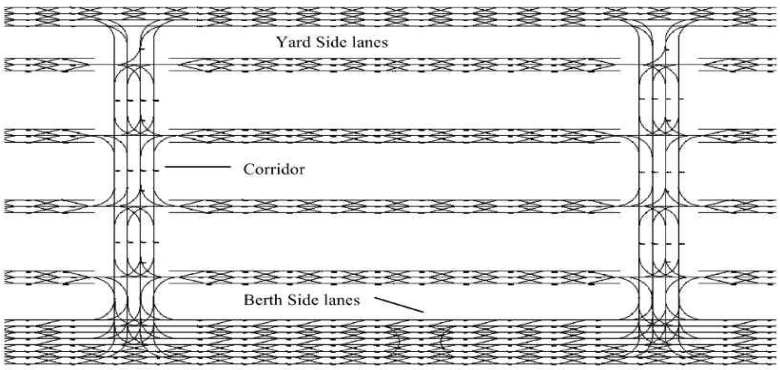
○ AGV의 스케쥴 주요 연구현황

- AGV 스케쥴링에서는 각 Job에 대해서 어느 AGV가 작업을 수행할 것인지?, 언제, 어떤 경로로 수행할 것인지를 결정하는 것이며, 본 연구에서는 경로할당을 포함
- 차량 경로할당문제(Vehicle Routing Problem, VRP)에 관한 만은 연구가 수행되었으며 생산라인 및 항만에 대한 응용이 다루지고 있음
- 그러나 AGV에 대한 동적할당 및 스케쥴은 서로 다른 특성을 지니고 있으며, T. Le-Anh에 의하면, 높은 트래픽 밀도, 짧은 이동거리, 짧은 수평동선 계획으로 인하여 화물의 확률적 도착모형, 차량간 인터페이스 및 배터리 충전 등이 포함시킬 필요가 있음
- 이때, AGV 스케쥴링에서는 각 AGV에 대하여 주어진 Job의 Origin에서 Destination까지의 최적의 경로를 설정해야 하며, 작업 오더상에 빠른 도착시간 및 늦은 도착시간 내에 도착하도록 해야 함

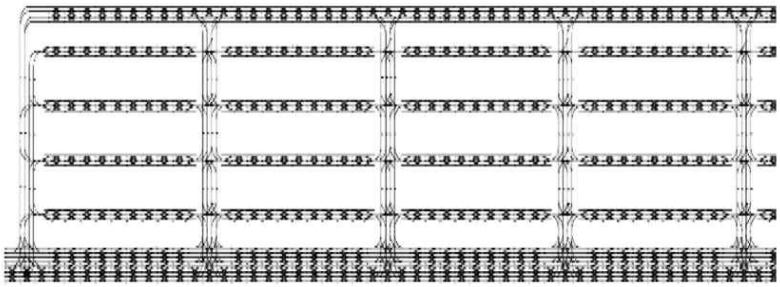
○ 트래픽 차단 스케쥴링

- 유럽의 AGV 개발에서의 스케쥴링 및 트래픽 차단 경로계획알고리즘에 대해서 선행연구가 있었으며, Le-Anh 등은 AGV의 차단방법을 3가지로 다룸
- 첫째는 AGV의 충돌 및 교착이 발생하지 않도록 레이아웃을 우선적으로 설계하는 것이며, 둘째는 AGV 경로상 다수의 비교착(Non-overlapping)지역을

설정함으로서 교착이 발생하지 않도록 하는 것이며, 세 번째는 충돌과 교착이 발생하지 않도록 스케쥴과 경로설정을 행하는 것임



(a) Part of the AGVs layout showing one berth



(b) Layout of the actual model

[도표 2.24] 컨테이너 터미널의 레이아웃

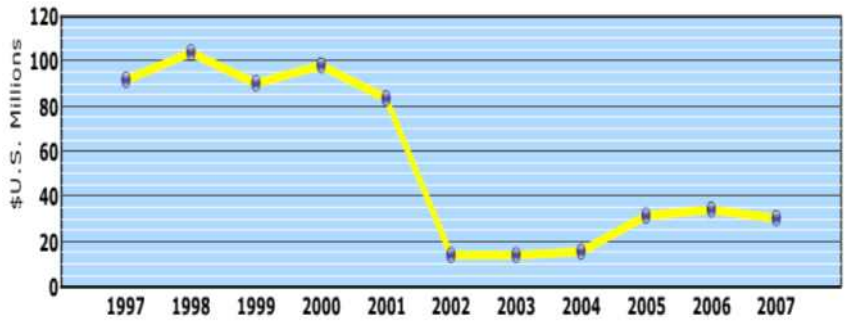
- 상기 첫째 방법은 경로계획에 대한 것으로서, 일반적으로 컨테이너 터미널에서 주로 사용하는 방법으로 작업경로를 일방통행 및 순환경로로 설정함으로서 교착 및 충돌을 사전에 차단하는 방법임
- Lochana Moorthy 등 은 AGV에 대해 일정영역내에서 cyclic 교착 예측 및 회피하는 연구를 수행했으며, 컨테이너 터미널에 대해 적용함. 이때 AGV 대수는 80대로서 복잡한 경로를 보이고 있으나, 레인 교차시의 교착, 작업시 교착 및 주기적 교착에 대해 다룸 ([도표 2.24] 참조)

나. 산업 동향

○ 무인운반차(AGVs) 시장동향, 2009, KOTRA

- 미국 산업용트럭 및 운반기계류의 제조자는 402개사로 84억달러 (2007년(이 중 자동적재장비 및 팔레타이징장비는 각각 3천만불 및 2억불 점유)
- 100명미만 중소업체 85.5%이며 총생산의 50% 수출
- Automatic Stacking Machines 출하시장 추이 (1997~2007) ([도표 2.25]참조)

(단위: US$ million)

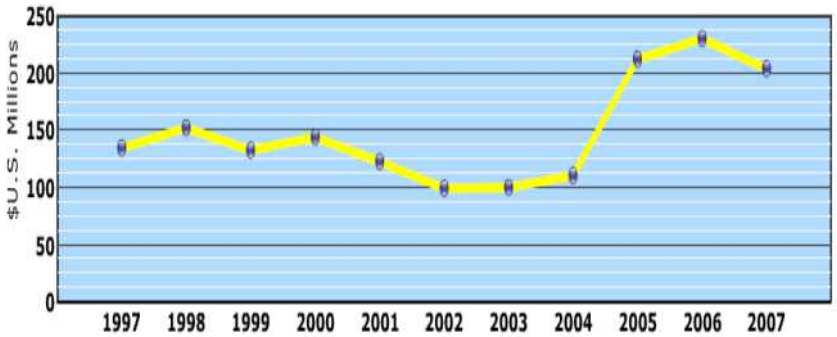


자료원 : US Department of Commerce & MHIA

[도표 2.25] 자동화 기기 출하시장

- Palletizer & Depalletizer 출하시장 추이 (1997~2007) ([도표 2.26] 참조)

(단위: US$ million)



자료원 : US Department of Commerce & MHIA

[도표 2.26] 팔레타이저 자동화 시장 추이

- 무인운반차의 수요처로는 작업의 능률성 (Productivity), 작업 현장 내 안전성 (Safety) 등으로 인해 Fortune 500대 기업에 속하는 자동차 조립 공장, 화학 약품공장을 비롯하여 대형 식품 및 음료 제조사의 창고나 소비재 디스트리뷰션 센터에 많이 활용되고 있는 것으로 나타났음.
- 무인운반차량 주요 수요처
- 미국 운반하역기계 협회 산하의 AGV 디비전의 선도업체인 JBT

Technologies 사의 담당자에 따르면, 동 사의 경우 사용자 편의 (User Friendliness) 와 용이성 (Ease of Use) 기능에 초점을 맞추어 타겟고객층을 중소업체로 확대하기 위해 노력하고 있다고 함

Automotive	Chemical	Food & Beverage
		
Paper	Pharmaceutical	Warehousing&Distribution
		

자료원: JBT Corporation Website

[도표 2.27]무인운반차량 주요 수요처

○ 많은 기업들이 저비용 고효율에 대한 새로운 기술을 대거 선보이며 앞으로 시장 트렌드의 변화를 예고했으며, 한국기업이 물류·창고·자재관리산업에 진출하기 위해서는 이를 앞서 가는 혁신이 필요할 것으로 전망

○ 물류 센터와 수송업체 간의 관리시스템 통합을 위한 IT 기술과 자동화 기술은 효과적인 물류시스템 관리를 위한 필수요소로 등장하며, 관련 기술 및 제품에 대한 시장 변화를 끊임없이 모니터링 해야 시장 변화에 맞는 진출 전략을 세울 수 있을 것임

2. 다층형 화물이송시스템

○ 기술동향

- 앞서 언급된 바 있지만 Global Industry Analysts의 세계시장수요예측보고서에 의하면 2010년 랭킹 20위권 화물 취급 장비 회사의 규모는 약 114억 달러로 2009년 119억 달러보다 4.9% 줄어들었음
- 현재는 유럽과 미국이 주요 시장이지만, 앞으로는 아시아 지역이 빠르게 성장할 것으로 예상됨
- 이러한 향후 자재취급장비 시장에서의 경쟁력 확보를 위해서는 화물취급장비와 관련 소프트웨어 생산업체는 아래와 같은 요소기술들에 대한 치열한 경쟁이 예상됨

관련 기술개발의 주요 트렌드
1. 화물취급 장비와 소프트웨어의 통합시스템화, 다른 시스템과의 호환성 확보 2. 전화와 인터넷을 활용하는 소매상인을 위한 장비들(초소형 단위를 취급) 3. 혁신성 4. 감성공학적 측면 5. 안정성과 환경에 대한 고료

- Modern Materials Handling에 제시된 물류운영시스템 분야에 있어서는 물류와 관련된 각 시스템들의 통합성이 핵심키워드이며 SCP(Supply Chain Plan), WMS(Warehouse Management System), MES(Manufacturing Execution System), TMS(Transportation Management System)등의 통합적으로 연계될 수 있으며 이들이 개인휴대용 통신장비와 연계되면서 직원간의 소통을 지원하느냐가 미래의 핵심기술로 설명되고 있음

○ 산업동향

- 전 세계적으로 컨베이어 관련 장비와 시스템은 농업, 광업, 제조업, 물류업 등 다양한 산업에서 사용되고 있으며, 1980년대 후반부터 제조업의 Flexible Manufacturing System을 지원하는 기능과 1990년대에 제조업과 물류업의 수송을 지원하는 기능으로 사용되고 있음
- 과거 광물, 곡물 등 대규모 벌크 운송 기능을 필요로 하는 기업이 주요 사용자였으나, 현재 전자기기 및 자동차 등과 같은 제품생산 지원 기능과 운송 및

보관 등과 같은 서비스생산 지원 기능을 필요로 하는 기업이 주요 사용자로 변화하였음

- 이처럼 컨베이어 시스템과 장비 산업의 가장 큰 시장은 Material Handling Equipment(이하 MHE)이며, 동시에 컨베이어는 MHE에서 가장 많은 비중을 차지함
- 수직 컨베이어, 수평 컨베이어 등 컨베이어 시장(MHE 시장)은 산업화된 국가 중 제조업이 활발한 유럽, 북미, 일본, 한국, 중국이 주요 수요자이며 동시에 주요 공급자임
- Material Handling Equipment Distributor Association Journal에 따르면, 전 세계적으로 약 1,000여개의 MHE기업이 서로 경쟁하고 있는 것으로 나타남
- 다음 표는 Modern Material Handling Magazine에서 2010년 기준으로 컨베이어, 파렛타이징 로봇, AS-RS, Volume Checker 등 Material Handling에 관련된 장비/시스템을 공급하는 기업 중 가장 높은 수익을 창출한 기업 리스트임
- 우리나라가 강세를 보이는 Lift truck 분야와 다르게 MHE 분야는 우리나라와 유럽/일본간 기술수준에 격차가 있어 국내 기업은 순위에 포함되지 못함
- 그러나 MH 시장에서 후발 주자이나 제조업에 강한 경쟁력을 가졌으며, 자체적으로 높은 MH 수요를 가진 우리나라와 중국 기업들의 시장 진입이 예상됨
- 물류관련 설비류 시장의 선도회사는 독일의 쉐퍼로 2010년 약 22억달러의 매출을 기록하였으며, 2위는 약 20억달러의 매출을 기록한 일본의 다이후크로 나타남
- 상위 5개 업체의 매출합계는 약 66억달러로 2009년 대비 약 3.3%의 증가세를 보이고 있음

순위(2010)	회사명	순위(2009)	매출(US $)	본사
1	Schaefer	1	$2.19 billion	독일
2	Daifuku Co. Ltd.	2	$1.95 billion	일본
3	Dematic	3	$1.2 billion	룩셈부르크
4	Murata Machinery Ltd.	5	$749 million	일본
5	Vanderlande Industries	4	$742 million	네델란드
6	Swisslog AG	6	$650 million	스위스
7	Interlake Mecalux	7	$570 million	스페인
8	Kardex Remstar	10	$470 million	스위스
9	Fives Group	13	$383 million	프랑스
10	Intelligrated	15	$378 million	미국

출처 : 'TOP20 SYSTEMS SUPPLIERS', Modern Materials Handling, 2011.3

[도표 2.] 2010 Global Industry Analysts-MATERIAL HANDLING EPQIPMENT

- 물류관련 소프트웨어 시장의 주요 공급자는 SAP, ORACLE, INFOR 등 미국을 본사로 하는 주요 회사들이며, 2006년도 세계시장 1위 기업인 SAP의 매출은 7억 3천만달러에 달하고 있는 것으로 조사됨

순위	Supplier	2006 revenue	SCP	WMS	MES/MRP	TMS
1	SAP	735 million *	x	x	x	x
2	Oracle	585 million *	x	x	x	x
3	Infor	348 million **	x	x	x	x
4	Manhattan Associates	289 million	x	x		x
5	i2 Technologies	280 million	x			x

[도표 2.28] 2010 Global Industry Analysts-SYSTEM SUPPLIER

- 상위 3개 업체는 물류망 전체를 시스템화하여 관리할 수 있는 개별 기 (SCP, WMS, MES,TMS)의 전부를 보유하고 있다는 특징이 있음
- Material Handling 시장은 일본, 독일, 스위스 등 기술우위로 높은 시장점유율을 차지하고 있는 국가에 관련 분야 전문 연구소, 협회, 기업 등이 포진되어 있고 이러한 기관들이 세계 MH 기술을 선도하고 있음
- 부연하면 Material Handling에 관련된 주요 노하우를 보유한 국가들이 모두 세계의 산업을 주도하는 산업강국이라는 점이며, 이러한 점에서 산업강국으

로 성장할 수 있는 원동력에는 MH분야에 대한 높은 기술력도 중요한 기능을 했다는 것을 알 수 있음

분류	회사명	국가	비 고
1	Japan Institute of Logistics System	일본	교육, 연구, 전시회, 출판 등
2	Material Handling Equipment Distributors Association	미국	회원서비스, 교육, 전시회, 출판 등
3	Material Handling Industry of America	미국	회원서비스, 학습, 전시외 등
4	European Federation of Material Handlding	유럽	회원서비스, 출판 등
5	VDMA	유럽	데이터베이스, 연구 등
6	Schaefer Holding International GmBH	독일	컨베이어 시스템, 파렛트 컨베이어 시스템 등
7	Daifuku.Co.Ltd	일본	컨베이어 시스템, AGV, 등
8	Dematic	룩셈부르크	컨베이어 시스템(파렛트 포함), AGV, 파렛타이징
9	Murata Machiner Ltd.	일본	컨베이어 시스템, AGV 등
10	Vanderlande Industries	네덜란드	컨베이어, 솔루션 등
11	Mettler Toledo	스위스	자동 파렛트 크기 측정기 등
12	Corners톤e Automation System	미국	파렛트 입체 스캔기 등
13	SAP	독일	SCP, WMS, MES/MRP, TMS 등
14	Oracle	미국	SCP, WMS, MES/MRP, TMS 등

[도표 2.29] Logistics Automation 관련 해외 주요 기관 현황

제3절 특허동향

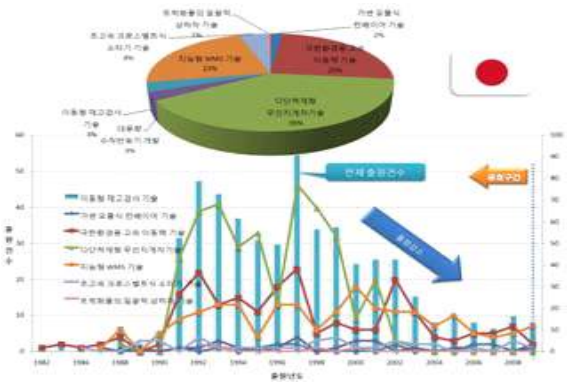
1. 고단적재 무인지게차 시스템

○ 국내외 특허 동향 분석

- 고단적재형 무인지게차 시스템 기술 분야와 관련하여 한국, 미국, 일본 및 유럽에서 출원(미국은 등록)된 특허의 전체 출원 및 등록 동향을 분석함
- 출원국가 : 특허조사 504건 중 상위 10위권내 324건이 포함되며, 이중 일본국적이 91.4% 점유하고 한국국적은 8.6% 점유로서 한국기술력 미약
- 전체 출원건수 중 한국은 46건을 점유하며, 특허활동지수에서는 0.67로서 매우 낮아 상대적으로 특허활동이 활발치 않음을 시사
- 특허장벽 분석결과, 일본기업에 의해 주도적으로 기술 개발되고 있으나, 기술 차별화를 통한 **신규성으로 기술 선점전략 수립** 필요



[도표 2.30] 한국 특허 동향



[도표 2.31] 일본 특허 동향

○ 이밖의 기술관련 특허 조사

(1) 사용자 정의 통합차량제어시스템

- 가상 조향륜을 이용한 유도라인 추적 AGV의 주행 제어 장치 및 그 방법 (Driving Control Method For Guideline Tracing AGV Using Virtual Steering Wheel) 등록번호: 1013495070000 출원인: 부산대학교 산학협력단
- 자동반송시스템의 작업할당 장치 및 그 방법 (Job Assignment Apparatus Of Automatic Material Handling System And Method Thereof) 등록번호: 1012875280000 출원인: 삼성전자주식회사
- 무인반송차 충전 장치(Automatic Guided System) 등록번호: 1012445300000 출원인: 엘지디스플레이 주식회사
- 무인반송차 제어시스템 (System for Controlling Rail Guided Vehicle) 등록번호: 1008905230000 출원인: 금오공과대학교 산학협력단, 정근섭
- 무인지게차를 위한 위치측정 장치 및 방법 (Localization Apparatus And Localization Method For Unmanned Autonomous Forklift) 등록번호: 1010419830000 출원인: 부산대학교 산학협력단
- 무인운반차량 운전시스템 및 그 제어방법(System and Method For Controlling Automated Guided Vehicle) 등록번호: 1007834220000 출원인: 현대자동차주식회사
- 무인반송차 및 주행제어 방법(Automatic Guided Vehicle And Travel Control Method) 등록번호: 1013040180000 출원인: 가부시키가이샤 히타치플랜트테크놀로지
- 전기자동차용 배터리의 자동교환 시스템 (System For Auto-Exchanging Of Electric Vehicle Battery) 등록번호: 1012699900000 출원인: 주식회사 모텍스, 국민대학교 산학협력단, 한국항공대학교 산학협력단

(2) 키넥트 융합형 파렛트 인식 기술

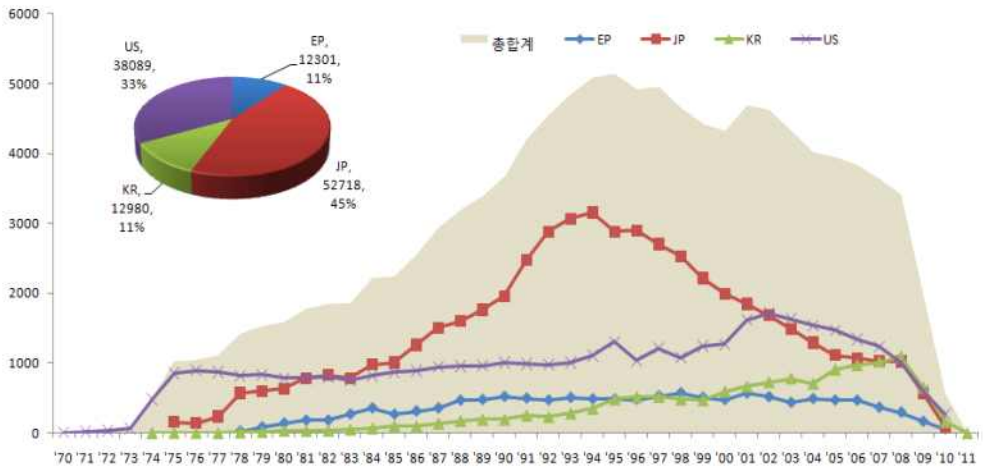
- 키프리스 사이트(www.kipris.or.kr)의 국내 특허 및 해외 특허검색 서비스를 통해 파렛트 인식 시스템에 대한 특허 동향을 검색하였으나 국내특허, 해외특허 모두 파렛트 인식 시스템에 대한 특허는 검색되지 않음

- 기존의 연구가 상용화를 할 만큼 발전한 기술 수준은 아니라고 판단할 수 있으며 기술 개발 및 상용화를 보다 더 고민하고 방안을 모색할 필요가 있음
- RFID를 이용한 창고관리시스템
- 출원 번호: 10-2011-01111947
- 출원 일자: 2011년 10월 31일
- 특허권자: 동서대학교 산학협력단
- 물품의 정보를 저장하는 물품태그를 부착하고, 창고 출입을 관리하는 내, 외측 태그를 붙여 지게차에 탑재된 리더기에 감지된 정보를 물류 관리 서버로 전송하며, 물품들을 창고에 입고 및 출고하기 위한 관리 시스템

2. 다층형 화물이송시스템

○ 연도별 동향

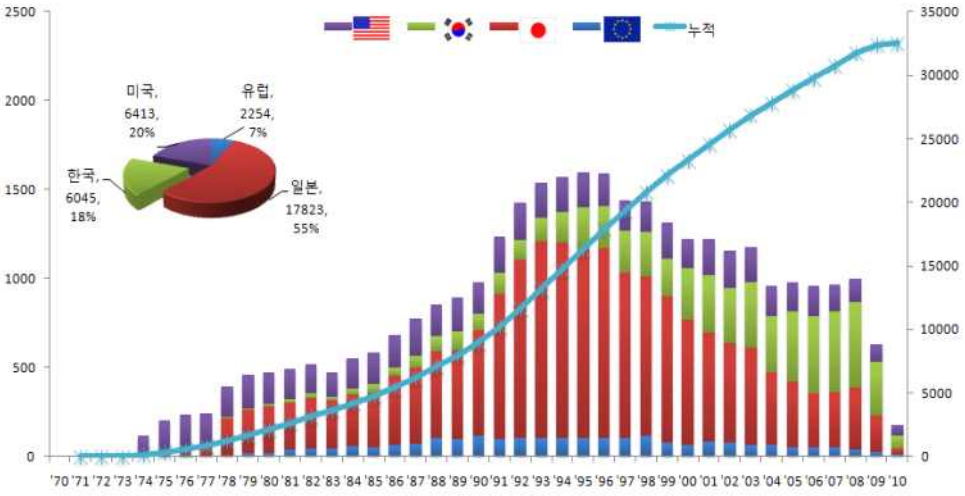
- 이송장비 관련 특허 출원 현황을 살펴보면 1970년부터 특허가 출원되기 시작하여 1995년에 가장 많은 5,139건의 특허가 출원되었음. 이송 장비 관련 가장 많은 특허를 출원한 국가는 일본으로 전체 특허의 45%인 52,718건의 특허를 출원함
- 한국은 이송장비 관련 특허 출원이 1974년 이후 지속적으로 증가하고 있고, 12,980건의 특허를 출원하여 전체 특허의 약 11%의 비율을 점유하고 있음



주) 2009년 이후의 데이터는 공개가 되지 않은 특허 때문에 실제 특허건수보다 적을 수 있음
자료 : 지능형 물류센터 및 고효율 장비기술 개발 기획보고서, 2011

[도표 2.32] 이송장비 관련 전체 특허의 연도별 특허 출원 현황

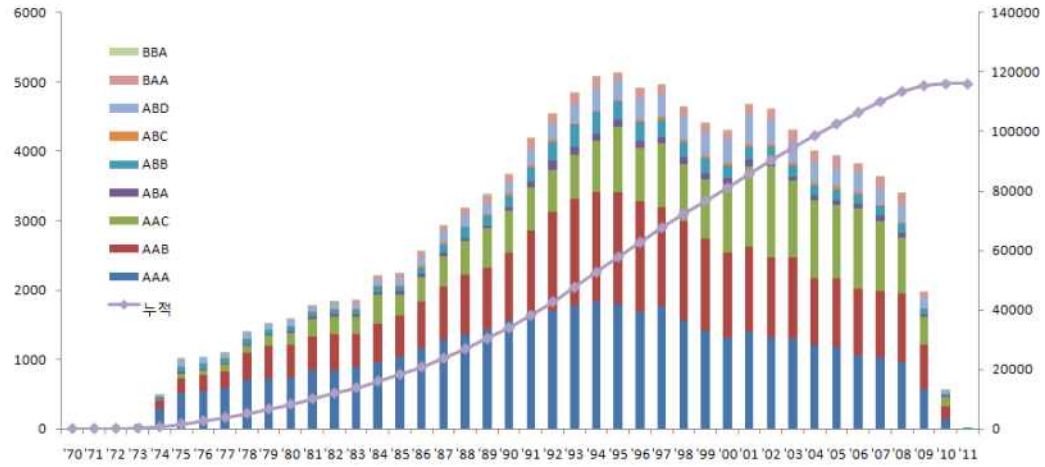
- 수직형 컨베이어 관련 기술은 1990년대 중반까지 특허 출원이 급속도로 증가하다 이후 감소하는 형태로 특허 활동이 진행됨
- 수직형 컨베이어 관련 기술은 총 32,535건의 특허가 출원되었으며 역시 일본에 가장 많은 17,823건의 특허가 출원되었으며 이는 약 55%를 넘는 수치임
- 한국에는 약 18%인 6,045건의 특허가 출원되어 20%의 특허가 출원된 미국과 비슷한 규모의 특허 활동이 진행됨



주1) 2009년 이후의 데이터는 공개가 되지 않은 특허 때문에 실제 특허건수보다 적을 수 있음
주2) 왼쪽의 세로축은 세부기술별 특허건수를 의미하며 오른쪽 세로축은 누적건수를 의미함
자료 : 지능형 물류센터 및 고효율 장비기술 개발 기획보고서, 2011

[도표 2.33] 수직형 컨베이어 기술 특허의 연도별 출원 현황

- 세부 기술들의 특허를 연도별로 나열하면 다음 그림과 같으며, 수평 이동시스템, 수직이동시스템, 분류형 이송시스템 등의 특허 출원이 활발한 것으로 분석됨
- 수평 컨베이어 관련 특허의 경우 1990년대 중반 이후 특허 출원이 감소하고 있으나, 수직형 컨베이어와 분류형 컨베이어의 경우에는 1990년대 후반 이후 일정하게 특허출원이 진행되고 있음

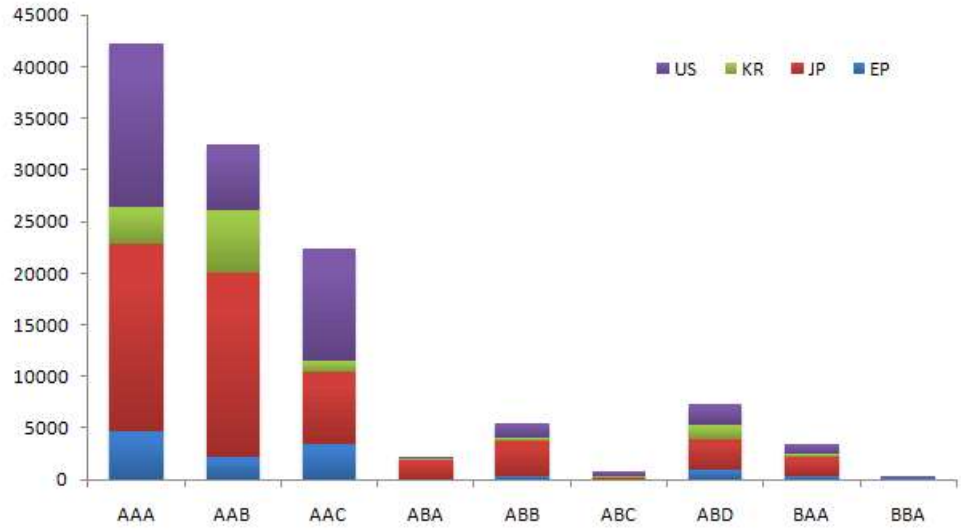


주1) 2009년 이후의 데이터는 공개가 되지 않은 특허 때문에 실제 특허건수보다 적을 수 있음
주2) 왼쪽의 세로축은 세부기술별 특허건수를 의미하며 오른쪽 세로축은 누적건수를 의미함
자료 : 지능형 물류센터 및 고효율 장비기술 개발 기획보고서, 2011

[도표 2.34] 이송장비 관련 세부기술 특허의 연도별 출원 현황

○ 국가별 동향

- 특허 출원국별로 특허 출원건수와 출원인수를 바탕으로 특허 포트폴리오 분석을 실시한 결과, 한국은 기술 주기 중 발전기에 해당하며 특허 건수 및 특허 출원인수가 계속 증가하고 있음. 미국, 일본, 유럽의 경우는 특허 출원 건수 및 특허 출원인수의 수가 증가하였다가 잠시 주춤하여 감소하고 있는 상황이며 이미 성숙된 기술이 특허로 다수 출원되었다는 것을 의미함
- 이송장비 관련 세부기술의 국가별 특허 출원 현황을 살펴보면 대부분의 기술들이 일본에서 가장 많은 특허가 출원되었으며 상대적으로 수평형 이송시스템과 분류형 이송시스템, 이송체의 특허가 미국에 다수 출원됨. 이송체 기술 관련 특허의 경우, '한・미・일・유' 4개국에 특허 출원이 비슷하게 진행되었으며 유럽에 가장 많은 특허가 출원된 기술 분야는 수평형 컨베이어와 분류형 컨베이어 분야로 나타남

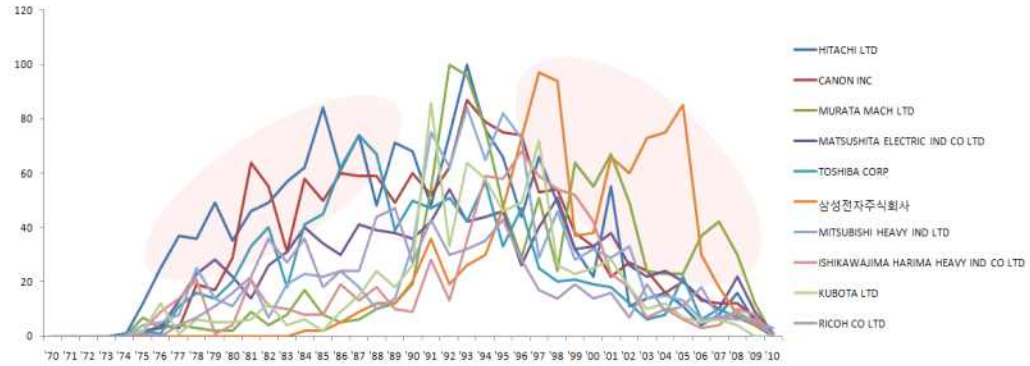


자료 : 지능형 물류센터 및 고효율 장비기술 개발 기획보고서, 2011

[도표 2.35] 이송장비 관련 세부기술 특허의 국가별 특허 출원 현황

- 이송장비 관련 특허의 상위 10개 출원인 연도별 특허 출원 현황을 살펴보면 70년대 중반부터 90년대 초반까지는 일본의 히타치, 캐논 등의 기업에서 특허 출원이 활발히 진행되었으며 1990년대 후반부터 삼성전자, 무라타 기계 등의 특허 출원이 활발히 진행됨
- 삼성전자의 경우 1997년에 가장 많은 97건의 이송장비 관련 특허를 출원하였으며 일본의 무라타 기계는 1992년에 가장 많은 100건의 관련 특허를 출원함

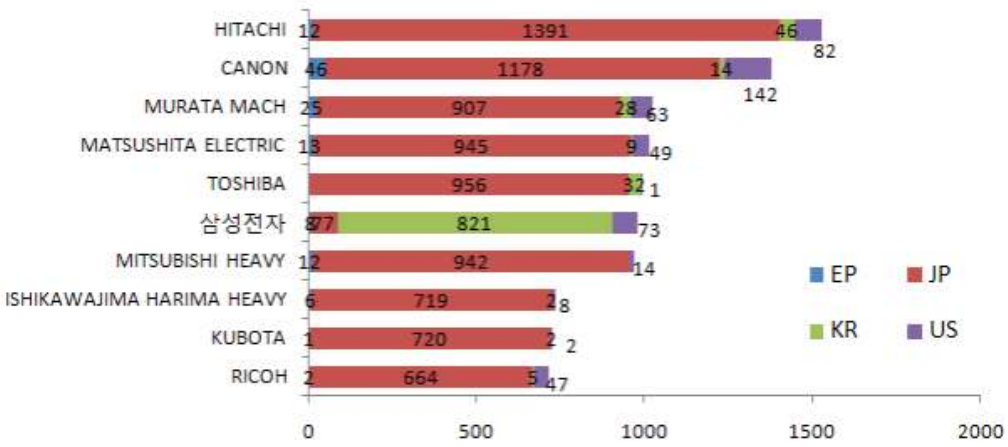
○ 주요 출원인 동향



주) 2009년 이후의 데이터는 공개가 되지 않은 특허 때문에 실제 특허건수보다 적을 수 있음
자료 : 지능형 물류센터 및 고효율 장비기술 개발 기획보고서, 2011

[도표 2.36] 이송장비 관련 10개 상위출원인의 연도별 특허 출원 현황

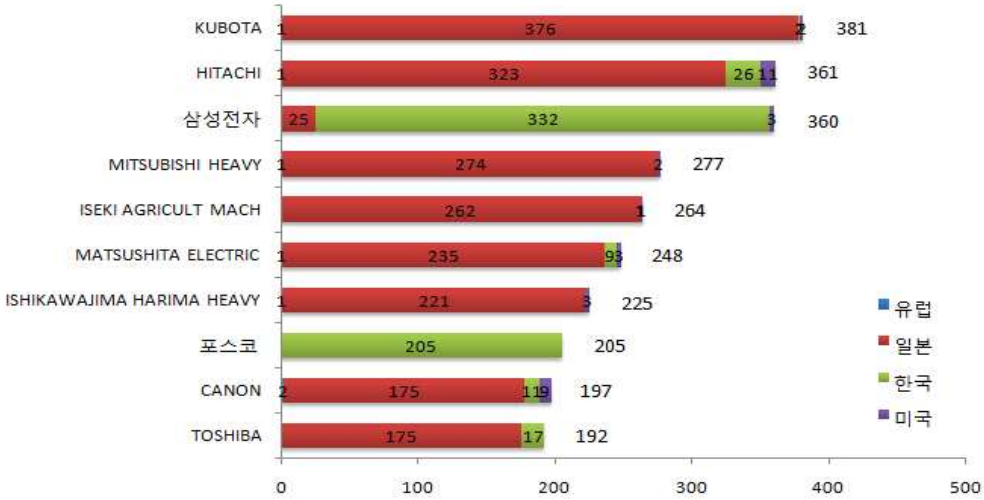
- 이송장비 관련 특허의 상위 10개 출원인의 특허 출원 현황을 살펴보면 일본 전자 기업 및 기계 제조 기업들이 대부분 상위권에 분포되어 있으며 한국의 경우 삼성전자가 10위 안에 랭크됨
- 상위 기업이 대부분 일본 기업으로 일본의 특허 출원이 가장 활발하며 미국에서 소량 특허 출원이 진행됨. 한국의 삼성전자 역시 삼성 출원 특허의 84%인 821건의 특허를 한국에서 출원하였으며 일본 및 미국에서 70여건의 특허를 출원함



자료 : 지능형 물류센터 및 고효율 장비기술 개발 기획보고서, 2011

[도표 2.37] 이송장비 관련 전체 특허의 출원인별 특허 출원 현황

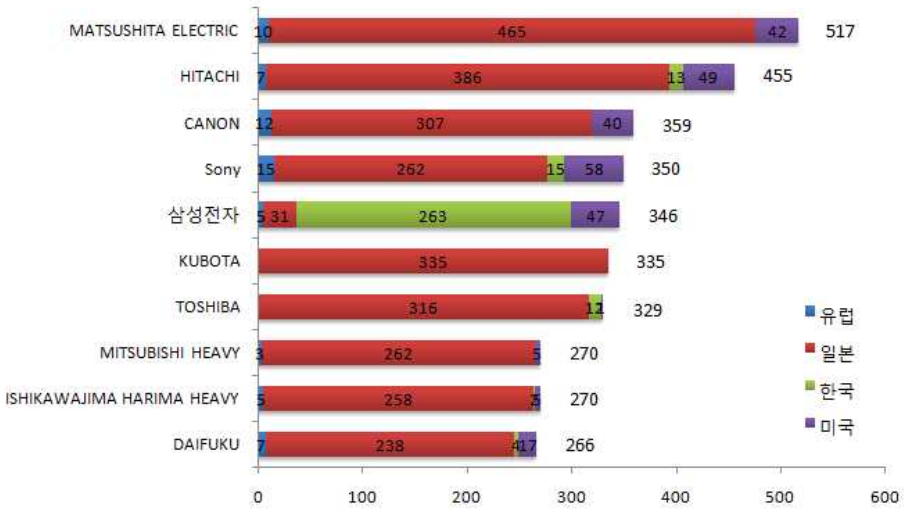
- 수직형 이송시스템 기술의 10개 상위 출원인별 특허 출원현황을 살펴보면 삼성전자와 포스코가 순위 내에 랭크되었으나 한국 기업을 제외하고는 모두 일본기업으로 일본에 특허 출원이 활발히 진행됨



자료 : 지능형 물류센터 및 고효율 장비기술 개발 기획보고서, 2011

[도표 2.38] 수직형 이송시스템 기술 특허의 상위 출원인별 특허 출원 현황

- 수평형 이송 시스템 기술의 10개 상위 출원인별 특허 출원현황을 살펴보면 삼성전자를 제외하고 모두 일본 기업이기 때문에 일본의 특허 출원 활동이 활발하며 해외 출원은 상대적으로 미국의 특허 출원이 많은 편임



자료 : 지능형 물류센터 및 고효율 장비기술 개발 기획보고서, 2011

[도표 2.39] 수평형 이송 시스템기술 특허의 상위 출원인별 특허 출원 현황

- 이송시스템 관련 세부 기술들의 특허를 출원인별로 살펴보면 일본의 히타치의 경우 수평형 이송시스템, 수직형 이송시스템, 브리지 크레인 분야의 특허 출원이 활발히 진행되었으며 캐논의 경우 분류형 이송시스템과 관련하여 특허 출원이 활발히 진행됨
- 한국의 삼성전자의 경우 수평, 수직형 이송시스템과 이송체 관련 특허 출원이 활발히 진행됨

○ 특허분석 목적

- 특허분석은 지능형 물류센터에 적합한 다층형 화물 이송시스템 기술을 개발함에 있어서, 다층형 화물 이송시스템상의 수직이송 및 수평이송에 관한 기술과 volume checker 기술을 포함하는 이송수단과 warehouse control system으로써 이송중인 화물의 상태와 고장제어 체크기술에 대하여 특허동향분석을 실시함
- 이를 통하여 국제 특허현황 및 국가별 기술경쟁력 등의 분석을 실시하고, 최근 부상기술 등을 도출하여, 전략적인 연구개발 계획 수립에 활용할 수 있도록 함으로써, 중복연구를 방지하고, 본 연구개발과제 수행의 타당성에 대한

객관적인 특허정보를 획득하고자 실시하였음

○ 특허분석 범위와 기준설정

- 지능형 물류센터에 적합한 다층형 화물이송시스템 기술과 관련된 특허를 조사하기 위해 검색 DB로 윕스를 사용하였고, 2012년 3월까지 출원공개 된 한국, 일본, 유럽, 및 미국 공개특허와 2012년 3월까지 출원등록 된 한국, 일본, 유럽, 및 미국 등록특허를 검색하였으며, 미공개 상태의 특허가 존재하는 2010년과 2011년 데이터는 정량의 의미가 유효하지 않을 경우 제외함

자료 구분	국 가	검색 DB	분석구간	검색범위
공개·등록특허 (공개·등록일 기준)	한국	WIPS DB	~ 현재(검색일)	특허공개 및 등록 전체문서
	일본	WIPS DB		특허공개 및 등록 전체문서
	미국	WIPS DB		특허공개, 특허공개(공표), 특허공개(재공표) 전체문서
	유럽	WIPS DB		EP-A(Applications) 및 EP-B(Granted) 전체문서
	PCT	WIPS DB		

[도표 2.40] 특허검색 소스, 구간, 범위

○ 특허분석 방법

- 특허기술 Landscape에서는 조사대상국인 한국, 미국, 일본 및 유럽에서의 주요시장국 기술개발 활동현황, 구간별 출원인수와 출원건수의 증감정도의 분석을 통한 기술시장 성장단계 파악 및 미국등록 특허에서 나타나는 피인용지수, 시장력지수, 인용지수, 비특허 문헌 인용지수 등의 분석을 통한 국가 간 기술경쟁력 현황 분석 등을 통해 국가별 Landscape를 분석함
- 또한, 상위 Top10의 다출원인 도출을 통하여 주요 경쟁자 현황으로 본 주요 시장국을 분석하고, 주요 경쟁자들의 시장확보력 및 기술력, 주력기술분야에 대한 파악을 통하여 경쟁자 Landscape를 분석함
- 핵심기술 분석에서는 세부기술별로 구간별 특허출원 동향, 주요시장국별 세부기술 동향, 다출원인의 특허동향 등을 분석하고, 이를 분석한 의미가 시장·

환경 분석결과를 반영할 수 있도록 하여, 시장·환경과 특허와의 관계를 분석함

- OS-Matrix 상의 해결과제 및 해결수단은 각각의 핵심요소기술에 대해 기획위원들과의 협의를 통해 도출하였으며, 다층형 화물 이송 시스템 분야의 기술적 특징을 고려하여 랜덤 반출, 수평 및 수직 컨베이어 연동, 공간 효율성, 화물크기 제한 완화(컨베이어에서 화물의 크기에 제한받지 않고 화물을 이송할 수 있는 이송시스템), 처리 속도 향상, 및 다방향 반출 가능성을 해결과제로 선정하였고, circulation vertical conveyor, 탑재 컨베이어(승강기에 탑재하여 화물이송에 사용되는 소형 컨베이어), Z형 컨베이어, C형 컨베이어, 회전 적층구조, vertical conveyor, 승강 컨베이어(elavater형)를 해결수단으로 선정하였음

○ 특허분석 결과 1(종합분석)

		해결과제					
		랜덤 반출	수평 및 수직 컨베이어 연동	공간효율	화물 크기 제한 완화	처리 속도 향상	다방향 반출
해결수단	circulation vertical conveyor	AA[2]	AB[1]	AC[1]	AD[1]	AE[1]	AF
	탑재 컨베이어	BA	BB[1]	BC[1]	BD	BE	BF
	Z형 수직 컨베이어	CA[1]	CB[2]	CC	CD	CE	CF
	C형 수직 컨베이어	DA	DB[1]	DC	DD	DE	DF
	회전 적층 구조	EA	EB	EC	ED	EE[1]	EF
	Vertical Transport	FA	FB	FC	FD	FE[1]	FF[1]
	승강 컨베이어 (elavater)	GA	GB	GC	GD	GE[1]	GF[2]

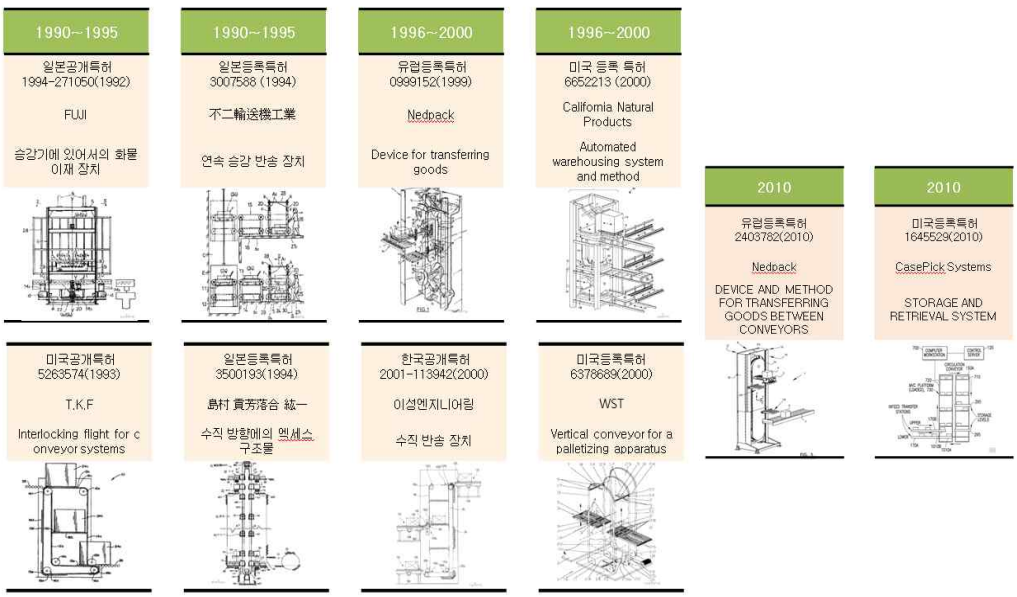
[도표 2.41] 다층형 화물이송시스템의 OS메트릭스 분석결과

- 다층형 화물이송기술은 해결하고자 하는 과제 측면에서 크게 랜덤 반출, 수평

- 및 수직 컨베이어 연동, 공간 효율성, 화물크기 제한 완화, 처리 속도 향상, 및 다방향 반출 가능성으로 나눌 수 있음
- 이러한 각 해결과제를 해결하기 위한 해결수단으로는, circulation vertical conveyor, 탑재 컨베이어(승강기에 탑재하여 화물이송에 사용되는 소형 컨베이어), Z형 컨베이어, C형 컨베이어, 회전 적층구조, vertical conveyor, 승강 컨베이어(elevater형)등이 도입되고 있는 것으로 나타남

○ 특허분석 결과 2(연속식 수직컨베이어 관련기술)

- 다층형 컨베이어 시스템의 핵심 특허는 유럽과 일본에 집중되어 있었고 최근까지도 유럽의 특허가 다수 등록되었음을 알 수 있으며, 2000년대 중반에는 한국에서도 등록 특허가 보임으로써 2000년대에 와서 물류시스템에 관한 출원이 이루어졌음



[도표 2.42] 연속식 수직컨베이어 관련 특허기술 개발 내용

- 구체적으로, 시계열적 흐름에 따른 핵심 특허를 살펴보면, 1992년 일본의 FUJI YUSOKI에 의해서 출원된 발명은 이재 가능한 승강기에 있어서 화물 이재 장치(탑재 컨베이어)를 제공하는 것을 목적으로 함.
- 1993년 T.K.F사는 비행기와 연동될 수 있는 컨베이어 시스템을 출원하였으

며 복수의 유연한 플랫폼으로 구성되었으며, 1994년 후지수송기공업주식회사는 각층의 바닥에 단차를 설치하지 않고 엘리베이터와 컨베이어(탑재 컨베이어) 서로간의 화물을 이송할 수 있는 연속 승강 반송 장치에 관한 발명을 출원하였음

- 1994년 일본 시민 컨설턴트 주식회사는 도시 등에 있어 지상에서 지하 구조물에 신속한 출입을 가능하게 하는 액세스 구조물에 관한 출원을 하였으며, 1999년도에는 네덜란드의 Nedpack에 의해 회전식 다층형 컨베이어 장치가 출원되었으며, 2000년에 복수의 작업층에서 물품의 반입, 반출을 할 수 있도록 파렛트에 선택적으로 전류을 공급할 수 있는 전류공급수단이 포함된 수직 반송 장치를 출원하였음
- 2001년 CALIFORNIA NATURAL PRODUCTS에서는 일반적인 엘리베이터를 포함하는 저장 창고로 구성된 자동화된 창고 시스템에 관한 발명을 출원하였고, 각 층마다 레일을 따라 움직일 수 있는 카트를 포함함
- 2000년도 WST에서는 인쇄물들을 이송할 수 있는 파렛트를 포함하는 수직 컨베이어에 관한 발명을 출원함
- 2002년 NERAK GMBH에서는 레스토랑 등에서 음식 및 식기 등을 수송하는데 사용할 수 있는 회전식 컨베이어를 출원하였으며, 2002년 Knapp Logistik Automation는 상층부분 등에서의 충돌을 단순한 장치로 예방할 수 있는 유형의 수직 컨베이어를 출원하였으며, 2002년 일본의 OKAMURA 회사는 이송 컨베이어의 상하의 정지 위치에서의 충격을 완화하는 것에 의해, 승강 속도를 빠르게 하여 이송 효율을 향상시킬 수 있는 화물 승강 이송 장치에 대한 출원함
- 2002년 오스트리아의 BM-Battery Machines에서는 박스형태의 물품을 쌓아 올리거나 더미로부터 물품을 제거하기 위한 승강 장치, 물품 이송 장치 및 적층 휠을 포함하는 물품 취급 장치에 관한 것을 출원하였으며, 적층 휠은 회전할 때, 회전방향에 따라 물품을 이송 장치로부터 승강 방향의 더미로 이송시키거나 그 반대로 이송시키는 장치임
- 2004년 Apparatebau Ihlbrock에서는 두 개의 근접한 내부 및 외부 타이밍 벨트로 구성된 plan간에 화물을 이송하기 위한 타워에 설치된 수직 컨베이어 발명을 출원하였으며, 2005년 Nedpack에 의해서는 서로 다른 높이에 설치된 2

개의 컨베이어를 수평 및 수직적으로 연결할 수 있는 수직 축에 설치된 프레임장치를 포함한 화물 이송 장치를 출원하여 2006년에 등록함

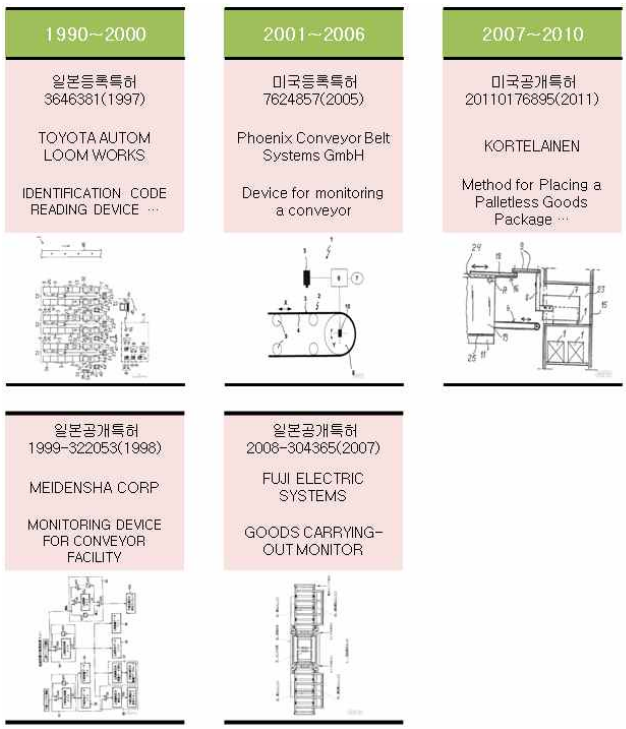
- 2005년 ASYST SHINKO는 일본에 복수 층에 있어서 반송 방향의 반송 궤도가 부설되는 반송 시스템을 출원하여 층간의 반송 효율을 향상시키고자 하였으며, 승강 컨베이어, 턴테이블, 및 롤러 컨베이어를 주 구성요소로 하고 있다. 2009년 Kolbus GmbH에서는 컨베이어 구동 속도를 조절하여 물품 이재시 발생하는 충돌 등을 방지하여 평균 이동 속도를 증가시킨 vertical transport of bulk goods 장치를 출원함
- 2010년 Nedpack사는 수직 컨베이어에서 수평컨베이어로의 화물 이송장치에 관한 발명으로 보다 개량된 회전식 수직컨베이어를 출원하였으며 2010년 Casepick systems에서는 컨베이어로 화물 이송 시 케이스 유닛을 포함하지 않고도 효율적으로 화물을 저장 및 회수할 수 있는 저장 및 회수 시스템을 출원함

○ 특허분석 결과 3(볼륨체커)

- 컨베이어 상의 화물의 볼륨 체커에 관한 핵심기술의 경우 1992년도에 SHINKO DENSHI KK에 의해 컨베이어의 롤러(roller)상을 이동 중인 화물의 형상을 광학적 측정 방법에 측정하는 방식의 방법 발명이 공개 되었으며, United PAcel Service of America는 컨베이어간 물품 이전 시에 물품인식에 관한 기술을 출원하여 등록 받았으며, (주)아이피에스시스템에 의해 2006년 컨베이어 벨트 상에서 이동 중인 물체의 중량을 자동으로 측정할 수 있는 장치가 공개됨
- 또한 2006년도에 서울대학교산학협력재단에 의해 이동하는 컨베이어상의 각도를 고려하여 보다 정확한 화물의 자동 치수 측정 장치가 공개되었음. 2007년에는 팔레트(Pallet)에 수용되어 이송되는 복수의 물품을 카메라로 스캔하여 불량 여부를 검사하는 비전 검사 장치가 출원되었으며, 2007년에 뻴랑 쎌렉띠브 테크놀러지 회사에 의해서는 비금속성 물체를 선형 또는 매트릭스 열센서같은 열 카메라와 같은 장치를 통하여 자동으로 검사하고 두께에 따라 분류하는 방법 및 장치에 관한 발명을 출원함

- 2008년 한국공항공사는 공항터미널의 체크인카운터에서 스케일컨베이어보다 긴 수하물의 무게측정과 이송에 관련된 스케일컨베이어와 인푸트컨베이어의 구조 및 제어 시스템에 관한 발명을 출원하였다. 본 발명은 스케일컨베이어보다 긴 수하물의 정확한 무게 측정이 불가능하던 종개기술을 보완하고자 역회전 기능의 별도의 스위치를 구비하여 인푸트컨베이어에 걸친 수하물을 스케일컨베이어에만 위치하게 하여 정확한 무게측정을 하기 위한 여객터미널의 스케일컨베이어와 인푸트컨베이어의 구조와 제어시스템에 관한 것임
- 2009년 Mettler-Toledo, Inc.에 의해서 출원된 발명은 컨베이어를 따라 움직이는 물체의 무게를 측정하기 위한 것으로 컨베이어에서 크기와 무게가 다른 복수의 물체의 무게를 측정할 수 있는 것으로 2010년에 공개된 발명임

○ 특허분 석결과 4(WCS)



[도표 2.43] 연도별 WCS 관련기술의 개발동향

- WCS(Warehouse Control System)에 관한 핵심 특허 기술은 미국과 일본에 집중되어 있으며 최근까지도 꾸준히 특허가 출원되고 있는 분야임

- 구체적으로 시계열적 흐름에 따른 핵심 특허를 살펴보면, 1997년도에 일본의 TOYOTA AUTOM LOOM WORKS LTD에 의해 바코드 리더에 의한 물류 이송수단으로써 반송의 효율을 높이는 장치가 공개되었으며, 1999년도에는 MEIDENSHA CORP에 의해 타이머를 통하여 컨베이어간의 수송의 원활함을 도모하고 반송 상황을 관찰할 수 있는 수단이 공개되었음
- 2009년도 Phoenix Conveyor Belt Systems GmbH에 의해서는 광학-전자 시스템에서 주파수의 변화를 감지하고 알람을 통하여 자동으로 컨베이어의 작동을 정지 시킬 수 있는 컨베이어 감시 장치가 등록 되었고, 2008년 FUJIDEN ENJI KK에 의해서는 컨베이어상의 검사 대상물품이 모니터 본체를 순차적으로 통과하게 하고 효율적으로 모니터링을 행하는 물품 반출 모니터가 공개되었으며, 2008년 일본의 KORTELAINEN SAMI에 의해 팔레트리스 상품 패키지를 수납 선반에 배치 및 바닥으로부터 송출하기 위한 및 패키지 로지스틱스를 제어하기 위한 방법 발명이 공개됨

○ 특허분석 기술개발전략

- 기술동향(OS 매트릭스 분석)과 관련하여, 다층형 화물 이송 기술은 해결하고자 하는 과제 측면에서 크게 랜덤 반출, 수평 및 수직 컨베이어 연동, 공간 효율성, 화물크기 제한 완화, 처리 속도 향상, 및 다방향 반출 가능성으로 나눌 수 있음
- 각 과제를 해결하기 위한 기술적 해결수단으로는, circulation vertical conveyor, 탑재 컨베이어(승강기에 탑재하여 화물이송에 사용되는 소형 컨베이어), Z형 컨베이어, C형 컨베이어, 회전 적층구조, vertical conveyor, 승강 컨베이어(elavater형)등이 도입되고 있는 것으로 나타남
- 다층형 컨베이어 시스템의 핵심 특허는 유럽과 일본에 집중되어 있으며 최근까지도 유럽의 특허가 다수 등록되었음을 알 수 있으며, 2000년대 중반에는 한국에서도 등록 특허가 보임으로써 2000년대에 와서 물류시스템에 관한 출원이 이루어 졌음을 알 수 있음
- 컨베이어 상의 화물의 볼륨 체커에 관한 핵심기술의 경우 1992년도에 SHINKO DENSHI KK에 의해 컨베이어의 롤러(roller)상을 이동 중인 화물

의 형상을 광학적 측정 방법에 측정하는 방식의 방법 발명이 공개 되었으며, United PAcel Service of America는 컨베이어간 물품 이전 시에 물품인식에 관한 기술을 출원하여 등록 받았으며, (주)아이피에스시스템에 의해 2006년 컨베이어 벨트 상에서 이동중인 물체의 중량을 자동으로 측정할 수 있는 장치가 공개 되었음

- WCS(Warehouse control system)에 관한 핵심 특허 기술은 미국과 일본에 집중되어 있으며 최근까지도 꾸준히 특허가 출원되고 있는 분야임
- 다층형 화물 이송 기술은 해결하고자 하는 과제 측면에서 수평 및 수직 컨베이어 연동 기술 5건, 처리속도 향상 기술 4건, 랜덤 반출 및 다방향 반출 기술 각3건씩, 공간효율 기술 2건, 화물크기 제한 완화 기술 1건으로 주로 컨베이어간 연동기술 과 화물이송 처리속도 향상 기술에 많은 특허가 출원됨을 관찰할 수 있으며, 다방향 반출, 랜덤 반출, 공간효율, 다양한 화물 취급과 관련된 기술의 경우 관련 특허건수가 상대적으로 미약하여 해당 분야에서는 아직까지 그리 다양한 해결수단의 개발이나 접근이 이루어지고 있지 않은 것으로 나타나, 이 분야에 대한 집중연구가 필요한 상황임
- 이상의 경쟁품, 이용현황, 기술현황을 종합하여 다층형 물류센터에 적합한 새로운 유형의 다방향 반출, 랜덤 반출, 공간효율, 다양한 화물 취급을 실현시킬 수 있는 수직 수평 이송장치의 개발을 본 연구개발 사업의 설계목표로 설정하였음

제4절 기술개발현황 종합

1. 고단적재 무인지게차 시스템

(1) 삼방향 포크(3-Way Fork) 기술 및 이중적재(Dual Carriage) 기술

○ 삼방향 포크기술 및 이중적재 기술의 특장점 비교

삼방향 포크(3-Way Fork) 기술		이중적재(Dual Carriage) 기술	
기존 기술	개발 기술	기존 기술	신개발 기술
-중량 : 2.5톤 -늦은 A/S 대응시간 (7일 ~ 2개월)	-중량 : 1.5톤 -부품의 국산화로 신속한 A/S대응 (1일 ~ 7일)	없음	-생산성 66% 향상 -파렛트 100% 대응

[도표 2.44] 삼방향 포크기술 및 이중적재 기술의 특장점 비교

○ 개발모델의 출시가격 및 해외 모델과의 비교

분류	세부 모델	해외 가격	예상 출시가격	비고
차량 시스템	삼방향 1.5톤 이중적재 수동 지게차	1.8억원/대	1.2억원/대	해외모델은 단일적재 모델
	삼방향 1.5톤 이중적재 무인 지게차	2.6억원/대	1.73억원/대	자동제어기 포함

[도표 2.45] 개발모델의 출시가격 및 해외 모델과의 비교

(2) 사용자 정의 통합차량제어시스템

○ ISO/DIS8373에 의하면 주행(navigation)은 위치인식(localization)과 환경지도(environment map)로부터 이동경로와 방향을 결정하고 제어하는 기술을 지칭

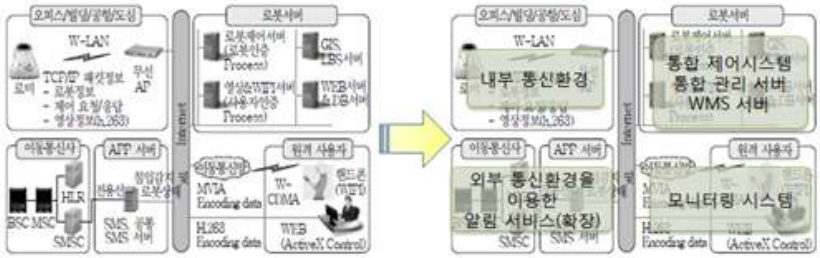
○ 주행은 조작(manipulation)과 함께 로봇(무인차량)을 다른 종류의 제품에 비해 확연히 차별화시키는 요소

○ 조작 기술과는 다르게 주행 기술은 비교적 기술완성도가 높은 상태로 주행기능을 이용한 다양한 응용제품이 출시

○ 1970년대 초반에 미국 SRI에서 Shakey라는 이름의 이동로봇을 최초로 개발한

이래로 센서, 부품, 컴퓨팅, 통신, 네크워킹 기술의 비약적인 발전으로 현재의 주행 기술은 다양한 로봇 응용제품으로 실생활에 사용

○ 예로, 1990년대 초반만 하더라도 이동로봇의 제어를 위한 통신방식은 RS232C와 같은 직렬통신방식이 고작이었으나 [도표 2.46] 나타낸 바와 같이 현재는 3G/Wi-Fi 등 로봇제어뿐만 아니라 로봇을 이용한 서비스를 제공하는 IT 인프라도 로봇 시스템의 기술요소로 고려하는 수준에 도달



[도표 2.46] IT융합형 로봇시스템 구조 예시

○ [도표 2.46]는 IT기반 로봇시스템 구조를 보여 줌. 기존의 AGV는 MCU, PLC 기반의 시스템은 WMS와 AGV의 단일 통신을 기반으로 하지만, 본 연구의 시스템은 위와 같은 로봇시스템 구조에 기반으로 통합차량제어 환경이 됨

○ 실용화된 AGV의 경우 최초 운행 동선을 수동으로 기억시켜 놓고, Contour Guidance 방식, Spot Guidance 방식, Optical Guidance 방식, Laser Guidance 방식을 환경에 따라 복합적으로 이용하는 제어 방식을 이용함



[도표 2.47] AGV의 적용 사례

(3) 레이저용 동시위치/맵핑기술

SLAM 기술	
기존기술	개발기술
- 고가의 Laser를 사용한 SLAM기술 - 수입 소프트웨어사용 - 가격 : 약 18,000,000원 (기준 : 1,030원/$)	- 저가 Laser를 사용한 SLAM기술 - 소프트웨어 기술 국산화 사용 - 가격 : 약 10,000,000원(기준 : 1,030원/$)

[도표 2.48] SLAM기술 개발 현황

(4) 통합통제관리

○ 트래픽문제 해결

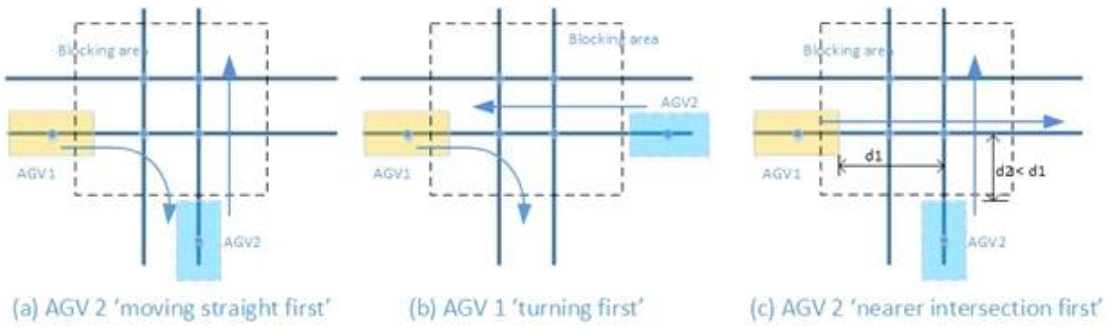
○ 교통문제를 2가지 전략을 통해서 해결함

○ 대기 전략과 재배치 전략

- 대기 전략은 어느 AGV-가 먼저 지나가고 어느 AGV-가 기다리게 되는지를 결정해 주는 관리 시스템
- 경로 재배치 전략은 어느 AGV를 다른 경로를 통해 경로를 재배치할지를 결정하는 관리 시스템

○ 대기 전략에는 어느 AGV를 먼저 보낼지를 결정할 때 3가지 원칙을 지킴

- 첫째, 직진 가는 AGV을 우선으로 선택
- 둘째, 방향을 전환하는 차량을 우선으로 선택
- 셋째, 가까운 교차지점으로 가는 차량을 우선으로 선택.



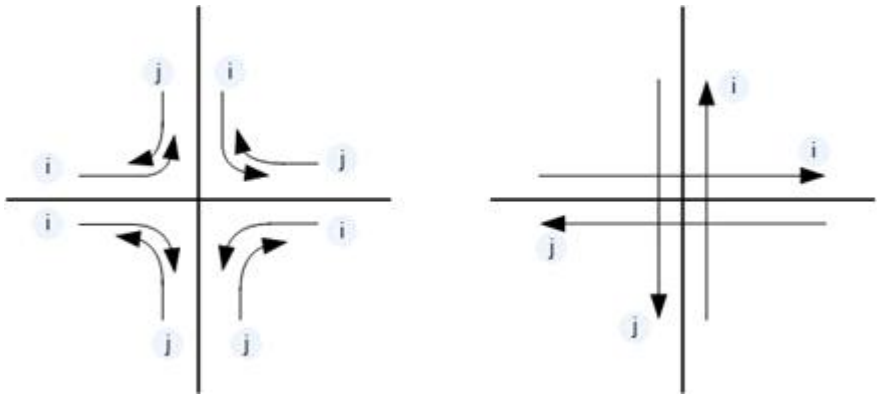
[도표 2.49] 대기 전략 원칙 3가지

○ 경로 재배치 전략은 목적지에 도착하는 시간이 제일 많은 AGV를 다시 재배치하는 전략

- 이 전략을 사용함으로써, 목적지에 가까이 온 AGV의 경로가 변경되어목적지

에 도착하는 시간이 더 길어질 가능성이 있음

- 그러므로 두 AGV가 정면 충돌하게 되는 경우에만 사용함. 이때 발생하는 경로 재배치로 인해 돌아가는 AGV가 목적지에 도착하는 시간은 최초의 경로로 운행하는 것보다 긴 시간이 소요된다는 것을 고려해야 함



[도표 2.50] 경로 재배치

(5) 키넥트 융합형 팔레트 인식기술

○ 대표적 해외시장인 미국에서는 이미 AGV시장이 크게 형성되어 있으나 현재 가격 경쟁력에 있어 일부 약한 모습을 보이는 경향이 두드러짐을 관찰할 수 있음

○ 국내에서도 AGV 시장이 형성되어 있으나 파렛트 및 랙 인식에 대한 시장은 전무하다 할 수 있으며 재고관리, 생산 등 물류 시스템에서의 관리를 위한 차원으로 RFID 기술을 이용함

○ 앞으로 지속적인 연구를 통해서 기술적 기반을 보다 탄탄히 해야 하겠으며 이를 바탕으로 지적재산권을 확보하는 노력을 기울여야 함

○ 또한 무인지게차 시장에 대한 면밀하고 철저한 분석이 먼저 시행되어야 함또한 무인지게차 시장에 대한 면밀하고 철저한 분석이 먼저 시행되어야 함

2. 다층형 화물이송시스템

- 독일과 일본이 다층형 화물 이송시스템 관련 기술 개발을 주도하고 있으며, 전 세계적으로 물류분야의 자동화 및 녹색에 대한 연구가 진행되고 있음
- 미국의 경우 민간에서 기술연구가 활발히 진행되고 있고 국내 물류기술의 동향은 일본의 동향과 유사하며, 물류기기 분야는 전문업체, 소프트웨어 분야는 대기업, 정보통신 응용기술 분야는 전문업체와 대기업이 각각 주도하고 있음
- 국내의 경우 국토해양부와 지식경제부를 중심으로 물류기술의 지능화, 통합화, 정보화, 녹색화를 추진하고 있음
- 우리나라는 전반적인 정보공유체계와 물류정보 네트워크 등의 물류정보화가 미흡하고 물류표준화 추진이 더디며, 체계적인 물류기술 개발이 부진하여 전반적인 물류시설 운영상의 효율성이 떨어짐
- 우리나라는 화물의 운송·보관·하역·포장 및 이와 관련된 정보 처리 등 전반적인 물류산업이 낙후되어 있으며, 이런 이유로 인하여 국가물류비가 상대적으로 높은 비중을 차지하고 있음
- 지능형 물류센터에 적합한 다층형 화물 이송시스템 기술과 관련하여 부분적인 기술(수평, 수직 이송시스템 등)의 개발 및 연구는 이루어졌으나, 물류센터의 주요 활동(입・출고, 보관 등)을 고려하거나, 입출고 상품의 체적을 고려한 다층형 일괄 화물 이송시스템에 대한 기술개발 및 연구는 이루어지지 않은 것으로 조사됨
- 다층형 화물 이송시스템 기술개발과 관련하여 제조업체, 민간연구기관, 학교부설 연구기관 등의 연구개발 인프라는 구축되어 있음

제 3 장 최종 연구성과 및 적용실적

제1절 연구내용 및 성과

제2절 기술 적용사례

제3장 최종 연구성과 및 적용실적

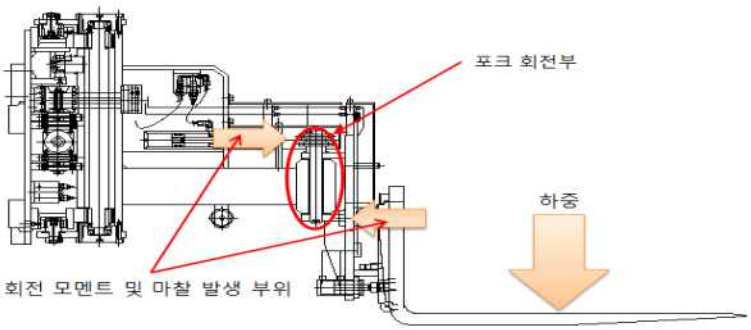
제1절 연구내용 및 성과

1. 고단적재 무인지게차 시스템

가. 연구 내용

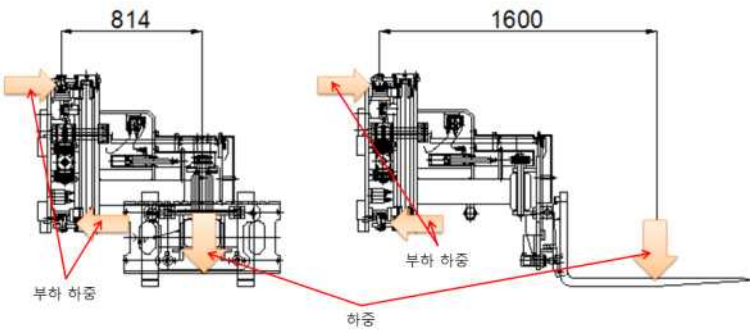
(1) 삼방향 포크(3-Way Fork) 기술

○ 포크 회전을 위한 포크 회전부 설계



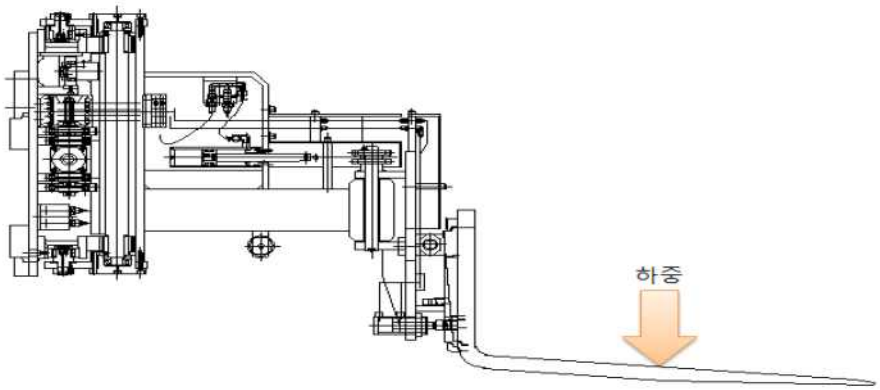
[도표 3.1] 포크 회전시 회전 모멘트 및 마찰

○ 포크 슬리이딩을 위한 포크 슬라이딩부 설계



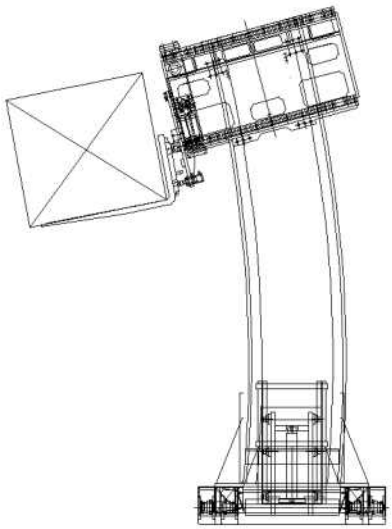
[도표 3.2] 포크 회전시 변화하는 거리 및 슬라이딩시 걸리는 하중 부분

○ 포크 틸팅을 위한 포크 틸팅부 설계



[도표 3.3] 포크에 화물이 적재될시 포크 처짐 현상

○ 삼방향 포크 상승, 하강을 위한 삼방향 포크용 마스트(메인 마스트) 설계



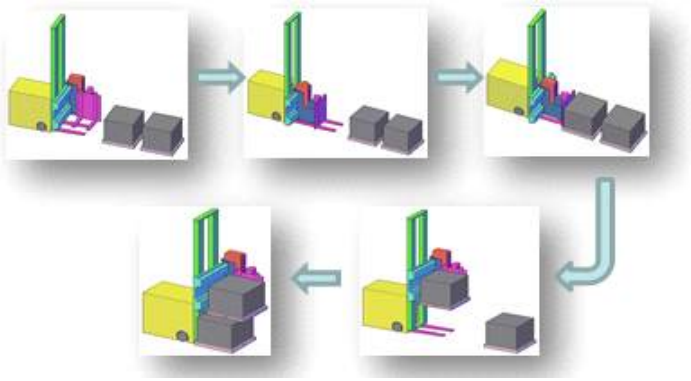
[도표 3.4] 측면하중으로 인한 마스트 휘는 현상 개념도

(2) 이중적재(Dual Carriage) 기술

○ 이중적재를 위한 운영시나리오 설계

- 연구 수행방법은 문헌 고찰, 전문가 자문, 비교분석 등의 방법을 사용하였으며 각각의 연구방법을 요약하면 아래와 같음
- 첫째, 관련부서 및 실무자, 전문가를 통해 분야별 업무에 대한 조언을 토대로 모의수준 및 범위, 운용방법, 제약사항 등을 검토
- 둘째, 각종구조, 연구 논문, 관련 연구서 등의 문헌을 다각도로 검토하여 개발할 모델의 성격을 정의한 후 모델의 구성 요소 및 관련 기능 개발 시 고려해

야 할 사항을 식별하였음



[도표 3.5] 이중적재 운영 개념도

○ 파렛트 화물 하중을 견디는 역할을 하는 카운터 발란스를 벗어나면 지게차가 전복 되는 사고가 발생

○ 상기 문제점을 해결하고자 전면 하중 및 측면 하중을 고려하여 지게차를 설계함



[도표 3.6] 정면 전복 사고



[도표 3.7] 측면 전복 사고

(3) 사용자정의 통합형 차량제어시스템

○ 무인지게차의 제어모듈로서 자율이송/ 충돌회피/ 네비게이션 기능을 포함한 제어기술 개발

○ 기존 무인차량은 작업환경, 이적재하는 물건의 종류, 주행형태 등에 따라 다양한 종류의 주행 장치, 위치인식 장치, 이적재 장치가 각기 조립되어 전체 차량

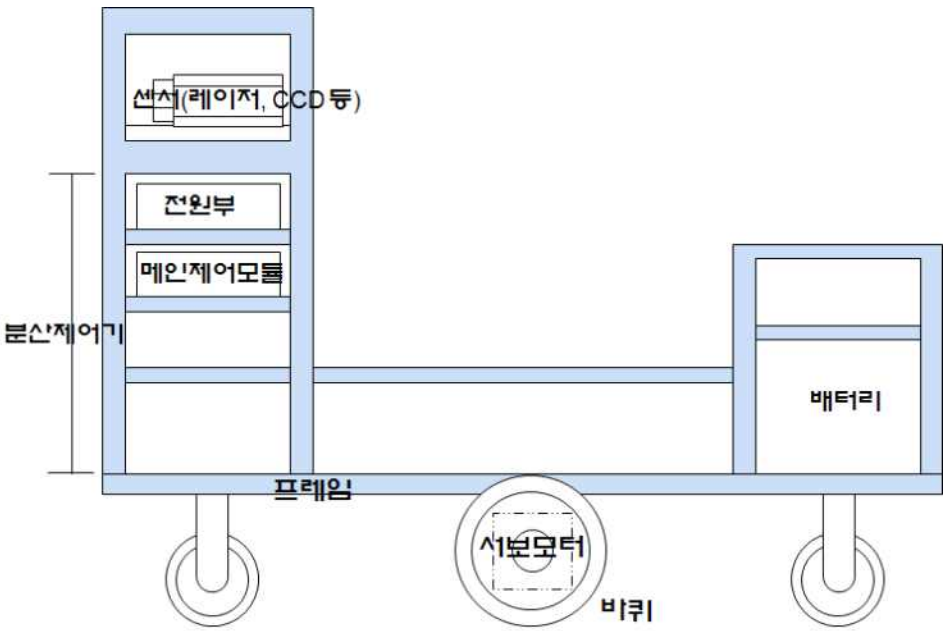
으로 완성될 수 있으나, 사용되는 알고리즘 또한 선택된 하드웨어가 어떤 종류의 장치냐에 따라 달라지는 문제를 해결 할 수 있도록함.

○ 무인차량을 필요로 하는 작업과 요구사항에 따라 다양한 방식이 조합되고 다양한 운용환경에 대응하여 움직여야 하므로, 각각의 조합에 따라서 소프트웨어로 구현되는 내부제어시스템을 각기 설계해야 하는 문제를 극복할 수 있는 시스템을 설계함

○ 무인차량에 사용되는 다양한 장치들과 이를 제어하기 위한 다양한 알고리즘이 손쉽게 조합되어 단일한 내부제어시스템이 동적으로 재구성될 수 있도록, 내부제어시스템을 기능적으로 구조화하는 장치를 제공함

○ 무인차량의 이적재 장치에 대한 동작정보를 외부에서 정의할 수 있도록 이를 스크립트(Script)화하여, 새로운 동작이 필요한 경우에도 차량의 내부제어시스템을 변경하지 않고, 새로 작성된 스크립트를 활용할 수 있는 장치를 제공함

○ 주행 알고리즘 적용을 위한 테스트 차량 설계



[도표 3.8] 엔스퀘어의 테스트를 위한 무인차량

- [도표 3.8]에 도시된 바와 같이, 프레임상에 위치 인식을 위한 센서(레이저 or CCD 등)가 설치되고, 프레임의 중앙에 결합되어 설치되는 서보모터에 의해

구동되는 바퀴(DD Type)를 가짐

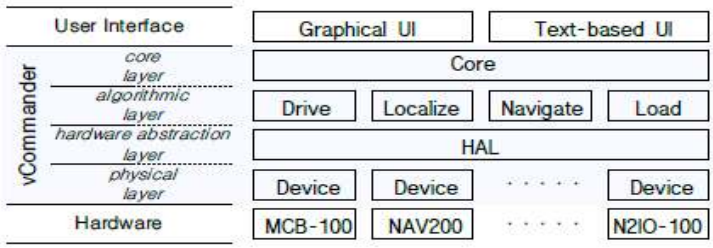
- 위치 센서에 의해 획득된 정보를 사용하여 상기 서보모터를 제어하는 분산제어기는 앞의 알고리즘에 따라 서보모터 제어를 수행함
- 분산제어기는 마이크로소프트 윈도우 운영체제 또는 리눅스를 사용
- 메인제어모듈을 구비하여 상기 위치 센서로 부터 전송되는 위치정보를 통해 주행에 필요한 장애물 및 주행경로에 대한 정보를 수집하고 처리하여 주행에 필요한 명령을 발생시키기 위한 모듈로 이는 산업용 PC 임
- 메인제어모듈(산업용 PC)로부터 전송되는 명령을 전달받아 상기 서보모터를 작동키고, 상기 서보모터의 작동상태를 메인제어모듈로 전송하기 위해 원칩 마이크로프로세서를 갖는 모터제어모듈, 즉 모션컨트롤러를 필요로 함
- 메인제어모듈과 모터제어모듈을 접속시켜 데이터의 전송은 TCP/IP 프로토콜을 사용하는 네트워크를 방식을 이용함
- 메인제어모듈의 내부제어시스템은 다음과 같이 구성됨
  - 각사용자의 설정정보에 따라 무인반송차량의 위치인식,
  - 경로설정 및 주행제어에 관하여 연산하는 연산부
  - 무인차량에 장착되는 각 하드웨어 장치를 직접 제어하며, 장착된 하드웨어 장치의 고유 아이디를 가지고 장치 제어부
  - 연산부와 장치 제어부를 연계하되, 각 장치 제어부가 가지고 있는 하드웨어 장치의 아이디를 저장하고 있어, 연산부와 장치 제어부가 필요한 정보를 주고받을 수 있도록 중계하는 장치 가상화부
  - 사용자의 이적재 스크립트 정보를 입력받아, 상기 장치 가상화부를 통해 장치 제어부로 전달함으로써 이적재 장치가 이적재 동작을 수행하도록 하는 이적재 동작부
- 이적재 스크립트(script)는, 무인반송차량의 개별 모터에 대한 제어명령과, 개별 센서에 감지명령이 시간의 흐름에 따라 정의되어 있는 것이 특징임
- 연산부는, 무인반송차량의 현재위치를 인식하기 위한 연산을 수행하는 위치인식 연산모듈
- 위치인식 연산모듈을 통해 연산된 무인반송차량의 현재위치에서 목적지까지

의 도달경로 및 경로상황에 따라 이동방식을 설정하는 경로설정 연산모듈

- 경로설정 연산모듈을 통해 설정된 도달경로 및 이동방식을 바탕으로, 주행 장치의 모터에 전달할 주행제어에 관한 신호를 연산하는 주행제어 연산모듈
- 위치인식 연산모듈은, 장치 제어부를 통해 위치인식 장치로부터 측정된 정보를 이용하여, 무인차량의 위치인식을 연산하는 것을 특징으로 한함
- 주행제어 연산모듈은, 상기 주행 장치에 설정된 주행방식을 확인하여, 설정된 주행방식에 맞는 주행제어에 관한 신호를 연산하여 모터신호로 변환하는 것이 특징임
- 장치 가상화부는, 상기 연산부로부터 장치 제어부의 아이디를 질의될 경우, 질의된 해당 하드웨어 장치의 아이디 검색을 통해 장치 제어부에 접근할 수 있도록 중계하는 것이 특징임
- 기능 재구성부는, 입력된 사용자의 설정정보를 파싱(Parsing)하여 그 정보에 따라, 미리 구현되어 기능 재구성부가 포함하고 있는 여러 연산 알고리즘 및 장치들을 선택하고, 선택한 연산 알고리즘 및 장치들을 내부제어시스템의 각부에 배치하는 것이 특징임

○ 차량제어시스템의 아키텍처

- 소프트웨어적인 측면에서 보면, 차량제어시스템은 Layered Architecture와 Configurable Architecture라는 두 가지 특성을 가지고 있음.
- Layered Architecture



[도표 3.9] 차량제어시스템의 Layered Architecture

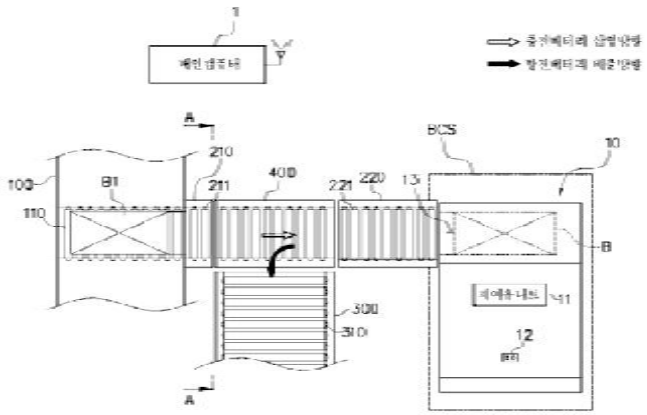
- Physical Layer
- Algorithmic Layer
- Hardware Abstraction Layer(HAL)
- Core Layer

○ 배터리교환시스템

- 무인지게차의 안전한 운영 및 24시간 자동화를 위한 자동화된 배터리 교환시스템 개발
- 전동 지게차의 배터리 교환을 위한 특징을 기반으로 하는 구조적 장치를 설계하여 본 연구의 무인지게차 뿐만 아니라 범용성을 갖는 배터리 교환을 위한 구조적 장치를 개발
- 고중량의 배터리를 운반하기 위한 컨베이어 이송 타입의 구조
- 차량 운행 대수에 따라 배터리의 충전 및 보관 랙 장치의 확장이 효율적이 구조로 설계 및 제작
- 상위 시스템과 자유로운 연동으로 에너지 관리 프로그램과의 복합적인 작동으로 자동화된 교환, 차량과의 단일 통신으로 이뤄지는 단일 교환, 매뉴얼 교환의 복합적인 기능을 수용할 수 있는 제어 시스템 제공

○ 시스템 구성

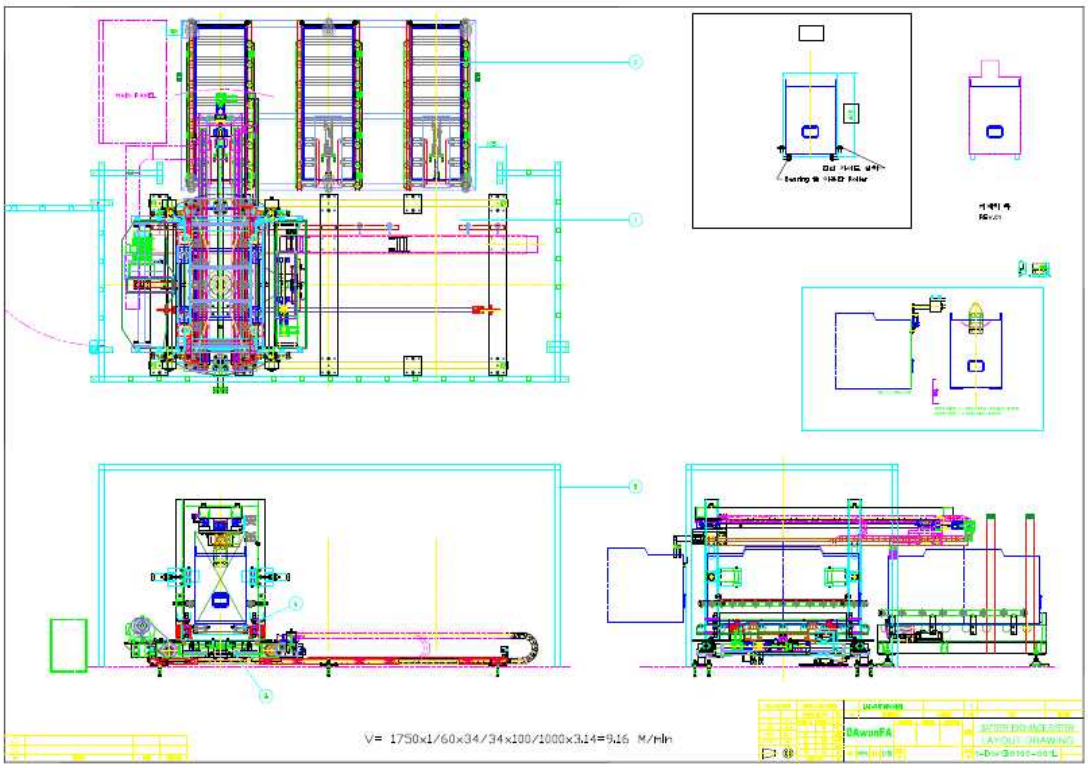
- 무인운반차량(10)은 메인컴퓨터(1)로부터 전달된 지령에 따라서 제어가 이루어지며, 예를 들어 무인운반차량(10)의 제어유니트(11)는 메인컴퓨터(1)로부터 전달된 명령에 따라서 지시된 위치로 이동하여 화물을 적재하고 지정된 장소로 화물을 운반하여 자동 하역 작업을 수행할 수가 있다.
- 무인운반차량(10)은 배터리(B)에 의해 구동이 이루어지며, 제어유니트(11)는 배터리(B)의 방전 상태를 검출하여 배터리(B)의 충전이 필요한 경우에는 배터리교환스테이션(BCS)으로 이동하여 방전된 배터리를 교체한다.
- 한편, 본 발명에서 무인운반차량(10)은 배터리 교환 중의 임시 전원을 공급할 수 있는 별도의 보조배터리를 필요로 하지 않으며, 상부에 마련된 보조충전단자(12)를 이용하여 배터리 교환 중에 임시 전원을 공급받게 된다.
- 배터리(B)는 충전된 배터리와 방전된 배터리로 충전배터리(B1)와, 방전배터리(B2)이다.



[도표 3.10] 배터리 교환 시스템의 평면 구성

○ 배터리 교환 시스템 설계

- 전체 시스템에 대한 기구도면으로 RGV Moving Unit이 무인지게차 배터리 교환제어를 하고, 3개의 버퍼를 통해 충전이 이뤄짐



[도표 3.11] 배터리 교환 시스템 설계

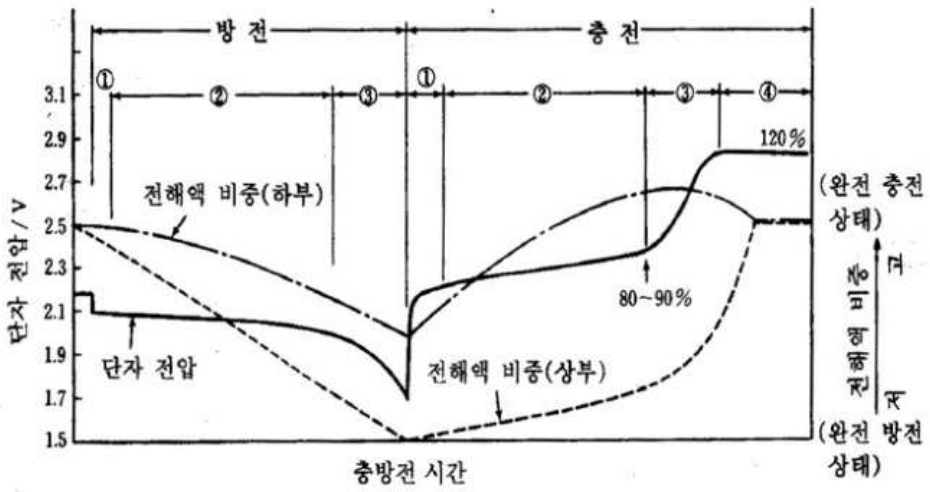
- RGV Moving Unit으로 X,Y,T Axis 제어가 가능하다. 상단의 포크를 이용하여 무인지게차 배터리 교환제어를 하고, X축으로 이동하여 해당 버퍼에 배터

리를 투입하여 충전함

- RGV Push Pull Unit으로 1개의 포크가 Y축 이동을 하여 배터리 교환제어를 한다. Push Pull Unit은 정밀 제어를 위해 Servo Motor가 사용됨
- Conveyor Up, Down Unit으로 무인지게차와의 Z축 편차오차를 보정하고자 적용되었다. 무인지게차에서 배터리를 빼낼 경우에는 RGV의 Z축을 조금 낮은 위치에서 빼내고, 무인지게차에 배터리를 넣을 경우에는 Z축을 조금 올려서 약간 높은 위치에서 무인지게차에 배터리를 넣도록 제어됨
- Conveyor Tilting Unit으로 무인지게차와 배터리 교환제어를 할 경우 Y축 포크가 직각으로 움직일 수 있도록 하여 배터리를 걸고 나올 수 있도록 설계됨
- 배터리 교환 장치의 Buffer Conveyor Unit으로 3개의 버퍼를 사용하여 충전이 이루어진다. 각 버퍼에는 배터리 검출용 센서가 장착되어 있고, 배터리 충전 커플러는 하단에서 위로 상승하도록 설계됨

○ 에너지관리 프로그램

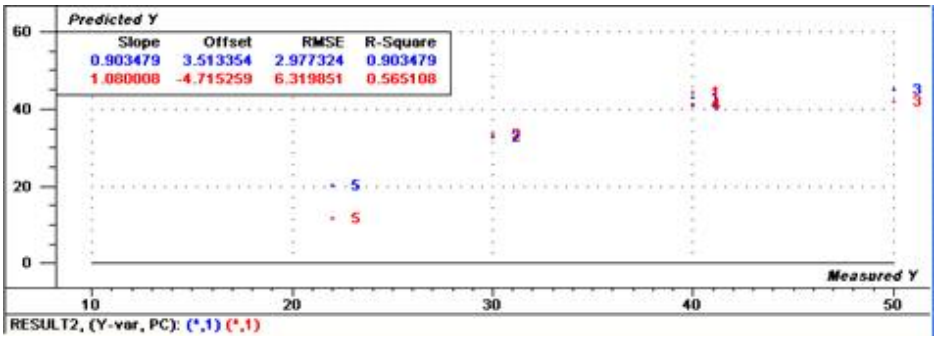
- 무인지게차의 배터리 교환 시스템과 연동되어 무인지게차의 배터리 교환 주기를 분석 및 판단할 수 있는 정보를 제공하고, 시스템의 에너지 효율 및 소비 환경을 분석하기 위한 통계 정보 제공을 위한 프로그램 개발
- 할당된 작업에 따라 소비되는 에너지 측정, 차량의 작업에 따른 소비 에너지 측정, 배터리의 정보 관리에 필요한 데이터 관리 및 통계분석 기능 제공
- 측정 정보의 독립된 DB 관리 및 DB관리 서버를 독립함으로써 상위 시스템의 변화에 유연하게 대처할 수 있음
- 에너지 소비 분석을 위한 통계 자료의 독립된 관리로 무인 운반 차량의 효과적인 운영 정책 수립에 활용됨
- 지게차 배터리의 표준 자료 분석 및 회귀 모델 선정
- 에너지 관리 프로그램의 회귀모델 선정을 위해 [도표 3.12]를 통하여 독립변수로써 현재 전압을 사용하기로 하였음



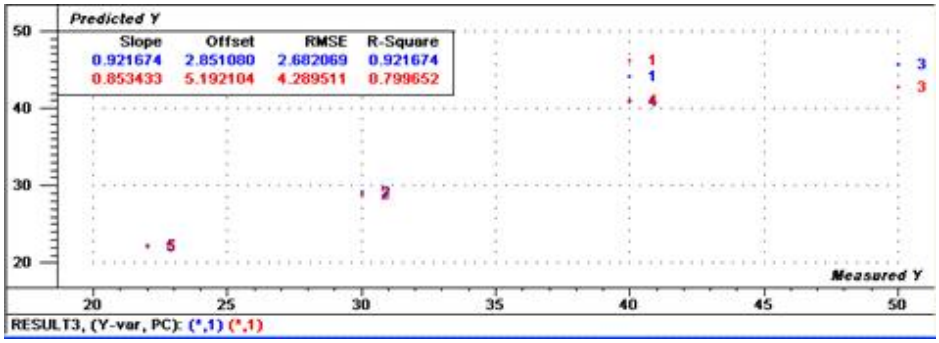
[도표 3.12] 지게차 배터리(납축전지)의 충방전 특성 그래프(출처:글로벌파워㈜)

- [도표 3.12]의 그래프를 통해 배터리의 수명에 따른 차이는 있을 수 있겠으나, 단자전압 대비 방전시간에 대한 관계의 상관관계가 있음을 알 수 있으며 독립 변수로써 전압을 주요 변수로 사용할 수 있음을 알 수 있음
- 배터리의 방전상태를 만충전 상태의 20~30%를 이하로 방전하지 않도록 하며, 가능하면 완전 방전을 피할 수 있도록 충전기의 충전 스케줄링이 필요 함
- 납축전지의 딥사이클 수명이 260회이며 따라서 배터리의 완전방전 사이클은 피해야 함
- 배터리의 충방전 사이클 횟수를 조정하여 배터리를 일정하게 소모시킬 수 있도록 해야 함
- 배터리의 입고 시점의 이력 관리를 통해 배터리의 수명을 효율적으로 관리할 수 있도록 해야 함
- 회귀 방정식의 가장 중요한 독립변수를 현재 전압으로 두고 표본회귀 방정식을 구함
- 배터리의 이력에 따른 충방전 사이클 횟수 및 소모량을 조정하기 위해 교환 스케줄링 정보를 추가하여 배터리 교환시스템에서 배터리교환 시 우선순위를 정하여 줌
- 배터리 이력 관리 및 사이클 등을 쉽게 파악할 수 있는 조업화면 개발을 통해 현장적용이 용이하도록 함

○ 회귀 모델 선정(The Unscramble)



[도표 3.13] AGV1 에 대한 회귀 공식 도출 Y= 0.903*X + 3.51



[도표 3.14] AGV2 에 대한 회귀 공식 도출 Y= 0.921*X + 2.85

○ 에너지사용량 예측에 적합한 수학적 모델(최소자승법)

- 에너지 사용 예측량의 기울기

- $lop = \dfrac{N\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - (\sum_{i=1}^{n} x_i)(\sum_{i=1}^{n} y_i)}{\sum_{=1}^{n} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2}$

- 에너지 사용 예측량의 y절편

- $y = \dfrac{(\sum_{i=1}^{n} y_i)(\sum_{i=1}^{n} x_i^2) - (\sum_{i=1}^{n} x_i)(\sum_{i=1}^{n} x_i y_i)}{N\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - (\sum_{i=1}^{n} x_i)^2}$

- 에너지 사용 예측량 = $slop*$ 별평균투입건수 + y

○ 통합관리프로그램

- 무인지게차의 운영 환경을 고려한 통합운영 플랫폼을 설계, 운영 관리를 위한 모니터링 기술 개발

- 다수의 무인지게차량을 운용하는 환경에서 차량간 우선순위를 부여 우회, 회피, 대기를 통한 트래픽 제어와 오더의 할당, 재할당을 통한 보다 효율적인 반송 오더 수행을 목적으로 함
- 다익스트라 알고리즘의 통한 우회경로 탐색 및, 회피 포인트 선정을 빠른시간에 처리함으로써 차량의 대기시간을 최소화함
- 차량의 경로 탐색시 다른 차량의 경로를 분석하여 교착지점을 미리 판단하여 해당 경로를 우회하는 예측회피 기능을 통해 차량간 교착 상태를 미리 방지함
- 효율적인 트래픽 알고리즘을 통해 보다 빠르게 반송명령을 수행할수 있지만 그것은 한계가 있음. 그것을 보완 하기 위한 기능(Group설정 및, Path 단방향 설정, AREA 설정, 오더의 재할당) 등을 쉽게 설정 할수 있는 인터페이스를 제공함
- 원격에서 오더를 컨트롤 하고 차량의 현 위치나 상태를 파악할수 있는 원격 모니터링 기능을 제공함.

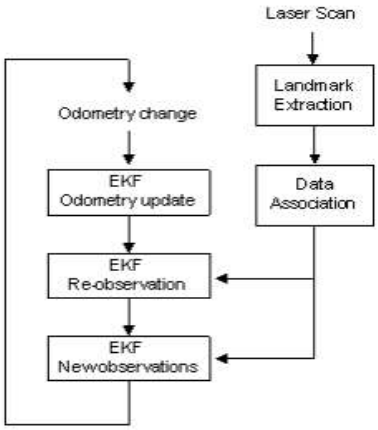
(4) 레이저용 동시위치/맵핑기술

○ SLAM법을 이용하여 맵핑 및 자기위치검출을 함

○ SLAM의 과정은 여러 단계로 구성되어 있으며 AGV의 위치를 업데이트할 환경을 사용

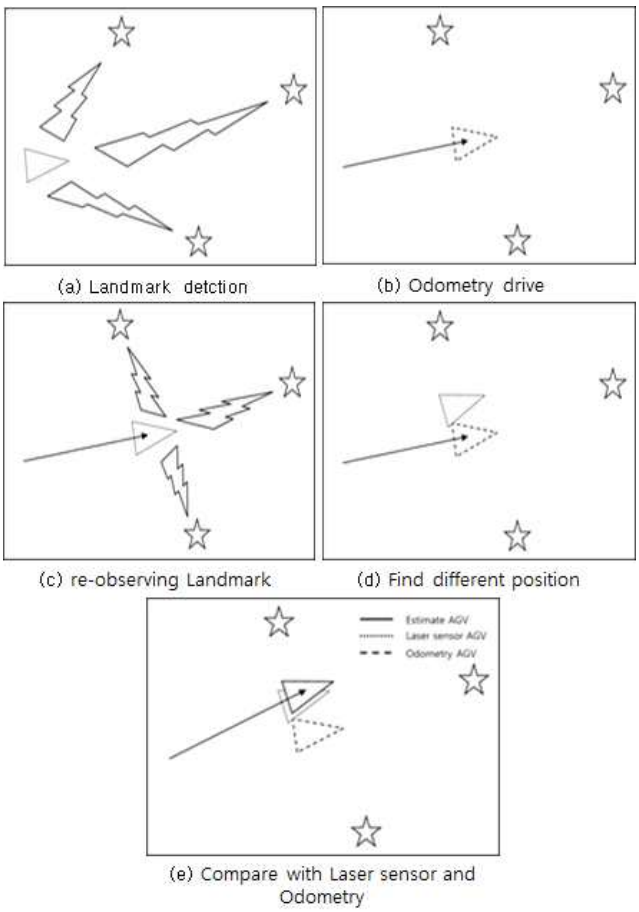
○ 맵의 환경을 인식하는 데에 있어서 AGV의 엔코더는 잦은 오차로 인해 엔코더만으로는 의존할 수 없기 때문에 AGV의 정확한 위치를 알 수 있도록 레이저 측정시스템(LMS-151)을 사용

○ 그리고 확장칼만필터를 사용하아여 AGV가 랜드마크를 기반으로 생각하는 곳의 환경을 업데이트 하고, 랜드마크의 기본적인 정보로 AGV의 위치와 환경에 대한 불확실성한 경로예측을 추적함



[도표 3.15] Overview of the SLAM process

○ 아래의 그림은 SLAM을 이용한 랜드마크 및 자기 위치인식을 하는 자세한 과정을 설명함



[도표 3.16] Positioning process using SLAM

○ [도표 3.16(a)]의 AGV는 삼각형으로 표시된되는데 별모양은 랜드 마크이며, 번개모양은 센서로 측정한다는 의미임

○ AGV가 레이저 측정 시스템을 이용하여 초기의 랜드마크를 측정하여 AGV자기 자신을 위치를 파악하는 단계를 보여줌

○ [도표 3.16(b)]는 레이저 측정시스템으로부터 받은 위치정보를 기반으로 엔코더를 사용하여 AGV가 목표지점으로 움직이는 단계를 보여줌

○ [도표 3.16(c)]는 AGV가 엔코더를 이용하여 목표지점까지 움직인 위치에서 다시 한 번 레이저측정시스템으로 랜드마크를 재탐색하여 랜드마크위치와 AGV의 자기자신의 위치(점선)를 재 파악하는 단계를 보여줌

○ [도표 3.16(d)]는 레이저측정시스템으로부터 재탐색 하여 측정한 AGV위치(점선)와 엔코더를 이용하여 AGV가 이동한 위치(파선)를 통한 비교하는 단계를 표시하며 그 결과 두 위치정보가 차이가 있음을 보여주고 있음

○ [도표 3.16(e)]는 레이저측정시스템(가는점선) 엔코더(파선)와 확장 칼만필터(굵은 점선)를 이용한 AGV의 위치정보를 비교하는 단계를 보여 주고 있다. 이들은 서로 차이가 있음을 보여주고 있음

○ 이러한 이유는 센서들은 정확하지 않기 때문에 AGV가 정확히 어느 위치에 있는지 알 수가 없음

○ 실제 AGV가 확장칼만필터로 예측한 곳은 엔코더 의 정보보다 레이저측정시스템의 정보가 있는 곳이 가깝기 때문에 추정치는 엔코더만 의존하는 것보다 레이저측정 시스템과 같이 비교하는 것이 효율적임

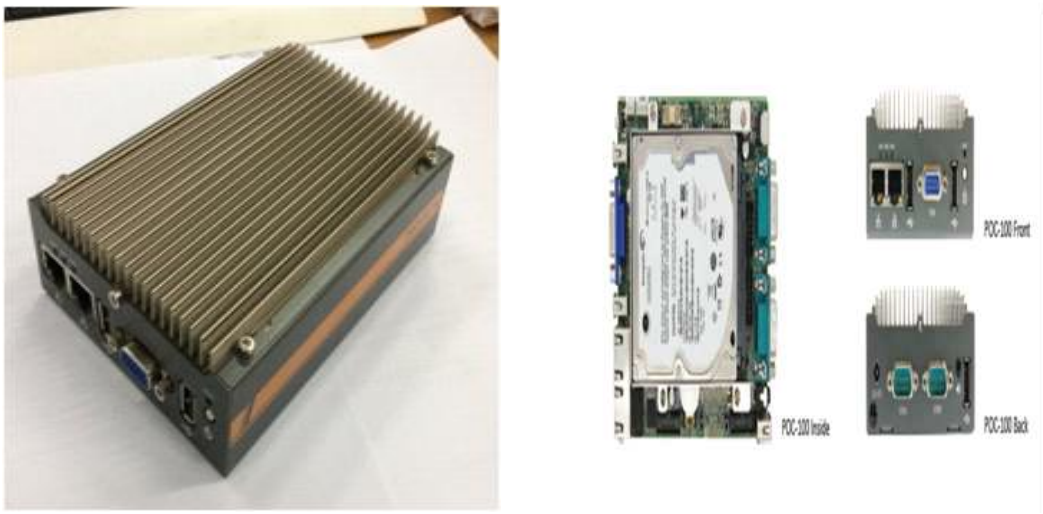
(5) 키넥트 융합형 파렛트 인식 기술

○ 파렛트 인식기술

○ Kinect 센서 : Kinect 센서는 Microsoft에서 게임용 영상 인식 센서 로서 개발하였는데 이후 ASUS에서 개발자용으로 개발하여 출시함으로써 현재 키넥트를 이용한 많은 연구가 진행중에 있음

○ Pallet Recognition Module

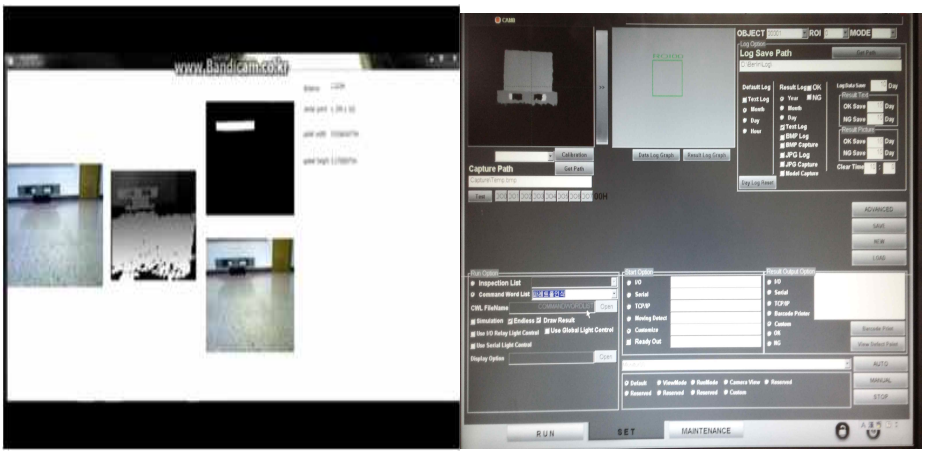
- 자동화 도입에의 핵심인 산업용 컴퓨터를 이용하여 파렛트 인식 시스템을 모듈화 하였으며 일반적인 컴퓨터와 같이 사용할 수 있기 때문에 사용자가 어떤 환경에서든 파렛트 인식 시스템을 적용할 수 있도록 제작함



[도표 3.17] 최종 파렛트 인식 모듈

○ 파렛트 인식 소프트웨어

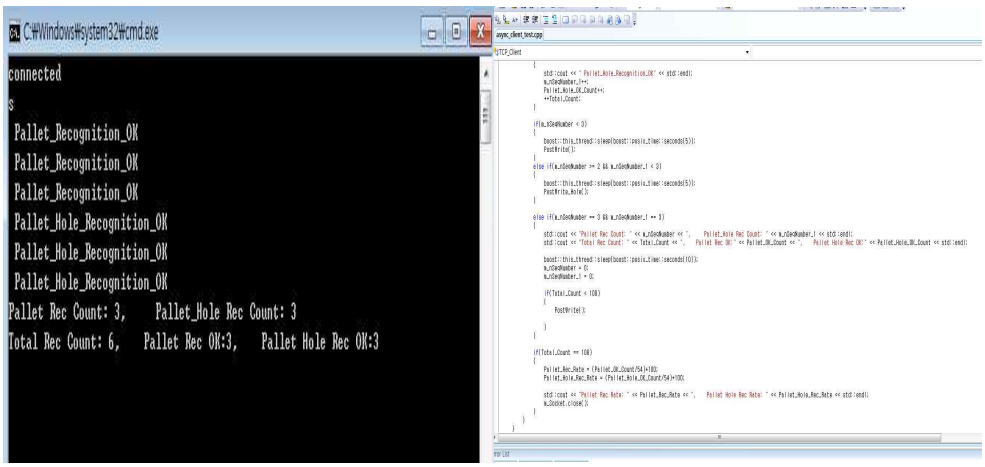
- 파렛트 인식 모듈 안에 설치되어 파렛트 인식 영상의 정보, 파렛트 인식 시점의 설정, 파렛트 인식 데이터의 통신 등의 기능을 수행할 수 있는 파렛트 인식 모듈 운용 소프트웨어를 개발함



[도표 3.18] 파렛트 인식 소프트웨어

- threshold, Labeling을 비롯한 영상 처리 과정에 관여하는 파라미터는 조정하기 위한 Advanced 메뉴를 구성하여 통신 및 인식 시점 설정과 분리되도록

구성하였으며 각 부분의 파라미터를 조정할 시 그 부분만을 조정할 수 있도록 구성함



[도표 3.19] 인식 성능검증 프로그램

- 적용

	1	2	3	4	5
Image					
인식율	97%	97%	97%	97%	97%
거리	1m	1.25m	1.5m	1.75m	2m
폭	1.1m	1.1m	1.1m	1.1m	1.1m
너비	1.1637m	1.1634m	1.1747m	1.1856m	1.1845m
에러	5.79%	5.76%	6.79%	7.78%	7.68%
높이	0.15m	0.15m	0.15m	0.15m	0.15m
측정 높이	0.1717m	0.1678m	0.1651m	0.1703m	0.1606m

[도표 3.20] 파렛트 인식 결과



[도표 3.21] 파렛트 중앙점 추적 및 포킹 위치 검출

○ 랙 인식 기술

○ 근접 센서 및 MCU

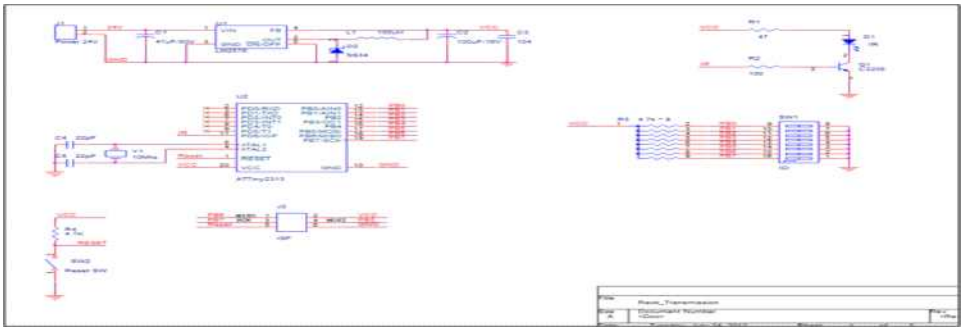
- 본 연구에 사용된 근접 센서는 초음파 센서와 적외선 발광 소자로 구성되어 있으며 이 두 가지의 센서를 융합하여 랙 인식 시스템을 구성하였으며 제어를 위해 Micro Controller Unit을 사용함



항목	데이터
Operating voltage	DC 5V
Current	15mA
Operating frequency	40KHz
Distance Range	20mm ~3500mm
Resolution	1mm
Measuring angles	15 degrees
Serial baud rate	9600
Response Time	50ms
Size	45 x 20 x 15 mm



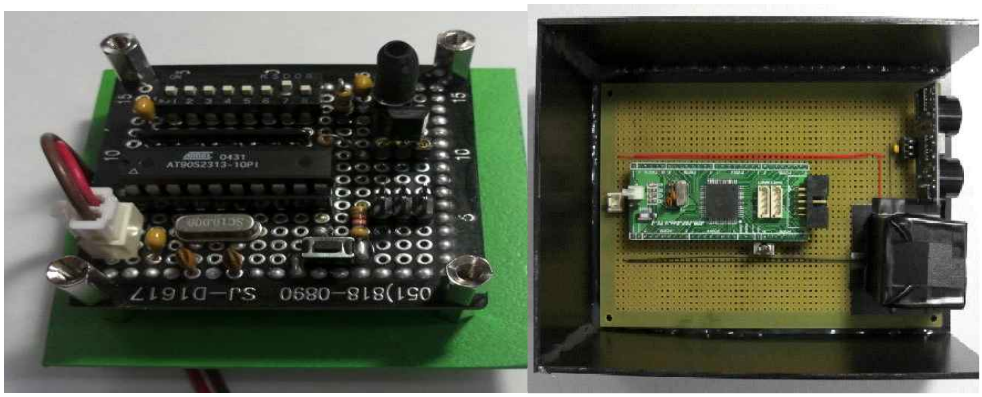
[도표 3.22] 근접센서



[도표 3.23] 랙인식 모듈 회로도

○ 랙 인식 시스템

- 위의 근접 센서와 마이크로 프로세스를 이용한 랙 인식 모듈을 아래 그림에 나타냄
- 최대한 컴팩트 한 사이즈로 개발하였으며 폼보드를 이용한 케이스를 제작하여 외부에서 보기에도 간결한 모습을 할 수 있도록 개발함



[도표 3.24] 랙인식 모듈

○ RFID Module

- 플라스틱 재질로 전면부가 덮혀 있는 형태를 가지며 내장 안테나를 사용하였기 때문에 따로 안테나의 설치가 불필요함



[도표 3.25] RFID 모듈의 전면부

- 본 RFID module은 900MHz대역의 주파수를 사용하며 출력을 조절할 수 있도록 되어 있어 인식 가능 거리를 조절할 수 있는 장점이 존재함
- RFID reader가 tag를 인식한 경우 Buzzer 음이 들리도록 되어 있어 소리로도 인식 가능 여부를 판단할 수 있음
- RFID module의 전원은 DC 9V를 사용하도록 되어 있으며 일반적인 공장 및 실험실에서도 테스트를 수행할 수 있도록 AC 220V의 입력을 받을 수 있는 어댑터도 포함되어 있음

○ 랙 인식 소프트웨어

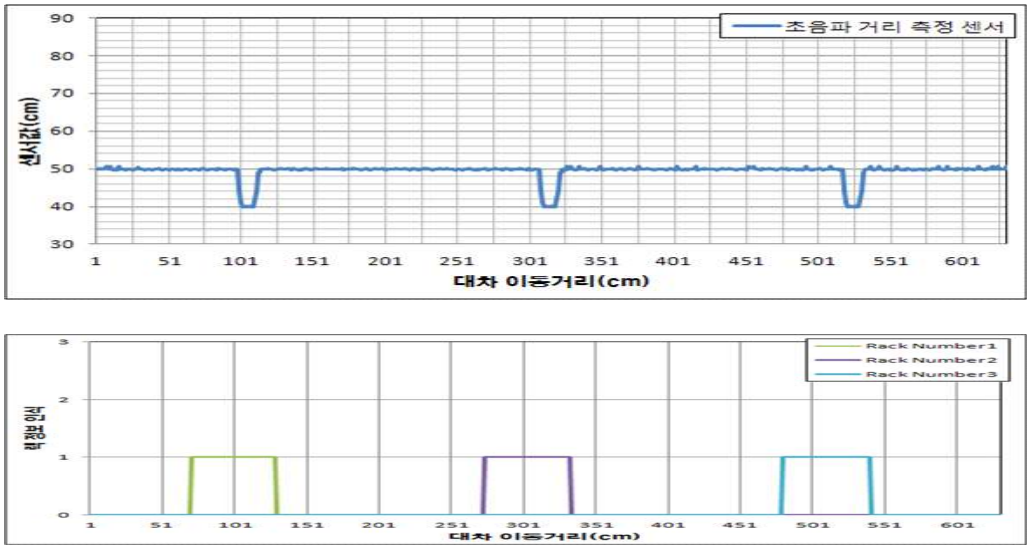
- 본 연구에서 사용한 MCU의 I/O 포트에 초음파 센서 및 적외선 수광, 발광 소자를 연결 한 후 전원과 함께 신호를 주면 부착된 센서가 작동하고, 센서에서 추출되는 데이터를 MCU에서 정확성 및 정밀성을 판단하여 연결된 제어 PC에 전송하도록 시스템을 구성함
- RFID module의 통신 포트, 통신 속도의 설정, 출력 주파수의 변경 등의 기능을 구현하였으며 tag에 ID를 부여할 수 있도록 하였으며 인식 정보의 확인을 가능하게 하여 직접 환경에 맞추어 설정하고 설정을 변경할 수 있도록 구성

○ 적용

d	50cm	70cm	90cm	110cm	130cm	150cm
a	60°	55.136°	50.272°	45.408°	40.544°	35.680°
b	57.73cm	78.97cm	99.41cm	119.24cm	138.58cm	157.58cm
c	57.73cm	73.09cm	84.46cm	92.05cm	96.03cm	96.55cm
인식율	100%	100%	100%	100%	100%	100%

[도표 3.26] 인식 각도, 거리, 인식율 측정 결과

- 랙 인식 모듈과 랙에 부착된 랙 정보 송신기의 거리를 50cm에서 150cm까지 변화를 주면서 그 변화의 요인을 측정함



[도표 3.27] 랙 정보



[도표 3.28] 랙 인식 모듈 실험 환경

출력 1dBm(1.23mW)			
직선 인식거리	인식율(%)	수평 최대 인식거리(mm)	각도(°)
100mm	100	±140	54.46
110mm	100	±130	49.76
120mm	100	±100	39.85
130mm	100	±70	28.30
140mm	100	±60	23.19
150mm	53	±40	14.93
160mm	37	±20	07.12

[도표 3.29] 출력에 따른 인식율(100mm~160mm)

출력 2dBm(1.59mW)			
직선 인식거리	인식율(%)	수평 최대 인식거리(mm)	각도(°)
160mm	100	±130	39.09
170mm	100	±130	37.41
180mm	100	±120	35.83
190mm	100	±120	32.28
200mm	100	±120	30.96
210mm	100	±110	27.64
220mm	100	±110	26.56
230mm	100	±100	23.50
240mm	100	±90	20.56
250mm	100	±90	19.80

[도표 3.30] 출력에 따른 인식율(160mm~250mm)

(6) 트래픽회피 스케쥴관리기술

○ 선행연구에서는 항만에서의 단순화된 경로상에서의 AGV의 트래픽을 검토하였으나, 물류센터 및 생산라인에서의 복수경로 및 복수 AGV를 대상으로 한 체계적인 트래픽 회피에 대해서 다루지 못하고 있음

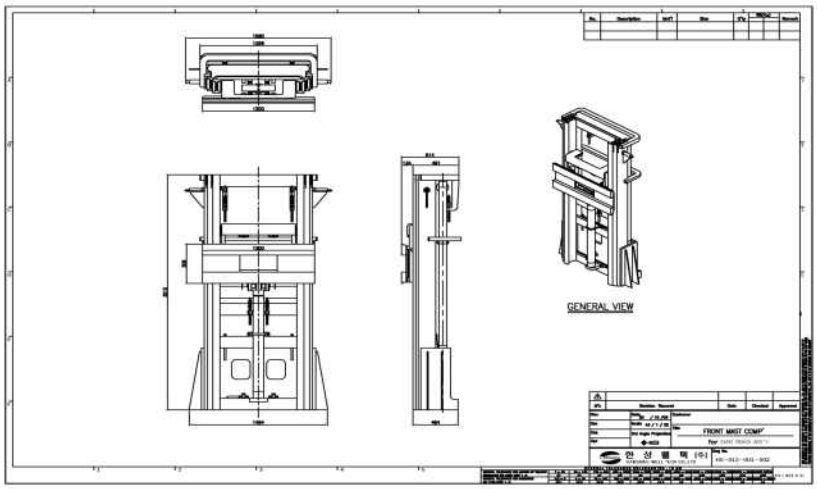
○ 일부 Time window를 적용한 AGV 교착 회피기술이 적용되고 있으나, 모든 경로를 관리해야 하는 어려움이 있으며, 적절한 회피 경로 선정에 어려움이 있음

○ 본 연구에서는 이중적재 및 이중명령을 수행하여야 하므로, 상기 알고리즘 적용에 대한 검토가 충분히 필요하며, 트래픽을 사전에 예상하고 이를 회피하는 전략 알고리즘이 필요함

나. 연구개발 성과

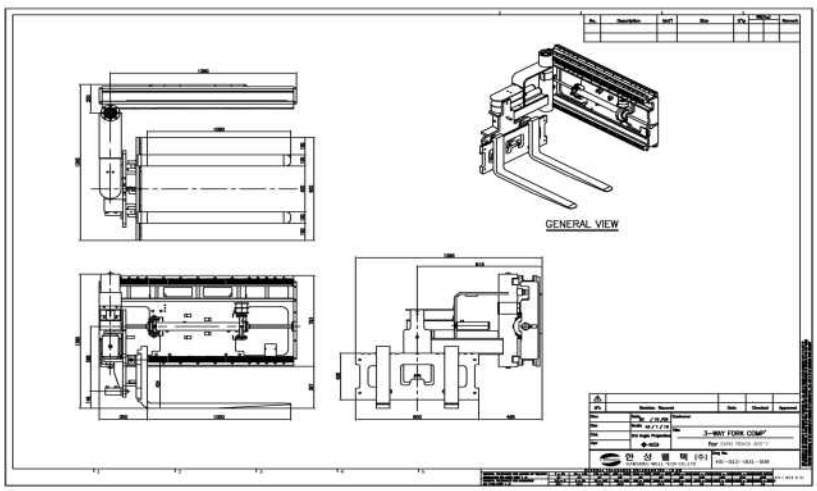
(1) 삼방향 포크(3-Way Fork) 기술

○ 삼방향 포크용 마스트부 설계



[도표 3.31] 삼방향 포크용 마스터부 설계도면

○ 삼방향 포크부 설계



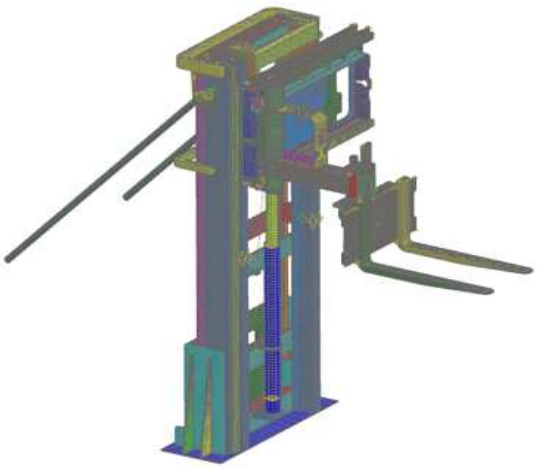
[도표 3.32] 삼방향 포크부 설계도면

○ 삼방향 포크(3-Way Fork) 기술 구조해석

- 장비에 최대 하중이 가해지는 상태를 고려하여 3-Way Fork Ass'y 구조물만 구성하고 동작시 발생할 수 있는 최악의 상황을 고려하여 하중을 부여함
- 하중의 크기는 1,500kgf를 부여하고, 안전율과 자중을 함께 적용하여 관심부

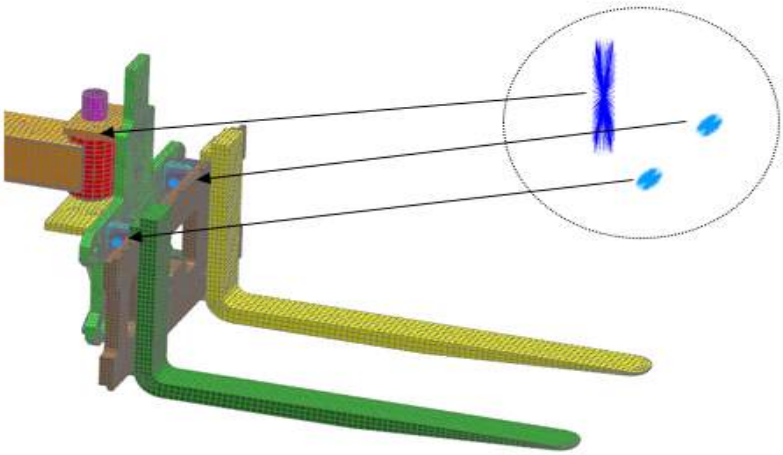
의 응력 및 변형을 분석하여 고조물의 안전도를 평가하였음

- 구조해석 유한요소 모델

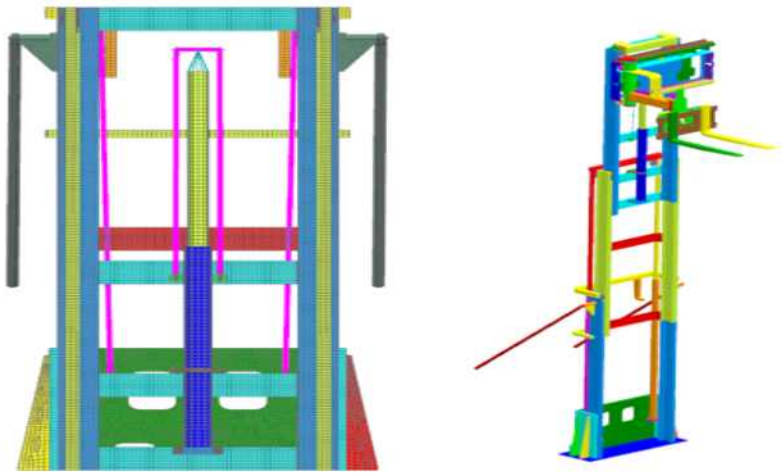


Type	요소 개수
HEX	137,069
Wedge	4,964
TETRA	38,978
RBE2	15

[도표 3.33] 구조 해석 유한요소 모델



[도표 3.34] 구조 해석 유한요소 모델 (Rigid Element)



[도표 3.35] 구조 해석 유한요소 모델 (Chain Model)

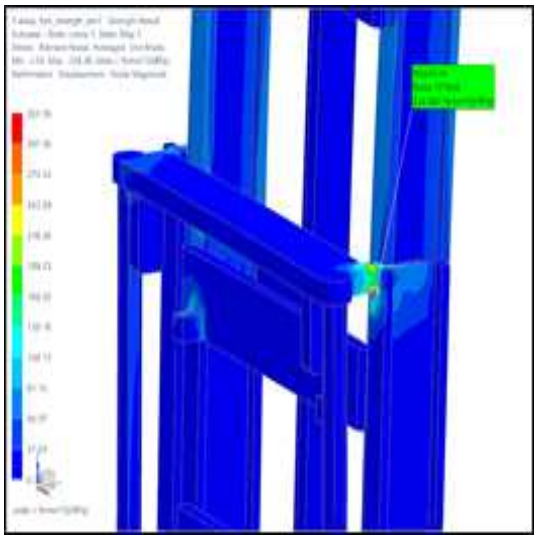
○ 구조해석 결과

- 구조해석 결과인 최대 변위와 최대 응력 값을 아래 <도표 3-36>에 나타냄

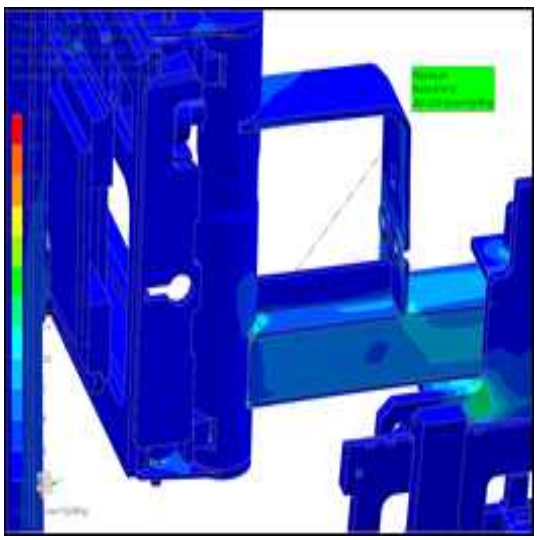
구 분	최대 변위 (mm)		최대 응력 (MPa)		비 고
	Total	Lift Mast	Total	Fork	
3-Way Fork Ass'y(Case 1)	65.1	35.4	324	150	Fork 항복강도 : 380 기타 부품항복강도 : 250
3-Way Fork Ass'y(Case 2)	44	25	357	150	

[도표 3.36] 삼방향 포크(3-Way Fork) 구조해석 결과

- 부품별 항복강도 보다 높게 나타나는 부분은 3-Way Fork Ass'y의 Mast Ass'y 상단부에서 발생함
- 이 부분은 실제 용접으로 연결되는 부분으로 해석상에는 최대항복강도를 초과하지만 실제로는 나타나지 않을 것으로 판단됨
- **선형 구조해석 결과 구조물이 안전할 것으로 판단됨**



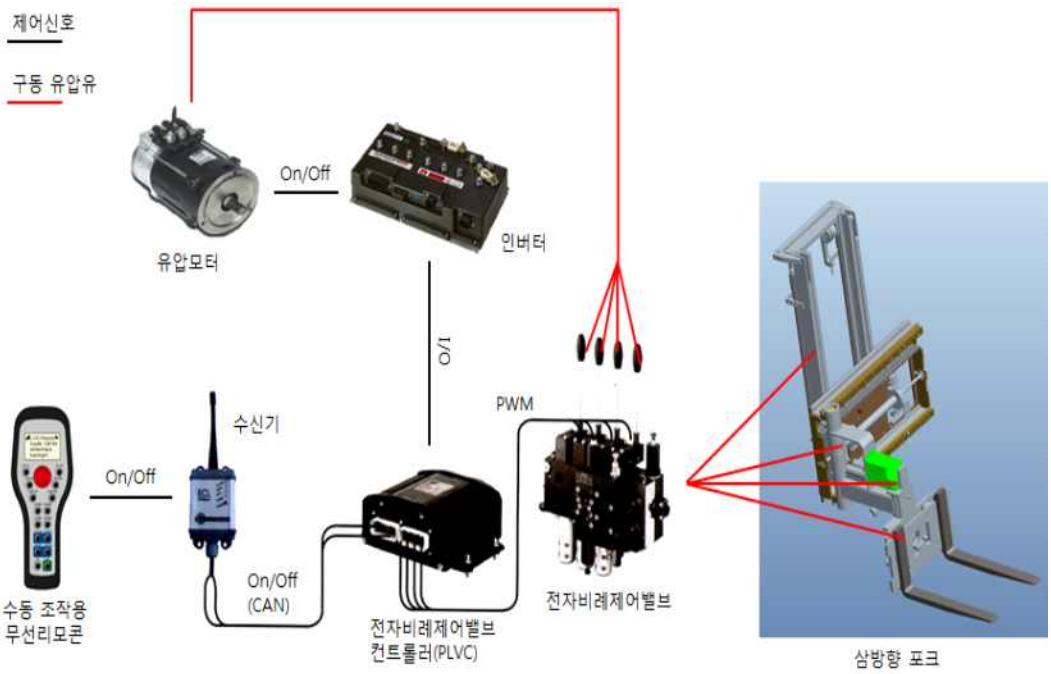
[도표 3.37] 3-Way Fork Ass's (Case 1)



[도표 3.38] 3-Way Fork Ass's (Case 2)

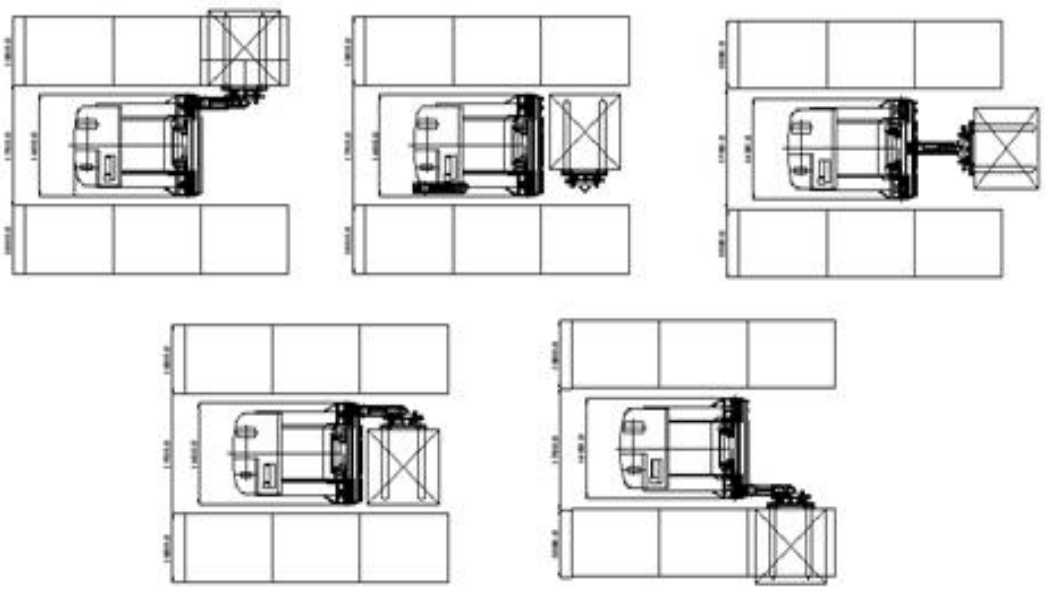
○ 삼방향 포크(3-Way Fork) 기술 시제품 제작

- 포크를 동작하는 동력원은 유압을 적용
- 유압속도를 제어하기 위해서 아래 [도표 3.39]과 같이 전자 비례제어밸브를 적용하여 가감속 제어를 구현함



[도표 3.39] 삼방향 포크 구성 동작 구성도

○ 삼방향 포크 운영시나리오는 아래 [도표 3.40]과 같이 포크 회전, 틸팅, 슬라이딩 세 개의 동작이 되도록 설계 및 제작



[도표 3.40] 삼방향 포크 운영 시나리오 정의도

○ 3차년도 삼방향 포크의 적재 능력(Load Capacity)은 기존의 2차년도 삼방향 포크의 적재 능력(Load Capacity) 대비 20%(1.25톤 → 1.5톤) 증가됨

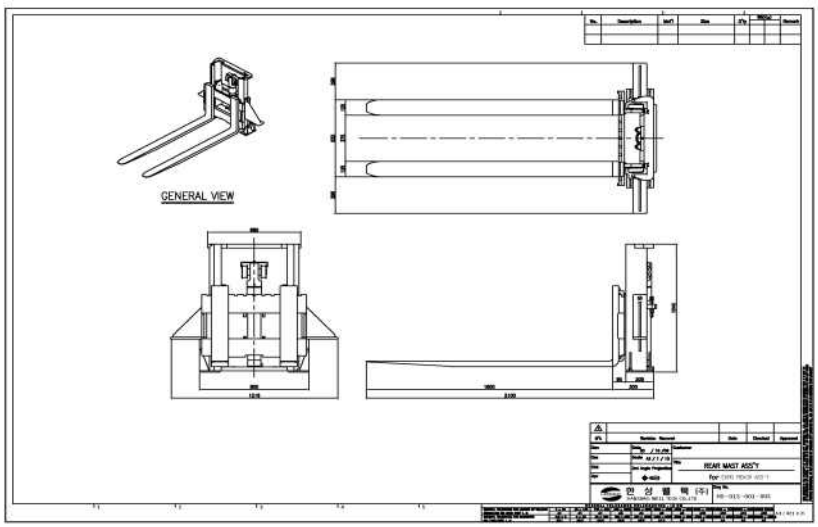
○ 아래 [도표 3.41]는 3차년도 삼방향 포크 시제품을 나타냄



[도표 3.41] 3차년도 삼방향 포크 시제품

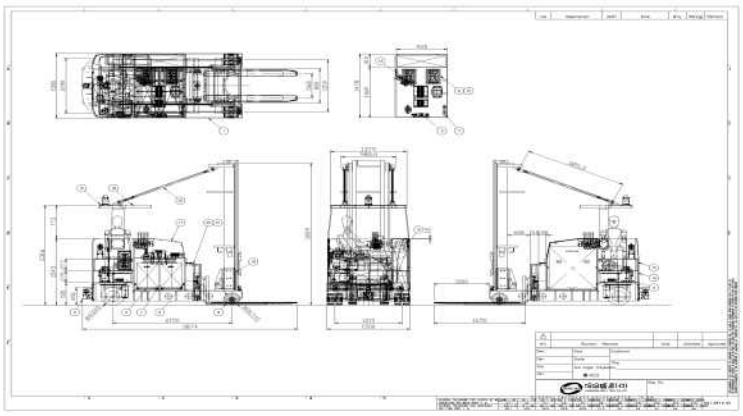
(2) 이중적재(Dual Carriage) 기술

○ 이중적재용 마스트부 및 포크부 설계



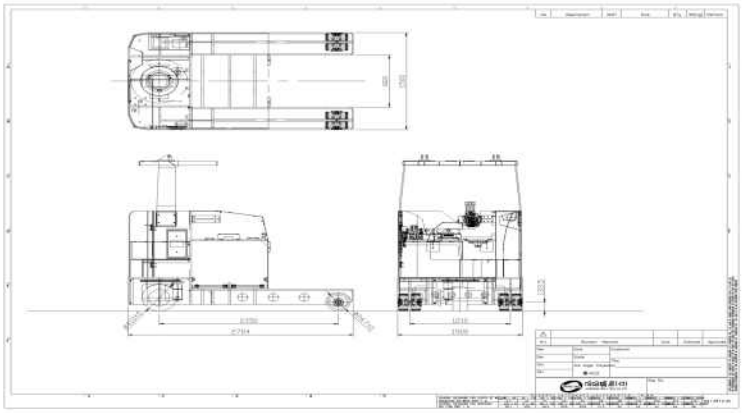
[도표 3.42] 이중적재용 마스트부 및 포크부 설계도면

○ 통합차량 바디부 설계



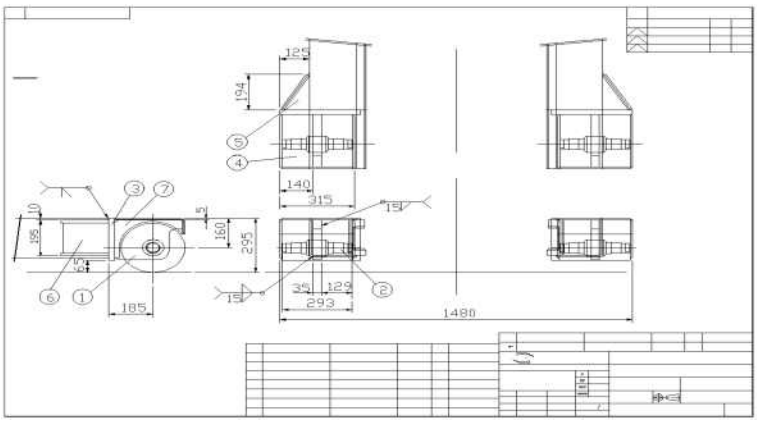
[도표 3.43] 통합차량 바디부 설계도면

○ 통합차량 주행부 설계



[도표 3.44] 통합차량 주행부 설계도면

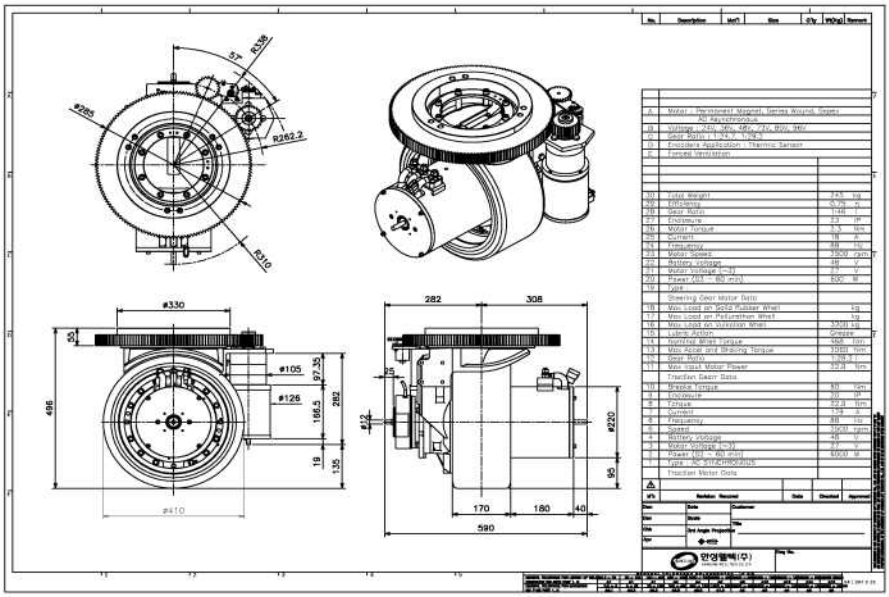
- 측면 전복사고를 방지하도록 <도표 3-45>과 같이 로드 휠을 이중형태로 설계함



[도표 3.45] 이중형태의 로드 휠 설계도면

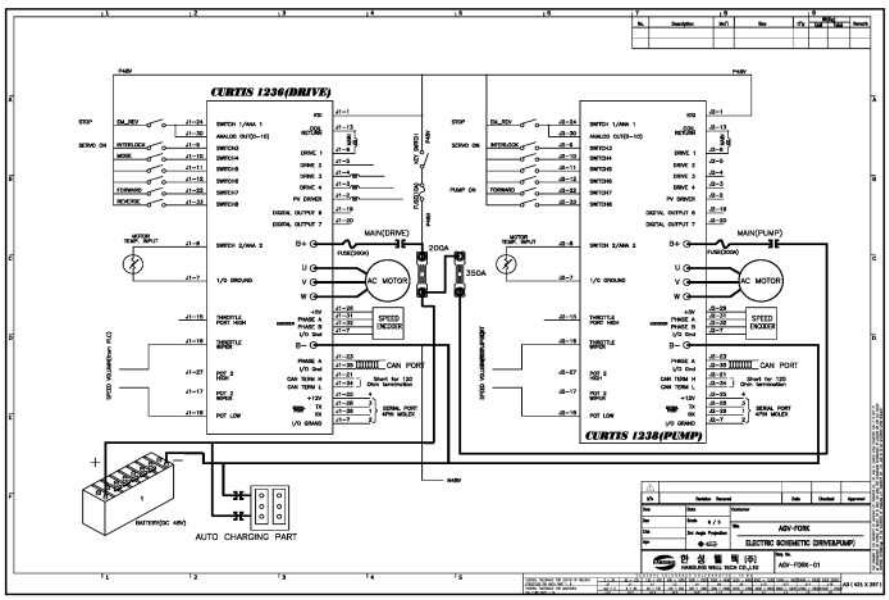
○ 통합차량 구동부 설계

- 2차년도 차량에 들어간 구동부는 Vertical Type으로 구동부 전체 길이가 1,061mm이었지만, 3차년도에 새로 설계한 구동부는 Horizontal Type으로 구동부 전체 길이가 496mm로 공간 활용도가 약 50%정도 증가함



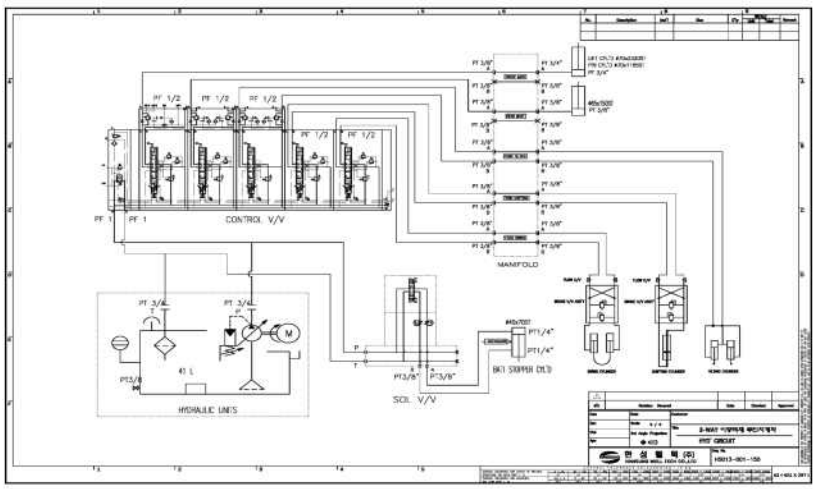
[도표 3.46] 통합차량 구동부 설계도면

○ 통합차량 전장부 설계



[도표 3.47] 통합차량 전장부 설계도면

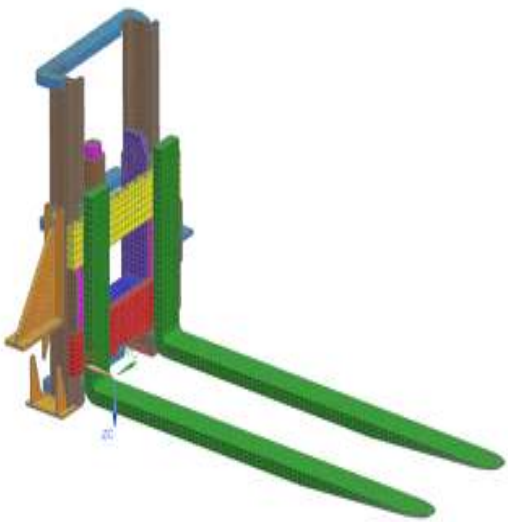
○ 통합차량 유압회로 설계



[도표 3.48] 통합차량 유압회로 설계도면

○ 이중적재(Dual Carriage) 기술 구조, 동특성 해석

- 장비에 최대 하중이 가해지는 상태를 고려하여 저단 마스트 Ass'y 구조물만 구성하고 동작시 발생할 수 있는 최악의 상황을 고려하여 하중을 부여함
- 하중의 크기는 1,500kgf를 부여하고, 안전율과 자중을 함께 적용하여 관심부의 응력 및 변형을 분석하여 고조물의 안전도를 평가하였음



Type	요소 개수
HEX	22,340
Wedge	219

[도표 3.49] 구조 해석 유한요소 모델 - Lift Assy 1.5Ton

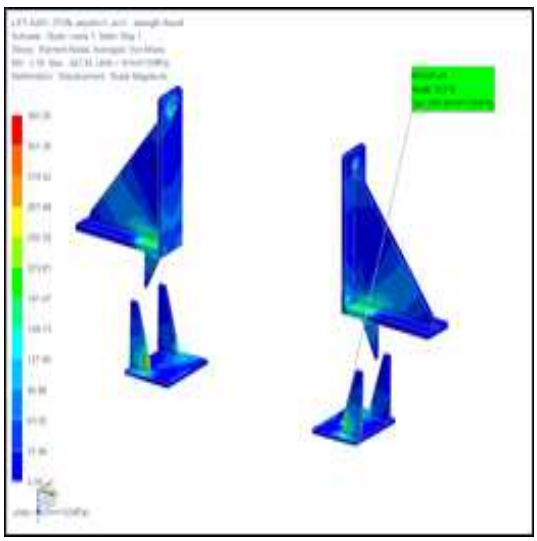
○ 구조해석 결과

- 구조해석 결과인 최대 변위와 최대 응력 값을 아래 [도표 3.50]에 나타냄

구 분	최대 변위 (mm)		최대 응력 (MPa)		비 고
	Total	Lift Mast	Total	Fork	
저단 마스트 Ass'y	62.7	4.3	383	231	Fork 항복강도 : 380 기타 부품항복강도 : 250

[도표 3.50] 동특성 해석을 위핸 컨셉 동작 시뮬레이션

- 부품별 항복강도 보다 높게 나타나는 부분은 저단 마스트 Ass'y의 CAR Body와 연결되는 Bracket 부분에서 발생함
- 이 부분은 실제 용접으로 연결되는 부분으로 해석상에는 최대항복강도를 초과하지만 실제로는 나타나지 않을 것으로 판단됨
- **선형 구조해석 결과 구조물이 안전할 것으로 판단됨**

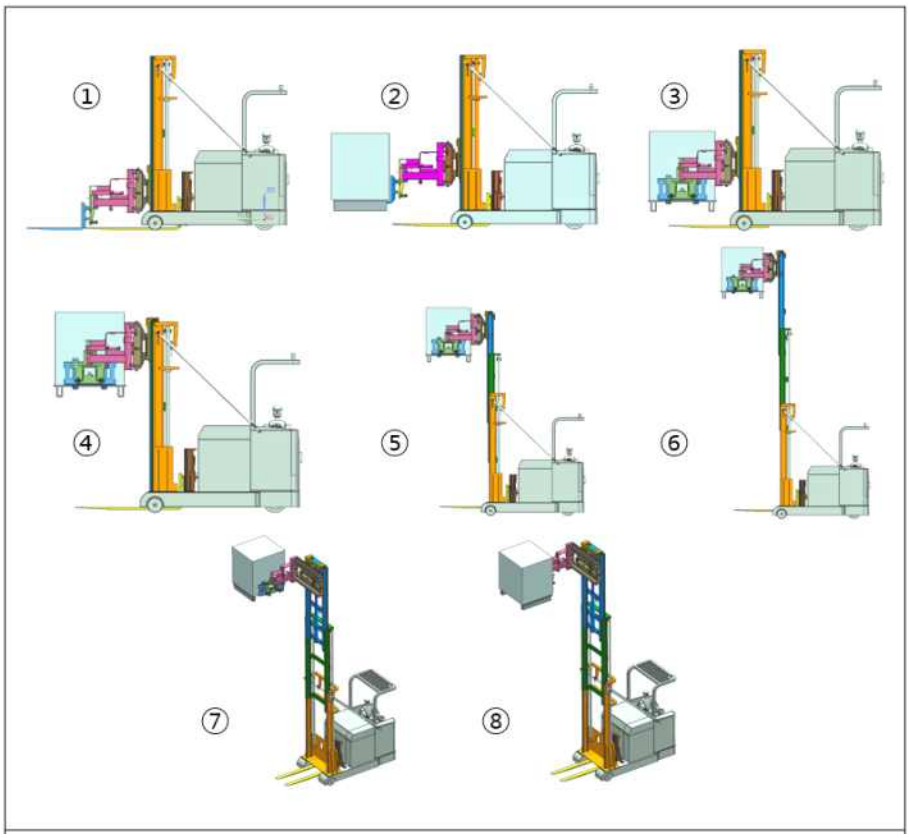


[도표 3.51] 저단 마스트 Ass'y

○ 동특성 해석

- 동특성 해석은 파렛트 화물을 차량에 적재하는 과정을 아래 [도표 3.51]과 같이 컨셉 동작에 맞도록 시뮬레이션함
- Fork가 실제 제품을 운반하는 특징을 파악하기 위해 1,500kg의 Dummy Box를 2개의 Fork를 위해 각각 생성하여 차량에 적재할 수 있도록 해석모델을

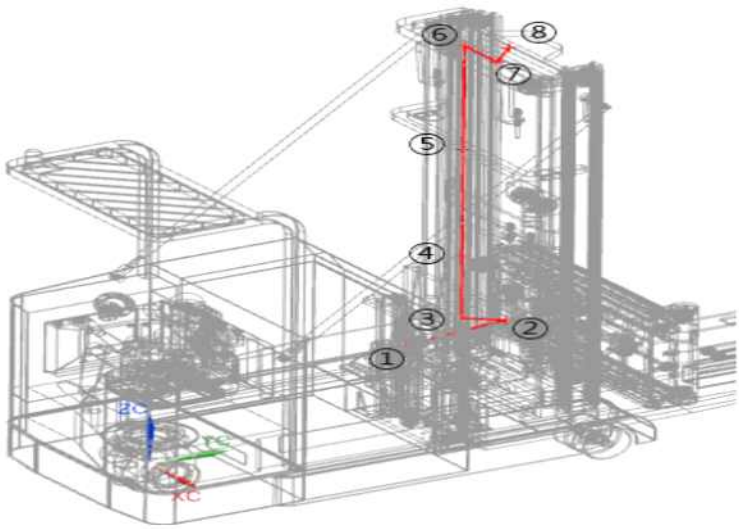
구성함



[도표 3.52] 동특성 해석을 위한 컨셉 동작 시뮬레이션

○ 동특성해석 결과

- 동특성해석 결과인 삼방향 포크의 위치에 따른 무게중심 위치 변화를[도표 3.53]와 [도표 3.54]에 나타냄



[도표 3.53] 컨셉 동작 시뮬레이션 중 포크위치 변화

포크 위치	무게 중심 위치(구동부 중심축 : X,Y,X = 0,0,0)			하중 유무	전체 질량
	X	Y	Z		
1	37.7	1384.5	686.1	No Load	6,776 kg
2	146.8	1870.6	821.2	Load	8,276 kg
3	15.1	1707.7	821.7	Load	8,276 kg
4	15.1	1707.6	1384.2	Load	8,276 kg
5	15.1	1707.5	2336.2	Load	8,276 kg
6	15.1	1707.4	3267.0	Load	8,276 kg
7	309.8	1707.3	3267.0	Load	8,276 kg
8	147.3	1870.5	3267.0	Load	8,276 kg

[도표 3.54] 포크 위치 변화에 따른 무게 중심의 변화

○ 이중적재(Dual Carriage) 기술 제작

- 적재능력 향상 및 센서 보호를 위해 포크 [도표 3.54]커버를 적용함



[도표 3.55] 저단 마스트 및 메인 마스트

- 고단적재시 메인 마스트에 걸리는 하중을 견디기 위하여 지지대 설치함
- 지게차 구동에 필요한 기본적인 구성 이외의 자동 전장을 구성할 수 있는 공간을 지게차 내부에 추가로 비치함



[도표 3.56] 메인 마스트 지지대

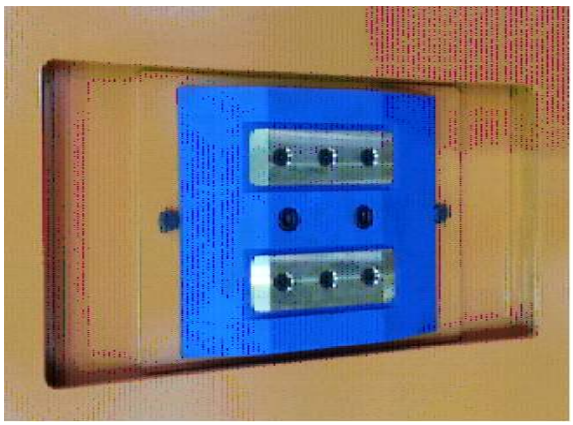


[도표 3.57] 자동 전장 공간

- 배터리 교환 시스템을 위한 2개의 배터리를 장착할 수 있는 공간 및 배터리 장착시 고정할 수 있도록 배터리 클램프 제작
- 배터리를 탈거 하지 않아도 충전할 수 있도록 외부에 배터리 충전용 커넥터 제작



[도표 3.58] 배터리함 및 배터리 클램프



[도표 3.59] 자동충전용 배터리 커넥터 장착

- 안전 센서를 보호할 수 있는 일체형 브라켓 제작



[도표 3.60] 센서 장착 및 센서 보호용 브라켓(후면)

- 포크 좌/우 슬라이딩시 측면 하중을 지탱할 이중형태의 로드 휠 제작

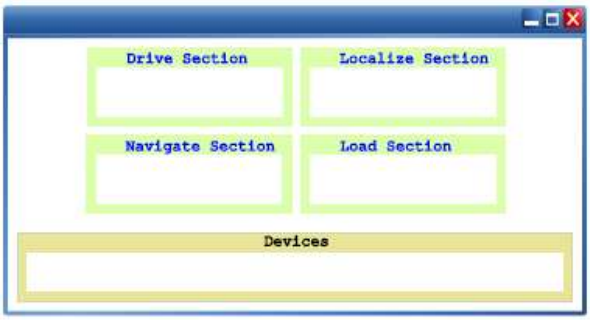


[도표 3.61] 포크 좌/우 슬라이딩시 하중을 지탱할 이중형태의 로드휠

(3) 사용자정의 차량제어시스템

○ Configurable Architecture

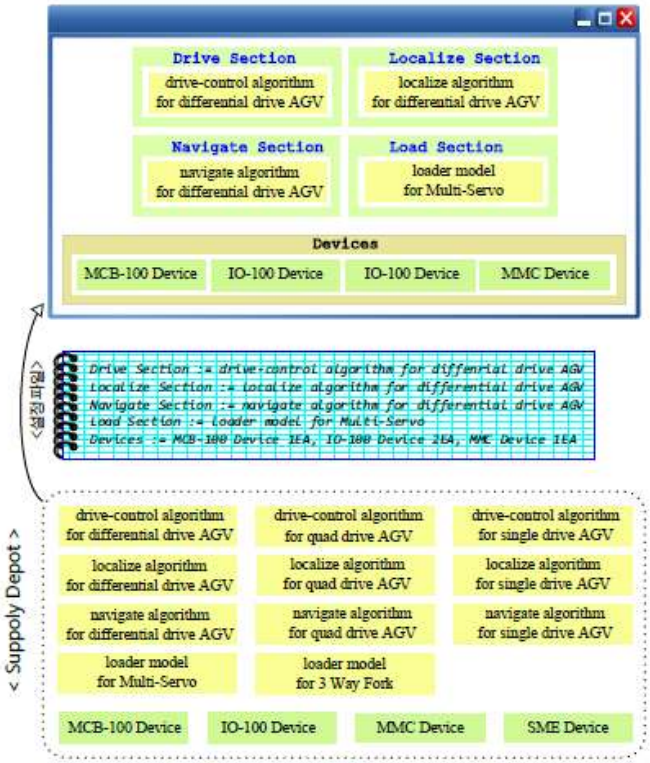
- 차량제어 프로그램의 내부 구성요소는 compile-time이 아니라 run-time에 결정된다. 그러므로 차량제어 프로그램을 실행한 직후에 그림과 같이 Drive Section, Localize Section, Navigate Section, Load Section은 자리만 있을 뿐 본 내용은 비어 있다. 뿐만 아니라 어떠한 Device도 가지고 있지 않다.



[도표 3.62] 차량제어프로그램의 실행 직후

- 내부 구성요소는 차량제어 프로그램이 설정파일(XML 파일)을 읽어 들인 후에 결정됨
- 차량제어 프로그램에는 선택 가능한 여러 가지 내부 구성요소들이 사전에 미리 만들어져 있는데, 이는 일종의 Supply Depot이라 볼 수 있음
- Supply Depot에 있는 다양한 구성요소들은 설정파일의 기재내용에 따라 선택되어 차량제어 프로그램의 내부를 채우게 됨
- 이러한 원리로 다양한 무인차량에 대하여 다양한 버전의 차량제어 소프트웨어가 존재하여 소프트웨어 형상관리가 어려워지는 상황을 방지하고, 단일 차

량제어프로그램만으로 각양각색의 무인차량을 제어할 수 있도록 하기 위함임



[도표 3.63] 차량제어의 Configurable Architecture

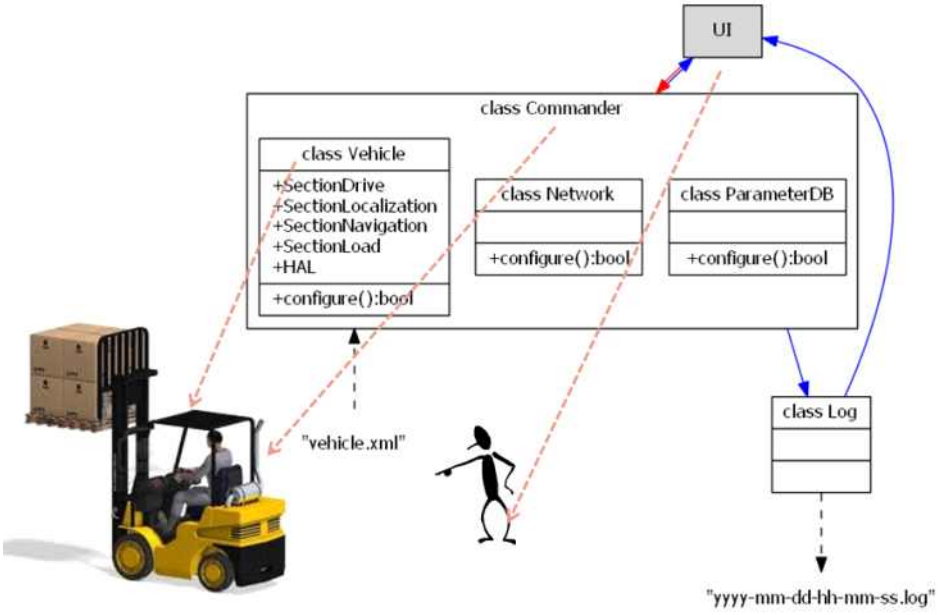
- 설정파일은 차량제어 프로그램에게 중요한 의미를 가진다. 차량제어가 실행된 후에 가장 먼저 해야 하는 일은 설정파일을 불러와서 Algorithmic Layer 및 Physical Layer를 채우는 일이다.
- 설정파일에 의해서 차량제어 프로그램 내부의 알고리즘 및 Device를 선택도 기도 하지만, 차량제어 프로그램에서 사용하는 몇가지 변수들의 값이 정해지기도 함.
- 이렇게 차량제어의 실행 중에 내용이 정해지고 변경되는 속성이 있어 설정파일과 유사한 것으로 Parameter와 State가 있음.

○ 통합형 차량제어 방법론 구성

- 통합형 차량제어는 사용자가 시스템 환경을 XML 명세서에 따라 정의함으로써 동일한 시스템을 여러 타입의 차량에 사용할 수 있음
- 본 시스템에서 하나의 차량은 명령을 수행하는 대상으로서 Command 클래스

로 본다. 사용자는 하나의 Commander를 기준으로 차량에 명령을 내리고 상태를 점검하는 등의 제어를 수행함.

- 이러한 원리에 따라 Commander Class가 본 시스템의 Main의 역할을 수행하고 이 Class는 차량, 네트워크, 설정 파라미터의 정보로 구성됨.

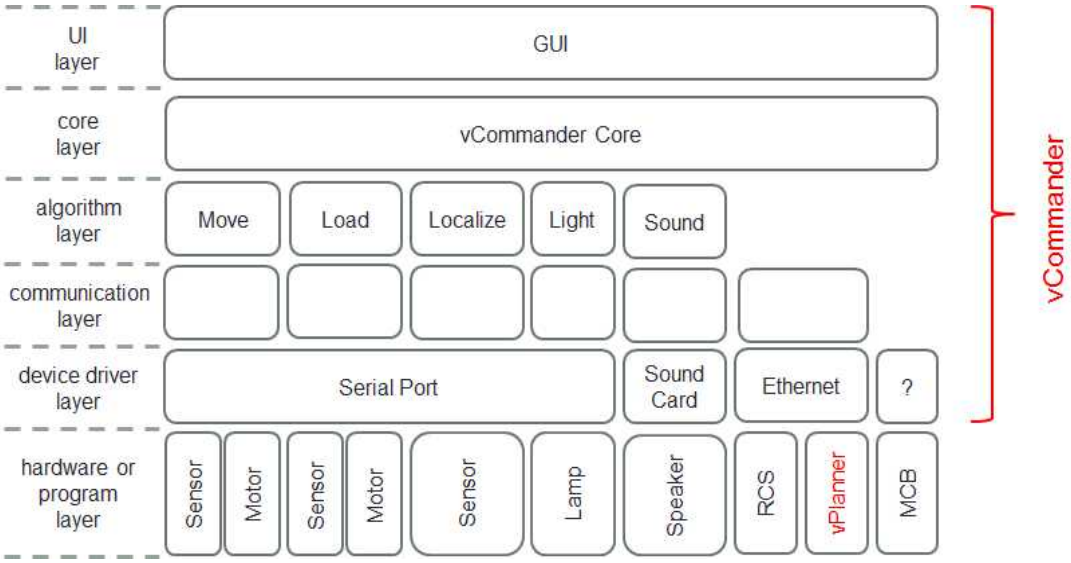


[도표 3.64] vCommander의 기본 구성 Class

- 사용자의 정의 따라 하드웨어는 변경되며, 그 제어 알고리즘도 변경된다. 따라서 실제 소프트웨어 형태의 제어부와 하드웨어를 완전히 분리함

○ 방법론에 따른 시스템 설계

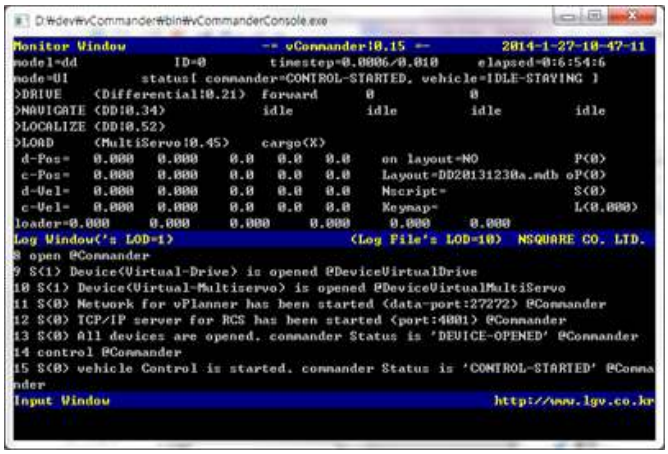
- [도표 3.65]는 차량제어 시스템의 아키텍처 구성에 따른 세부 모듈임



[도표 3.65] 차량제어 시스템의 아키텍처

○ 사용자정의 통합형 차량제어 시스템 개발

- 사용자정의 통합형 차량제어 시스템 실행 화면



[도표 3.66] 통합형 차량제어시스템 vCommander

○ 배터리 교환 시스템의 제어 프로그램 설계

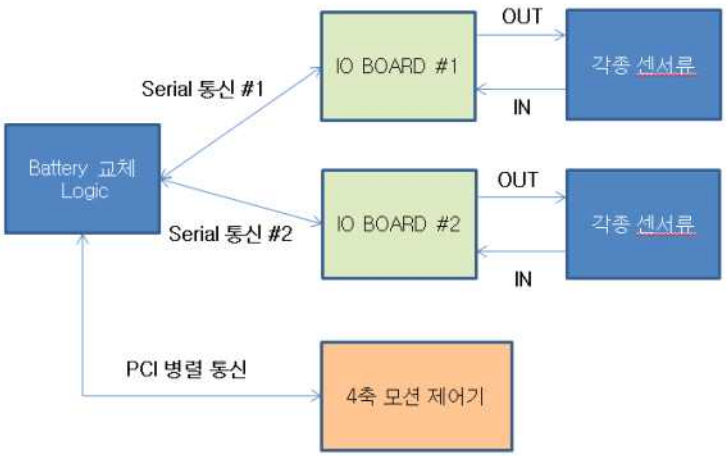
- 무인차량의 배터리 자동 교환을 위한 기본 Concept을 정립

- IO 보드에 연결된 센서의 상태값을 바탕으로 배터리의 안정성 유지

- 모션 제어기를 사용하여 배터리의 다축 이동

○ 배터리 교환 제어시스템 개발

- 프로그램 언어(C++, MFC)
- SERIAL 통신(IOBOARD)
- PCI 패러럴 통신



[도표 3.67] 배터리 교환 시스템의 제어 구성

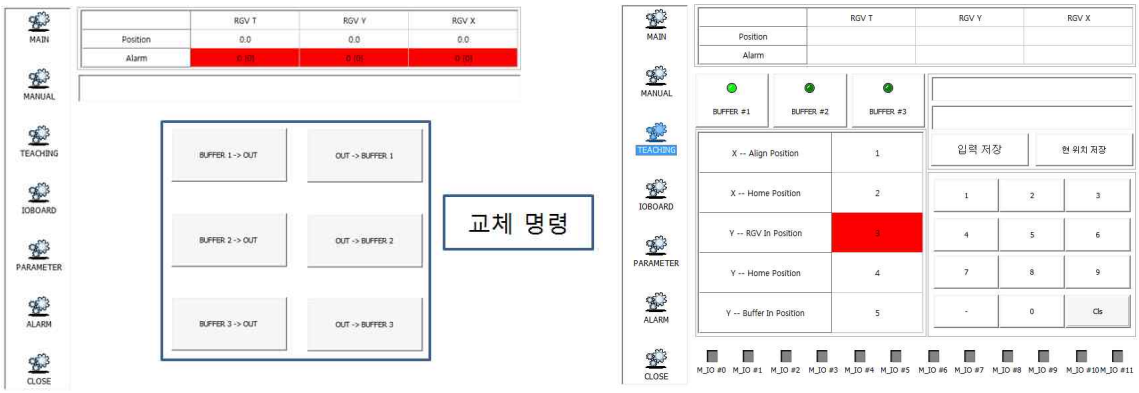
○ 배터리 교환 시스템 제작

○ 배터리 교환 시스템의 설계 기준에 따른 기구 제작



[도표 3.68] 배터리 교환 시스템 기구

○ 배터리 교환 시스템의 제어용 프로그램 제작



[도표 3.69] 배터리교 과환 시스템의 제어용 프로그램

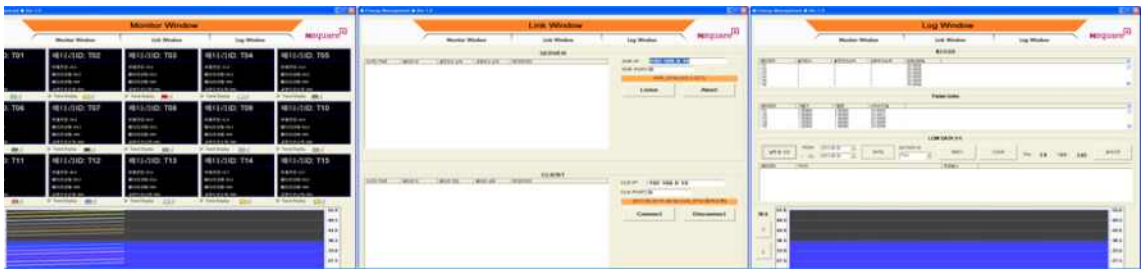
○ 에너지관리 프로그램

○ 소비에너지 분석을 위한 프로그램 개발

○ 에너지 관리 프로그램 화면구성

- Monitor Window : 각 배터리의 상태를 감시하는 기능
- Link Window : 통합 운영 시스템과 통신 Socket을 관리함

  Log Window : 에너지 관리를 위한 각종 파라미터 설정 및 회귀분석 기능



[도표 3.70] 에너지 관리 프로그램 실행 결과

○ 소비에너지 통계 정보를 위한 프로그램 개발

○ 소비에너지 통계 정보 프로그램 화면구성

- Monitor Window : 각 차량의 실시간 이동 거리 및 배터리 잔량
- Work Window : 배터리 소모 대비 작업시간 통계
- Move Window : 지게차 이동거리 대비 작업시간 통계
- Wait Window : 지게차 이동거리 대비 대기시간 통계
- Battery Window : 배터리 소모시간 대비 작업 시간 통계
- All Factor Window : 지게차 작업별 시간 분포 통계



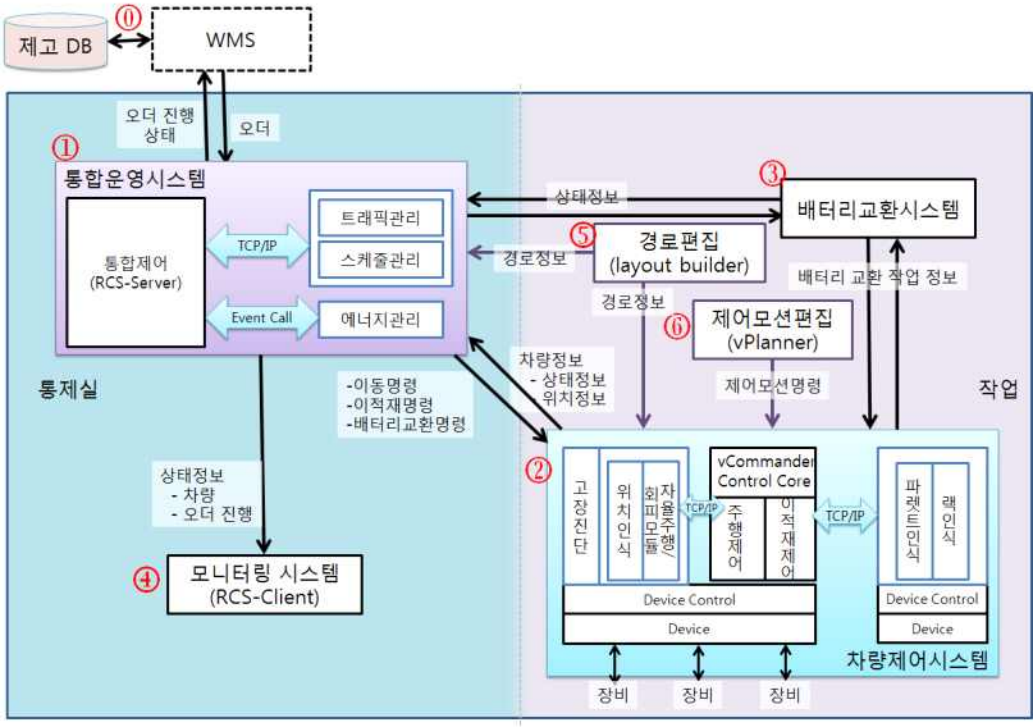
[도표 3.71] 소비에너지 통계 정보 프로그램

○ 통합관리프로그램

○ 제어 시스템의 통합은 소프트웨어의 프로세서 기반의 제어 정보 흐름을 통해 통합 기준을 정의함

○ 제어 정보의 Data흐름은 2단계로 구성되면 소프트웨어 단위를 레벨1로 소프트웨어를 구성하는 프로세스 단위를 레벨2로 구성됨

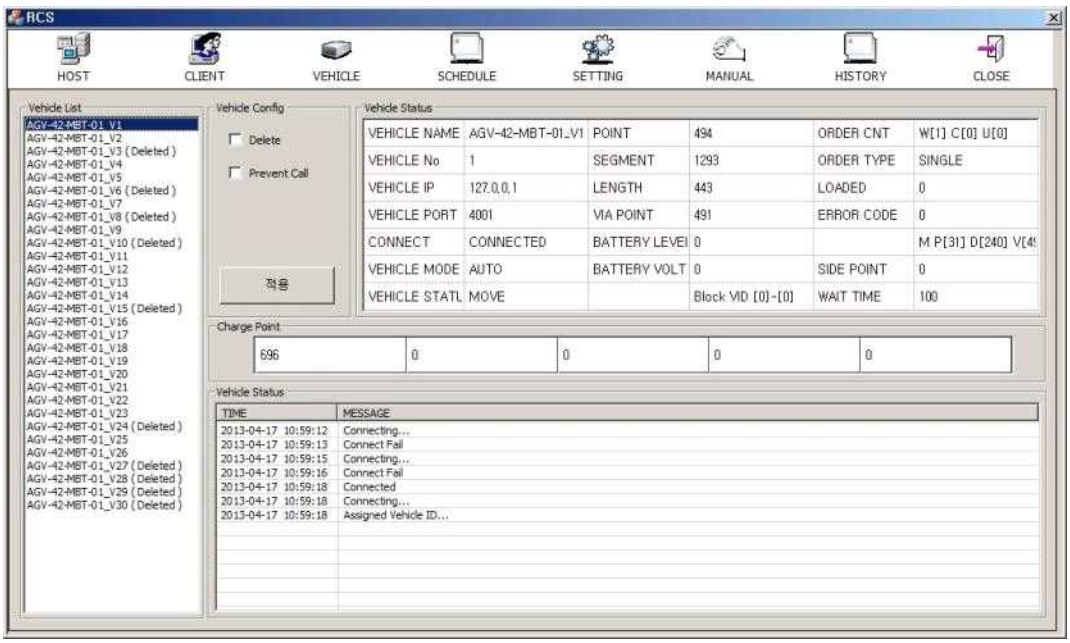
○ WMS 및 통합관리 시스템의 자료 흐름도(레벨1)



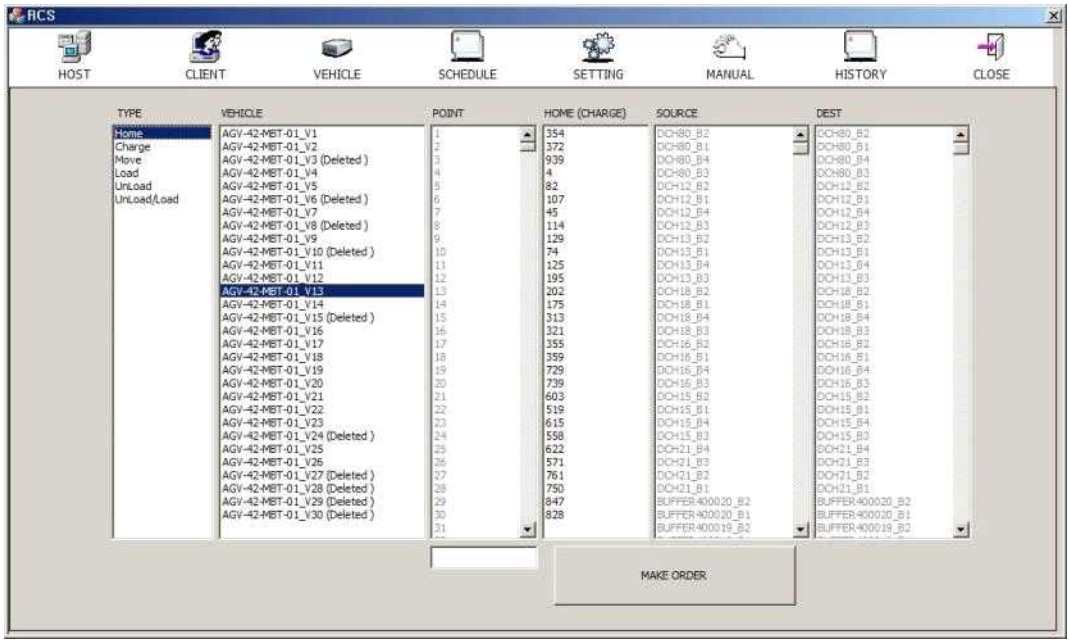
[도표 3.72] 통합관리 시스템의 구성

○ 통합 설계 기준에 의한 프로그램 제작 및 보고서 작성

통합관리프로그램

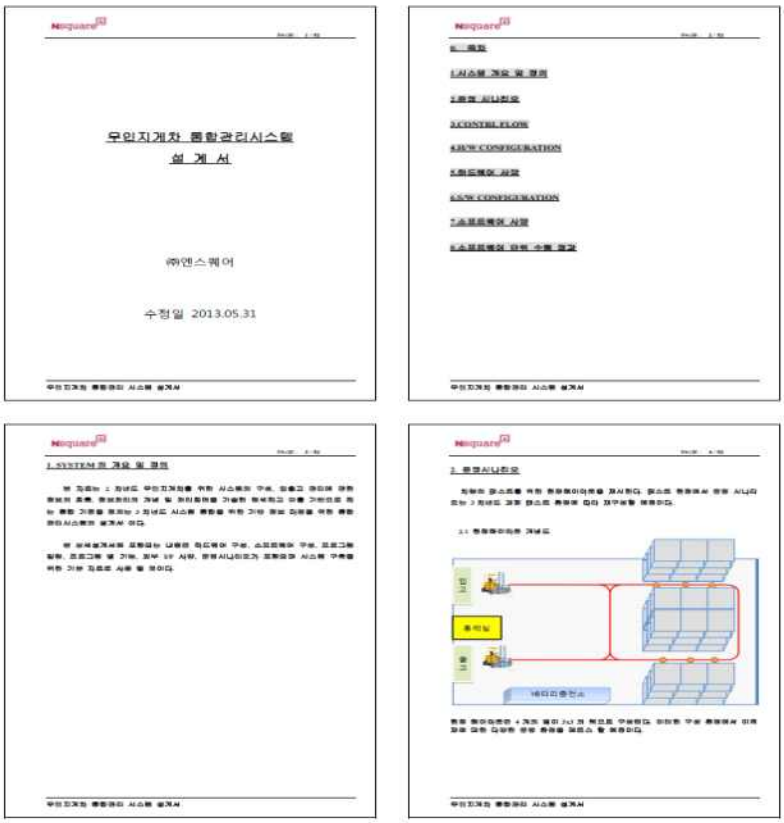


[도표 3.73] 통합관리프로그램 실행화면(1)



[도표 3.74] 통합관리프로그램 실행화면(2)

○ 통합관리시스템 설계서



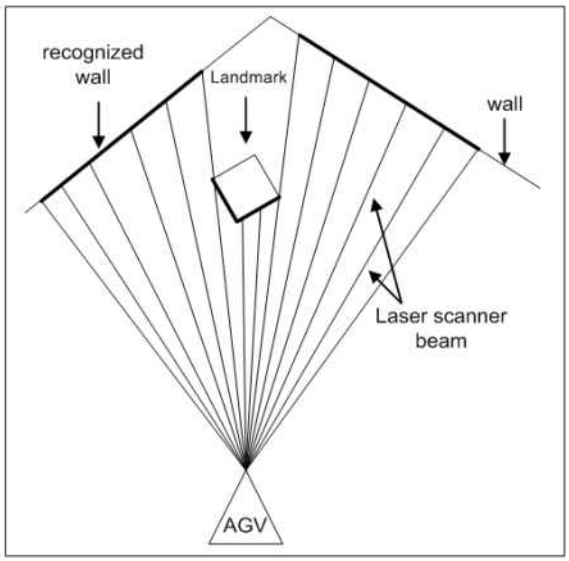
[도표 3.75] 무인지게차 통합관리시스템 설계서

(4) 레이저용 동시위치/맵핑기술

○ 본 연구 결과는 스파이크 랜드마크를 이용함

○ 스파이크 랜드마크는 극값을 사용하여 정해 놓은 크기의 물체를 인식하여 식별하는 방법이며, 랜드마크를 통하여 벽과 랜드마크 사이의 거리도 인식 및 계산할 수 있음

○ 본 연구에서는 레이저 측정 시스템을 사용하여 스파이크 랜드마크 알고리즘을 제시함

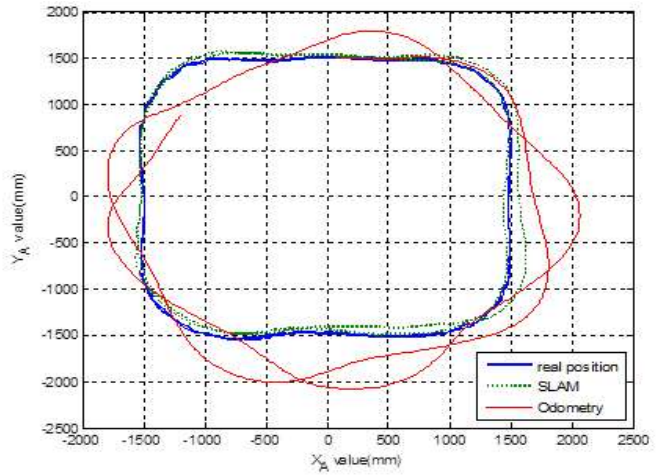


[도표 3.76] Spike Landmark

○ AGV로 제안된 SLAM과 경로추적 제어기에 대한 유효성을 보여주기 위해 실험 결과를 보여줌

○ 굵은선은 임의적으로 주어진 목표경로를 나타냄

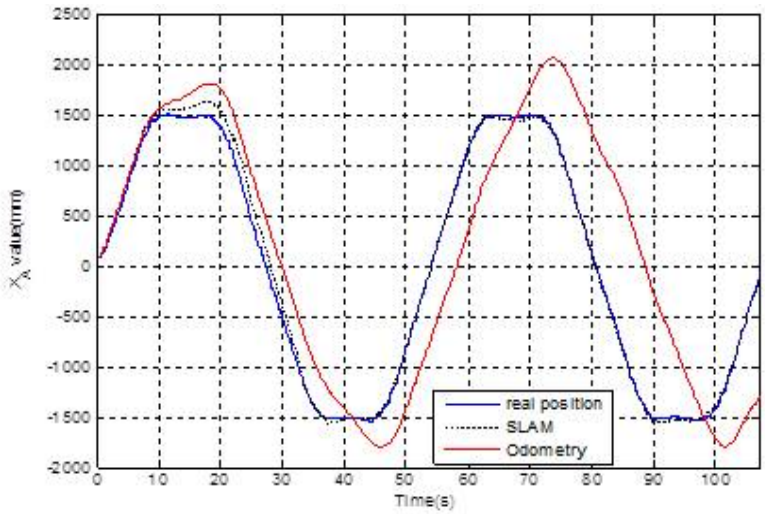
○ [도표 3.77] 위의 맵을 바탕으로 실제 실험 결과이며 파란선은 목표경로이고, 점선은 SLAM을 이용한 경로추적선, 그리고 빨간선은 엔코더임



[도표 3.77] Experimental result for path tracking

○ [도표 3.78] 고정좌표계 X방향의 실제 위치, SLAM법에 의한 추적한 위치와 엔코더에 의해 경로를 추적한 결과를 보임

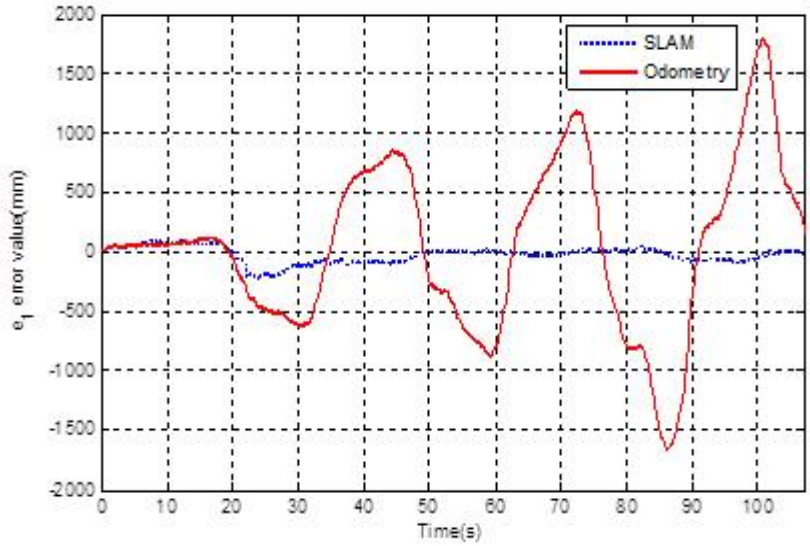
○ 굵은선은 레이저 네비게이션을 사용한 AGV의 실제 위치를 나타내며, 점선은 확장칼만필터와 SLAM을 적용한 경로추적한 결과이며, 가는 실선은 엔코더의 의한 경로추적한 결과를 보임



[도표 3.78] Position output from experiment,

○ [도표 3.78]는 이동 좌표에 대한 주행방향의 SLAM 및 엔코더를 적용한 추적오차 을 보여주며 SLAM은 20초에서 30초사이에 -90mm 의 오차가 있

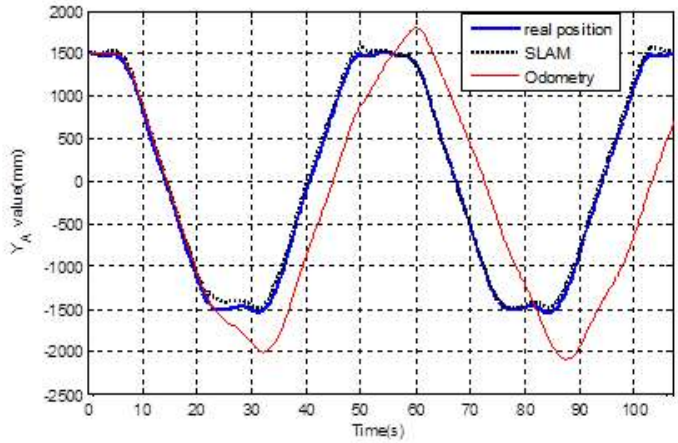
으나 이후 안정화가 되어 0으로 가고 있으며, 엔코더의 경우는 시간이 늘어남에 따라 점점 큰 오차를 가지고 있음을 보여줌



[도표 3.79] Position output error in local coordinate from experiment,

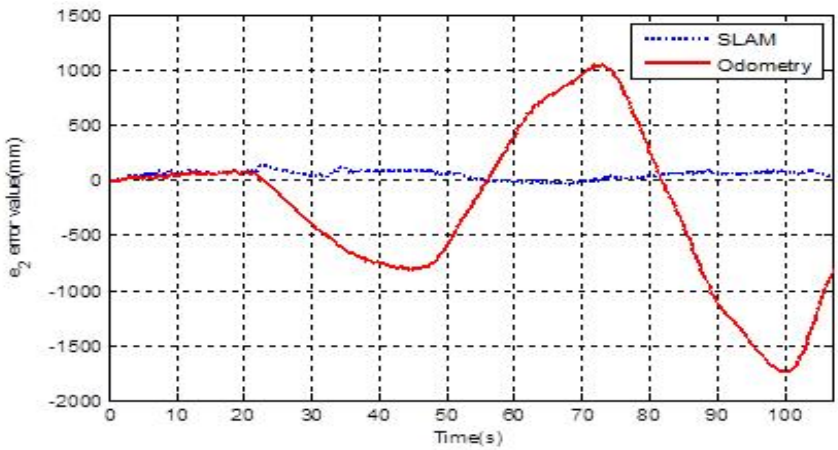
○ [도표 3.79]은 실제 위치값과 고정좌표계에 대한 Y방향의 SLAM, 엔코더를 적용한 추적오차를 보여주며, 레이저 네비게이션을 사용한 AGV의 실제 위치(굵은선), 확장칼만필터와 SLAM을 이용한 AGV의 추적위치(굵은점선)와 엔코더를 적용한 추적위치(가는점선)을 나타냄

○ SLAM은 실제위치를 대체로 잘 추적하고 있으나 엔코더는 실제위치와 시간이 지나감에 따라 점점 더 차이가 남음을 나타냄



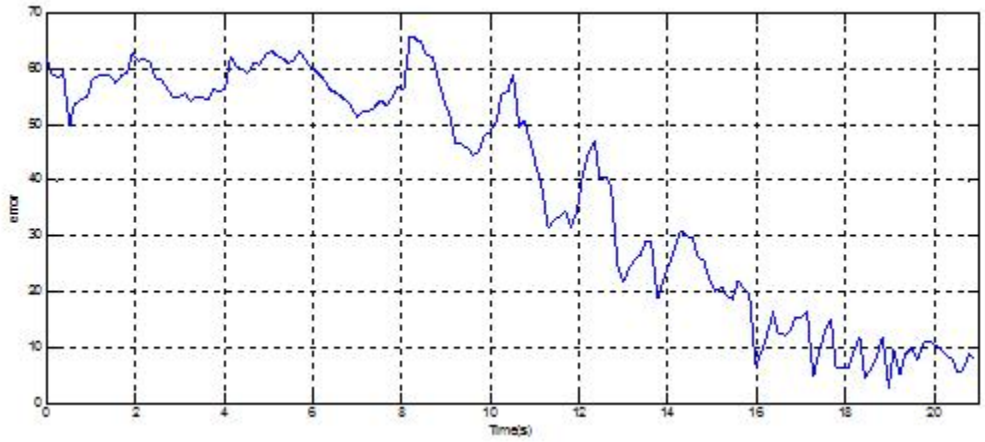
[도표 3.80] Position output from experiment,

○ [도표 3.80]은 이동좌표계에 대한 AGV의 주행방향의 추적오차를 나타내며, SLAM의 경우 처음 20초에서 50초 사이 +90mm정도의 추적 오차를 보이고 있으나 이후 대체로 실제경로를 ±15mm내에서 추적하는 것을 볼 수 있고 엔코더의 경우 20초까지 안정하게 잘 추적하고 있으나 이후 시간에 따라 점차 추적오차가 커짐을 알 수 있음



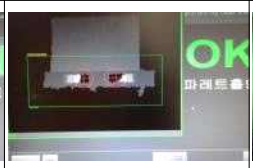
[도표 3.81] Position output error in local coordinate from experiment

○ [도표 3.81]는 시간에 대한 SLAM을 적용한 실제 정지오차를 보여주며, 처음에는 +60mm의 오차를 보여주지만, 21초 정시할 시점이 다가감에 따라 +10mm으로 수렴하는 것을 확인 할 수 있음

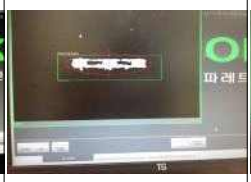


[도표 3.82] 실제 정지오차 값

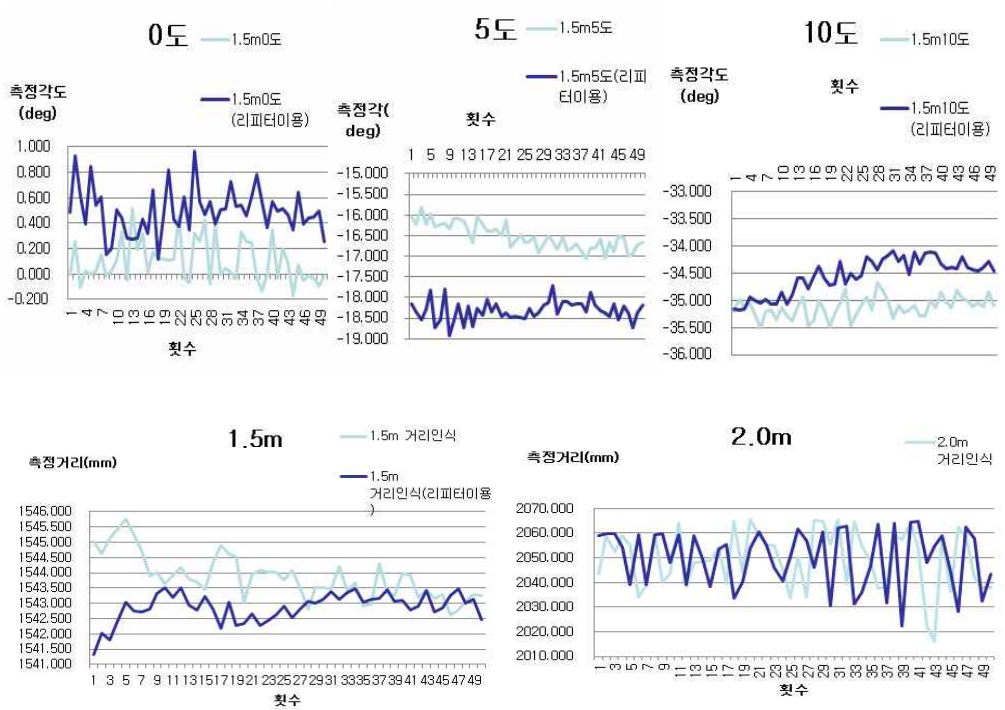
(5) 키넥트 융합형 파렛트 인식 기술

step		조 명	불균질한 조명	화물 적재	장애물 구성
결과영상	1.5m				
	2m				
	2.5m				
시도 횟수		100	100	100	100
성공 횟수		98	98	98	98
정 확 도		98%	98%	98%	98%

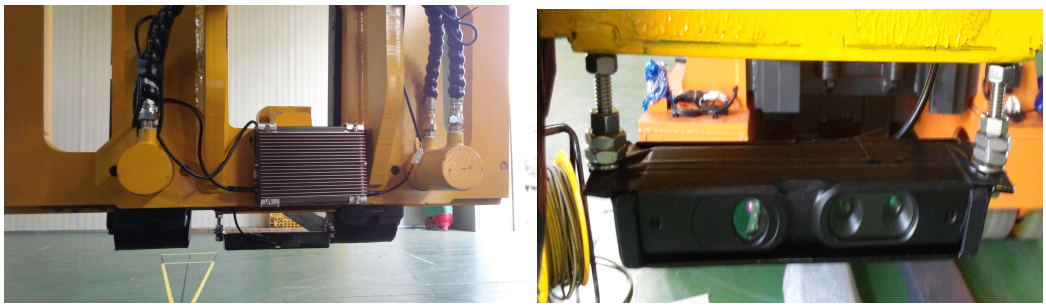
[도표 3.83] 파렛트 홀 인식 실험 결과

step		조 명	불균질한 조명	화물 적재	장애물 구성
결과영상	1.5m				
	2m				
	2.5m				
시도 횟수		100	100	100	100
성공 횟수		98	98	98	98
정 확 도		98%	98%	98%	98%

[도표 3.84] 파렛트 인식 실험 결과



[도표 3.85] 데이터 추출



[도표 3.86] 모듈 및 카메라 설치



[도표 3.87] 통합 테스트

(6) 트래픽회피 스케쥴 관리기술

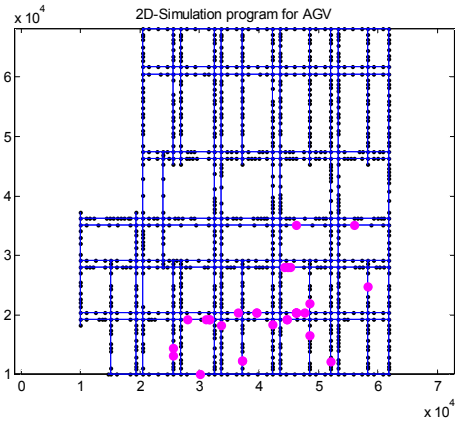
○ 트래픽 발생 원인에 대해 분석

- 3가지의 발생원인 분석

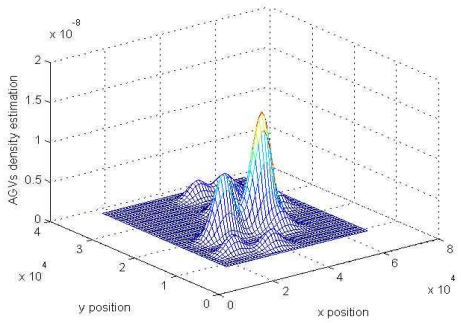
[도표 3.88] 발생원인

○ 트래픽 밀도 추정방법

- KDE 방법에 의한 트래픽 밀도 추정
- 예측시간 변경에 의한 트래픽 밀도 추정



[도표 3.89] AGV 작업 상태



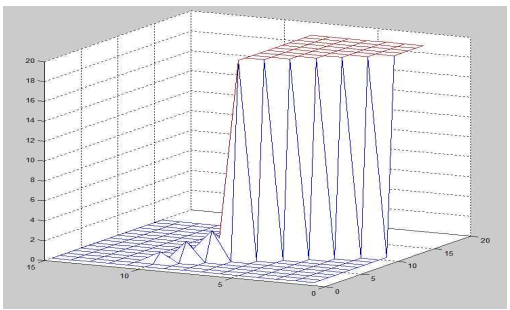
[도표 3.90] AGV 트래픽 밀도 산출 예시

○ Time Window 에 의한 트래픽의 대기시간 예측

- 각 AGV별 트래픽 발생시 대기 시간 예측

○ 트래픽 회피 대기전략에 대한 연구 수행 (도표 3.90]참조)

- 트래픽 발생시 우선순위에 의한 대기전략에 의한 검토
- 무한대 대기 발생원인 분석 및 이에 대한 회피전략 수립



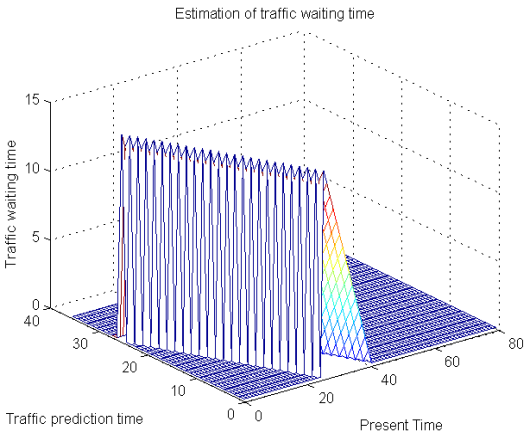
[도표 3.91] AGV 2 예측 대기시간

○ 트래픽 회피 재할당 전략기법 검증

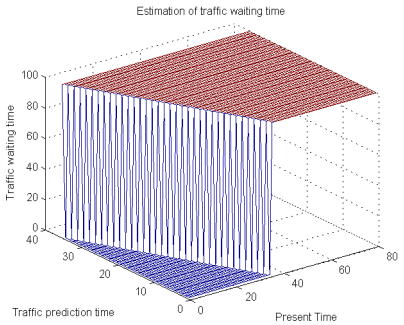
- 3가지 시나리오를 통한 트래픽이 발생하는 경우에 대한 시뮬레이션 검증을 행하였으며, 그중 한가지 시나리오에 대한 결과는 다음과 같음
- [도표 3.92]에서는 회피전략 미 시행시, AGV간 교착으로 인하여 대기시간이

무한대로 증가하고 있으나, [도표 3.93]에서는 회피전략을 행하여 우선순위에 의해 AGV를 대기를 행한 경우에는 약 15초 대기를 행하고 있음

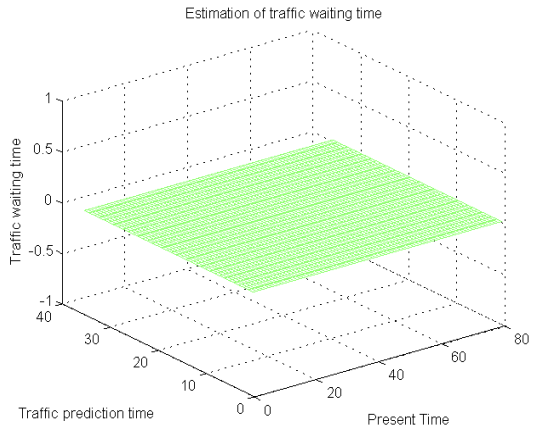
- 이에 비하여, 트래픽을 고려한 재할당 전략을 행한 경우에는, [도표 3.94]에서와 같이 경로 재할당을 통하여 모든 AGV에 대기시간이 발생하지 않음



[도표 3.92] 회피 전략 시행시 대기시간



[도표 3.93] 전략 미시행시 대기시간



[도표 3.94] 스케쥴 관리시의 대기시간

2. 다층형 화물이송시스템

가. 수평컨베이어

(1) 기술정의 및 차별성

- 기존의 수평 컨베이어는 박스와 파렛트의 동시이송이 불가하여 화태에 따른 독립적인 컨베이어 라인의 구성으로 공간활용의 효율이 떨어지는 문제가 있었음
- 성과물인 수평컨베이어는 박스와 파렛트를 동시에 이송할 수 있는 상황별 이송모드가 지원되고 필요시 결합해체가 가능한 구조로 설계되어, 하나의 컨베이어 라인으로 다양한 종류의 화물을 이송시킴으로 공간활용의 극대화와 설치비용의 최소화를 동시에 도모할 수 있음



(2) 용어의 정의

○ 파렛트 컨베이어 부

- 파렛트 컨베이어부는 파렛트 상자 겸용 컨베이어에서 파렛트 운반에 해당하는 컨베이어부로 운반 부재 및 동력부 등을 포함함

○ 상자 컨베이어 부

- 상자 컨베이어부는 파렛트 상자 겸용 컨베이어에서 상자 운반에 해당하는 컨베이어부로 운반 부재 및 동력부 등을 포함함

○ 운반부재

- 운반 부재는 화물을 수평으로 운반시킬 수 있는 복수의 롤러들, 롤러들을 지지하는 프레임 및 롤러들을 연결하는 연결부를 말함

○ 프리롤러, 메인롤러

- 롤러는 프리 롤러와 메인 롤러로 구분된다. 메인 롤러는 운반 부재와 직접 연결되고 프리 롤러는 운반 부재와 직접적으로 연결되어 있지는 않으나 메인 롤러와 연동하여 구동됨

○ 연결부

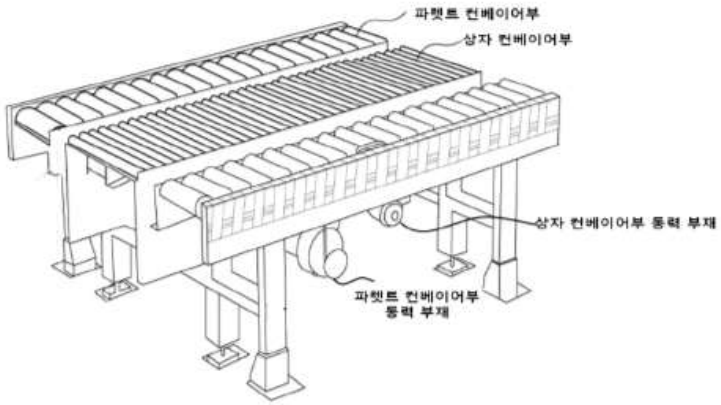
- 복수의 롤러들은 2개씩 쌍을 이뤄 연결구로 연결될 수 있으며, 이 연결구는 체인이나 벨트, 드라이브 샤프트가 사용됨

○ 지지부

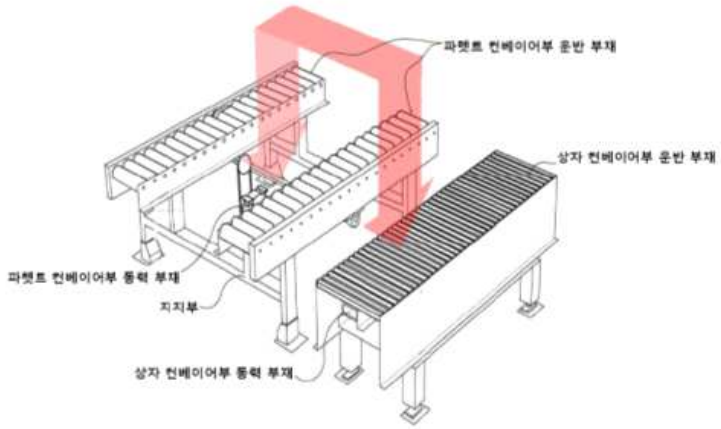
- 메인 프레임 및 프레임 지지대, 모터 지지대를 포함함

○ 동력부

- 동력부는 파렛트 컨베이어부 동력 부재, 상자 컨베이어부 동력 부재로 구분되며 파렛트 컨베이어부 동력 부재는 파렛트 컨베이어부 모터, 드라이브 샤프트로 구분되고, 박스 컨베이어부 동력 부재는 박스 컨베이어부 모터, 드라이브 드럼으로 구분됨



[도표 3.95] 파렛트 상자 겸용 컨베이어



[도표 3.96] 파렛트 상자 겸용 컨베이어 운송부재 및 지지부

(3) 구조 및 구동방식

○ 구조

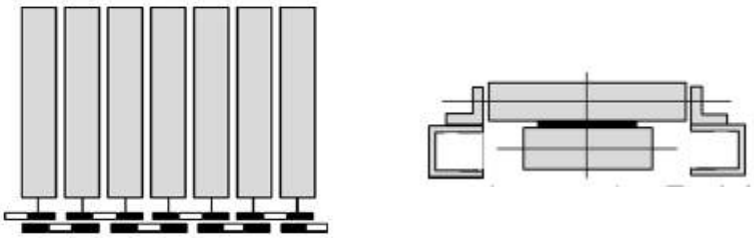
- 파렛트 화물과 상자 화물을 하나의 라인에서 운반 할 수 있는 수평 운반 컨베이어로 파렛트 컨베이어부 롤러와 상자 컨베이어부 롤러가 분리될 수 있는 구조임

○ 구동방식

- 롤러 컨베이어 구동력 전달을 위해 체인 및 벨트가 사용되며, 아래 왼쪽 그림

은 구동 롤러 컨베이어의 편측구동 방식을 보여줌

- 편측 구동 방식은 한쪽이 다른 기계와의 배치 등의 관계로 구동 장소를 취할 수 없는 경우 등에 편측 구동한 방식임
- 체인 구동 방식의 체인 대신 V벨트 또는 로프를 사용하는 경우와 롤러 컨베이어에서 롤러 본체의 중간부에 V벨트 및 로프가 들어가는 요부 (凹部)를 만들어 V벨트 및 로프를 끼워 그 마찰로서 롤러를 회전시키는 경우가 있음
- 수평 컨베이어 운반 화물의 중량, 속도 및 소음, 진동을 고려하여 롤러의 구동방식을 벨트 구동한다. 아래 오른쪽 은 중앙 구동방식을 나타냄

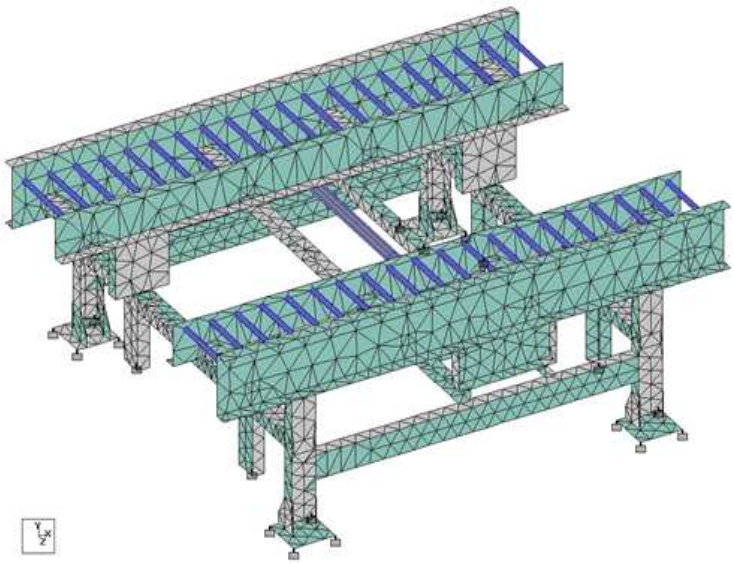


[도표 3.97] 편측 구동방식 및 중앙구동 방식

- 파렛트 컨베이어부는 일반적으로 체인 구동 시 발생하는 소음과 진동을 최소화하기 위하여 단면이 V형인 동력 전달용 V벨트가 많이 사용되나 여기에서는 V벨트의 고전동과 평벨트의 유연성을 겸비한 Ribstar벨트를 롤러 구동 벨트를 사용함
- 상자 컨베이어부는 롤러 구동에 일반적으로 사용되는 구동방식인 띠벨트 구동방식을 사용하여, 가운데 상자 컨베이어부의 롤러가 구동하면서 상자 화물을 운반하며, 운반부 아래쪽에서 롤러 구동을 위한 벨트가 상승하여 구동력을 전달하고, 프리 롤러 하면에 좁은 폭의 띠벨트를 구동시켜 띠벨트 상면과 롤러 하면의 접촉 마찰력에 의해 롤러를 구동시켜 물체를 운반함

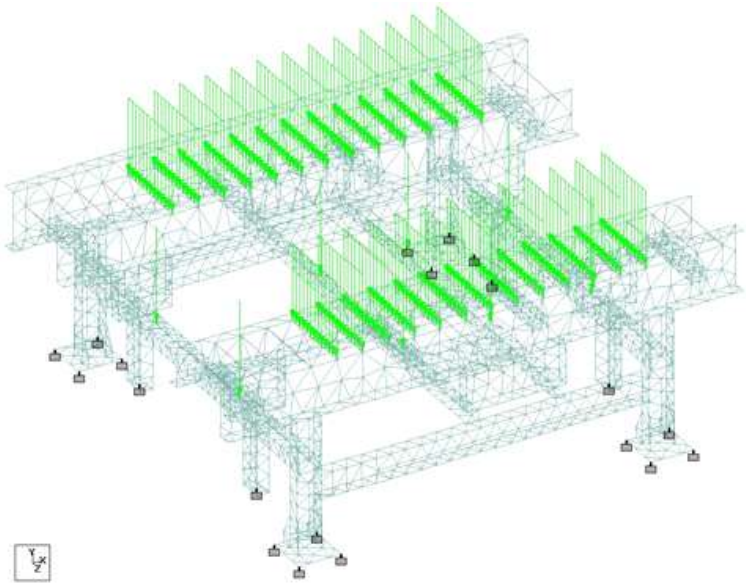
(4) 구조해석

- 수평 컨베이어는 최상단의 롤러의 구동을 위한 장치가 주로 부착되어 있고, 그 외에는 전체 구조물을 지지하기 위한 구조로, 8개의 다리가 안정적으로 되어 있음
- 이 수평 컨베이어를 구성하는 부재들의 응력 및 변형분포의 전체경향을 파악하여 위험부위를 예측함과 동시에 충분한 안전성 확보의 여부를 확인하는데 그 목적이 있음
- 화물을 이송시키는 롤러부와, 구동모터부의 축부를 제외하고 메쉬로 모델링하고, 화물의 진행방향을 정렬해주는 가이드 프레임 및 그 관련 부착품은 모델링에서 제외함(절점의 개수는 2,450개, 메쉬는 5,618개)

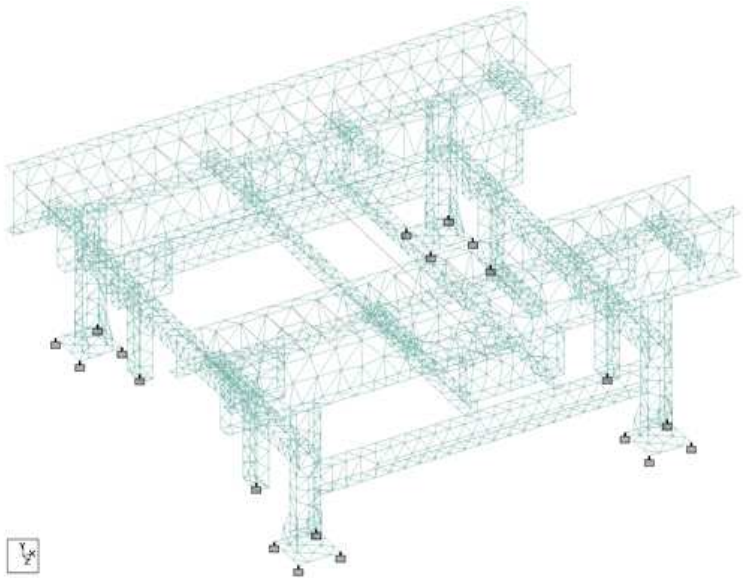


[도표 3.98] 수평컨베이어 구조해석 Modeling

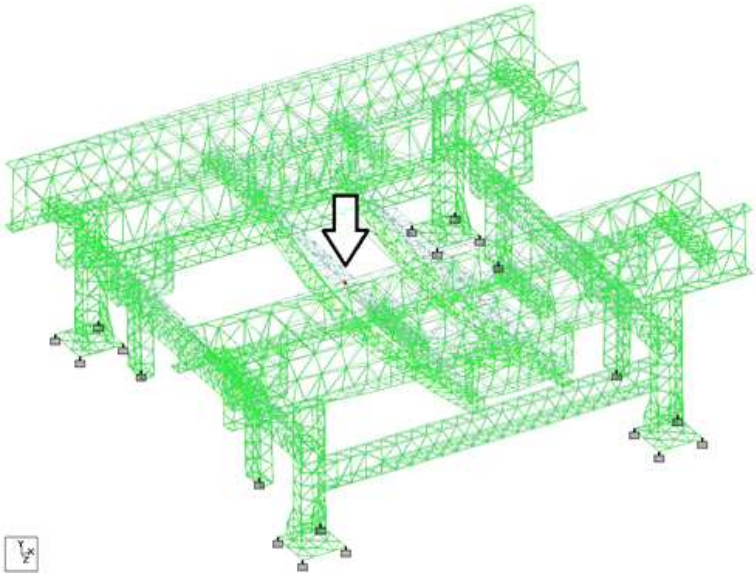
- 하중 적용점인 롤러는 별도의 모델링은 하지 않고, 롤러부의 축에 직접 하중을 재하



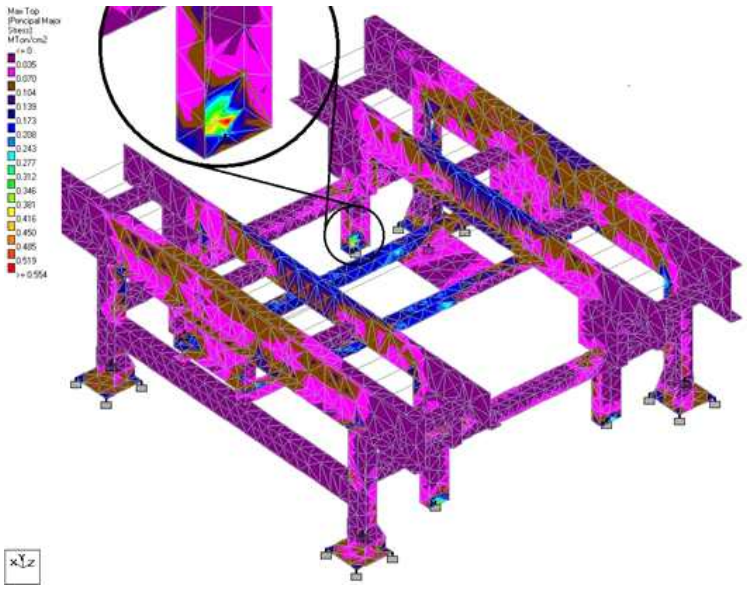
[도표 3.99] 수평컨베이어 하중 Modeling



[도표 3.100] 경계조건(볼트결합부)



[도표 3.101] 처짐(최대처짐: 0.13cm)



[도표 3.102] 응력분포도(최대응력: 0.55ton/㎠)

○ 구조해석 결과요약

항목	No.	계산결과	인장강도	안전율	판정
최대응력 (Shell 요소)	#2655	0.55 ton/㎠	4.1ton/㎠	7.45	O.K

[도표 3.103] 수평컨베이어 구조해석 결과(최대응력)

- 위 번 부재는 중앙의 4개의 다리부의 최하단의 볼트 결합부임

항목	Node No.	계산결과	허용처짐	판정
최대 처짐	No.119	0.22㎝	1.69㎝	O.K

[도표 3.104] 수평컨베이어 구조해석 결과(최대처짐)

- 최대 처짐 위치는 상부평면에서 보았을 때, 가운데를 가로지르는 두 개의 'ㄷ자' 형태의 plate로, 하부에는 부착되지 않고, 상부의 메인 프레임에 매달려 있는 구조로 아래로는 모터 구동부까지 매달고 있음

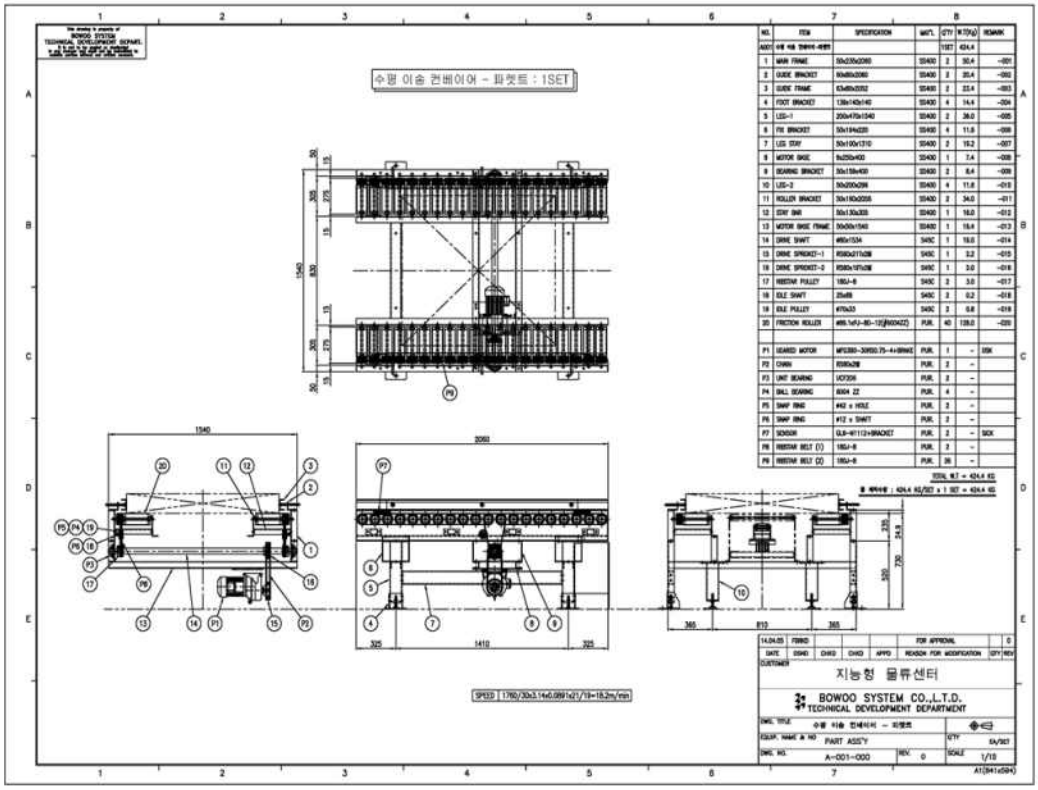
○ 구조해석 결과평가 및 의견

- 수평 컨베이어에 대한 구조해석 결과 구조물의 강도 및 안전에 있어서 중요한 최대응력과 최대처짐의 값이 상기 최대응력 해석 결과 요약과 같이 허용치의 범위 내에 들어있는 상태로 전체적인 구조는 비교적 안전한 상태로 판단됨

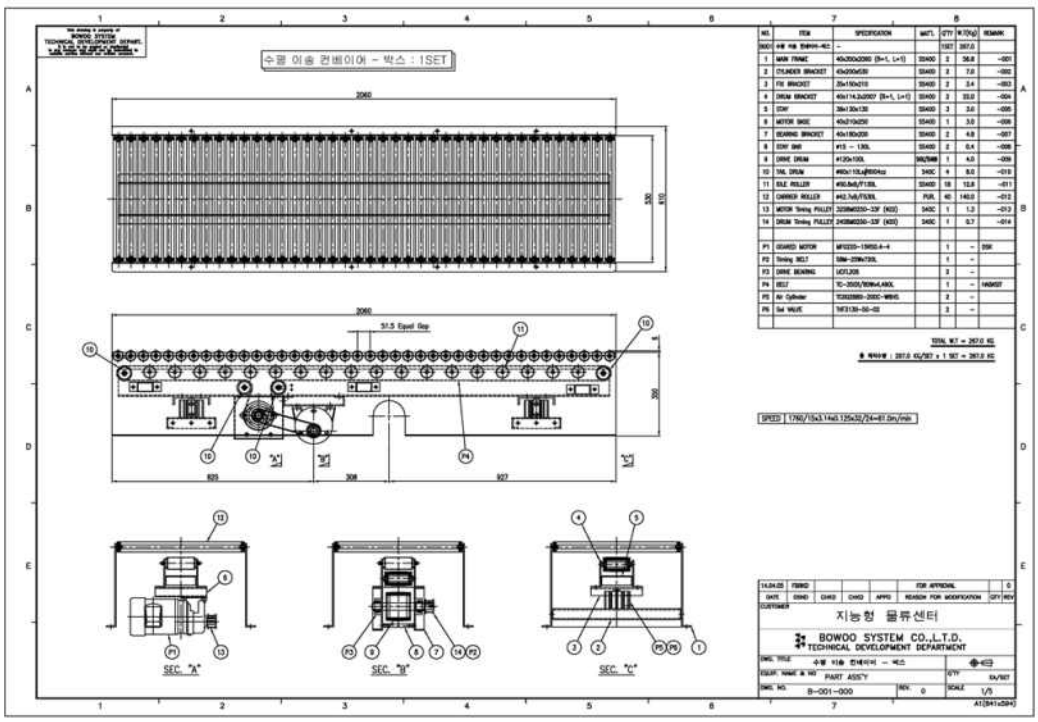
(5) 연구성과

(가) 구조도

- 파렛트 화물 이송을 위한 수평컨베이어 구조 설계도면



- 박스 화물 이송을 위한 수평컨베이어 구조 설계도면



(나) 시제품

- 아래 사진은 3차년도 수평컨베이어의 시제품을 나타냄

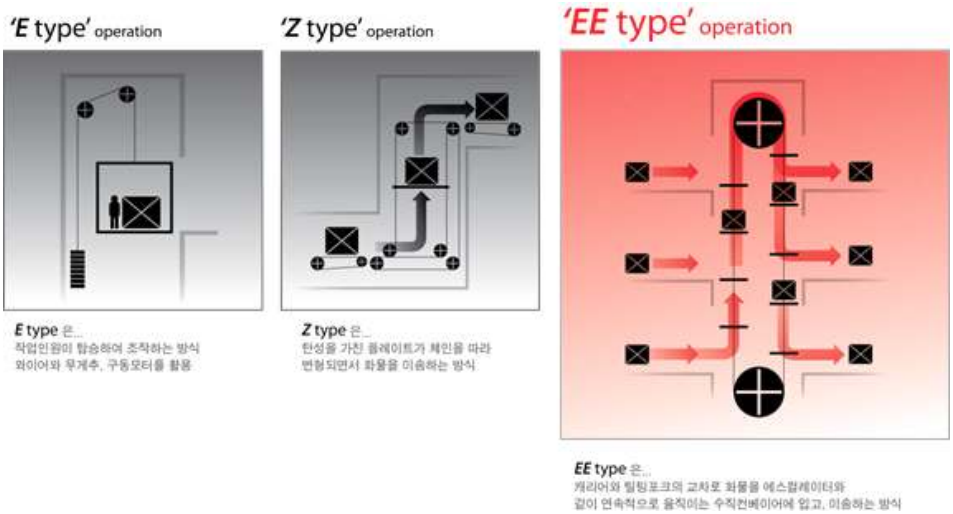


[도표 3.105] 수평컨베이어 시제품

나. 연속식 수직컨베이어

(1) 기술정의 및 차별성

- 기존 화물 엘리베이터는 화물승강장치가 필요한 목표 층의 요구에만 응답하며 작업하는 방식임
- 이러한 작업방식은 특정 층의 엘리베이터 독점 사용에 따른한 전체 물류센터의 작업효율 감소와 클레임 제기와 같은 문제를 발생시킴 (이는 아파트 등에서 이사·전입 등으로 특정 호수가 오랜 시간 엘리베이터를 사용해서 해당 동 전체 입주자들에게 불편을 주는 것과 같은 문제임)
- 본 연구성과물인 'EE-TYPE'의 연속식 수직 컨베이어는 아래 그림에서와 각 층이 독립적이면서도 연속적인 작업을 실현시켜, 독점사용으로 인한 분쟁을 최소화하고, 물류센터 전체의 작업속도를 개선할 수 있다는 점에서 각 층에 서로 다른 업체들이 입주하는 현재의 영업용 다층형 물류센터에 부합하는 새로운 화물이송시스템임



(2) 용어의 정의

○ 체인기어

- 체인 기어는 상하 각 2 Set의 체인 기어로 구성되어 연속적으로 회전하면서 체인을 돌리고, 체인기어는 싣기·내리기 작업 시 정속으로 계속 가동됨

○ 체인

- 제1 체인 기어 쌍에 결합된 제1 체인과 제 2체인 기어 쌍에 결합된 제2 체인을 포함하며, 각 체인들은 기어 쌍 중 하나와 다른 하나를 연결하며 동일한 구동 속도로 움직임

○ 파렛트 캐리어

- 화물의 수직이송을 위한 플레이트로 화물이 본 플레이트에 거치된 채로 상층 또는 하층으로 운반하며, 제1 체인 및 제2 체인들에 결합되어 화물을 수직으로 이송할 수 있음

○ 로딩/언로딩 틸딩 포크

- 접힘과 펴짐을 통해 화물을 수직 컨베이어 내부로 싣고 외부로 내리는 포크 형태의 기계 장치임

○ 이탈방지 프레임

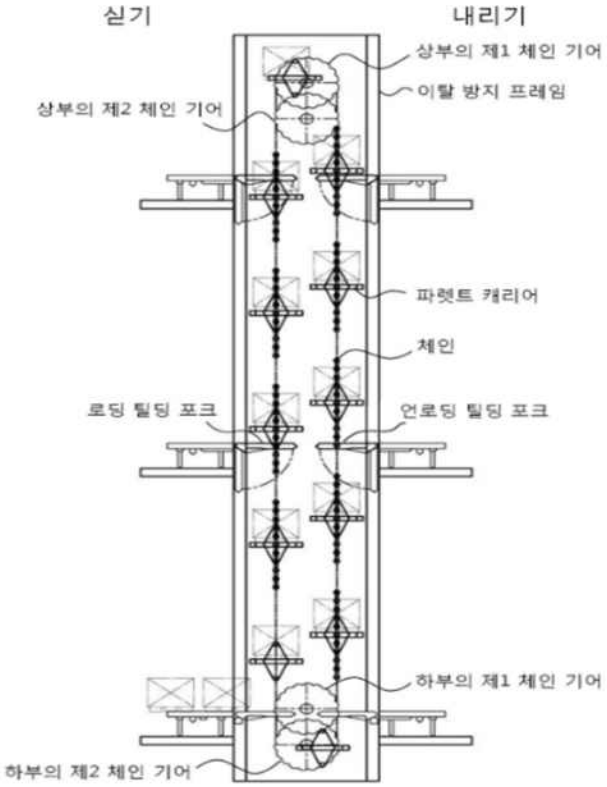
- 수직 컨베이어의 외부를 감싸도록 설치된 박스 형상의 외벽을 말하며 이탈방지 프레임은 외부에서 쉽게 관찰할 수 있도록 적어도 일부 벽면을 투명하게 구현할 수 있음
- 또한 화물을 싣기·내리기 하기 위한 복수의 출입구들을 포함함

○ 체인기어지지 프레임

- 상부의 체인 기어들을 지지하는 제1 사각 프레임, 사각 프레임에서 체인들 방향으로 연결된 지지대 및 하부의 체인 기어들을 지지하는 제2 사각 프레임으로 구성됨

○ 풀림방지 장치

- 풀림 방지 장치는 상부로 연장된 체결부에 포함된 제1 풀림 방지 장치 및 하부로 연장된 체결부에 포함된 제2 풀림 방지 장치를 포함하며, 캐리어는 제1 풀림 방지 장치를 통해 제1 체인과 결합되며, 제2 풀림 방지 장치를 통해 제2 체인과 결합함



[도표 3.106] 다층형 연속식 수직컨베이어 정면도

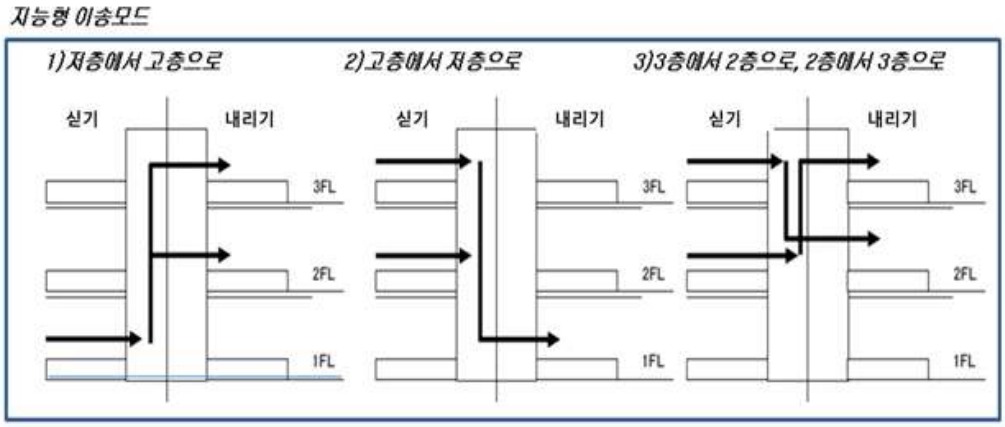
(3) 구조 및 구동방식

○ 구조

- 수직 컨베이어의 일반구조는 철골구조의 프레임에 승강용 구동장치를 설치하고 적재부는 각 층에 설치한 자동출입 컨베이어에 연동하는 반송물을 목적층으로 운반하는 것으로 함

○ 구동방식

- 저층에서 고층, 고층에서 저층으로의 수직 운반과 함께, 중간층의 수직 운반(예: 3층에서 2층으로, 2층에서 3층)도 수행 가능한 王자형의 이송모드임

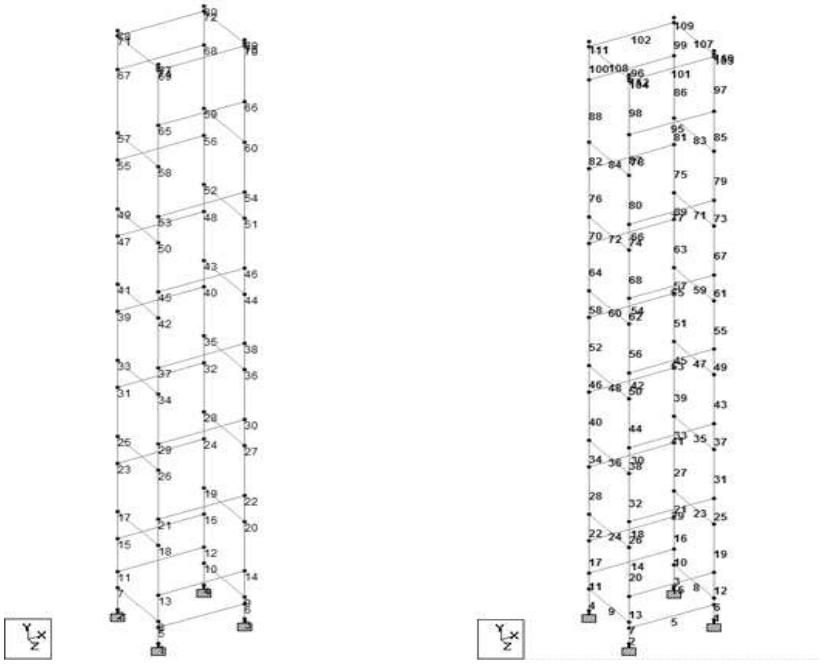


[도표 3.107] 수직컨베이어 이송모드 형식

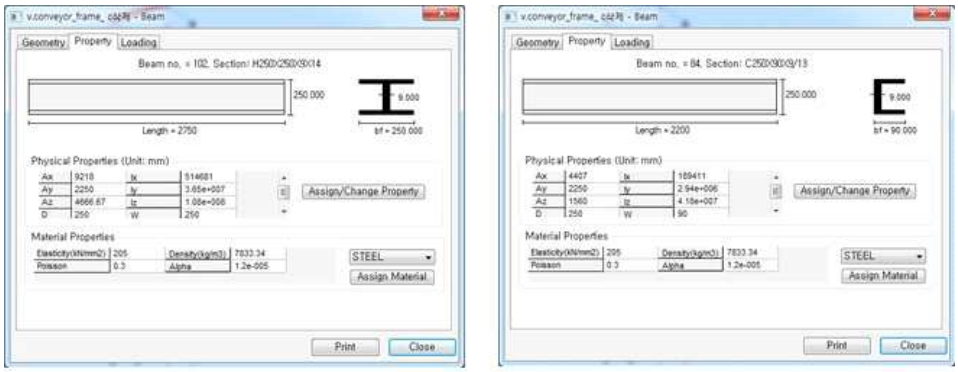
(4) 구조해석

○ 프레임 구조해석

- 기계장치 및 기타 부속물을 지지하는 수직 컨베이어 프레임은 모든 설비의 자중에 의한 정하중과 구동에 따른 동하중을 지탱할 수 있는 충분한 안전률을 확보하여야 하므로 구조해석을 통하여 수직 컨베이어 프레임을 구성하는 부재들의 응력 및 변형분포의 전체경향을 파악하여 위험부위를 예측함과 동시에 충분한 안전성 확보의 여부를 확인하는데 그 목적이 있음



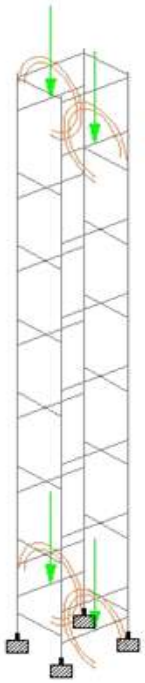
[도표 3.108] Modeling Structure



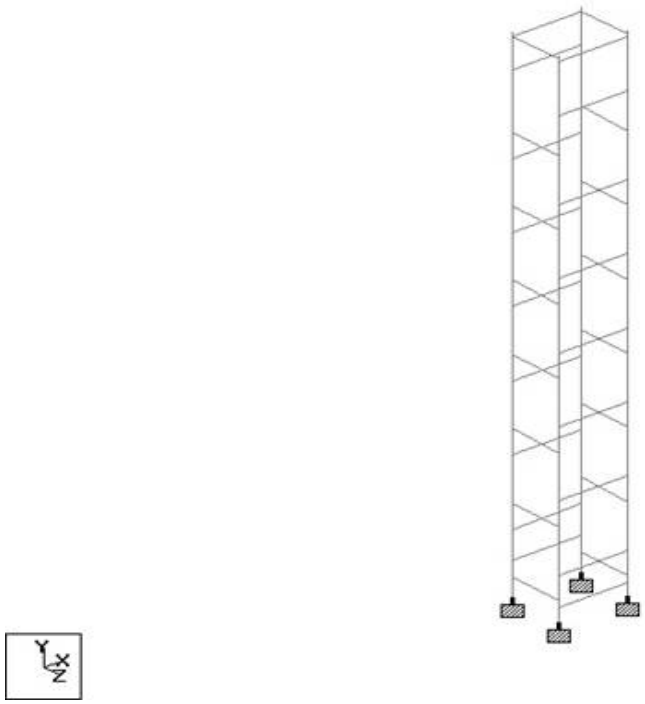
<H 250 x 250 x 9 x 14>　　<C 250 x 90 x 9 x 13>

[도표 3.109] 사용부재와 단면계수

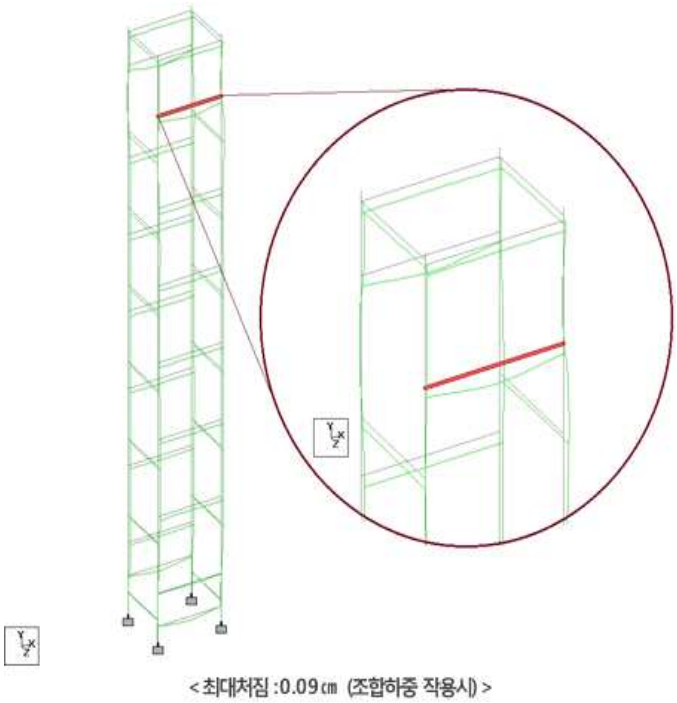




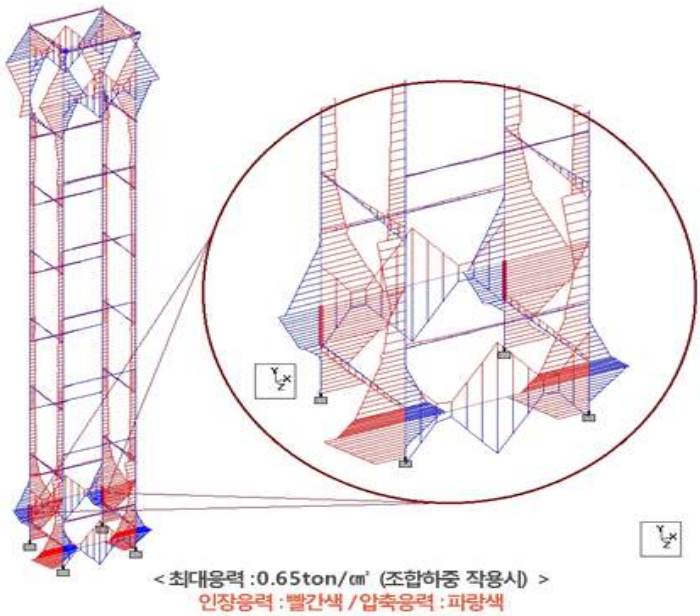
[도표 3.110] 하중 (Load Condition)



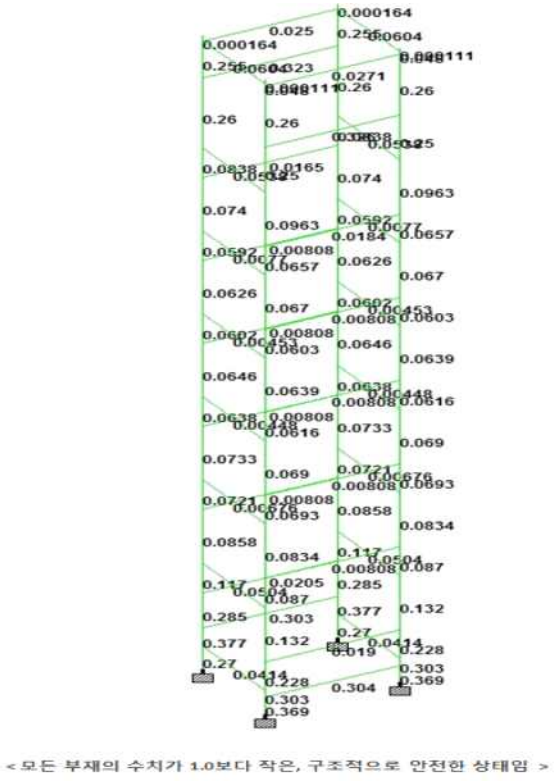
[도표 3.111] 경계조건 (Boundary Condition)



[도표 3.112] 처짐(Deflection)



[도표 3.113] 응력 분포도 (Stress Distribution)



[도표 3.114] Code Check (by AISC)

○ 프레임 구조해석 결과요약

항목	No.	계산결과	인장강도	안전율	판정
수직 컨베이어 프레임 최대응력	#10, #11	0.65ton/㎠	4.1ton/㎠	6.36	O.K

[도표 3.115] 수직컨베이어 구조해석 결과(최대응력)

- 위 번 부재는 하부의 스프로킷이 얹혀진 수평 빔의 양단을 지지하는 수직 기둥임

항목	Node No.	계산결과	허용처짐	판정
수직 컨베이어 프레임 최대 처짐	No.95	0.09㎝	0.34㎝	O.K

[도표 3.116] 수직컨베이어 구조해석 결과(최대처짐)

- 최대처짐 위치는 수직 컨베이어 프레임 상부의 스프로킷이 얹혀진 수평 빔의 정중간임

○ 프레임 구조해석 결과 평가 및 의견

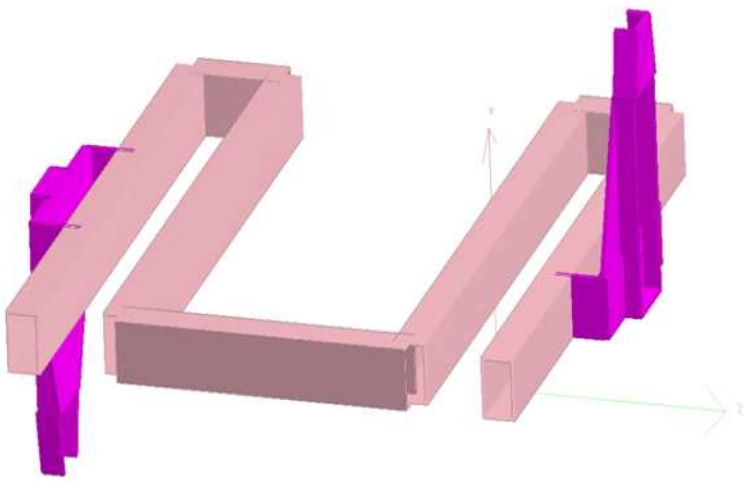
- 수직 컨베이어 프레임에 대한 구조해석 결과 구조물의 강도 및 안전에 있어서 중요한 최대응력과 최대 처짐의 값이 상기 최대응력항의 해석 결과 요약과 같이 허용치의 범위 내에 들어있는 상태로 전체적인 구조는 안전한 상태임
- 당해 수직 컨베이어 프레임은 하중의 반복적인 Cycle을 받는 구조물이 아니고 연속적으로 순환하는 장치에 의한 하중을 받는 구조물이므로 응력변동(Stress Fluctuation)에 의한 피로누적손상이 크지 않기 때문에 피로해석(Fatigue Analysis)은 의미가 없을 것으로 판단되어 생략함
- 당해 구조해석은 H-Beam과 C-형강의 용접접합부가 건전하게 시공되어 결함이 없는(Flawless) 상태라는 가정 하에서 수행되었기 때문에 구조해석의

결과가 실제 제작 후의 구조물의 건전성까지 확보할 수는 없음

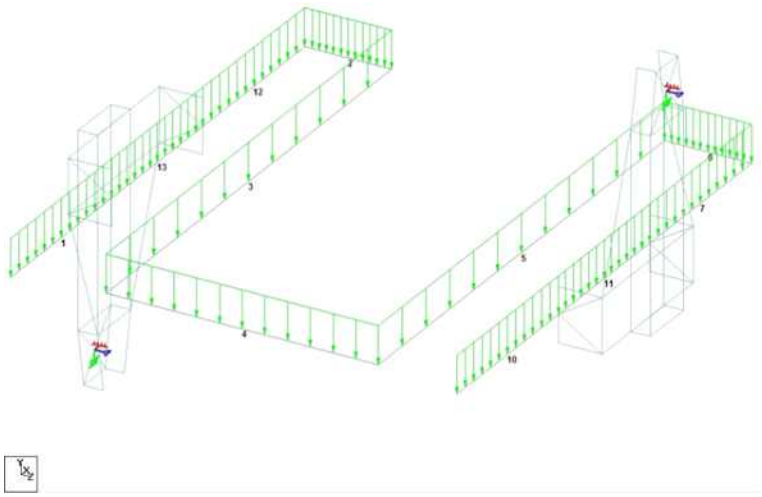
- 따라서 설계도면에 의하여 실제 구조물의 제작 시 정확한 치수준수, KS 규격에 맞는 올바른 자재의 선택, 용접 작업시 용접 절차서에 의한 용접건전성이 확보되는 실제의 용접작업이 필수적으로 요구됨

○ 팔레트 캐리어 구조해석

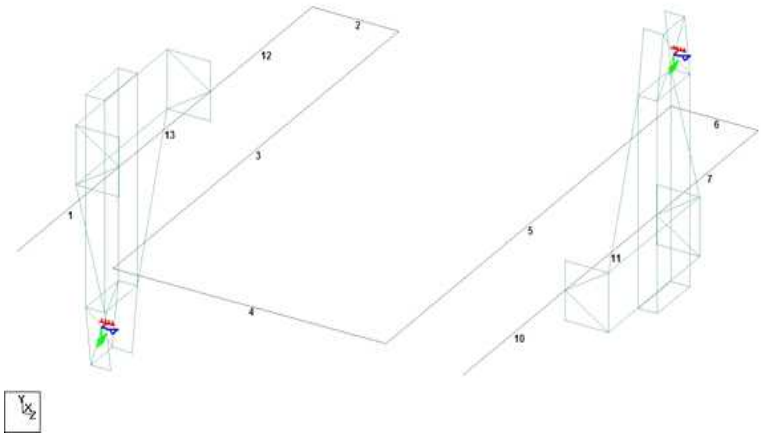
- 수직 컨베이어 팔레트는 화물을 적재하고 주로 수직방향으로 운동을 하고, 일부의 구간에서 스프로 킷의 원주를 따라서 운동을 하기 때문에 화물을 싣고 내리는 동작에서의 충격하중도 발생하고, 하역시마다 멈춤과 재 이송을 반복하면서 관성력도 발생함
- 틸팅 포크의 동선을 방해하지 않기 위해 'ㄹ'자의 형상을 한 팔레트는 때로는 하중이 고르게 분포하지 못할 때도 있어 팔레트는 이런 복합적인 하중을 지탱할 수 있는 충분한 안전율을 확보하여야 함
- 이 팔레트를 구성하는 부재들의 응력 및 변형분포의 전체경향을 파악하여, 위험부위를 예측함과 동시에 충분한 안전성 확보의 여부를 확인하는데 그 목적이 있음



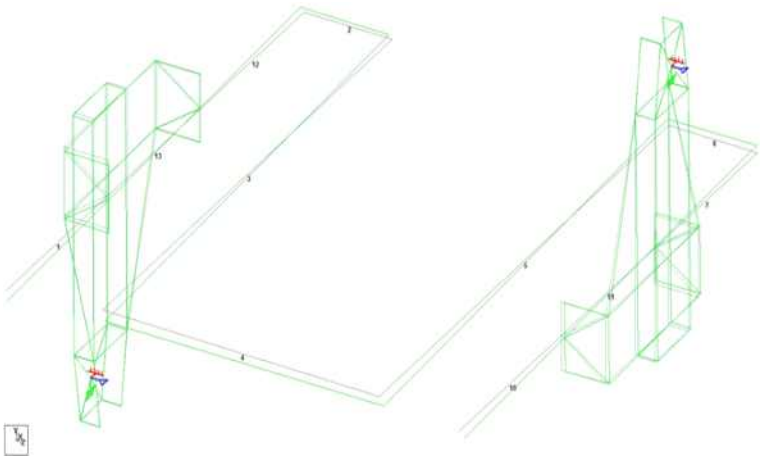
[도표 3.117] Modeling Structure



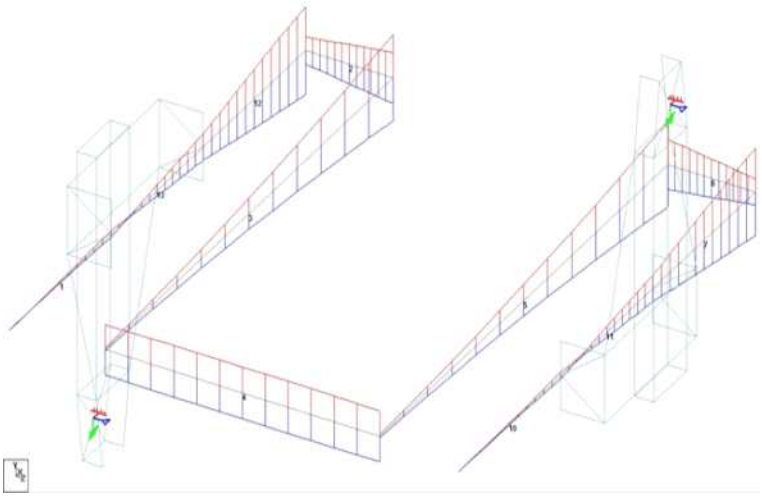
[도표 3.118] 하중 (Load Condition)



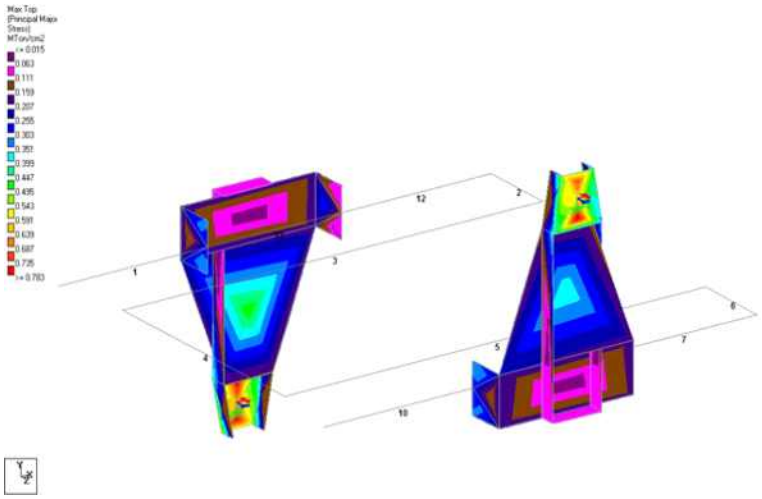
[도표 3.119] 경계조건(양쪽 가이드 프레임 핀에 구속)



[도표 3.120] 처짐(최대변위 : 0.03㎝)



[도표 3.121] 응력분포도(최대응력 : 0.558 ton/㎠)



[도표 3.122] 응력분포도(최대응력 : 0.783 ton/㎠)

○ 팔레트 구조해석 결과요약

항목	No.	계산결과	인장강도	안전율	판정
팔레트 최대응력	#12	0.56 ton/㎠	4.1ton/㎠	7.32	O.K

[도표 1.123] 팔레트 구조해석 결과(최대응력)

- 12번 부재는 하향의 가이드프레임과 팔레트의 부착부위 근처의 90°로 꺾인 부분임

항목	Node No.	계산결과	허용처짐	판정
가이드프레임 최대응력	#41	0.78 ton/㎠	4.1ton/㎠	5.26

[도표 3.124] 팔레트 구조해석 결과(최대처짐)

○ 팔래트 구조해석 결과 평가 및 의견

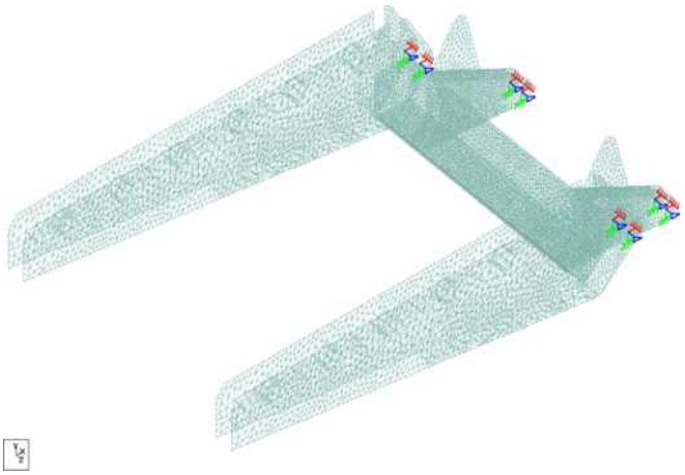
- 수직 컨베이어 팔레트에 대한 구조해석 결과 구조물의 강도 및 안전에 있어

서 중요한 최대응력과 최대 처짐의 값이 상기 최대응력항의 해석 결과 요약과 같이 허용치의 범위 내에 들어있는 상태로 전체적인 구조는 비교적 안전한 상태로 판단됨

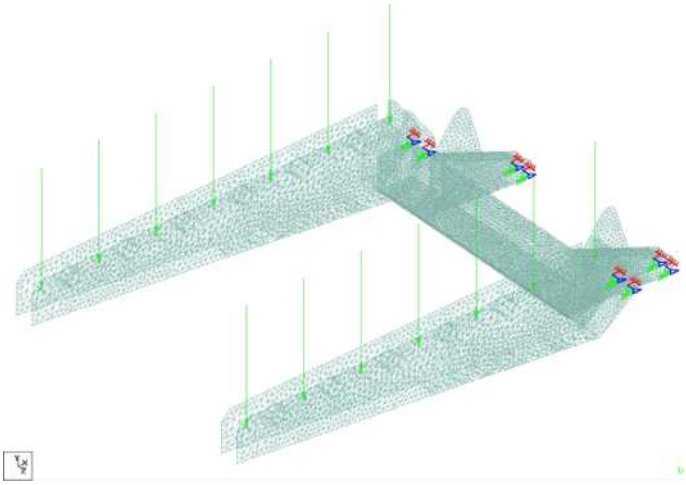
- 다만 팔레트의 경우, T자로 꺾이는 부분에 있어서 국부적으로 응력집중이 작용하여(Stress Concentration) 실제 계산된 응력치를 초과하는 현상이 나타나 국부적인 파괴 등의 구조에 악영향을 미칠 수 있으므로 실제 제작시 해당부분의 완만한 Round 처리를 통해 응력집중의 완화 및 해당 용접부의 철저한 품질관리에 의한 안전성 확보가 중요한 것으로 판단됨

○ 틸팅 포크 구조해석

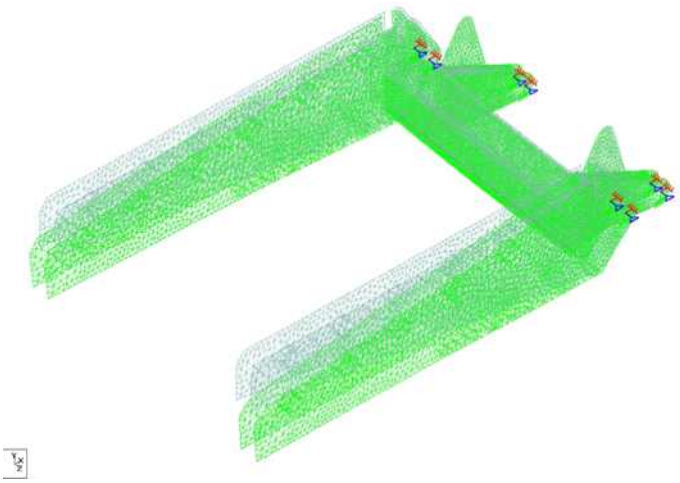
- 팔레트에 화물을 싣거나, 팔레트로부터 화물을 내리는 작업을 하는 틸팅 포크는 수직 컨베이어의 동선을 방해하지 않기 위해, 외팔보의 형태를 취하고 있음
- 틸팅 포크의 자중에 의한 정하중과 화물 상하역에 따르는 동하중을 지탱할 수 있는 충분한 안전률을 확보하여야 하므로 구조해석을 통하여 틸팅 포크를 구성하는 부재들의 응력 및 변형분포의 전체경향을 파악하여 위험부위를 예측함과 동시에 충분한 안전성 확보의 여부를 확인하는데 그 목적이 있음
- 화물을 싣고 내리는 주된 동작이 수평상태에서 이루어지므로 수평상태로 모델링하였음
- 양쪽의 포크를 연결하는 'C' 형강과 'L' 형강은 자재의 규격대로 메쉬 모델링하였고, 양쪽의 포크 및 부착 plate 또한 메쉬로 모델링하였음(절점의 개수는 11,208개)



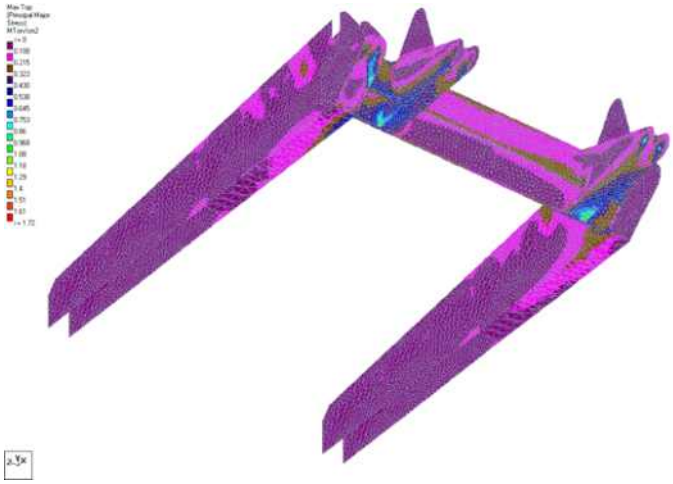
[도표 3.125] Modeling Structure



[도표 3.126] 하중(스프로킷 축에 직접 하중)



[도표 3.127] 처짐(최대처짐 : 0.95㎝)



[도표 3.128] 응력분포도(최대응력 : 1.72ton/㎠)

○ 틸팅 포크 구조해석 결과요약

항목	No.	계산결과	인장강도	안전율	판정
최대응력	#141	1.72 ton/㎠	4.1ton/㎠	2.38	O.K

[도표 3.129] 틸팅 포크 구조해석 결과(최대응력)

-

- 위 번 부재는 상부의 'c' 형강을 지지하는 하부의 'L' 형강으로 양쪽의 포크에 접합되는 부분임

항목	Node No.	계산결과	허용처짐	판정
틸팅 포크 최대 처짐	No.20	0.95㎝	1.75㎝	O.K

[도표 3.130] 틸팅포크 구조해석 결과(최대처짐)

- 최대 처짐 위치는 지지점으로부터 가장 먼 거리에 위치한, 포크의 맨 끝단임

○ 틸팅 포크 구조해석 결과 평가 및 의견

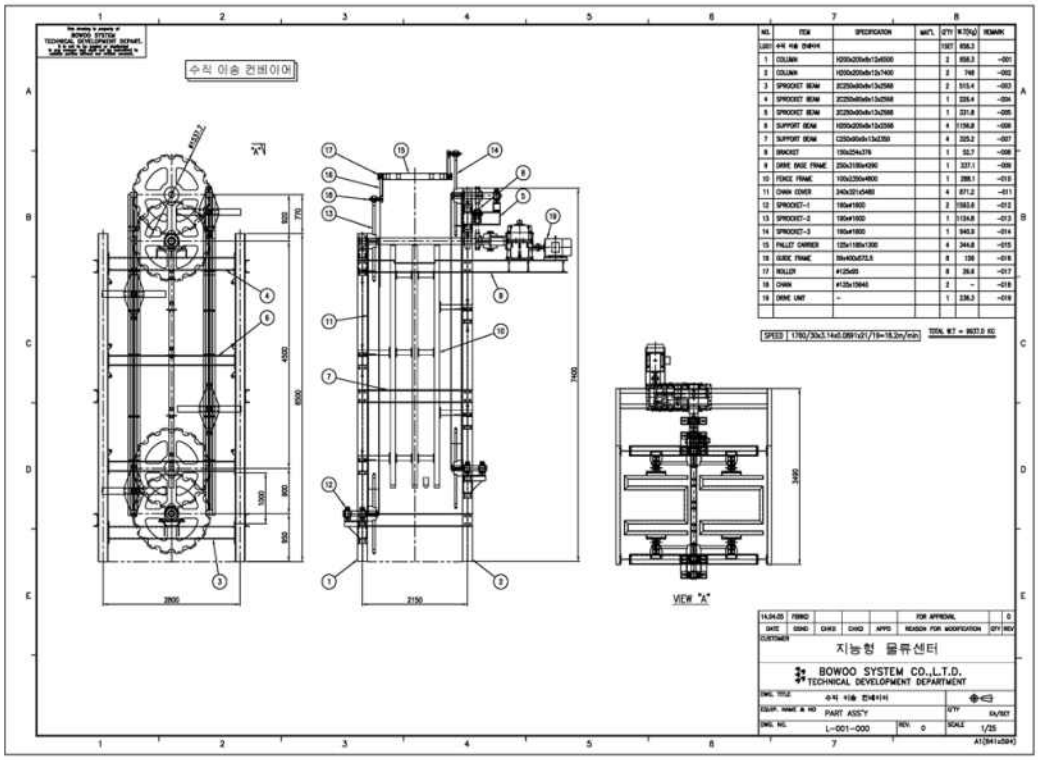
- 틸팅 포크에 대한 구조해석 결과 구조물의 강도 및 안전에 있어서 중요한 최

대응력과 최대 처짐의 값이 상기 최대응력항의 해석 결과 요약과 같이 허용치의 범위 내에 들어있는 상태로 전체적인 구조는 비교적 안전한 상태로 판단됨

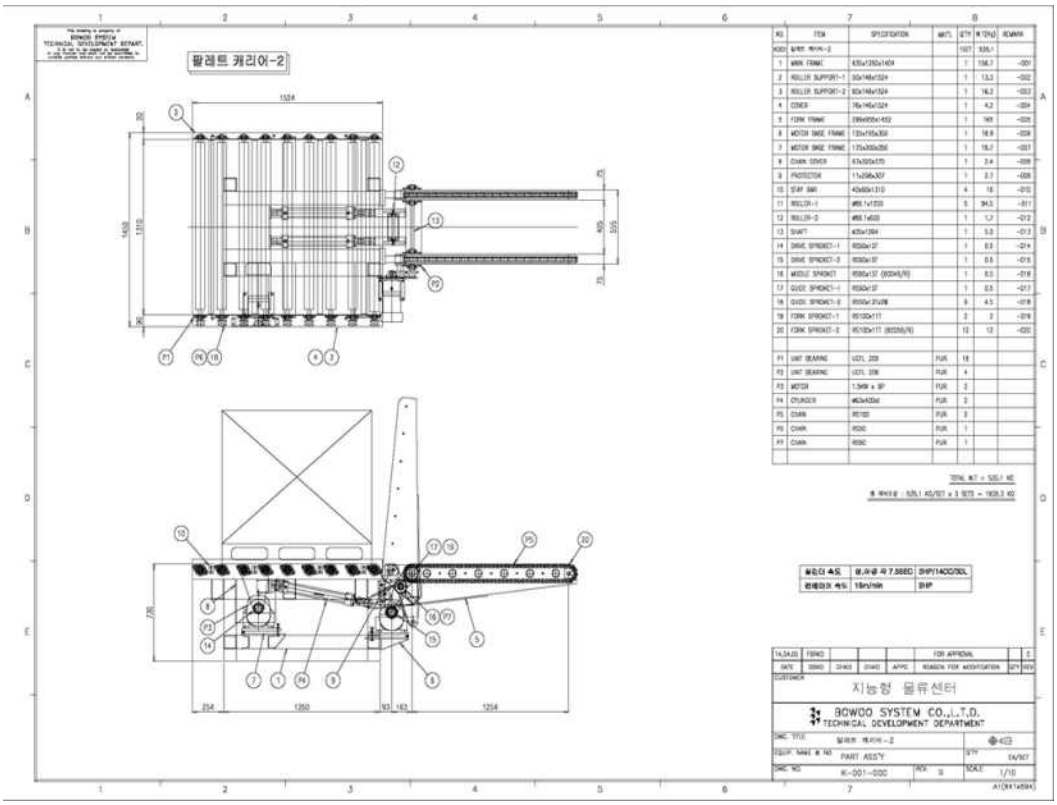
(5) 연구성과

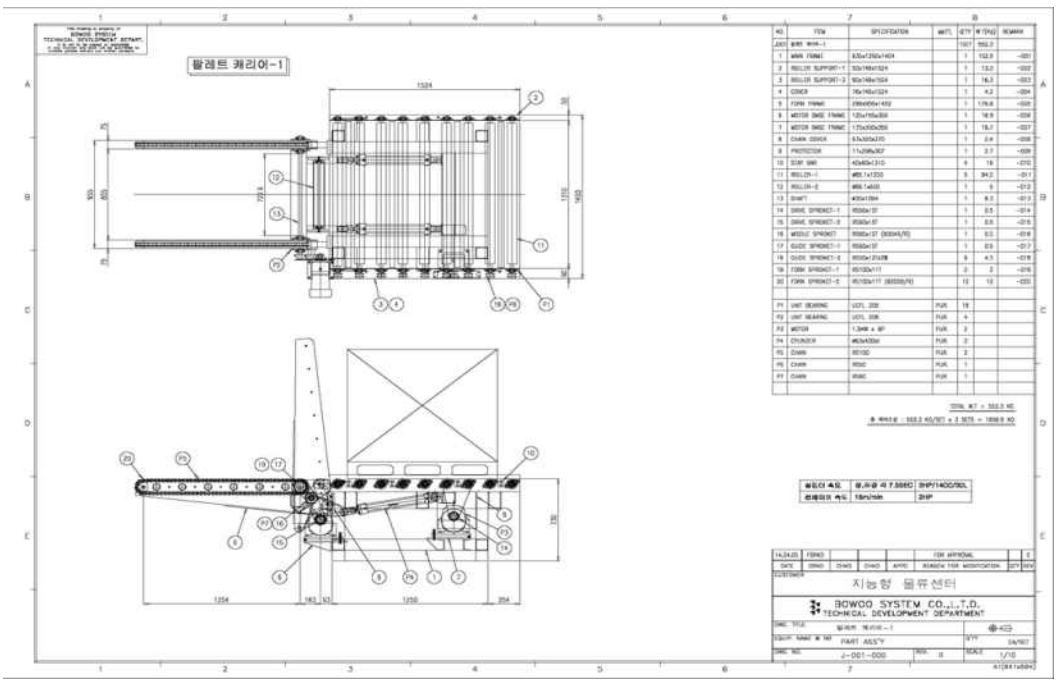
(가) 구조도

- 파렛트 화물을 연속적으로 층간 이송하는 수직컨베이어 구조 설계도면



- 로딩/언로딩 틸팅포크 구조 설계도면





(나) 시제품

- 아래 사진은 3차년도 수직 컨베이어의 시제품을 나타냄



[도표 3.131] 수직컨베이어 3차년도 시제품

다. 볼륨체커

(1) 기술정의 및 차별성

- 기존에 파렛트 화물을 인식하기 위해서는 컨베이어에서 화물이 일시정지 후 볼륨이나 무게 등을 파악하였음
- 기술개발된 볼륨체커는 컨베이어의 이동간에 화물정보+짐상태+무게의 동시 파악이 가능한 구조와 인식장치화물의 상태를 파악할 수 있음





(2) 용어의 정의

○ 프레임

- 컨베이어 각 롤러가 회전 가능하도록 각 롤러의 양족을 잡아줌

○ 측정 컨베이어 부

- 컨베이어 롤러를 회전시켜 컨베이어 위의 측정 대상을 이송하고 중량을 측정함

○ 중량 측정 센서부

- 측정 컨베이어의 무게 변화에 따라 측정 대상 중량을 파악함

○ 랙형 프레임부

- 수직 프레임 또는 수평 프레임에 설치된 랙형 프레임으로 상태를 측정함

○ 상태측정 센서부

- 레이저 센서 또는 카메라 센서를 이용하여 측정 컨베이어를 통해 운반되는 측정 대상물의 부피를 측정함

○ 제어부

- 운반 컨베이어의 구동을 제어해 측정 대상을 행선지로 이동 시켜주며 이상 발생 시는 측정 대상을 임시 저장 장소로 이동 시켜줌

○ 프레임 레그

- 프레임을 안정적으로 받쳐주기 위한 다리

○ 높이 조절 가능발

- 프레임 레그의 높이를 조절할 수 있도록 해줌

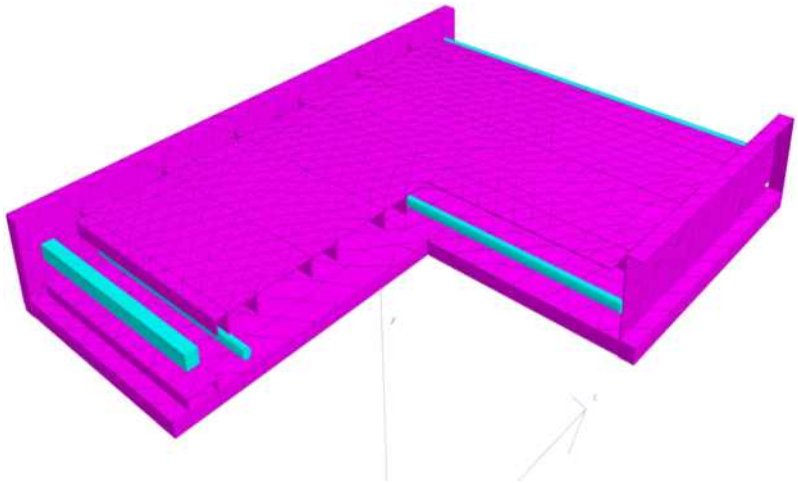
(3) 구조 및 구동방식

○ 구조

- 반송장치는 측정대상이 장치로의 반입 및 반출을 원활하게 함
- 측정장치는 측정 결과를 관련 장치에 원활하게 전달함.
- 제어장치는 측정대상의 측정값과 기존 정보 설정 값을 비교·판별하여, 측정대상과의 체크 신호를 구분 장치로 전송할 수 있어야 함

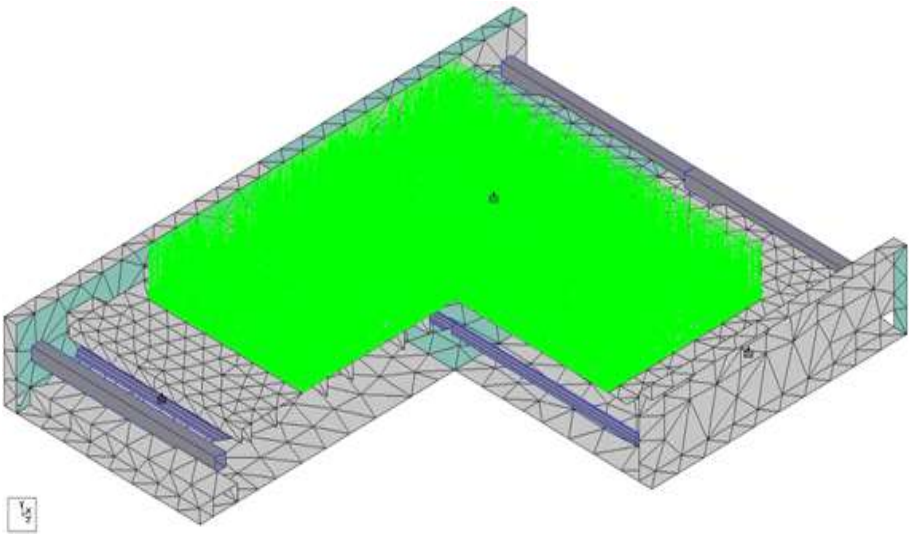
(4) 구조해석

- 볼륨 체커는 다층형 화물 이송 시스템에서 체적 및 중량을 체크하는 곳으로, 기본적으로 화물을 수평으로 이송하기 위한 장치가 부착되어 있고, LOAD CELL이 정중앙에 위치하고 있음
- 그 외에는 전체 구조물을 지지하기 위해 4개의 다리가 부착되어 있어, 이 볼륨 체커를 구성하는 부재들의 응력 및 변형분포의 전체경향을 파악하여 위험부위를 예측함과 동시에 충분한 안전성 확보의 여부를 확인하는 것이 목적임
- 볼륨 체커의 상부에는, 화물을 이송하기 위한 최상단의 벨트의 밑으로, 가이드 플레이트가 있고, 그 플레이트를 지지하기 위한 ㄷ자 형태의 횡지지대가 있음
- 벨트의 구동 및 지지를 위한 축부를 제외하고 메쉬로 모델링하였으며, 화물의 진행방향을 정렬해주는 가이드 프레임 및 그 관련 부착품은 모델링에서 제외하였음(절점의 개수는 1,707개, 메쉬는 3,793)

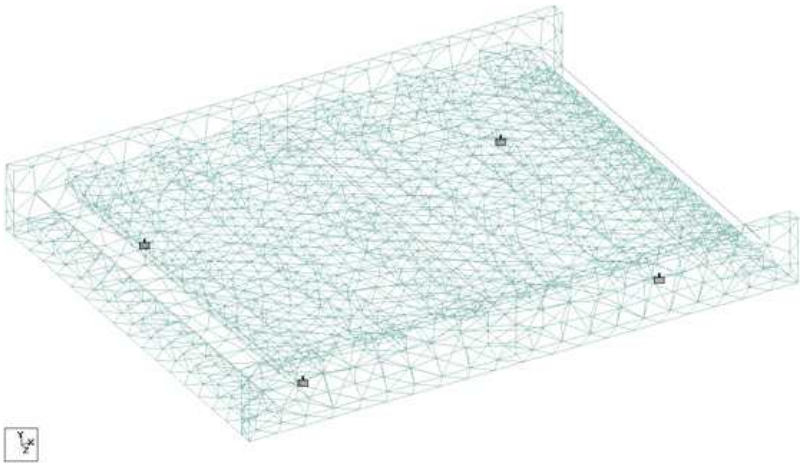


[도표 3.132] 볼륨체커 상부 구조해석 Modeling

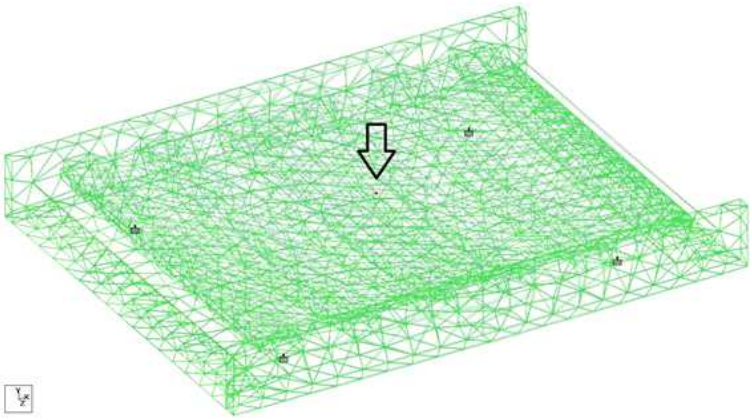
- 벨트를 지지하는 가이드 플레이트에, 팔렛트의 면적만큼 하중을 면압으로 재하



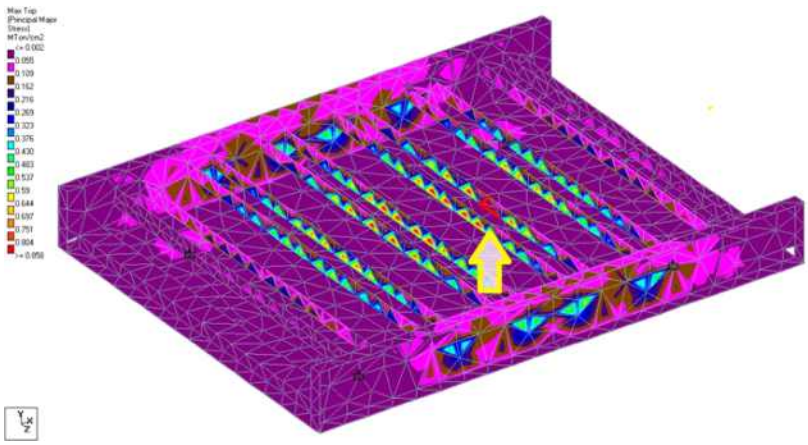
[도표 3.133] 볼륨체커 상부 하중 Modeling



[도표 3.134] LOAD CELL 4지 지점:fixed



[도표 3.135] 처짐(최대처짐:0.22cm)



[도표 3.136] 응력 분포도(최대응력:0.73ton/㎠)

○ 구조해석 결과요약

항목	No.	계산결과	인장강도	안전율	판정
최대응력 (Shell요소)	#2586	0.73 ton/㎠	4.1ton/㎠	5.62	O.K

[도표 3.137] 볼륨체커 구조해석 결과(최대응력)

- 위 번 부재는, 화물이 적재되었을 때, 벨트를 지지하는 횡방향의 'ㄷ자' 형의 지지대의 정중간임

항목	Node No.	계산결과	허용처짐	판정
최대 처짐	No.119	0.22㎝	1.69㎝	O.K

[도표 3.138] 볼륨체커 구조해석 결과(최대처짐)

- 최대 처짐 위치는 벨트를 지지하는 가이드 플레이트의 정중간에 위치한 곳으로 하부에 횡으로 지나는 보강재가 부착되지 않은 곳에 위치함

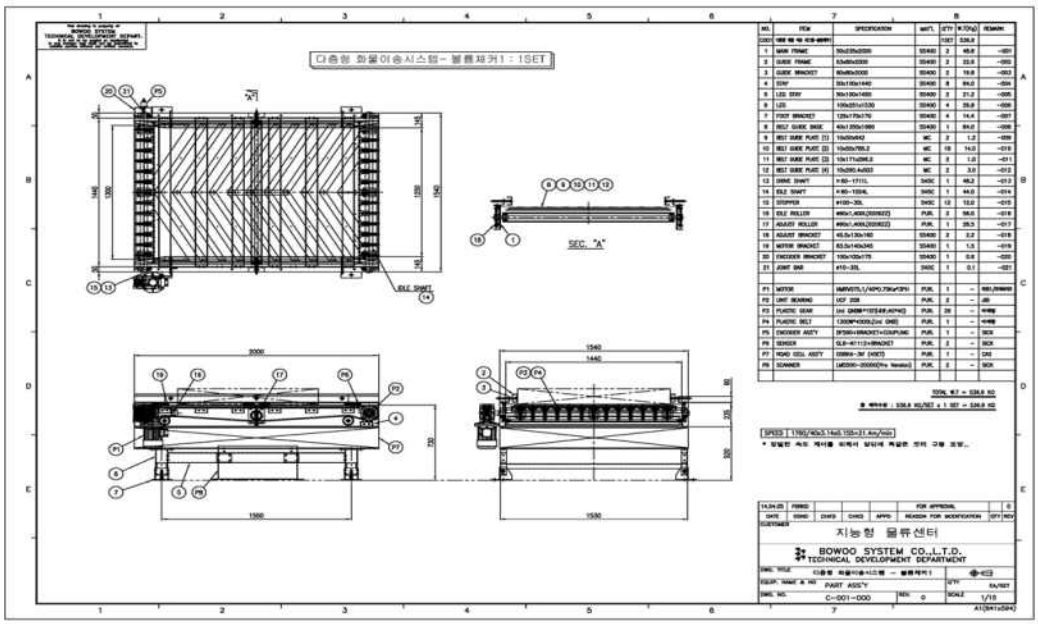
○ 구조해석 결과 평가 및 의견

- 볼륨 체커 「상부」에 대한 구조해석 결과 구조물의 강도 및 안전에 있어서 중요한 최대응력과 최대 처짐의 값이 상기 최대응력항의 해석 결과 요약과 같이 허용치의 범위 내에 들어있는 상태로 전체적인 구조는 비교적 안전한 상태로 판단됨

(5) 연구성과

(가) 구조도

- 화물의 체적 및 정보 확인을 위한 볼륨체커 설계도면으로, 진동의 감소를 통해 정확한 볼륨을 측정하기 위해 롤러타입에서 벨트타입으로 설계 변경함



(나) 시제품

- 아래 사진은 3차년도 볼륨체커의 시제품을 나타냄

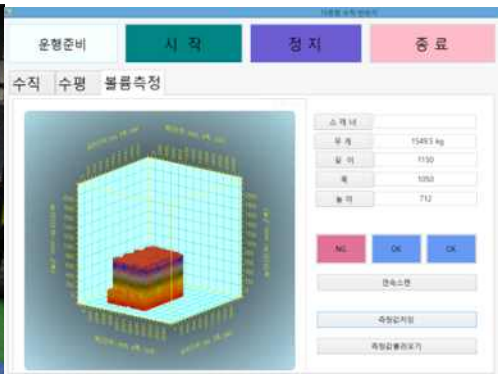


[도표 3.139] 볼륨체커 3차년도 시제품

- 아래 그림은 볼륨측정 화면을 나타냄
- 볼륨체커를 통해 측정된 체적(크기, 중량)이 수치로 표시되고, 화물의 형태가 3D로 표현됨



[대상 화물]



[결과 화면]

라. 가변형 버퍼

(1) 기술정의 및 차별성

- 다층형 화물이송시스템에서 이상화물을 선별하여 분류하는 역할로써 수평컨베이어, 연속식 수직컨베이어, 볼륨체커의 개발에 파생적으로 필요한 기기



(2) 용어의 정의

○ 수평 컨베이어

- 화물 운반라인을 따라 화물을 운반하는 수평으로 된 컨베이어임

○ 디버팅 컨베이어

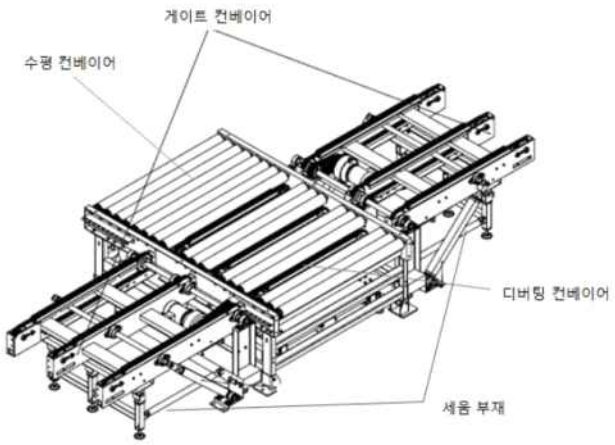
- 수평 컨베이어에 의해 운반되는 화물에 대해 방향을 전환함

○ 게이트 컨베이어

- 디버팅 컨베이어에 의해 방향 전환된 화물을 운반해 임시 적치함

○ 세움부재

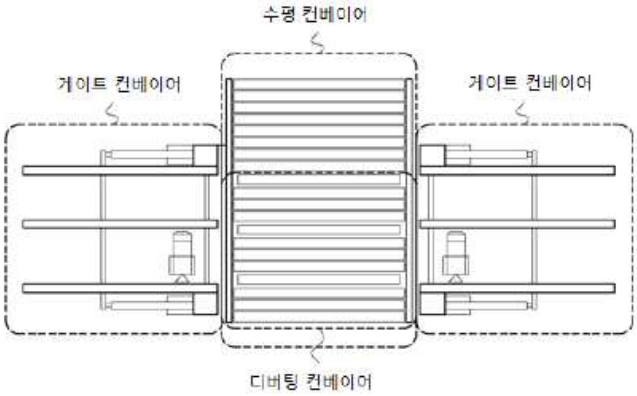
- 화물의 임시 적치가 불필요한 경우에 유압 실린더를 이용하여 게이트 컨베이어를 세워줌



(3) 구조 및 구동방식

○ 구조

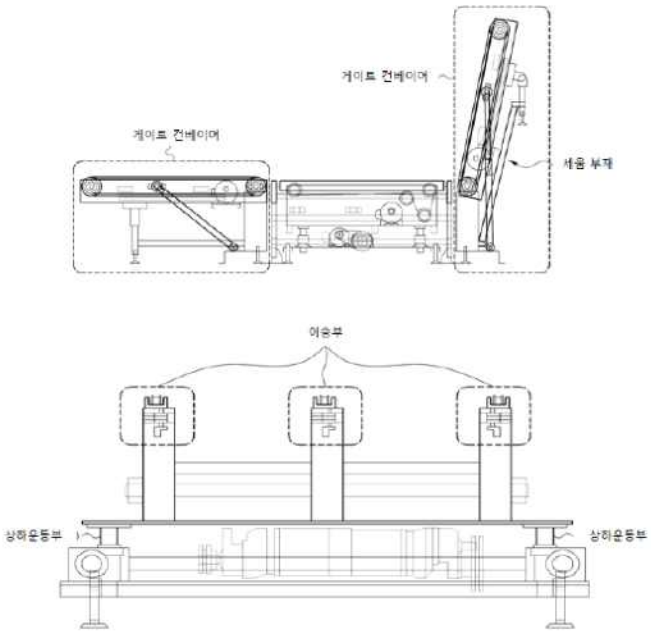
- 수평 컨베이어는 화물 운반 라인을 형성하는 다수 개의 롤러와 롤러 사이에 형성된 다수 개의 공간부를 구비하며, 화물 운반 라인을 따라 화물을 운반함
- 디버팅 컨베이어는 수평 컨베이어 롤러와 롤러 사이에 형성된 공간에 체인과 상하운동부를 이용하여 화물을 들어 올려 화물의 방향을 전후에서 좌우로 전환시킬 수 있는 운반부를 구비함
- 게이트 컨베이어는 수평 컨베이어 측면에 위치하고 디버팅 컨베이어의 구동과 연결되어 작동하도록 형성되어 있으며, 디버팅 컨베이어에 의해 방향 전환되어 운반되는 화물을 받아 임시 적치함
- 불필요한 경우에는 세움 부재에 의해 펼쳐진 버퍼 컨베이어를 세울 수 있음
- 제어부는 이상 화물이 수평 컨베이어의 공간부에 위치할 때를 감지하고, 디버팅 컨베이어 및 게이트 컨베이어의 구동을 제어하여 이상 화물을 임시 적치시켜 줌.
- 운반 라인에 운반되는 화물의 개수를 카운팅하고, 해당 카운팅 된 화물 개수와 미리 설정해 둔 화물의 적정 개수를 비교하여 동일한 경우에, 화물 적체가 우려되는 경우로 판단하여 디버팅 컨베이어 및 게이트 컨베이어의 구동을 제어하여 화물을 임시 적치시켜 줌



[도표 3.140] 가변형 버퍼의 구조

○ 구동방식

- 수평 컨베이어의 공간부 내에 형성되는 디버팅 컨베이어의 운반부는 상하운동부에 의해 상승되어 수평 컨베이어의 공간부에 위치한 화물을 들어 올린 후에 제어부의 구동 제어에 따라 해당 화물을 버퍼 컨베이어로 운반하여 화물 운반 라인에서 해당 화물을 빼내도록 구동함
- 불필요 시는 세움부재를 이용해 버퍼 컨베이어를 수직으로 세움

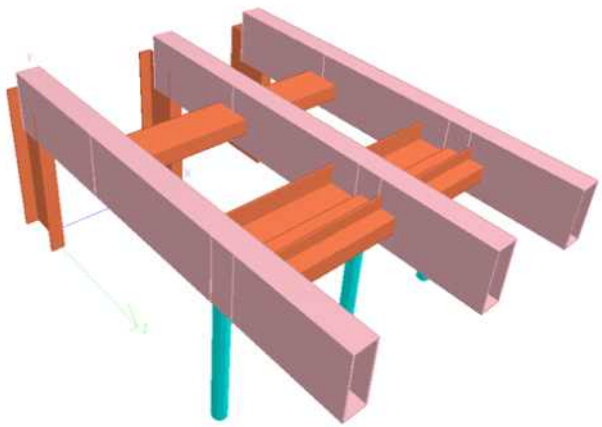


[도표 3.141] 가변형 버퍼의 구동방식

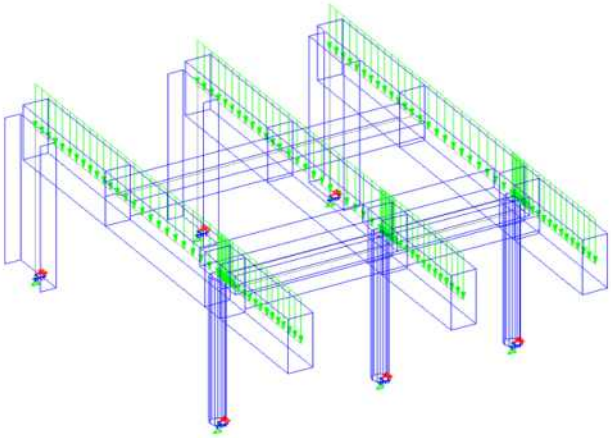
(4) 구조해석

○ 게이트 컨베이어

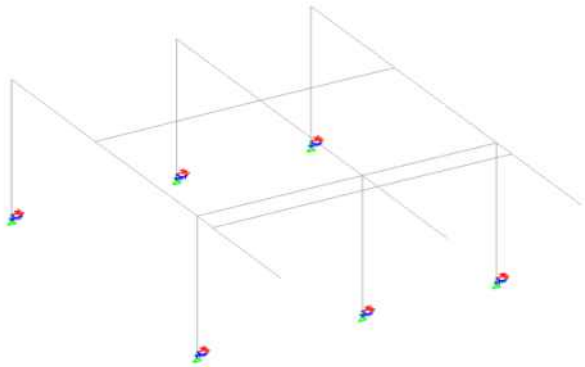
- 게이트 컨베이어는 수직 컨베이어로의 이송이 부적절한 경우, 디버팅 컨베이어에 의해 방향 전환되어 운반되는 화물을 받아 임시 적치함. 불필요한 경우에는 세움 부재에 의해 컨베이어를 세울 수 있음
- 게이트 컨베이어는 유압실린더에 의해 개폐를 하지만 화물이 적재되는 시점(부하상태)에는 게이트가 수평상태로 내려져 4개의 다리에 의해 지지됨
- 부하적인 이 상태에서 부재들의 응력 및 변형분포의 전체경향을 파악하여 위험부위를 예측함과 동시에 충분한 안전성 확보의 여부를 확인하는데 그 목적이 있음
- 버퍼 컨베이어는 구조를 지지하는 지점부가 6개소로서, 바닥면에 볼트로 고정되어있으며 화물을 이송시키는 롤러부와, 구동모터부의 축부의 하중은 모델링된 Frame의 Density를 증가시켜 전체 중량을 조정하였고, 절점의 개수는 21개, Frame의 개수는 24개를 사용하였음



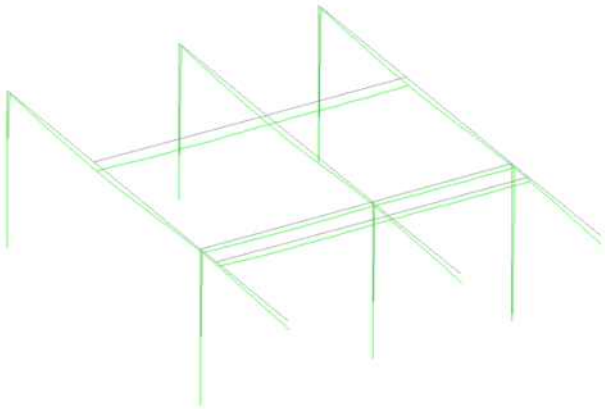
[도표 3.142] 게이트 Modeling Structure



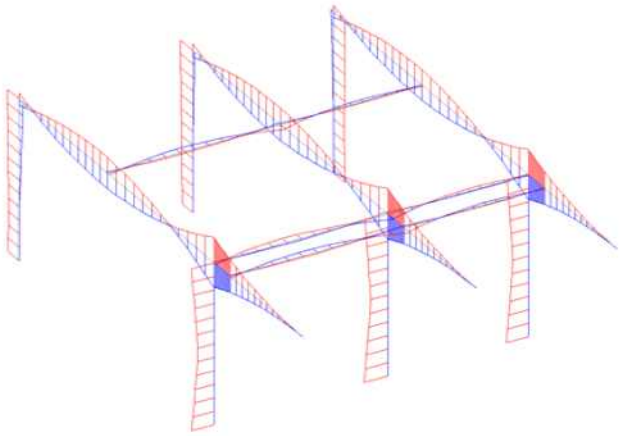
[도표 3.143] 게이트 하중(Main Frame)



[도표 3.144] 경계조건(볼트결합부 6개소)



[도표 3.145] 처짐(최대변위:0.02cm)



[도표 3.146] 응력분포도(최대응력:0.042ton/㎠)

○ 게이트 컨베이어 구조해석 결과 요약

항목	No.	계산결과	인장강도	안전율	판정
최대응력	#19	0.042ton/㎠	4.1ton/㎠	97.6	O.K

[도표 3.147] 게이트 구조해석 결과(최대응력)

- 위 번 부재는 가운데 Frame의 중간 지지부에 해당됨

항목	Node No.	계산결과	허용처짐	판정
버퍼 게이트 최대 처짐	No.14	0.02㎝	0.05㎝	O.K

[도표 3.148] 게이트 구조해석 결과(최대처짐)

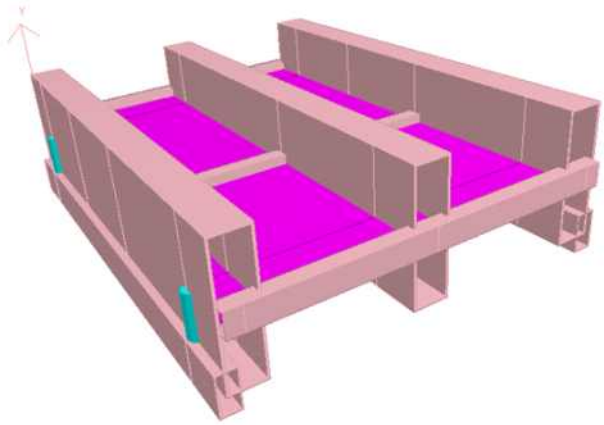
- 최대처짐 위치는 가운데 Frame의 끝단부로서 이 지점은 외팔보(Cantilever Beam)의 구조에 해당되는 부분임

○ 게이트 컨베이어 구조해석 결과 평가 및 의견

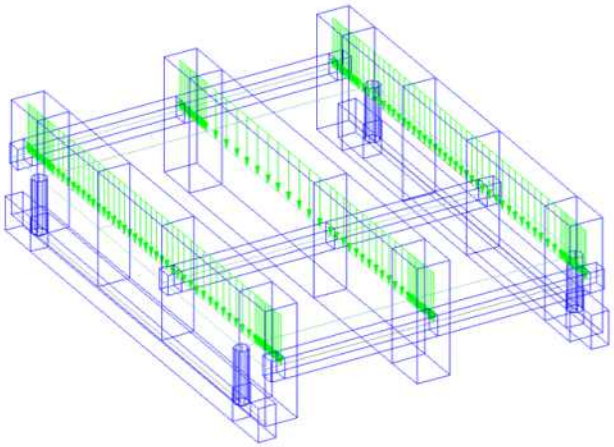
- 게이트 컨베이어에 대한 구조해석 결과 구조물의 강도 및 안전에 있어서 중요한 최대응력과 최대처짐의 값이 상기 최대응력항의 해석 결과 요약과 같이 허용치의 범위 내에 들어있는 상태로 전체적인 구조는 비교적 안전한 상태로 판단됨

○ 디버팅 컨베이어 구조해석

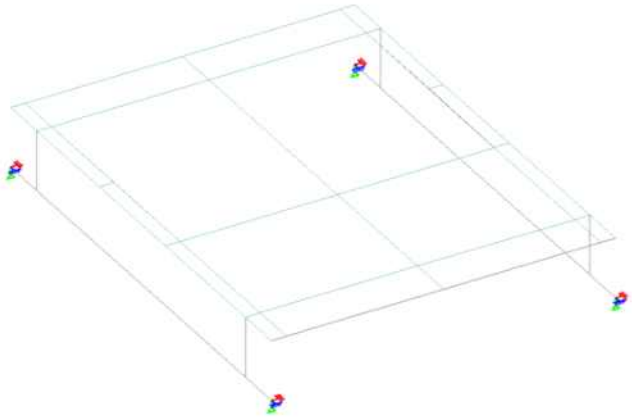
- 디버팅 컨베이어는 체적 및 질량 점검이 끝난 화물의 목적지를 결정해주는 장치로, 수직 컨베이어로의 이송이 부적합한 경우, 버퍼로 진행방향을 우회해 주는 기능을 함
- 기본적으로 수직 컨베이어로의 계속적인 진행을 위한 수평이송장치와, 진행경로를 버퍼로 바꾸기 위한 디버터와, 버퍼 게이트의 3가지로 구성되어 있음
- 디버터는 수평이송장치 하부에 위치해 있다가, 화물을 버퍼로 이송할 때에만 작동하는데, 이때만 부하상태에 있게 되고 부하상태인 이 상태에서의 부재들의 응력 및 변형분포의 전체경향을 파악하여 위험부위를 예측함과 동시에 충분한 안전성 확보의 여부를 확인하는데 그 목적이 있음
- 디버팅 컨베이어는 구조를 지지하는 지점부가 4개소로서, 바닥면에 볼트로 고정되어있으며 화물을 이송시키는 롤러부와, 구동모터부의 축부의 하중은 모델링된 Frame의 Density를 증가시켜 전체 중량을 조정하였고, 절점의 개수는 21개, Frame의 개수는 36개, Plate의 개수는 18개가 사용됨



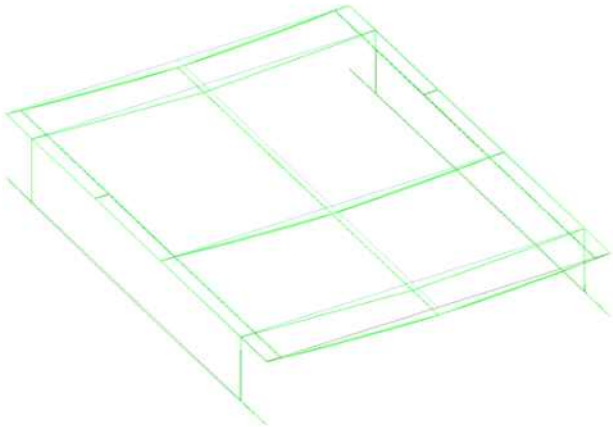
[도표 3.149] 디버팅 Modeling Structure



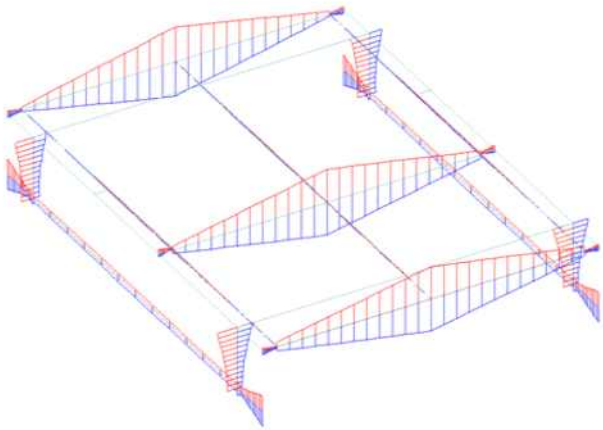
[도표 3.150] 하중(Main Frame 분포하중)



[도표 3.151] 경계조건(볼트 결합부 6개소)



[도표 3.152] 처짐(최대변위:0.08cm)



[도표 3.153] 응력분포도(최대응력:0.064 ton/㎠)

○ 디버팅 컨베이어 구조해석 결과요약

항목	No.	계산결과	인장강도	안전율	판정
최대응력 (Beam요소)	#16	0.64ton/㎠	4.1ton/㎠	6.4	O.K

[도표 3.154] 디버터 구조해석 결과(최대응력)

- 위 번 부재는 Main Frame을 연결하는 Bracing임

항목	Node No.	계산결과	허용처짐	판정
디버팅 컨베이어 최대 처짐	No.25	0.08㎝	0.12㎝	O.K

[도표 3.155] 디버터 구조해석 결과(최대처짐)

- 최대처짐 위치는 Top Frame의 중앙부에 해당되는 부분임

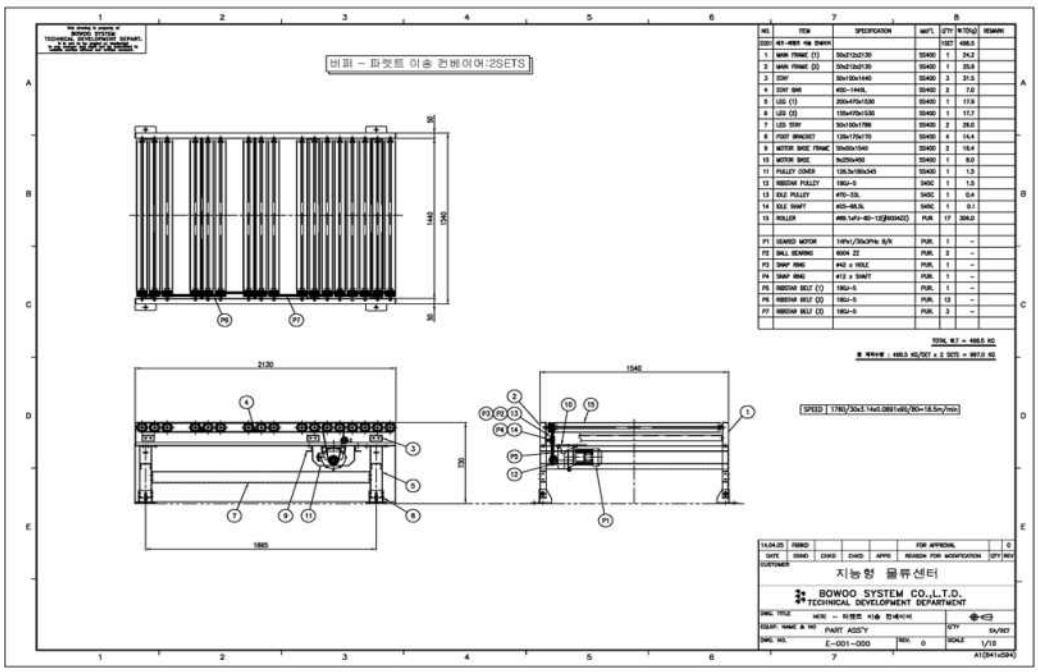
○ 디버팅 컨베이어 구조해석 결과 평가 및 의견

- 디버터팅컨베이어에 대한 구조해석 결과 구조물의 강도 및 안전에 있어서 중요한 최대응력과 최대처짐의 값이 상기 최대응력항의 해석 결과 요약과 같이 허용치의 범위 내에 들어있는 상태로 전체적인 구조는 안전한 상태임

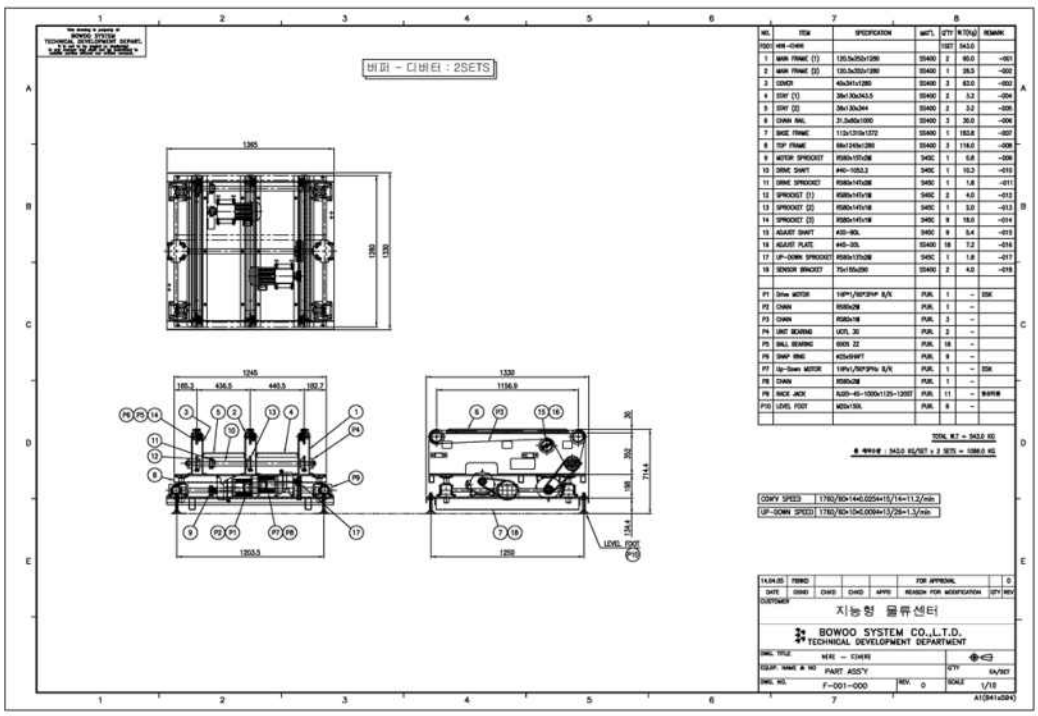
(5) 연구성과

(가) 구조도

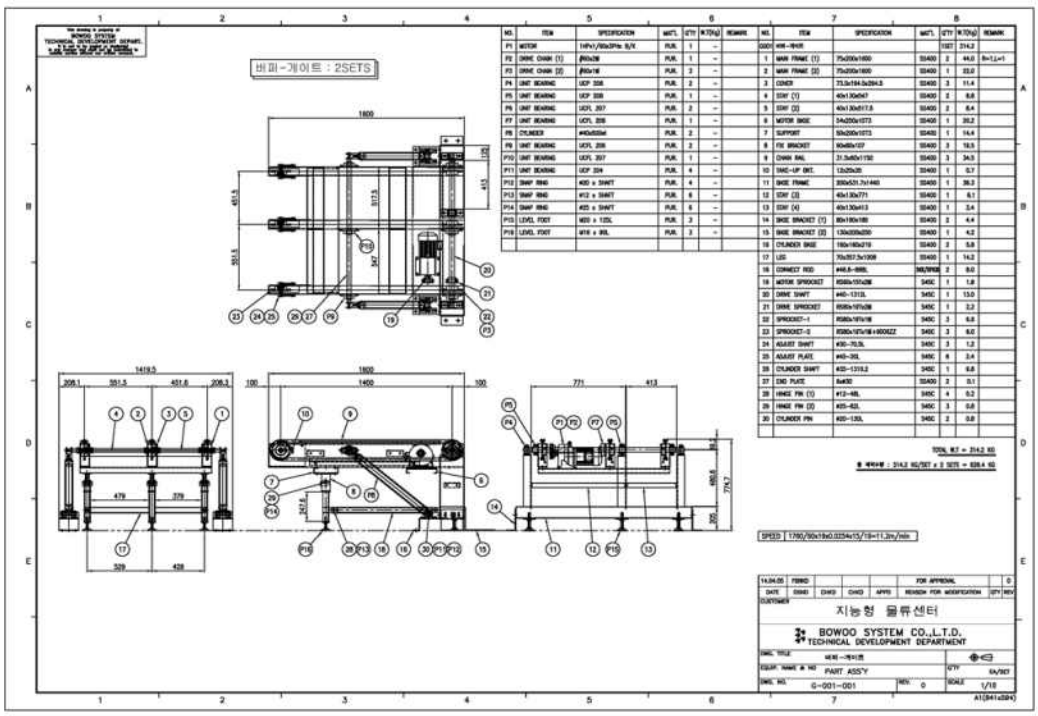
- 수평 컨베이어로 화물운반 라인을 따라 화물을 운반하는 파렛트 이송 컨베이어 구조 설계도면



- 디버팅 컨베이어로 수평컨베이어에 의해 운반되는 화물에 대해 방향을 전환하는 이재 컨베이어 구조 설계도면



- 게이트 컨베이어로 디버팅 컨베이어에 의해 방향이 전환된 화물을 임시 적치하도록하는 컨베이어 구조 설계도면



(나) 시제품

- 아래 그림은 가변형 버퍼 3차년도 시제품 나타냄





[도표 3.156] 가변형 버퍼 3차년도 시제품

마. WCS 통합 소프트웨어

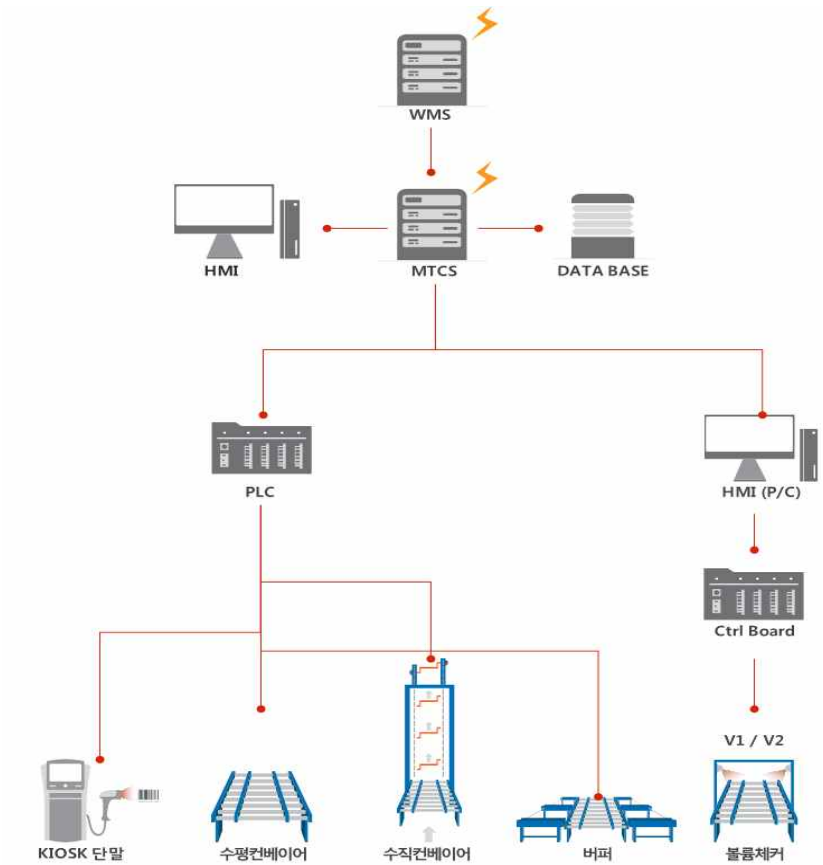
(1) 기술정의 및 차별성

- 다층형 화물이송시스템(수평컨베이어, 연속식 수직컨베이어, 볼륨체커, 가변형 버퍼)이 WCS를 통하여 다양한 물류활동에 적합한 기능을 수행하기 위한 통합 소프트웨어 기술 개발

(2) 연구성과

(가) 시스템 구성도

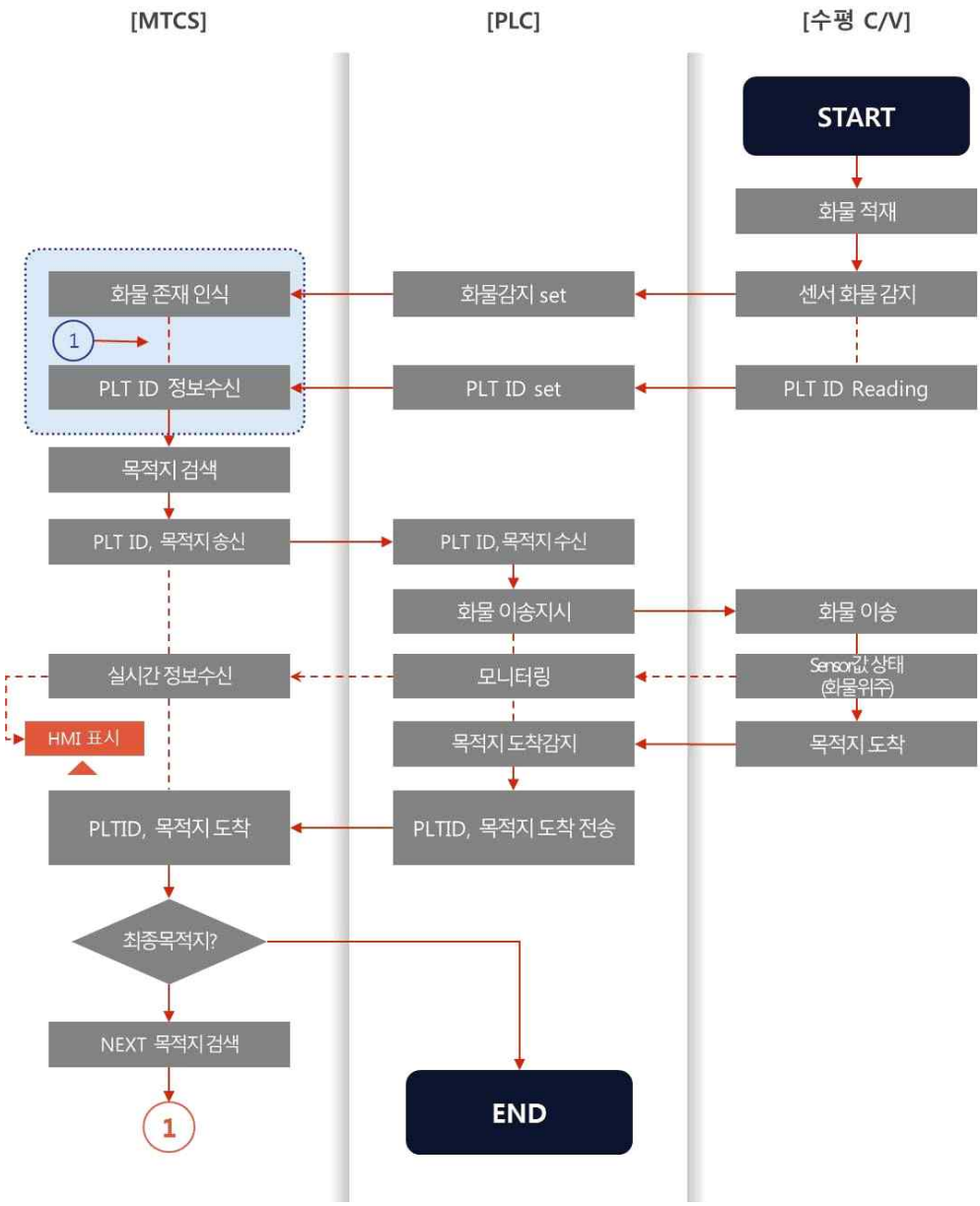
- 다층형 화물이송시스템(수평컨베이어, 연속식 수직컨베이어, 볼륨체커, 가변형 버퍼)이 WCS를 통하여 다양한 물류활동에 적합한 기능을 수행하기 위한 통합 소프트웨어 구성도임



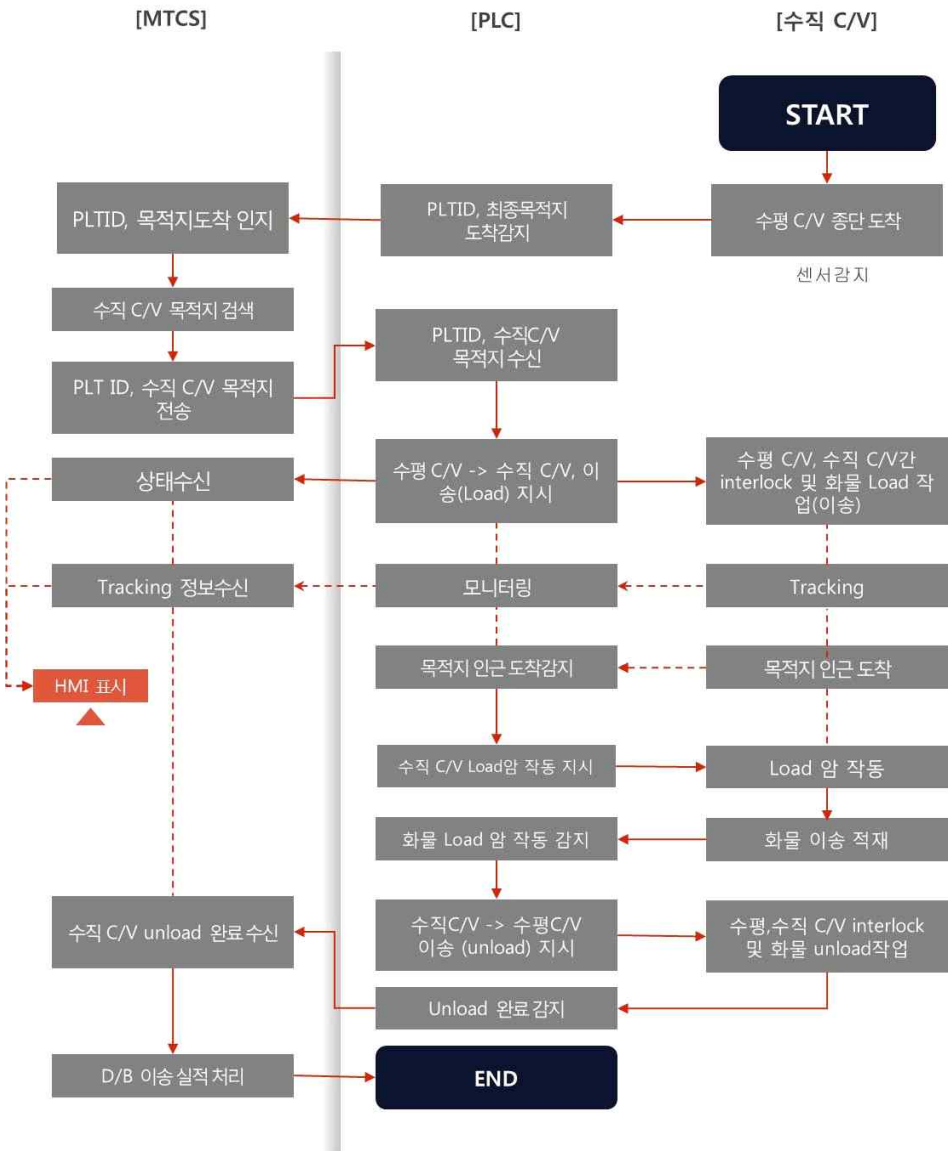
[도표 3.157] 전체 시스템 구성도

(나) 시스템 업무 흐름도

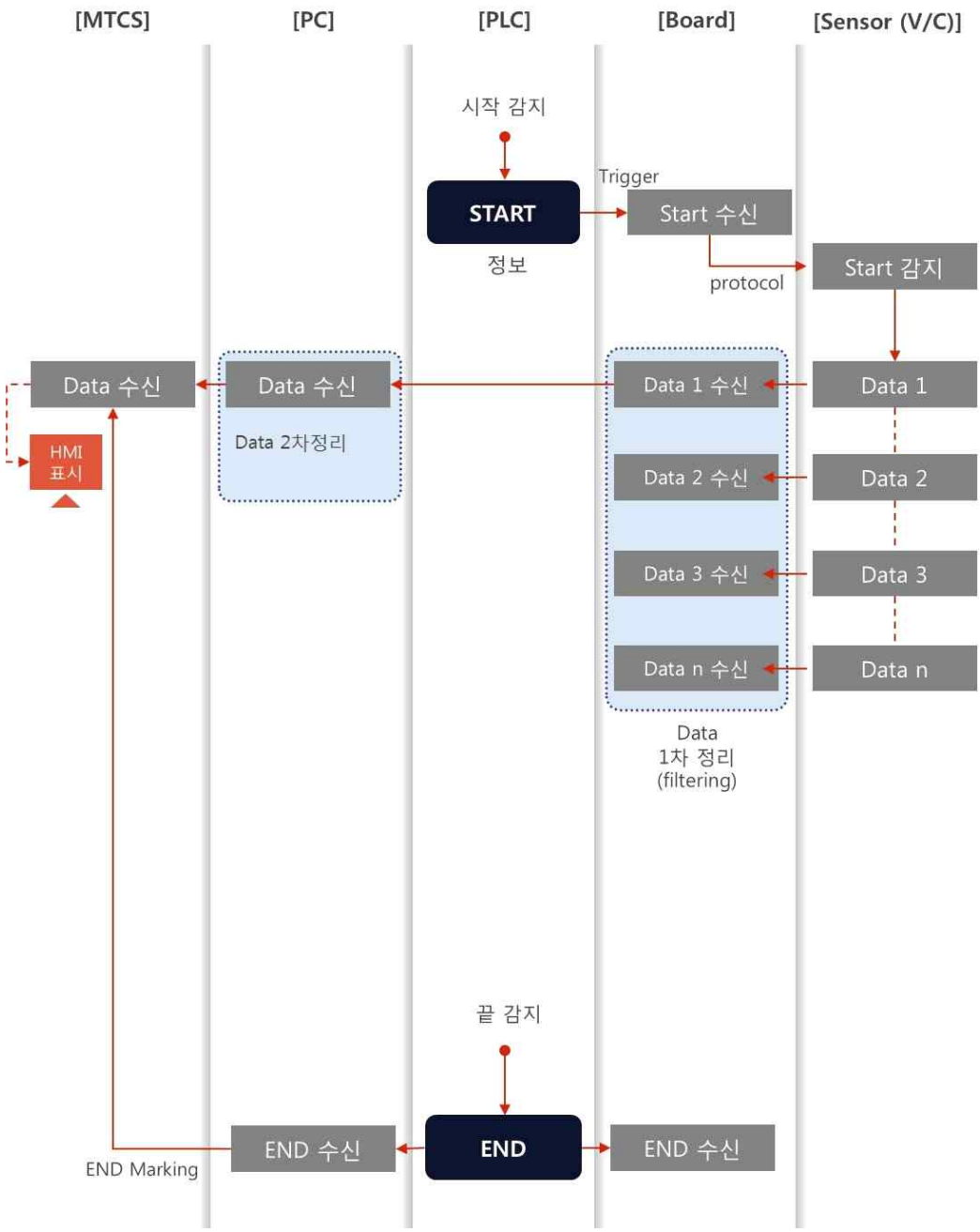
- 아래 그림은 수평 컨베이어 시스템 업무 흐름을 나타냄



- 아래 그림은 수직 컨베이어 시스템 업무 흐름을 나타냄



- 아래 그림은 볼륨체커 시스템 업무 흐름을 나타냄

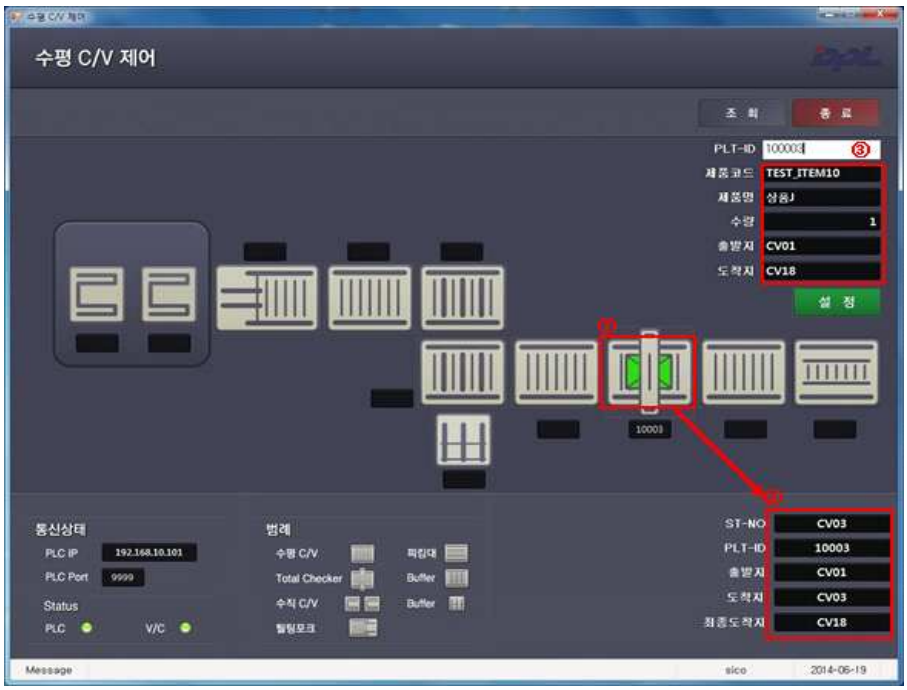


(다) 시제품

- 다층형 화물 이송시스템의 운영관리를 위한 것으로 화물의 위치, 적재가능 여부, 에러상황 파악 등을 설비와 작업자가 판단이 가능함

○ 수평 컨베이어 프로그램

- 아래 그림은 수평 C/V의 제어 및 상태정보를 표시하는 화면으로 복수형태의 화물이송이 가능하며, 화물량이 많을 경우 버퍼에 임시 적치함
- 이송화물이 해당 스테이션에 존재하는 경우 아래 그림의 ① 같은 이미지가 생성됨
- 화물이 이송된 위치에 따라 이미지 위치도 변경됨
- 각 스테이션을 선택하면 ② 에 해당 스테이션에 대한 간략한 정보가 표시됨
- ③ 이송 예정수신을 받은 PLT-ID 입력하여 수동으로 작업지시도 가능함



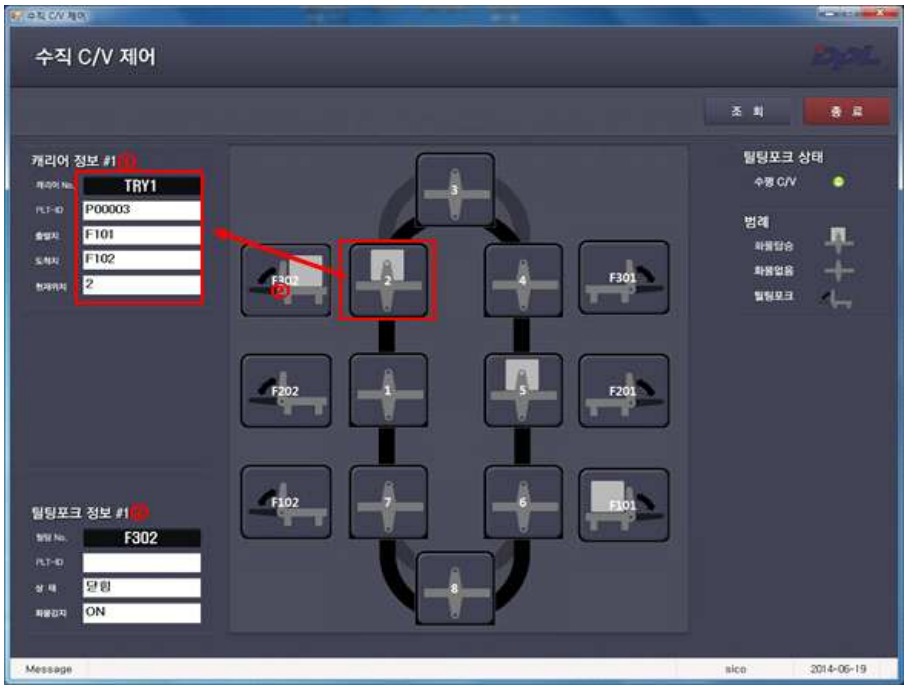
[도표 3.158] 수평 C/V 프로그램

○ 수직 컨베이어 프로그램

- 아래 그림은 수직 C/V의 제어 및 상태정보를 표시하는 화면으로 화물의 정지 없이 이송하는 수직 컨베이어로, 로드암의 위치를 파악하여 화면에 표기 및

에러위치를 상세히 표현함

- ① 은 캐리어#1의 이송정보를 표기해 줌
- ② 은 틸팅포크의 작업정보 및 상태정보를 실시간으로 표기해 줌



[도표 3.159] 수직 C/V 프로그램

바. 다층형 화물이송시스템 통합 제어기술

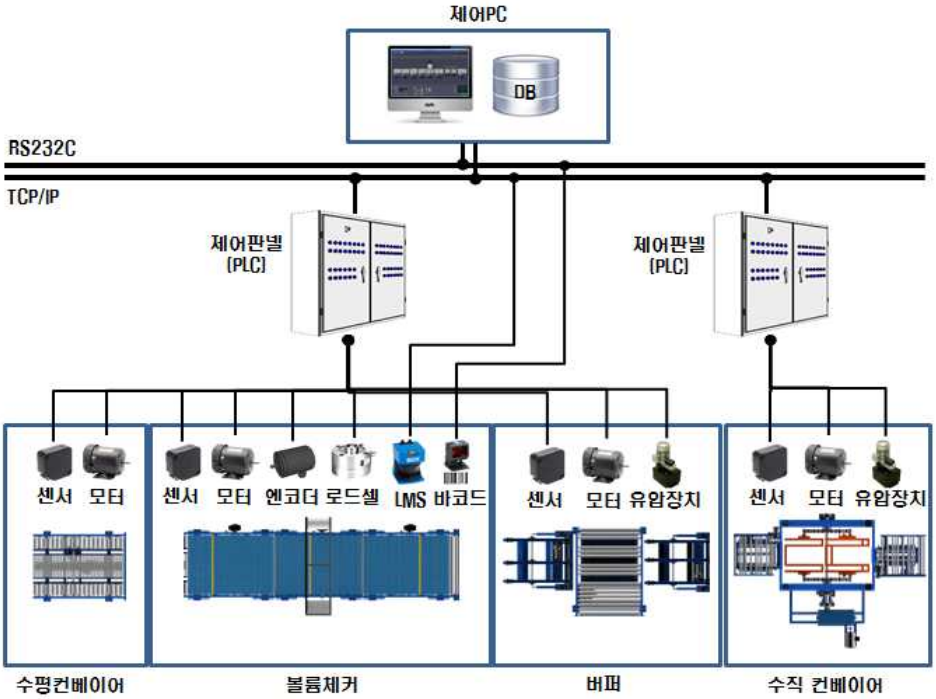
(1) 기술정의 및 차별성

- 다층형 화물이송시스템 구성 장비들을 상위시스템 작업지시, 장비상태, 작업상황과 연계하여 제어함
- 화물 이송 시스템을 구성하는 수평/수직이송, Volume Checker, 가변형 버퍼 기기들의 제어와 모니터링을 위한 통합 제어 시스템 및 정보 시스템과의 효율적 인터페이스의 편의성을 제공함
- 복합적인 기능으로 단층에서 이행되는 수평화물이송 및 다층화물 이송을 위한 수직이송, 화물의 중량만 측정하는 단순 체커가 아닌 화물의 부피도 측정하는 볼륨 체커기를 사용하여 화물을 입체모형을 산출하여 작업자가 화물을 상태를 프로그램으로 실시간 감시하여 화물이송작업에 대한 작업 신뢰성을 제공함
- 시스템이 반자동으로 이송작업을 수행하며 프로그램 사용자는 간단한 조작만으로도 작업수행을 할 수 있고, 프로그램 모니터링을 통해 전체작업진행을 실시간으로 감시가 가능함

(2) 연구성과

(가) 제어구성도

- 아래 그림은 다층형 화물이송시스템 통합 제어시스템 구성도을 나타냄



[도표 3.160] 다층형 화물이송시스템 통합 제어 시스템 구성도

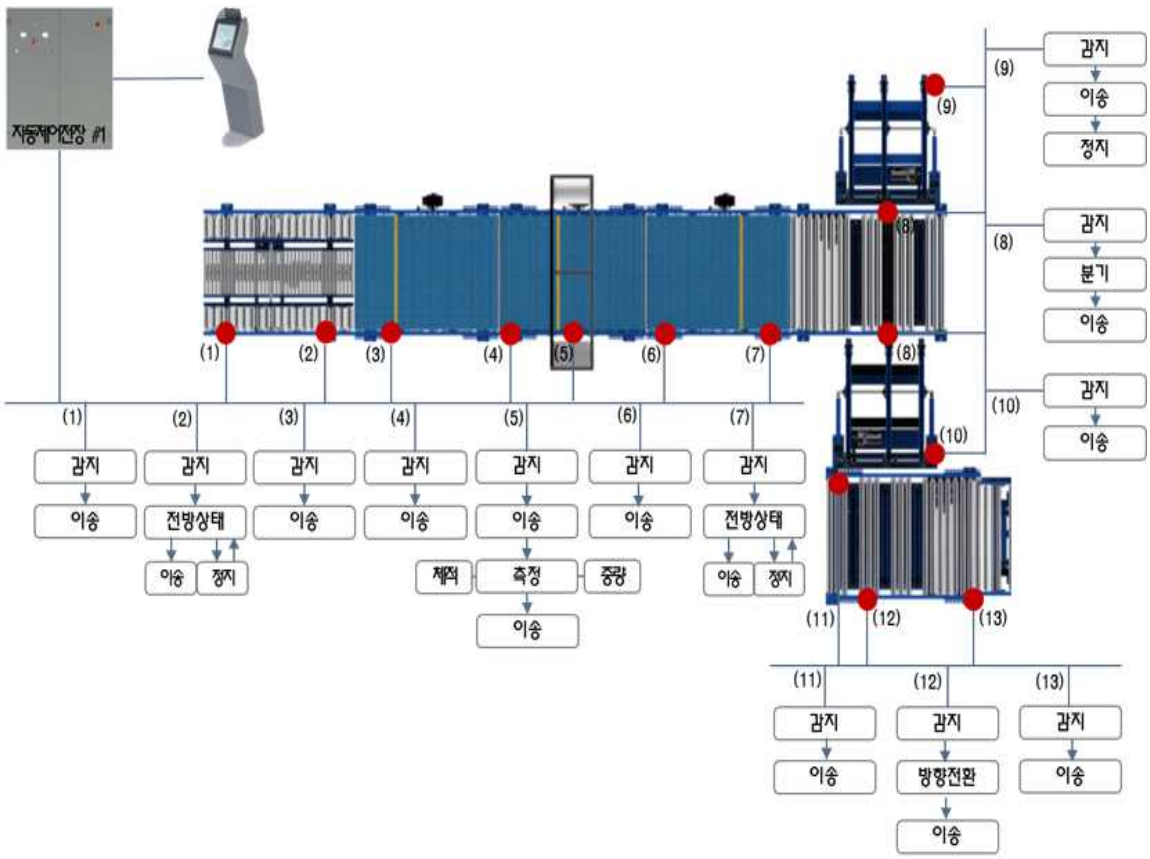
구분	제어항목	감시, 측정 항목	기록
수평컨베이어	1) 구동모터 기동/정지 제어	1) 화물 감지	1) 화물정보 기록
볼륨체커	1) 구동모터 기동/정지 제어 2) 측정센서 측정 시작/정지	1) 화물감지 2) 화물 외곽면 측정 3) 화물중량 측정 4) 이송속도 측정	1) 외곽면 측정치 기록 2) 중량 측정치 기록 3) 속도 측정치 기록 4) 화물 위치
버퍼	1) 구동모터 기동/정지 제어 2) 측정센서 측정 시작/정지 3) 게이트부 상승/하강 유압밸브 제어	1) 화물감지 2) 디버터부 상승/하강위치 측정 3) 게이트부 상승/하강위치 측정	1) 화물 위치
수직컨베이어	1) 수직이송모터 기동/정지 2) 진출입 컨베이어 구동모터 기동/정지 3) 틸팅포크 접힘/펼침 유압밸브 제어 4) 틸팅포크 구동모터 기동/정지	1) 화물감지 2) 틸팅포크 접힘/펼침 측정	1) 화물 위치

- 위의 표는 다층형 화물이송시스템을 구성하는 주요 장비의 구동을 위한 주요

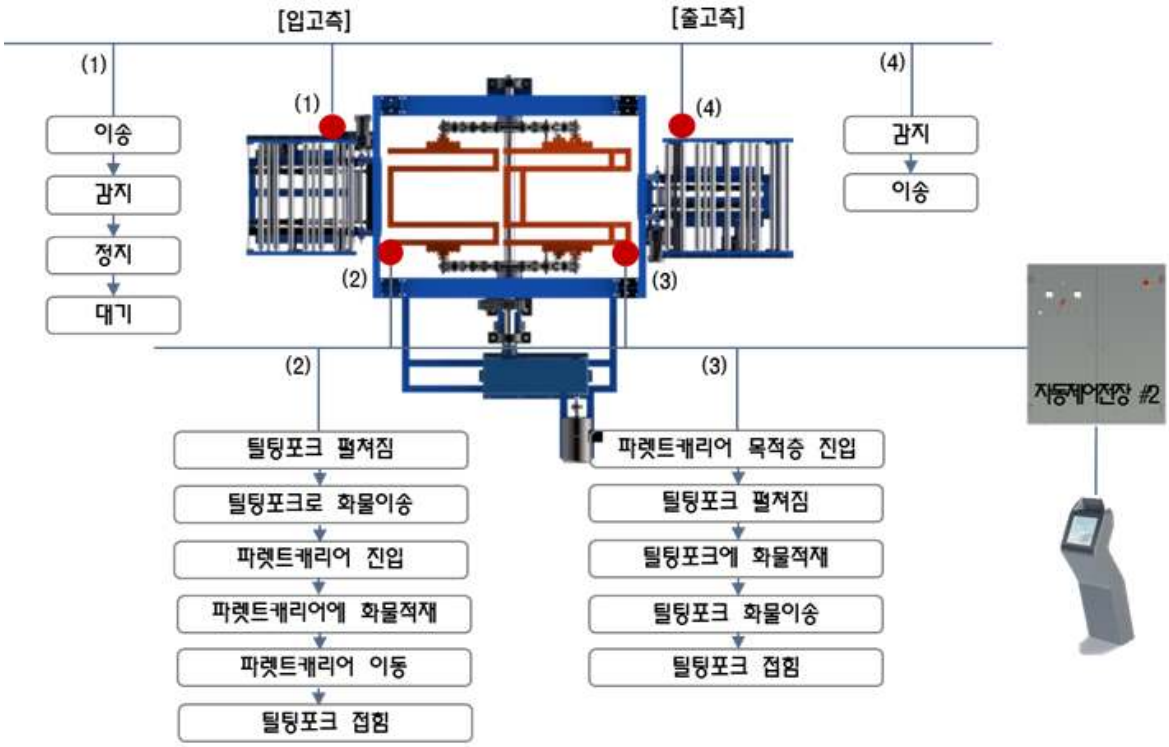
제어항목을 나타내고 있으며 통합 제어에서는 이러한 개별 장비의 제어를 화물 정보 및 화물 이송 상태를 기초로 서로 연계하여 이송이 이루어지도록 함

(나) 제어 흐름도

- 아래 그림은 수평, 볼륨체커, 버퍼의 순서로 구성된 수평부분의 화물이송라인에 대한 제어 흐름도를 나타냄
- 각 장비는 화물 감지 여부에 따라 구동을 하며 화물 이송 정보를 이용하여 전방 라인에 화물이 체류하고 있으면 구동을 정지하고 화물 정보 및 화물 상태에 따라 화물의 이송을 계속하거나 이송라인에서 제외함

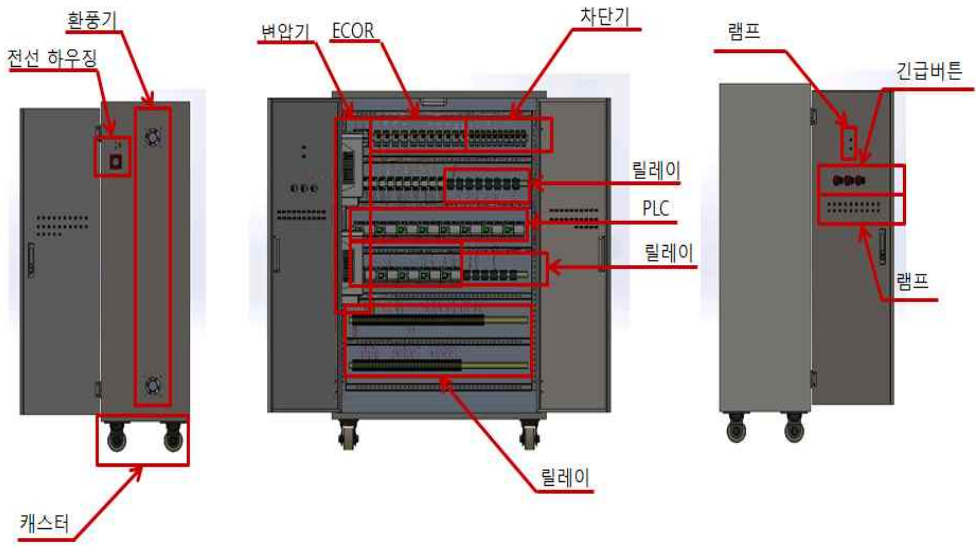


- 아래 그림은 화물의 수직이송을 위한 수직 컨베이어의 제어 흐름도를 나타냄
- 수직 컨베이어는 화물 정보와 목적지층의 화물 이송 상태에 따라 진출입 컨베이어 및 틸팅 포크를 제어하여 수평라인으로부터 투입되는 화물을 목적지층으로 연속적으로 수직 이송할 수 있도록 통합 제어됨



(다) 제어 판넬

- 아래 그림은 제어판넬의 형태 및 주요파트를 나타냄



1. 환풍기: 내부 열기 및 먼지 제거
2. 전선하우징: 전기 피복 보호
3. 캐스터: 제어판넬 이동용 캐스터
4. 변압기: AC를 DC로 변경
5. EOCR: 일정 전압으로 관리
6. 차단기: 전압 과부하 및 역 전류시 전원 차단
7. 릴레이: 회로 차단 개방 장치(PLC에서 신호를 받음)
8. PLC: 센서류 및 구동장치 제어
9. 램프: 경고등 및 가동 등 시각적 출력 장치
10. 긴급버튼: 모든 신호 정지 및 위험 감지 시 장비 작동 정지

사. 테스트베드

(1) 기술정의 및 차별성

- 연구개발품의 성능 측정과 개선을 위해 사용자 환경을 고려하여 구축한 가상의 시험공간을 의미함
- 구체적으로 다층형 물류환경(중 3층)과 여기에 적합한 스케일의 시제품을 제작하여, 실용화 위한 도입시 가이드라인 설정, 제품의 기능과 안정성의 보완, 그리고 이를 종합한 성능측정 등을 위한 공간으로 정의하였음

(2) 연구성과

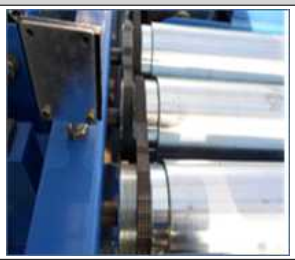
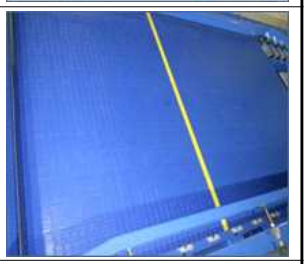
- 테스트베드 설치완료보고서
- 다층형 화물이송시스템의 성능 측정 및 개선을 위한 시험공간을 구축하여 도입시 가이드라인 설정, 제품의 기능과 안정성 보완, 이를 종합한 성능측정 등을 수행함
- 기능적으로 소음·진동, 체인 및 속도를 측정, 안전설계를 재검증하여, 설치 가이드라인 자료 제공과 화물 유형에 따른 투입인력 및 하역기기를 검토함

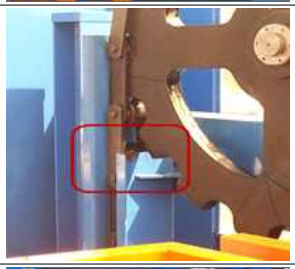


[도표 3.161] 테스트베드 외관

아. 테스트베드 운영결과보고서

- 수평 및 연속식 수직 컨베이어와 볼륨체커, 버퍼 라인 사용 시 안전사고를 방지하기 위한 사전 검토 및 조치를 취함
- 운영결과를 통해서 안전 및 구조적 문제 등을 파악하고 보완함

구분	내용	변경전	변경후
안전	동력전달부 안전커버 설치		
안전	안전을 위한 볼트 마감처리		
성능	화물의 체적과 정보인식을 위한 컨베이어 타입 교체 (롤러타입 -> 벨트타입)		
안전	구동부(모터)에 커버 설치		
안전	게이트 컨베이어에 안전커버 설치		

성능	화물의 정확한 정지를 위한 센서조정 및 인버터 설치로 딜레이시간 조정		
안전	회전체 주의에 안정망 설치		
안전	팔레트 캐리어에 올려진 화물이 넘어져지 않도록 고무패드 부착		
구조	팔레트 캐리어의 궤도유지를 위한 가이드 레일 진입부 구조변경		
안전	팔레트 캐리어 보다 화물이 넘어가는 것을 방지하기 위한 펜스 프레임 설치		

[도표 3.162] 테스트베드 운영 조치사항

제2절 기술 적용사례

1. 고단적재 무인지게차 시스템

<table>
<tr><th colspan="4">삼방향 포크 승강 높이 (목표치 : 5m)</th></tr>
<tr><td>평가 준비시간</td><td>15분</td><td>평가기준</td><td>1.5톤 팔레트를 삼방향 포크에 적재한 후 마스터를 최대한 승강시키는 높이로서, 1분 이상 정지를 행하는 경우</td></tr>
<tr><td>시험평가 시 시설 및 장비</td><td colspan="3">레이저 거리측정기 또는 줄자</td></tr>
<tr><td>시험평가 구성</td><td colspan="3">레이저 거리측정기 또는 줄자를 포크 선단에 장착하고, 최대 승강시의 높이를 단말기 또는 줄자의 눈금을 육안으로서 측정함</td></tr>
<tr><td>시험평가 방법</td><td colspan="3">최대 승강높이가 5m 이상인 경우 달성으로 판정</td></tr>
<tr><td>시험평가 결과</td><td colspan="3">목표치인 5m만 확인한 사진이며, 실제로 3차년도 시제품의 최대 상승 높이는 6.9m로 기존의 목표치인 5m에서 138% 초과 달성</td></tr>
<tr><td colspan="4">  </td></tr>
</table>

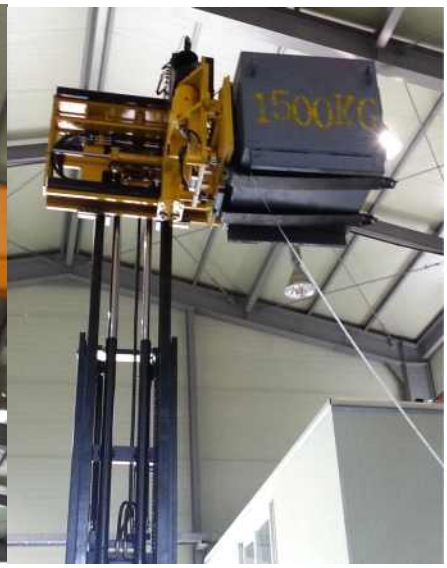
<table>
<tr><th colspan="4">삼방향 포크(3-Way Fork) 적재 하중 (목표치 : 1.5톤)</th></tr>
<tr><td>평가
준비시간</td><td>15분</td><td>평가기준</td><td>1.5톤 웨이터를 각 포크에 적재하고 5m 이상 승강 후 1분간 정지한 경우</td></tr>
<tr><td>시험평가
시 시설
및 장비</td><td colspan="3">1.5Ton 웨이터 X 1 Ea</td></tr>
<tr><td>시험평가
구성</td><td colspan="3">웨이터를 들고 저단포크 업/다운 동작 진행</td></tr>
<tr><td>시험평가
방법</td><td colspan="3">삼방향 포크에 1500kg Weight를 적재하고 지상으로 부터 10cm ~ 2m 정도의 높이를 10회간 반복적으로 상승, 하강하여 삼방향 포크의 적재 하중 테스트를 진행</td></tr>
<tr><td>시험평가
결과</td><td colspan="3">삼방향 포크의 적재 하중은 1,506kg의 Weight를 무리 없이 승강할 수 있는 것으로 미루어보아 적재 하중 목표치인 1.5톤을 100% 달성함</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
</td></tr>
</table>

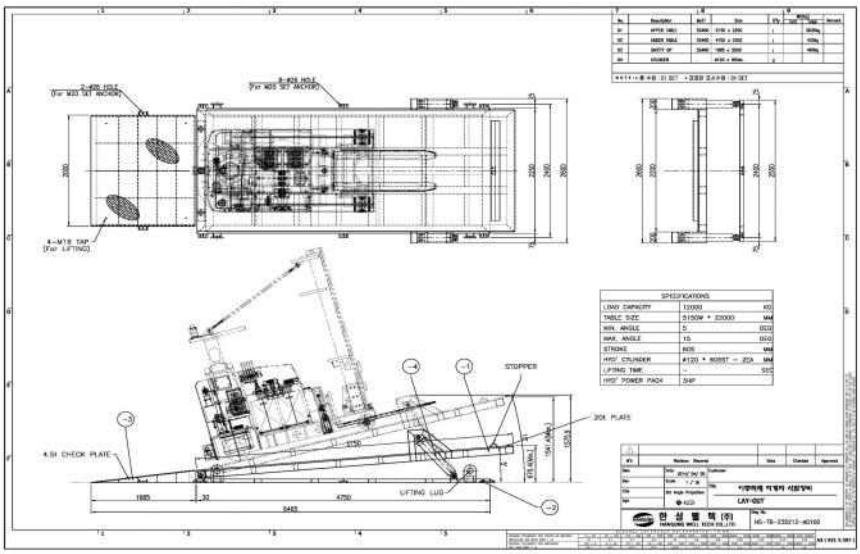
<table>
<tr><td colspan="5">이중적재(Dual Carriage) 적재능력 평가 (목표치 : 1.5톤 * 2개)</td></tr>
<tr><td>평가
준비시간</td><td>15분</td><td>평가기준</td><td colspan="2">1.5톤 웨이터를 각 포크에 적재하고 5m 이상 승강 후 1분간 정지한 경우</td></tr>
<tr><td>시험평가
시 시설
및 장비</td><td colspan="4">1.5Ton 웨이터 X 2 Ea</td></tr>
<tr><td>시험평가
구성</td><td colspan="4">1.5톤 웨이터를 각 포크에 적재하고 5m 이상 승강 후 1분간 정지한 경우</td></tr>
<tr><td>시험평가
방법</td><td colspan="4">1.5톤 웨이터를 각 포크에 적재하고 5m 이상 승강후 1분간 정지한 경우 달성으로 판정</td></tr>
<tr><td>시험평가
결과</td><td colspan="4">한성웰텍(주)에서 직접 제작한 적재 하중 테스트에 사용된 Weight는
전자저울로 측정한 결과 Weight의 무게는 <그림 3 - 45>과 같이 1,510kg로 측정됨</td></tr>
<tr><td colspan="5"> 

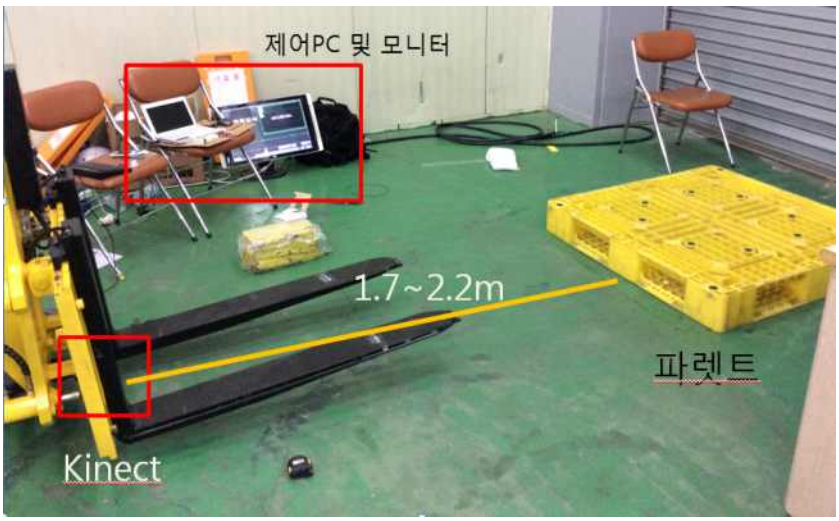
Weight 무게 측정 전자저울 오프셋</td></tr>
</table>

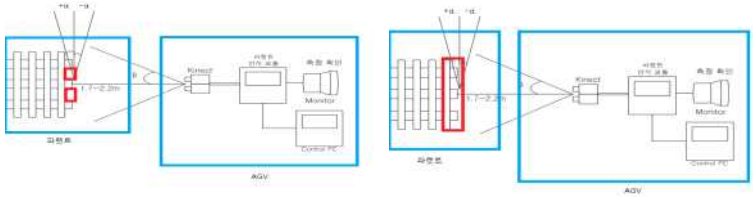
<table>
<tr><th colspan="4">이중적재(Dual Carriage) 적재 개수 평가
(목표치 : 1.5톤 * 2개)</th></tr>
<tr><td>평가
준비시간</td><td>15분</td><td>평가기준</td><td>1.5Ton 용 웨이터 2개를 동시에 운반</td></tr>
<tr><td>시험평가
시 시설
및 장비</td><td colspan="3">1.5Ton 웨이터 X 2 Ea</td></tr>
<tr><td>시험평가
구성</td><td colspan="3">저단 포크와 삼방향 포크에 1.5Ton 웨이터를 동시에 들고 3m 운반</td></tr>
<tr><td>시험평가
방법</td><td colspan="3">삼방향 포크 및 저단 포크에 1.5Ton 웨이터를 동시에 들고 3m 이상 운반시 달성</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 

적재 능력 및 개수 테스트</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="4">삼방향 포크(3-Way Fork) 안전성 테스트(목표치 : 100%)</th></tr>
<tr><td>평가
준비시간</td><td>15분</td><td>평가기준</td><td>1.5Ton 웨이터를 들고 터닝, 스윙, 틸팅, 업, 다운 동작이 가능한 경우 달성</td></tr>
<tr><td>시험평가 시 시설 및 장비</td><td colspan="3">웨이터 1.5Ton</td></tr>
<tr><td>시험평가 구성</td><td colspan="3">제작된 1.5Ton 웨이터를 각각 들고 터닝, 스윙, 틸팅, 업, 다운 동작을 테스트</td></tr>
<tr><td>시험평가 방법</td><td colspan="3">삼방향 포크에 1.5톤 Weight를 적재하고 5m 이상 상승 후 우측 끝부분에서 좌측 끝부분까지 슬라이딩 후 <그림 3 - 24> 상태로 약 5분 동안 대기한 결과 무리가 없는 것으로 미루어 보아 100% 달성</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
슬라이딩 중간부분
 
슬라이딩 좌측 끝부분</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="4">통합차량 등판 능력 평가</th></tr>
<tr><td>평가
준비시간</td><td>15분</td><td>평가기준</td><td>1.5Ton 용 웨이터 2개를 동시에 운반</td></tr>
<tr><td>시험평가
시 시설
및 장비</td><td colspan="3">특수 제작된 시험평가장치, 줄자</td></tr>
<tr><td>시험평가
방법</td><td colspan="3">특수 제작된 시험평가장치의 경사를 조절하며 등판 능력을 평가함. 등판장비는 경사판 초입부와 상판부의 경사각이 약 9.2°로 조정 후 안전상의 이유로 지게차를 후진 주행을 하여 등판함</td></tr>
<tr><td>시험평가
장치</td><td colspan="3">한성웰텍(주)에서 직접 설계 및 제작한 등판능력 테스트 장치를 이용하여 측정함
 
통합차량 등판능력 테스트 장비 설계도면</td></tr>
<tr><td colspan="4">  
등판장비 초입부 각도(9.28°) 등판장비 상판부 각도(약 9°)
  
등판 테스트 (1) 등판 테스트 (2)</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="6">팔레트 인식팔레트 인식 센서의 팔레트 인식율 평가 (총 평가 시간 : 25분)</th></tr>
<tr><td>평가
준비시간</td><td>10분</td><td>평가시간</td><td>10분</td><td>평가
판정시간</td><td>5분</td></tr>
<tr><td>시험평가
시 시설
및 장비</td><td colspan="5">측정거리 : 1.7 ~ 2.2 m
적치각 범위 : 5°이내
수평이동각 : ±7°이내</td></tr>
<tr><td>시험평가
시 시설
및 장비</td><td colspan="5">한국형 표준 파렛트(T11), 키넥트 융합형 파렛트 인식 모듈, 모니터 및 전원 공급 장치(차량전원), 3-WAY Fork Lift(3차년도 시제차량
기타 : 테이프, 줄자, 분필, 각도기, 매뉴얼</td></tr>
<tr><td>시험평가
구성</td><td colspan="5">대한민국 표준 파렛트를 화물이 적재되지 않은 상태로 무인지게차의 전면에 배치하고, 무인지게차 전면에 인식 범위를 설정함
무인지게차에는 키넥트센서와 파렛트 인식모듈, 그리고 모니터를 배치함</td></tr>
<tr><td>시험평가
방법</td><td colspan="5">평가 임계 위치 : 6개소
측정 위치 : 각 평가 임계 위치당 ① 평행위치, ② +5°, ③ -5°
측정 횟수 : 6개소 X 3위치 X 3회 X 2 = 총 108회(파렛트 54회, 파렛트 포크집 54회)</td></tr>
<tr><td colspan="6"> 

Location for test
 
pallet hole recognition systempallet recognition system</td></tr>
</table>

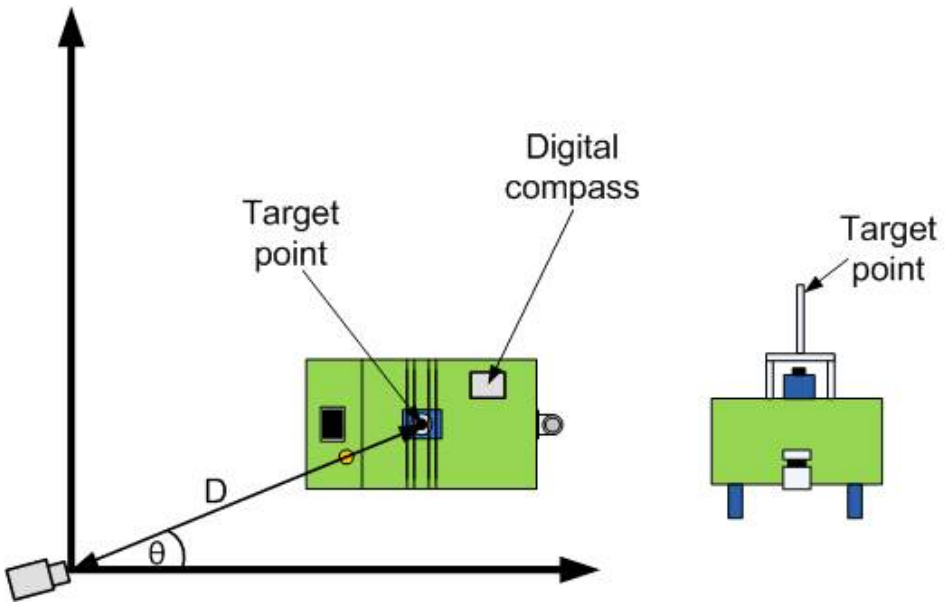
<table>
<tr><th colspan="6">팔레트 인식팔레트 인식 센서의 팔레트 포크집 인식율 평가 (총 평가 시간 : 25분)</th></tr>
<tr><td>평가
준비시간</td><td>10분</td><td>평가시간</td><td>10분</td><td>평가
판정시간</td><td>5분</td></tr>
<tr><td>시험평가
시 시설
및 장비</td><td colspan="5">측정거리 : 1.7 ~ 2.2 m
적치각 범위 : 5°이내
수평이동각 : ±7°이내</td></tr>
<tr><td>시험평가
시 시설
및 장비</td><td colspan="5">한국형 표준 파렛트(T11), 키넥트 융합형 파렛트 인식 모듈, 모니터 및 전원 공급 장치(차량전원), 3-WAY Fork Lift(3차년도 시제차량</td></tr>
<tr><td>시험평가
구성</td><td colspan="5">대한민국 표준 파렛트를 화물이 적재되지 않은 상태로 무인지게차의 전면에 배치하고, 무인지게차 전면에 인식 범위를 설정한다. 무인지게차에는 키넥트센서와 파렛트 인식모듈, 그리고 모니터를 배치함</td></tr>
<tr><td>시험평가
방법</td><td colspan="5">①무인지게차를 정지 상태에서 그림 2와 같이 3way포크를 틸팅한 상태로 위치 그림 6과 같이 키넥트 센서와 파렛트 사이의 거리 및 위치 범위를 설정함
②키넥트 센서와 파렛트 사이의 거리는 1.7~2.2m로 함
③파렛트를 설정한 인식 범위에 위치시키고 그림 4 및 그림 5와 같이 평가를 위한 시스템 환경을 구성함
④그림 6의 각 Red point에 파렛트를 위치시키고 파렛트 및 파렛트 포크집을 키넥트와의 평형상태, -5°,+5°에서 각 각 3회 5초마다 1회 측정함
⑤6개의 포인트에서 9회, 총 54회를 측정하고 이를 모니터에 표시함
⑥모니터 화면에 푸른 글씨가 표시되면 성공으로 하고, 붉은 글씨가 표시되면 실패로 함
⑦54회 측정 시 53회 이상 OK사인을 받으면 인식율 98% 달성으로 함
⑧총 590초(10분)간 수행하여 파렛트 및 파렛트 포크집의 인식율을 측정하여 98% 이상이면 성공으로 함</td></tr>
<tr><td colspan="6"> 

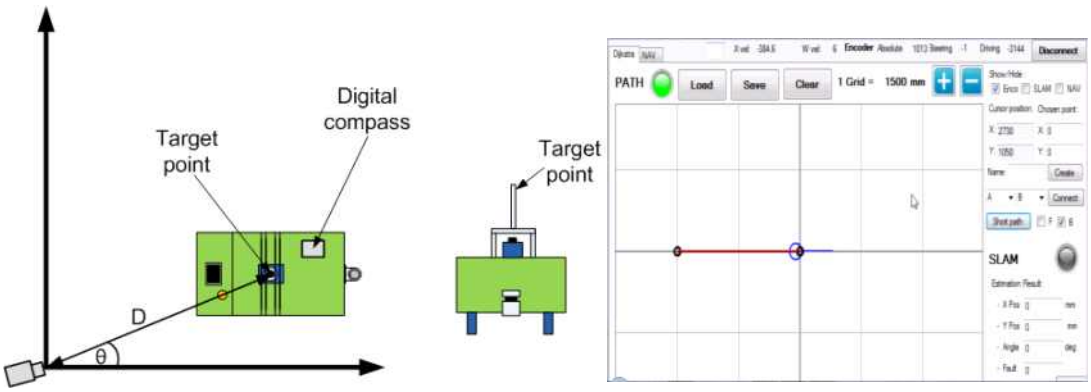
Fail Success(pallet) Success(pallet Hole)</td></tr>
</table>

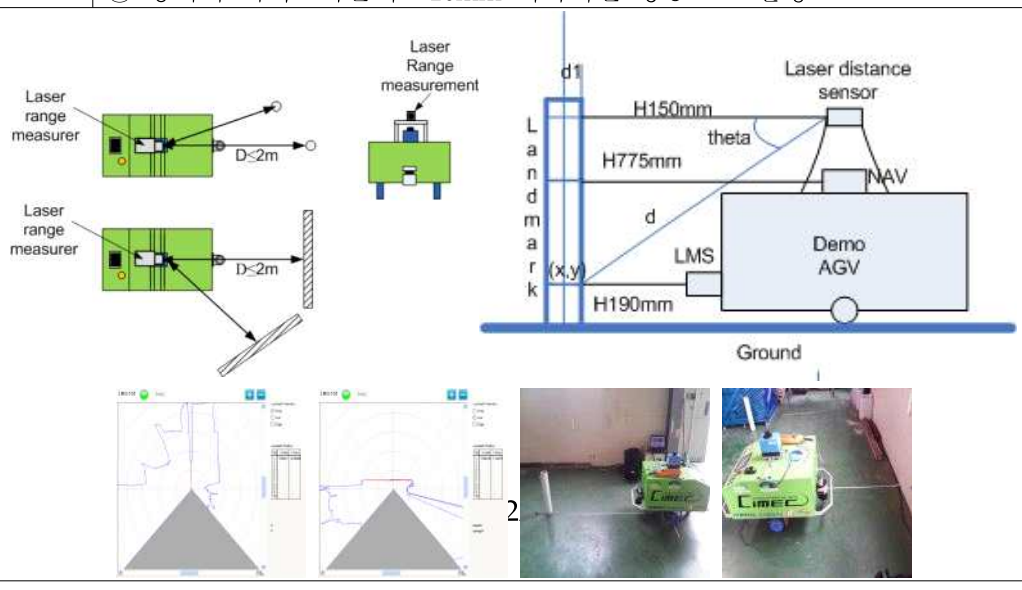
차량제어 정확도 평가 총 평가 시간 : 40분)	
평가기준	무인지게차가 정해진 거리를 10회 왕복 주행하고 정지를 측정하여, 정지오차 거리의 평균을 산출
시험평가 시 시설 및 장비	무인지게차, 주행테스트 공간, 정지마크 표시용 A4용지, 정지마크 표시용 포인터, 굵은 펜, 줄자, 컴퓨터
시험평가 구성	임의(시험평가관이 지정)의 직선 이동 경로의 끝 도착1, 도착 2의 위치에서 각 위치로 이동 후 정지 위치에서 정지 위치를 마킹하여 중심점과의 거리 오차 측정
시험평가 방법	① 시험평가관이 직선 이동거리, 도착1, 도착2를 지정 ② 도착 1에서 도착 2로 이동, 도착 2에서 정지, 정지 위치를 마킹 ③ 도착 2에서 도착 1로 이동, 도착 1에서 정지, 정지 위치를 마킹 ④ ②, ③을 10회 반복 측정 후 도착 1, 2의 정지 위치 마킹 점의 평균 거리를 측정
	

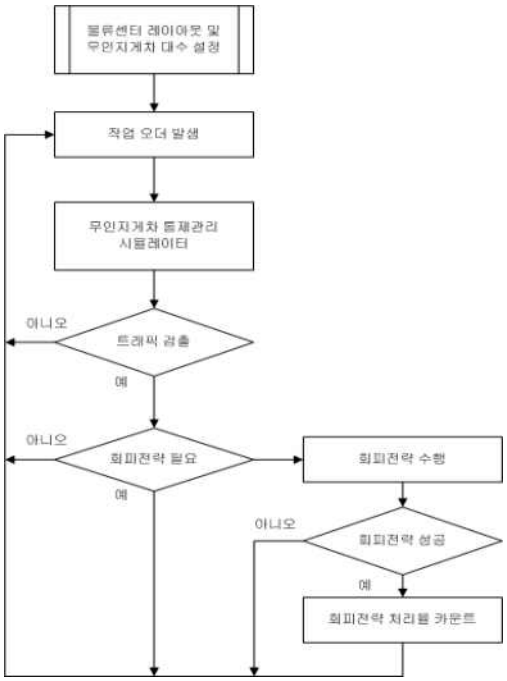
차량제어 비상정지 평가 총 평가 시간 : 60분)	
평가기준	무인지게차가 주행 중 비상정지 신호의 발생 후 정지거리, 시간 측정
시험평가 시 시설 및 장비	무인지게차, 자
시험평가 구성	직선의 이동 경로의 일정 지점에서 비상정지신호를 입력하고 정지거리를 측정
시험평가 방법	① 그림과 같은 시험 환경을 구성 ② 직진 주행 중 비상정지신호 입력(비상정지스위치 작동) 후 정지거리, 시간을 측정 ③ ②를 3회 반복 측정하여, 평균 산출
	

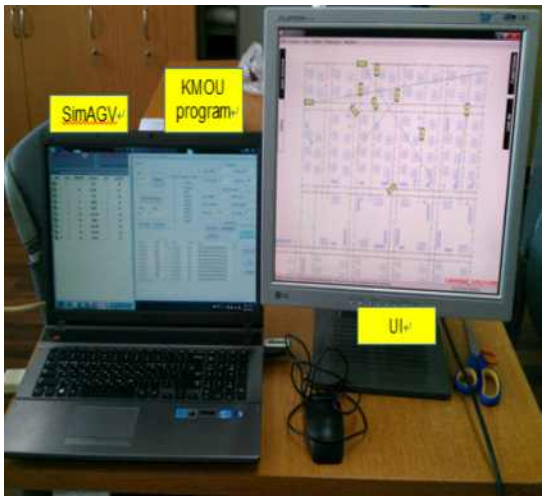
장애물 안전 유지 거리 평가 총 평가 시간 : 50분)	
평가기준	무인지게차의 정면 진행 방향의 장애물을 감지하고 비상 정지거리를 측정하여 기준 정지거리 이상에서 정지함을 측정, 100cm이내 접근전 정지
시험평가 시 시설 및 장비	무인지게차, 거리측정기, 장애물(40cm*30cm*30cm)
시험평가 구성	무인지게차의 직선의 이동 경로에서 비상정지 거리 이상의 위치에 장애물을 위치하여 장애물 발견시 정지거리를 측정
시험평가 방법	① 그림과 같은 시험 환경을 구성 ② 장애물 방향으로 주행, 장애물 감지 후 정지 ③ 무인지게차와 장애물과의 거리 측정, 3회 반복
	

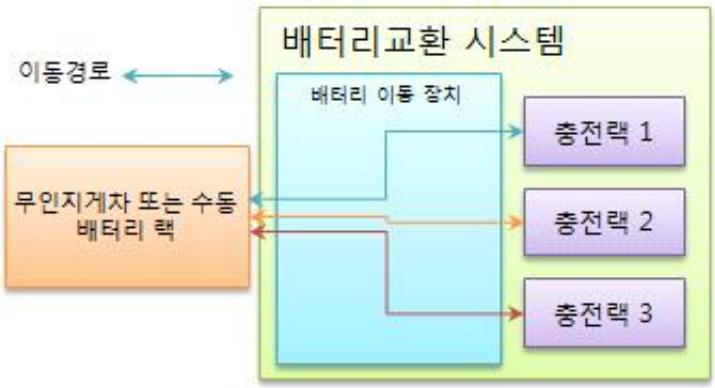
방향각 인식 평가 (총 평가 시간 : 40분)	
평가기준	Demo AGV차량을 직선거리 10m공간에서 출발위치에서 Demo AGV차량을 출발시켜 조작스위치로 임의의 위치에서 정지 이 정지위치에서 Demo AGV차량의 방향각을 디지털 컴파스로 측정한 실제 방향각과 SLAM모듈의 소프트웨어로 측정한 방향각을 측정하여 방향각오차를 구하며 10번 측정한 데이터의 평균값으로 평가함
시험평가 시 시설 및 장비	SLAM 모듈 소프트웨어를 갖춘 Demo AGV차량, 정확도 1도를 가지는 디지털컴파스, 연필/펜, 기록지
시험평가 방법	① Fig. B.4 와 같은 시험 환경을 구성 ② 테이프를 사용하여 직선거리 10m 공간에서 출발위치와 Demo AGV 전방 2.5m간격으로 정지위치를 측정하여 마크함 ③ Demo AGV를 출발위치에서 출발시키고 지정된 정지위치에 정지 ④ 정지위치마다에서 디지털 컴퍼스로 측정한 Demo AGV차량의 방향각과 SLAM 모의 소프트웨어로 측정한 방향각을 측정하여 각오차를 구하여 기록함 ⑤ 10번 반복시험한 데이터를 평균값으로 평가하며 ±5도이내이면 성공으로 함
	

SLAM 동시위치 검출오차 평가 (총 평가 시간 : 40분)	
평가기준	SLAM 동시위치 검출오차는 SLAM 모듈 소프트웨어에 의해 측정된 Demo AGV차량까지의 거리와 레이저거리센서로 측정한 실제거리와의 오차를 말하며, Demo AGV차량을 조작스위치로 임의의 출발위치에서 출발시켜 임의의 위치에 정지 이 정지위치에서 Demo AGV차량의 SLAM 모듈 소프트웨어에 의해 측정된 원점에서 Demo AGV차량까지의 거리 $X+Y^2$ 와 레이저거리센서로 측정한 센서로부터 Demo AGV차량까지의 실제거리에서 레이저거리센서의 초기 설치거리(AGV의 중심위치에서 레이저거리센서 설치위치까지의 거리)를 뺀 거리와의 오차를 측정하며 이것을 10번 측정한 데이터의 평균값으로 평가함
시험평가 시 시설 및 장비	LAM 모듈 소프트웨어를 갖춘 Demo AGV차량, 정확도 1mm를 가지는 레이저거리센서, 테이프, 연필/펜, 기록지, 레이거리센서 설치대
시험평가 방법	① Fig. B.5.1 (a)와 같은 시험환경을 구성 레이저거리센서 ② Fig. B.5.1 (a)와 같이 테이프를 사용하여 출발위치 및 Demo AGV차량 전방으로 직선거리 2.5m위치마다 Fig. B.5.1(a)와 같이 정지위치를 표시함 ③ 직선거리 10m 공간에서 레이저센서와 SLAM모듈 소프트웨어에 의해 측정된 출발위치와 Demo AGV차량을 출발위치에서 출발시켜 2.5m마다 정지시킴. 이 정치위치에서 SLAM모듈소프트웨어에 의해 측정된 모든 정지위치들과 레이저센서에 의한 Demo차량까지의 실제거리를 측정하여 기록지에 기록함 ④ SLAM모듈에 의해 측정된 출발점에서의 정지위치까지의 거리 $D=\sqrt{X^2+Y^2}$ 와 레이저센서에 의한 Demo차량까지의 실제거리 와ㅣ의 거리오차를 계산함 ⑤ 10회 반복측정한 거리오차 데이터를 평균하여 평가하며, ±10mm 이하이면 성공으로 함
	

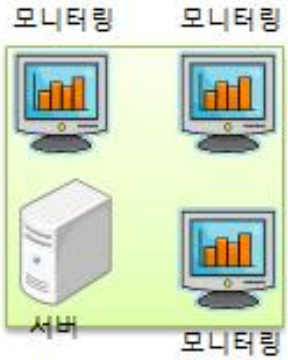
SLAM 실시간 매핑오차 평가 (총 평가 시간 : 40분)	
평가기준	Demo AGV차량의 정지상태에서 SLAM 실시간 매핑오차는 실제랜드마크위치와 SLAM모듈에 의해 측정된 랜드마크위치와의 오차를 말하며, 랜드마크로 레이저광선과 90도로 직경15cm의 원통형 막대기 또는 1m x 1m의 평판을 초기에는 AGV 중심위치에서 직선거리 2m앞에 두어 맵핑오차를 5번 반복측정하여 얻은 데이터의 평균값을 구함 2번 정도 랜드마크를 이동시킨 위치에서 맵핑오차를 5번 반복측정하여 얻은 데이터의 평균값을 평가
시험평가 시 시설 및 장비	SLAM모듈을 갖춘 Demo AGV차량, 직경15cm의 실린더형의 막대기, 1m x 1m의 평판, 정확도 1mm를 가지는 레이저거리센서, 테이프, 연필/펜, 기록지
시험평가 구성	레이저거리 센서를 Demo차량의 중앙센터에 브라켓(카메라다리) 등으로 설치함 Demo AGV차량 전방으로 직선거리 2m 위치에 랜드마크로 레이저광선과 90도로 직경15cm의 실린더형의 막대기 또는 1m x 1m의 평판을 설치
시험평가 방법	① Fig. B.6.2 (a)와 같이 시험환경을 구성 ② Fig. B.6.2 (a)와 같이 Demo AGV차량 전방으로 직선거리 2m 위치에 랜드마크로 레이저광선과 90도로 직경15cm의 실린더형의 막대기 또는 1m x 1m의 평판을 둠 ③ 레이저거리센서를 LMS센서 위치인 바닥에서 높이190mm 랜드마크에 레이저를 조사하여 레이저거리센서에서 랜드마크까지의 실제거리 와 레이저 거리센서의 기울어진 각도θ를 측정하여 $=d\cos\theta$를 측정. SLAM모듈에 의해 검출된 랜드마크까지의 거리 $ist= X+Y^2-d_1)$를 측정하여 기록한다. 여기서 (X,Y)는 랜드마크의 위치좌표이며,d_1은 중심에서 표면까지의 거리 ④ 레이저거리센서로 랜드마크까지의 실제거리d와 SLAM모듈에 의해 검출된 랜드마크$Dist$ 까지의 거리사이의 거리오차(mm)를 계산 ⑤ 5회 반복측정한 데이터를 평균하여 평가 ⑥ 랜드마크를 Demo AGV차량 전방으로 임의의 직선거리위치로 두 번 정도 이동시켜가며 각각의 위치에서 레이저거리센서로 랜드마크까지의 실제거리와 SLAM모듈에 의해 검출된 랜드마크까지의 거리오차(mm)를 각 5회 측정하여 평균값을 구하여 평가 ⑦ 상기의 거리오차들이 ±10mm 이하이면 성공으로 판정
	

<table>
<tr><th colspan="6">트래픽관리기술의 트래픽회피전략 처리율 평가
(총 평가 시간 : 340분)</th></tr>
<tr><td>평가
준비시간</td><td>5분</td><td>시뮬레이션시간</td><td>300분
(작업오더
100개 기준)</td><td>평가
판정시간</td><td>5분</td></tr>
<tr><td>시험평가 시 시설 및 장비</td><td colspan="5">컴퓨터 및 무인지게차 통제관리 시뮬레이터</td></tr>
<tr><td>시험평가 구성</td><td colspan="5">우측에서와 같이 회피전략 처리한 경우에만 카운트하여 전체 처리횟수를 측정</td></tr>
<tr><td>시험평가 방법</td><td colspan="5">작업수행 종료시간이 평균작업오더갯수 x 3분 이내에 작업이 종료되어야 하며, 이때 회피전략 요청갯수에 대한 회피전략 수행 성공갯수의 비율이 100%를 만족하면 성공으로 판정</td></tr>
<tr><td colspan="6"> 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="6">트래픽관리기술의 트래픽 스케쥴링 처리율 평가
(총 평가 시간 : 340분)</th></tr>
<tr><td>평가
준비시간</td><td>5분</td><td>시뮬레이션시간</td><td>300분
(작업오더
100개 기준)</td><td>평가
판정시간</td><td>5분</td></tr>
<tr><td>시험평가 시 시설 및 장비</td><td colspan="5">컴퓨터 및 무인지게차 통제관리 시뮬레이터</td></tr>
<tr><td>시험평가 구성</td><td colspan="5">우측에서와 같이 스케쥴전략 처리한 경우에만 카운트하여 전체 처리횟수를 측정</td></tr>
<tr><td>시험평가 방법</td><td colspan="5">작업수행 종료시간이 평균작업오더갯수 x 3분 이내에 작업이 종료되어야 하며, 이때 스케쥴전략 요청갯수에 대한 스케쥴전략 수행 성공갯수의 비율이 100%를 만족하면 성공으로 판정</td></tr>
<tr><td colspan="6"> 
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="2">배터리 교환시간 평가(총 평가 시간 : 40분)</th></tr>
<tr><td>실험평가 기준</td><td>무인지게차의 1개 배터리의 교환 작업 시간 측정</td></tr>
<tr><td>시험평가 시 시설 및 장비</td><td>무인지게차 또는 차량과 동일 사양의 배터리 랙, 타이머</td></tr>
<tr><td>시험평가 구성</td><td>무인지게차 또는 차량과 동일한 사양의 수동 배터리 랙을 아래 그림과 같이 위치하고 배터리 교환 시스템에서 배터리 교환 작업을 수행하여 교환 작업 시간을 측정</td></tr>
<tr><td>시험평가 방법</td><td>① 배터리 교환 작업을 그림과 같이 준비
② 1개의 배터리를 배터리 랙 → 충전 랙, 충전 랙 → 배터리 랙으로 이동
③ 배터리 랙과 충전랙 1, 2, 3번의 작업 시간을 측정하여 작업 평균 시간 산출</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
</table>

통합형 차량제어시스템의 최대관리대수 평가 (총 평가 시간 : 100분)	
실험평가 기준	실제 차량과 데모차량을 혼용하여 운행하며 시뮬레이션 화면을 통해 차량의 최대 운영대수를 산정
시험평가 시 시설 및 장비	무인지게차, 무인지게차 운용에 필요한 각종 시스템(프로그램)
시험평가 구성	실제 맵과 가상 확장 맵에서 무인지게차의 시험 운영을 수행함
시험평가 방법	위 구성 환경에서 차량 운행을 10분 정도 시험 운영하고, 육안으로 확인
실제 맵 가상 확장 맵	

통합형 차량제어시스템의 모니터링 채널 갯수 평가	
실험평가 기준	무인지게차의 시험 운영 환경에서 다수의 모니터링 시스템의 사용 대수를 산정
시험평가 시 시설 및 장비	무인지게차 및 운영에 필요한 시스템(컴퓨터), 다수의 컴퓨터
시험평가 구성	각 모니터링 채널을 통해 시험 운영 환경을 모니터링 할 수 있도록 함.
시험평가 방법	시험 운영 환경에서 네트워크를 임으로 단락하거나 연결하여 모니터링 시스템이 자동 회복되는 과정을 육안으로 확인
	

○ 시험평가에 대한 시험성적서

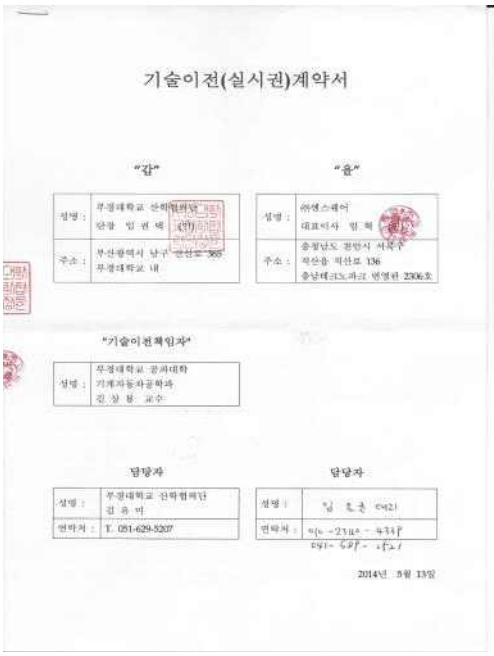


시 험 성 적 서

한국산업기술시험원장

[도표 3.163]시험평가 인증서

○ 기술이전계약



기술이전(실시권)계약서



기술이전 계약서(저작권)

[도표 3164] 기술이전 계약서(부경대, 엔스퀘어)[도표 3165] 기술이전계약서(해양대, 엔스퀘어)

○ 기술 사업화 자료

(천원)

제품명	납품처	납품일시	연구개발과제 관련 기술명 및 적용율	전체 매출액 (천원)	연구개발 관련 매출액
AGV 무궤도 전동 대차 (60TON, 2EA)	㈜오토엔	2013년 12월	주행 구동부 설계기술 개발	420,000	84,000
AGV 무궤도 전동 대차(60TON)					
AGV FOR COIL(35TON)	주식회사유니빅	2013년 3월	주행 구동부 설계기술 개발	337,500	67,500
AGV FOR COIL(35TON)					

중량물 이송용 LGV	삼성전자 광주 금형센터	2013년 7월	차량 제어 기술 - 10%	64,000	6,400
중량물 이송용 LGV					
AGV(10TON)	삼성전자㈜	2014년 1월	주행 구동부 설계기술 개발	187,000	37,400
AGV (10TON)					
중량물 이송용 LGV	삼성전자 구미 CMF	2013년 12월	차량 제어 기술 - 10%	70,000	7,000
중량물 이송용 LGV					

[도표 3.166]기술 사업화 현황

2. 다층형 화물이송시스템

가. 테스트 베드 설치 운영

(1) 외관구성(2013년 9월 ~ 2013년 10월)

(가) 바닥공사

	- 보우시스템 경기도 광주 제2공장에 수직이송장치의 체인이 놓여질 장소를 위해 바닥을 파는 공사 실행

(나) 철골 구조물 공사

	- 바닥 공사후 다층형 화물이송시스템 철골 프레임 설치

(다) B/T 비상계단 설치

	- 수직이송시스템에서 기계 및 화물의 상태를 확인하기 위한 비상계단 설치

(라) 페인트 칠 공사

	- 부식과 색감을 위한 페인트 칠 공사

(2) 수직컨베이어 설치(2013년 10월 ~ 2013년 11월)

(가) 틸팅 포크 설치

		- 각 층별 틸팅 포크 설치

(나) 메인기어 설치

 	- 수직이송장치의 위쪽과 아래쪽의 메인기어 설치

(다) 메인모터 및 체인 설치

 	- 수직이송장치 상단에 메인모터 설치

(라) 파렛트 캐리어 설치

 	- 전체 4개의 파렛트 캐리어 설치

(3) 수평이송부 설치

(가) 가변형 버퍼 설치

 	- 가변형 버퍼 수평컨베이어 부분 및 디버터 컨베이어, 게이트 컨베이어 설치

(나) 볼륨체커 및 수평컨베이어 설치

 	- 볼륨체커 1, 2 라인 및 로드셀 설치 - 수평 컨베이어 설치

(4) 센서/배선/판넬 설치

   	- 틸팅 포크 센서 설치 - 판넬 설치 작업 - 모터 배선 및 배선 정리 작업

(5) 운영테스트 및 검사

- 공인기관(한국선급엔지니어링)으로부터 검사 및 성능검증

검사부분	내용
기계부분	- 구조검토: 구조안전성, 화물이송안전성, 내구성 - 설계검토: 품질 신뢰성 확보, 사용자의 의도 도면 반영 및 기능 수행 여부, 전기 구성품 적정성 여부 - 제작검사: 자재검사, 취부검사, 용접검사, 치수검사, 도장검사, 구매품검사 - 조립검사: 동력전달 축 및 체인조립, 접지시공, 전기장치 접속부 결선검사 - 설치검사: 수직, 수평도 검사, 치수검사, 운전시 간섭여부, 부속장치의 설치상태 검사 - 시운전 검사: 무부하 시운전, 부하 시운전, 안전장치 시운전
전기부분	- 설계검토, 전장품검사(Control Panel), 조립검사 - 모니터링 시스템 검사, 시운전검사

[도표 3.167] 검사내용 개요

검사항목		검사 내용	검사결과
진동측정		  - 모터 및 감속기 진동 확인	모터(등급 A, 양호) - V: 0.4 mm/sec - H: 0.4 mm/sec - A: 0.5 mm/sec 감속기(등급 A, 양호) - V: 0.1 mm/sec - H: 0.2 mm/sec - A: 0.1 mm/sec
소음측정		  - 수평컨베이어 및 수직컨베이어 소음측정	수평컨베이어: 63dB(양호) 수직컨베이어(양호) - Top: 68dB - Middle: 67dB - Bottom: 67dB
속도측정		  - 수평컨베이어 및 수직컨베이어 속도측정	수직컨베이어: 18m/min 수평컨베이어 - 파렛트: 18m/min - 박스: 60m/min
비파괴검사	자분탐상검사	  - Structure 하부-구동부 반대측 - Structure 하부-구동부측 - Structure 상부-구동부 반대측 - Pallet-구동부측	Structure 구동부: 합격 Pallet 구동부측 - 하부 : 불합격
	초음파탐상검사	  - 상·하부Sprocket	Sprocket 검사(4개소) : 결함 없음

[도표 3.168] 세부 검사내용

제 4 장 연구목표 달성 및 효과

제1절 연구개발 최종목표 달성도

제2절 연구개발 성과의 효과분석

제4장 연구목표 달성 및 효과

제1절 연구개발 최종목표 달성도

1. 고단적재 무인지게차 시스템

가. 양적 성과

(1) 유형적 성과
유 형 : 시제품 구 분 : 이중적재 무인지게차용 삼방향 포크 5건 소유권자 : 한성웰텍(주) 내 용 : 1차년도(1톤), 2차년도(1.25톤), 3차년도(1.5톤) 삼방향 포크 개발




유　　형 : 시제품
구　　분 : 이중적재 무인지게차용 지게차 5건
소유권자 : 한성웰텍(주)
내　　용 : 1차년도(2톤), 2차년도(2.5톤), 3차년도(3톤) 이중적재가 가능한 지게차



<1차년도 제작 차량>



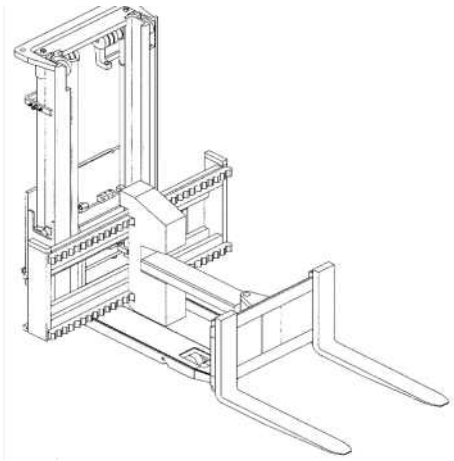
<2차년도 제작 차량>



<3차년도 제작 차량>

(2) 기술적 성과 - 디자인 출원/ 등록

구 분 : 디자인출원
출원일자 : 2012.08.31
발명명칭 : 지게차용 마스터 조립체
출원번호 : 30-2012-0042027
소유권자 : 한성웰텍(주)
내 용 : 파렛트 트럭형 이중적재 마스트부 디자인 출원

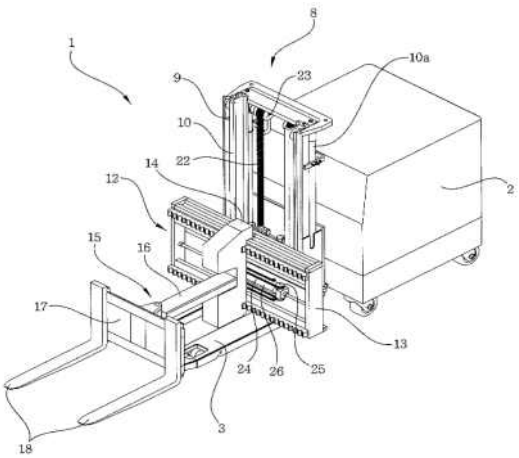




출원번호통지서

특 허 청 장

구 분 : 디자인출원
출원일자 : 2013.05.31
발명명칭 : 지게차용 마스트 조립체
출원번호 : 30-2013-0028520
소유권자 : 한성웰텍(주)
내 용 : 지게차용 마스터 조립체(하부개방형 파렛트 전용)



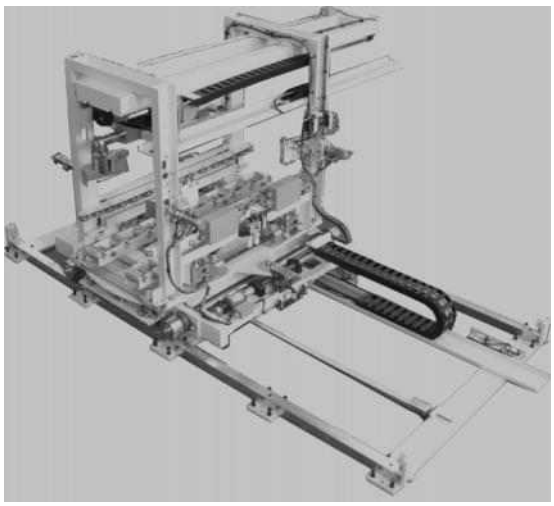


특 허 증

특 허 제 10-1355205 호

특허청장 김 영

구　　분 : 디자인출원
출원일자 : 2013.06.05
발명명칭 : 배터리 교환장치
출원번호 : 30-2013-0029484
소유권자 : (주)엔스퀘어
내　　용 : 배터리 자동교환장치의 디자인





특 허 청 장

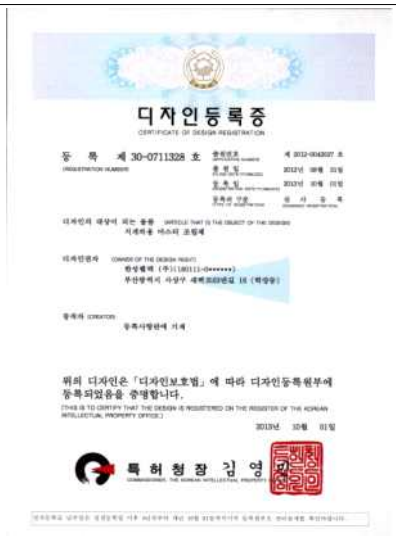
구　　분 : 디자인등록
등록일자 : 2013.09.30
발명명칭 : 지게차용 마스트 조립체
등록번호 : 30-0711104
소유권자 : 한성웰텍(주)
내　　용 : 지게차용 마스터 조립체(하부 개방형 파렛트 전용)



디자인등록증

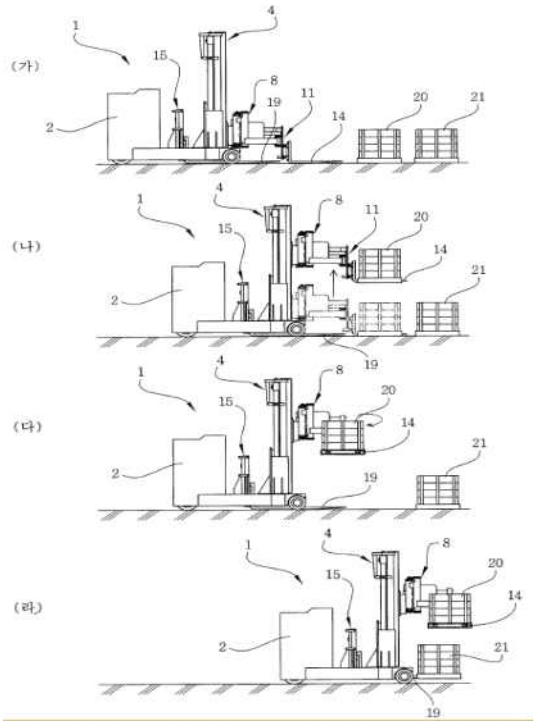
제 30-0711104 호

특허청장 김 영

구　　분 : 디자인등록 등록일자 : 2013.10.01 발명명칭 : 지게차용 마스터 조립체 등록번호 : 30-0711328 소유권자 : 한성웰텍(주) 내　　용 : 지게차용 마스터 조립체(저단 포크용)	

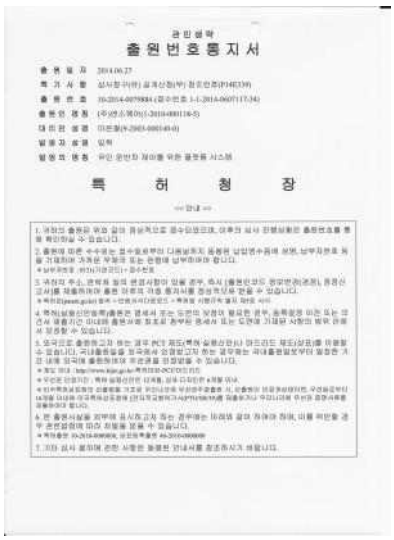
(2) 기술적 성과 - 특허 출원/ 등록

구　　분 : 특허출원
출원일자 : 2013.05.31
발명명칭 : 이중적재형 무인지게차
출원번호 : 10-2013-0062786
소유권자 : 한성웰텍(주)
내　　용 : 포크형 이중적재 차량 특허출원





구 분 : 특허출원 출원일자 : 2012.08.06 발명명칭 : 무인운반차량의 배터리 자동 교환장치 출원번호 : 10-2012-0085642 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 무인지게차의 배터리를 자동으로 교환하기 위한 장치	
구 분 : 특허출원 출원일자 : 2013.06.04 발명명칭 : 무인반송차량 내부제어시스템의 구조화 장치 출원번호 : 10-2013-0063972 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 무인반송차량이 차량이 운용되는 환경 및 요구조건에 적합하게 효율적으로 재구성될 수 있도록 차량의 내부제어 시스템을 구조화하는 장치	
구분 : 특허출원 출원일자 : 2013.06.04 발명명칭 : 무인반송차량 관리시스템 출원번호 : 10-2013-0063973 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 복수의 무인지게차를 운용할 경우 트래픽, 오더처리등의 제어를 위한 상위제어시스템	

구 분 : 특허출원 출원일자 : 2014.07.02 발명명칭 : 무인운반차 제어를 위한 작업명령 생성 시스템 출원번호 : 10-2014-0082401 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 복수의 무인지게차 운용에 필요한 오더할당 프로그램	 출원번호 10-2014-0082401 출원일자 2014.07.02 심사청구일자 없음 공개번호 10-2015-0003440 공개일자 2015.01.09 국제출원번호 없음 국제공개번호 없음 등록번호 10-1490581 등록일자 2015.02.02 발명의 명칭 무인 운반차 제어를 위한 작업 명령 생성 시스템 특 허 청 장
구 분 : 특허출원 출원일자 : 2013.8.19 발명명칭 : 레이저 스캐너를 이용한 위치인식 및 맵핑시스템(SLAM), 그리고 이를 이용한 위치인식 방법 출원번호 : 10-2013-0097992 소유권자 : 부경대학교 산학협력단 내 용 : 무인차량이 움직일 경우, 레이저 스캐너를 이용한 위치인식 및 맵핑시스템 그리고 이를 이용한 위치인식방법을 제공하기 위한 것임	 출원번호 10-2013-0097992 출원일자 2013.08.19 심사청구일자 없음 공개번호 10-2015-0020913 공개일자 2015.02.27 국제출원번호 없음 국제공개번호 없음 등록번호 10-1503169 등록일자 2015.03.11 발명의 명칭 레이저 스캐너를 이용한 위치인식 및 맵핑 시스템, 그리고 이를 이용한 위치인식 방법 특 허 청 장
구 분 : 특허출원 출원일자 : 2014.06.27 발명명칭 : 무인운반차 제어를 위한 플랫폼 시스템 출원번호 : 10-2014-0079884 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 무인지게차 제어를 위한 소프트웨어 플랫폼시스템에 관한 것으로서, 용도가 다른 AGV의 통합 제어가 가능한 플랫폼 시스템	 출원번호 10-2014-0079884 출원일자 2014.06.27 심사청구일자 없음 공개번호 10-2016-0002120 공개일자 2016.01.07 국제출원번호 없음 국제공개번호 없음 등록번호 10-1627649 등록일자 2016.06.01 발명의 명칭 무인 운반차 제어를 위한 플랫폼 시스템 특 허 청 장

구　　분 : 특허출원
출원일자 : 2014.02.18
발명명칭 : 무인운반차의 복합항법 주행 시스템
출원번호 : 10-2014-0018157
소유권자 : 한국해양대학교 산학협력단
내　　용 : 다양한 센서를 이용한 무인지게차의 복합 항법 시스템



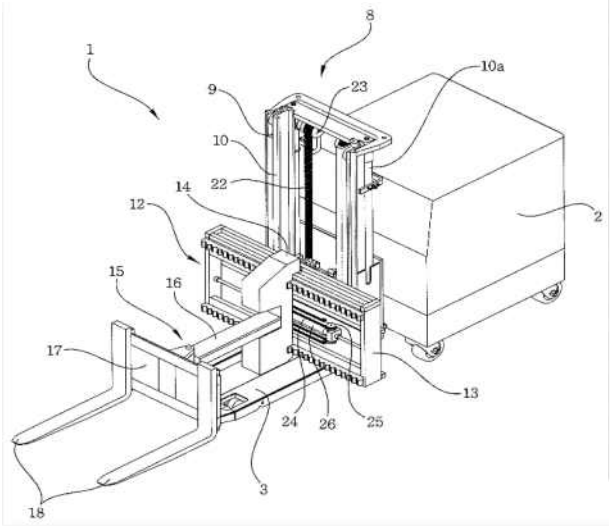
출원번호통지서

관리번호

출원번호통지서

특 허 청 장

구　　분 : 특허등록
등록일자 : 2014.01.17
발명명칭 : 이중적재형 무인지게차
등록번호 : 10-1355205
소유권자 : 한성웰텍(주)
내　　용 : 파렛트 트럭형 이중적재 차량 특허등록

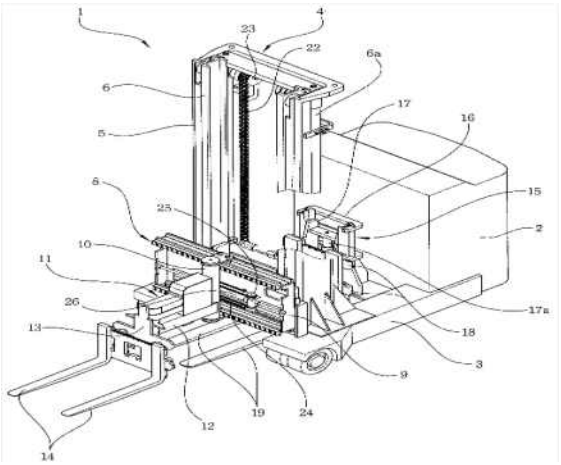


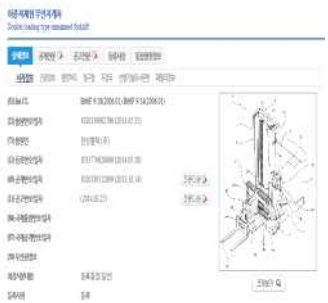


특 허 증

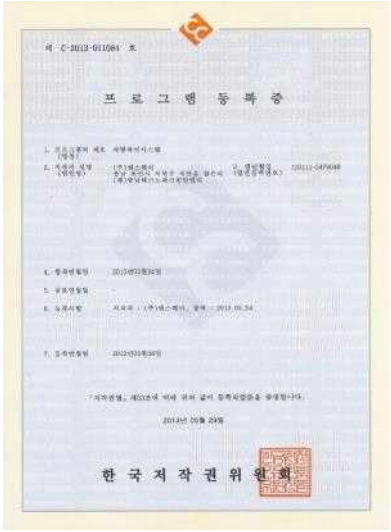
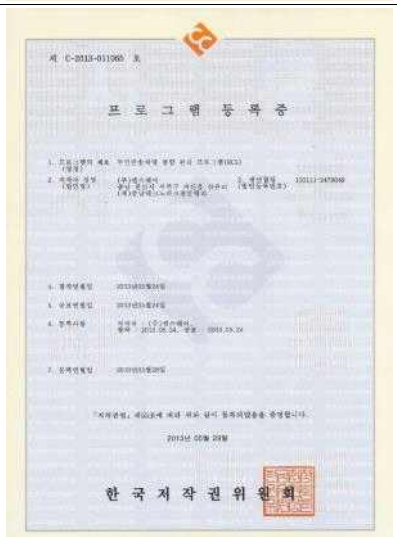
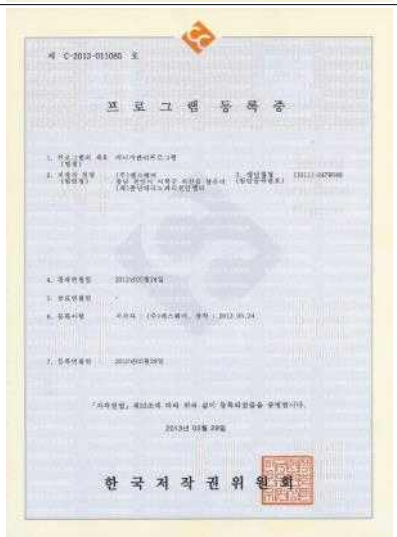


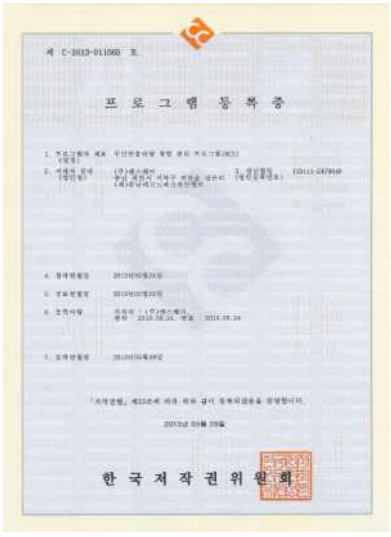
구　　분 : 특허등록
등록일자 : 2014.03.18
발명명칭 : 이중적재형 무인지게차
등록번호 : 10-1377662
소유권자 : 한성웰텍(주)
내　　용 : 이중적재형 무인지게차 특허 등록

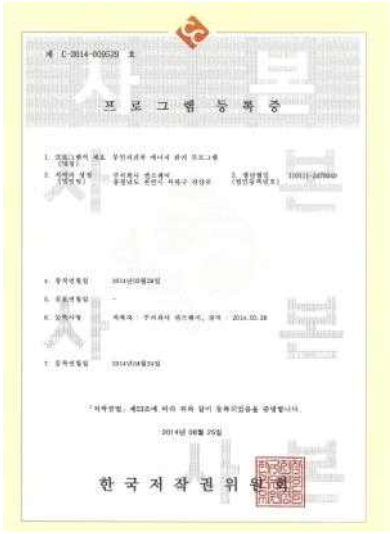




구 분 : 특허등록 등록일자 : 2014.04.08 발명명칭 : 무인운반차량의 배터리 자동 교환장치 등록번호 : 10-1385312 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 무인지게차의 배터리를 자동 교환하는 장치	

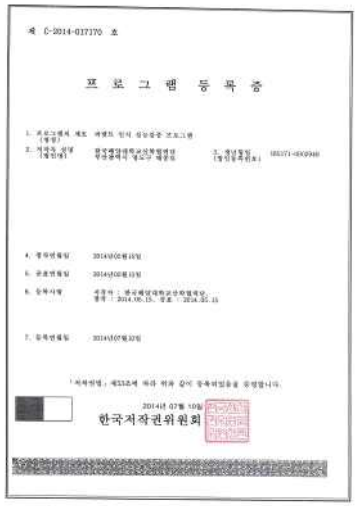
(2) 기술적 성과 - 소프트웨어 등록	
구 분 : 소프트웨어 등록 등록일자 : 2013.05.28 발명명칭 : 차량제어시스템 등록번호 : C-2013-011084 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 무인지게차의 내부제어를 위한 프로그램	
구 분 : 소프트웨어 등록 등록일자 : 2013.05.28 발명명칭 : 무인반송차량 통합 관리 프로그램(RCS) 등록번호 : C-2013-011065 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 복수의 무인지게차를 운용할 경우 트래픽, 오더처리등의 제어를 위한 상위제어 프로그램	
구 분 : 소프트웨어 등록 등록일자 : 2013.05.28 발명명칭 : 에너지관리프로그램 등록번호 : C-2013-011085 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 무인지게차의 효율적인 에너지 운용을 위한 프로그램	

구 분 : 소프트웨어 등록 등록일자 : 2013.05.28 발명명칭 : 차량제어시스템 등록번호 : 제 C-2013-001084 호 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 차량제어를 위한 기본 시스템 소프트웨어	
구 분 : 소프트웨어 등록 등록일자 : 2014.04.24 발명명칭 : 통합차량제어설정 프로그램 등록번호 : 제 C-2014-009531 호 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 차량제어 시스템에 원격으로 접속하여 사용자 정의 프로그램 편집, 모니터링, 로그 분석을 위한 차량제어용 추가 시스템 소프트웨어	
구 분 : 소프트웨어 등록 등록일자 : 2014.04.24 발명명칭 : 통합차량제어시스템 등록번호 : 제 C-2014-009532 호 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 차량제어를 위한 통합 시스템 소프트웨어, 차량제어시스템 보다 확장된 시스템으로, 랙인식, 고장진단 등의 타기관 소프트웨어 연동됨	

구 분 : 소프트웨어 등록 등록일자 : 2014.04.24 발명명칭 : 무인지게차 에너지 관리 프로그램 등록번호 : 제 C-2014-009529 호 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 무인지게차의 효율적인 에너지관리를 위한 프로그램	
구 분 : 소프트웨어 등록 등록일자 : 2014.04.24 발명명칭 : 통합관리 모니터링 프로그램 등록번호 : 제 C-2014-009530 호 소유권자 : (주)엔스퀘어 내 용 : 현장에서 무인지게차의 실시간 정보 및 운용현황을 모니터링 할 수 있는 프로그램	
구 분 : 소프트웨어 등록 등록일자 : 2014.02.26 발명명칭 : AGV 자율주행 및 장애물 회피 제어프로그램 (동시위치인식:SLAM) 등록번호 : 제C-2-14-004623호 소유권자 : SLAM기술의 위치인식방법을 이용하여 무인차량의 충돌회피하면서 목표점까지 자율주행하여 도달하게 하는 제어기술 프로그램임	

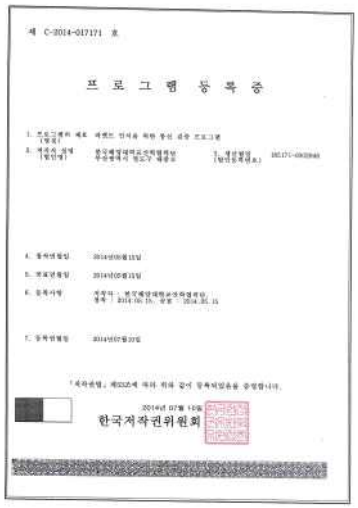
구　　분 : 소프트웨어 등록 등록일자 : 2014.02.26 발명명칭 : AGV 자율주행 및 장애물 회피 제어프로그램(고장/경고) 등록번호 : 제C-2-14-004624호 소유권자 : 국립 부경대학교 내　　용 : 무인차량의 요소들의 고장을 진단하여 고장시 알람하게 하는 소프트웨어임	
구　　분 : 소프트웨어 등록 등록일자 : 2014.04.24 발명명칭 : 통합차량제어시스템 등록번호 : 제 C-2013-012310호 소유권자 : 한국해양대학교 산학협력단 내　　용 : The program was developed for scheduling, routing and traffic control of an AGV system	
구　　분 : 소프트웨어 등록 등록일자 : 2014.05.30 발명명칭 : 트래픽 통제관리 프로그램 등록번호 : 제 C-2014-013120호 소유권자 : 한국해양대학교 산학협력단 내　　용 : 물류센터 내 무인차량 관리	

구　　분 : 시스템 소프트웨어 등록
등록일자 : 2014.05.15
발명명칭 : 차량제어시스템
등록번호 : 제 C-2014-017170 호
　　제 C-2014-017171 호
　　제 C-2014-017172 호
소유권자 : 한국해양대학교 산학협력단
내　　용 : 키넥트 센서를 이용한 파렛트 인식 프로그램, 파렛트 인식을 위한 통신 검증 프로그램, 파렛트 인식 성능 검증 프로그램으로 구성되어 있음


제 C-2014-017170 호

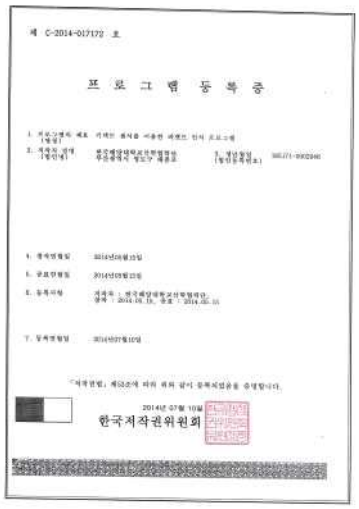
프 로 그 램 등 록 증

한국저작권위원회


제 C-2014-017171 호

프 로 그 램 등 록 증

한국저작권위원회


제 C-2014-017172 호

프 로 그 램 등 록 증

한국저작권위원회

(3) 학술적 성과

구 분 : 논문 발표
제 목 : AGV Trajectory Control Based on Laser Sensor Navigation
날 짜 : 2012.10
저 자 : Thanh Luan Bui, Soon-Sil Park, Hak-Kyeong Kim, and Sang-Bong Kim
논 문 지 : International Joint Conference on Advanced Engineering(IJCAE 2012)
내 용 : AGV가 완만한 곡선궤도를 추적하기 위한 추적제어기의 유효성을 검증함



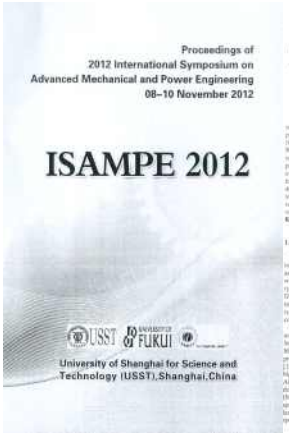
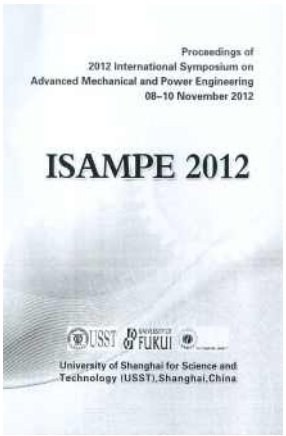


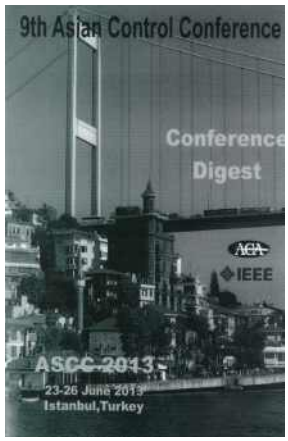
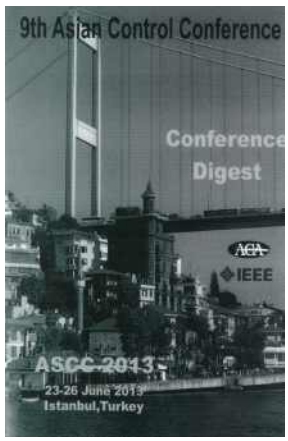
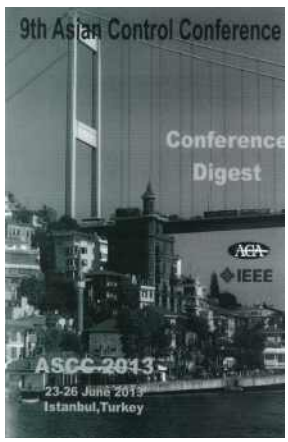
구 분 : 논문 발표
제 목 : Sensorless Vector Controller of AC Induction Motor Using Sliding-Mode Observer
날 짜 : 2012.10
저 자 : Phuc Thinh Doan, Sang-Kwun Jeong, Sea-June Oh and Sang-Bong Kim
논 문 지 : International Joint Conference on Advanced Engineering(IJCAE 2012)
내 용 : AC 인덕션모터의 센스리스 벡터제어기법을 제시하여, 제어기법의 유효성을 검증함





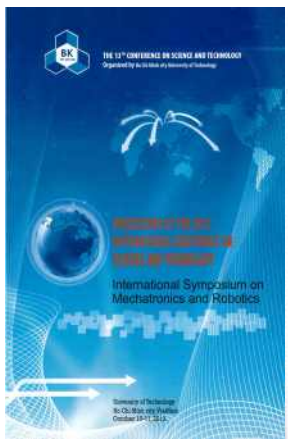
구 분 : 논문 발표 제 목 : Development of Navigation Control Algorithm for AGV Using D* Search Algorithm 날 짜 : 2012.10 저 자 : Jeong-Geun Kim, Sang-Kwun Jeong, Hak-Kyeong Kim, ang Sang-Bong Kim 논 문 지 : International Joint Conference on Advanced Engineering(IJCAE 2012) 내 용 : 산업 환경에서 움직이는 장애물에 AGV를 위한 주행제어 알고리즘을 제시, 제어 알고리즘의 유효성을 검증함	 
구 분 : 논문 발표 제 목 : Moving Object Tracking and Avoidence Algorithm for Differential Driving AGV Based on Laser Measurement Technology 날 짜 : 2012.10 저 자 : Pandu Sandi Pratama, Sang-Kwun Jeong, Soon-Sil Park and Sang-Bong Kim 논 문 지 : International Joint Conference on Advanced Engineering(IJCAE 2012) 내 용 : 차동 AGV 시스템을 위한 장애물위치를 추적하고 동적장애물을 회피하기 위한 알고리즘을 유효성을 검증함	 

구 분 : 논문 발표 제 목 : SLIDING-MODE OBSERVER DESIGN FOR SENSORLESS VECTOR CONTROL METHOD IN AC INDUCTION MOTOR 날 짜 : 2012.11 저 자 : Phuc Thinh Doan (PKNU); Sang Kwun Jeong, Sea June Oh, Sang Bong Kim 논 문 지 : Proceedings of 2012 International Symposium on Advanced Mechanical and Power Engineering(ISAMPE 2012) 내 용 : AC 인덕션모터의 센스리스 벡터제어기법을 제시, 제어기법의 유효성을 검증함	 
구 분 : 논문 발표 제 목 : TRAJECTORY TRACKING CONTROL OF A LASER SENSOR-BASED AGV 날 짜 : 2012.11 저 자 : Thanh Luan Bui (PKNU); PHUC THinh Doan, Soon Sil Park, Hak Kyeong Kin, Sang Bong Kim 논 문 지 : Proceedings of 2012 International Symposium on Advanced Mechanical and Power Engineering(ISAMPE 2012) 내 용 : 이륜AGV의 완만한 곡선 추적을 위한 추적제어기 유효성을 검증함	 

구 분 : 논문 발표 제 목 : Control of Omini-Directional Mobile Vehicle for Obstacle Avoidance Using Potential Function Method 날 짜 : 2013.06.23.-26 저 자 : Giang Hoang, Hak Kyeong Kim, Sang Bong Kim 논 문 지 : The 9 th Asian Control Conference (ASCC 2013) 내 용 : 계획된 경로를 추적하기 위한 4륜구동 AGV의 추적제어기를 제시하고, 유효성을 검증함	 
구 분 : 논문 발표 제 목 : Sliding-mode Observer Design for Sensorless Vector Control of AC Induction Motor 날 짜 : 2013.06.23.-26 저 자 : Phuc Thinh Doan, Thanh Luan Bui, Hak Kyeong Kim, Sang Bong Kim 논 문 지 : The 9 th Asian Control Conference (ASCC 2013) 내 용 : 슬라이딩모드 관측기를 제시하고 시뮬레이션과 .1.5 인덕션모터를 사용한 실험결과로서 제시된 관측기의 유효성을 검증함	 
구 분 : 논문 발표 제 목 : Trajectory Tracking Controller Design for AGV Using Laser Sensor 날 짜 : 2013.06.23.-26 저 자 : Thanh Luan Bui, PHUC Thinh Doan, Soon Sil Park, Hak Kyeong Kim, Sang Bong Kim 논 문 지 : The 9 th Asian Control Conference (ASCC 2013)	 

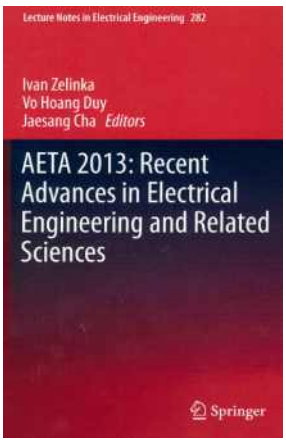
내　　용 : AGV가 완만한 곡선 궤도를 추적하기 위한 추적제어기를 제시, 제어기의 유효성을 검증함	
구　　분 : 논문 발표 제　　목 : Modeling and Control System Design of Four Wheel Independent Steering Automatic Guided Vehicle Based on Optimal Control Method 날　　짜 : 2013.10.17.-18 저　　자 : Yuhanes Dedy Setiawan, Pandu Sandi Pratama, Hak-Kyeong Kim, Sang-Bong Kim 논 문 지 : 한국물류과학기술학회 추계 학술 대회 내　　용 : 4륜구동독립조정 무인 차량의 모델링을 제시,제시된 제어기의 유효성을 검증함	 
구　　분 : 논문 발표 제　　목 : Obstacle Avoidance Control of Omni-directional Robot Using Potential Function Method 날　　짜 : 2013.10.17.-18 저　　자 : Giang Hoang, Sang Kwun Jeong, Hak Kyeong Kim, Sang Bong Kim 논 문 지 : 한국물류과학기술학회 추계 학술 대회(KLST 2013) 내　　용 : 장애물회피를 위한 전방향 AGV의 운동학적 추적제어기와 동력학적 추적제어기를 제안, 제어기법의 유효성을 검증함	 

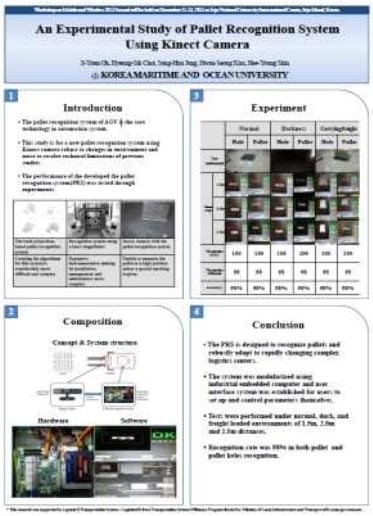
구 분 : 논문 발표 제 목 : Tracking Controller of Automatic Guided Vehicles Based on Laser Sensor 날 짜 : 2013.10.17.-18 저 자 : Thanh Luan Bui, Hak-Kyeong Kim, Sang-Bong Kim 논 문 지 : 한국물류과학기술학회 추계 학술 대회(KLST 2013) 내 용 : AGV의 목표궤도를 추적하는 추적제어기를 제시, 제어기의 유효성을 검증함	
구 분 : 논문 발표 제 목 : Trajectory Tracking of Automatic Guided Vehicle Based on Simultaneous Localization and Mapping Method 날 짜 : 2013.10.17.-18 저 자 : Pandu Sandi Pratama, Thanh Luan Bui, Jeong-Geun Kim, Hak-Kyeong Kim, Sang-Bong Kim 논 문 지 : 한국물류과학기술학회 추계 학술 대회(KLST 2013) 내 용 : 차동AGV의 궤도 추적을 위한 제어기를 제시, 유효성을 검증함	
구 분 : 논문 발표 제 목 : Path Following Control of Automated Guide Vehicle Using Camera Sensor 날 짜 : 2013.10.17.-18 저 자 : Phuc Thinh Doan, Thanh Luan Bui, Van Tu Duong, Hak-Kyeong Kim 논 문 지 : 한국물류과학기술학회 추계 학술 대회(KLST 2013) 내 용 : AGV의 경로추적을 Fuzzy logic기법에 근거한 제어기를 제시하고 제어된	

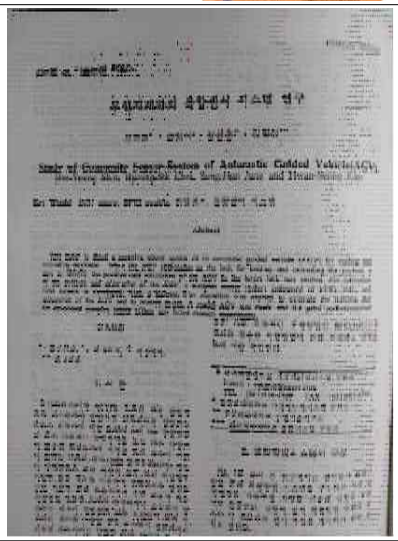
제어기의 유효성을 시뮬레이션과 실험으로 검증함	
구 분 : 논문 발표 제 목 : CONTROL SYSTEM DESIGN OF FOUR WHEELED INDEPENDENT STEERING AUTOMATIC GUIDED VEHICLES BASED ON BACKSTEPPING CONTROL METHOD 날 짜 : 2013.11.11.-13 저 자 : Yuhanes Dedy Setiawan, Pandu Sandi Pratama, Woo Young Jeong, Hak Kyeong Kim and Sang-Bong Kim 논 문 지 : The 2013 International Symposium on Advanced Engineering (ISAE 2013) 내 용 : 4륜구동독립조정 무인 차의 모델링을 제시, 유효성을 검증함	 
구 분 : 논문 발표 제 목 : Sliding-mode Observer Design for Sensorless Vector Control of AC Induction Motor 날 짜 : 2013.12.10-11 저 자 : Phuc Thinh Doan, Viet Tuan Dinh, Hak-Kyeong Kim, Sang Kwun Jeong and Sang-Bong Kim 논 문 지 : Proceedings of the 2013 International Symposium on Mechtronics and Robotics 내 용 : 인덕션모터의 모델링를 제시, 제안된 기법의 유효성을 증명함	 

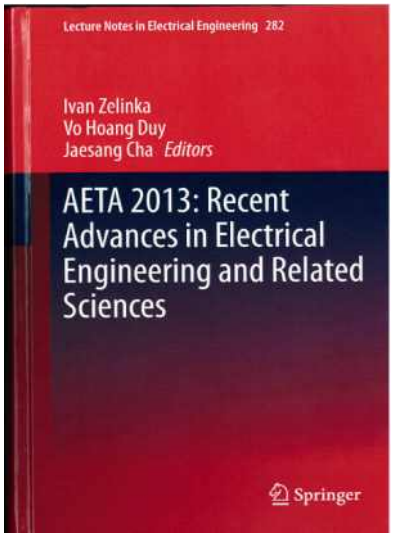
구 분 : 논문 발표 제 목 : Experimental Comparison of A* and D* Lite Path Planning Algorithms for Differential Drive Automated Guided Vehicle 날 짜 : 2013.12.11.-13 저 자 : Yuhanes Dedy Setiawan, Pandu Sandi Pratama, Sang Kwon Jeong, Vo Hoang Duy and Sang-Bong Kim 논 문 지 : International Conference on Advanced Engineering Technology and Applications 2013(AETA 2013) 내 용 : AGV의 경로계획을 위해 A* 알고리즘과 D* Lite알고리즘을 비교설명하고 시뮬레이션과 실험 결과를 제시함	
구 분 : 논문 발표 제 목 : Adaptive Motion Controller Design for an Omnidirectional AGV Based on Laser Sensor 날 짜 : 2013.12.11.-13 저 자 : Thanh Luan Bui, Phuc Thinh Doan, Hak-Kyeong Kim, Van Giap Nguyen and Sang-Bong Kim 논 문 지 : International Conference on Advanced Engineering Technology and Applications 2013(AETA 2013) 내 용 : 전방향 구동 AGV의 동역학적 모델링을 제시, 제안된 제어기의 유효성을 보임	

구 분 : 논문 발표 제 목 : Trajectory Tracking Algorithm for Automated Guided Vehicle Based on Adaptive Backstepping Control Method 날 짜 : 2013.12.11.-13 저 자 : Pandu Sandi Pratama, Bui Thanh Luan, Thinh Phuc Doan, Hak-Kyeong Kim and Sang-Bong Kim 논 문 지 : International Conference on Advanced Engineering Technology and Applications 2013(AETA 2013) 내 용 : AGV의 궤도추적을 위한 적응제어알고리즘을 제안, 제안된 제어알고리즘의 유효성을 검증함	
구 분 : 논문 발표 제 목 : Rotor Speed Estimation Based on Extended Kalman Filter for Sensorless Vector Control of Induction Motor 날 짜 : 2013.12.11.-13 저 자 : Phuc Thinh Doan, Thanh Luan Bui, Hak-Kyeong Kim, Gi Sig Byun and Sang-Bong Kim 논 문 지 : International Conference on Advanced Engineering Technology and Applications 2013(AETA 2013) 내 용 : 인덕션모터의 모델링를 제시, 제안된 기법의 유효성을 증명함	

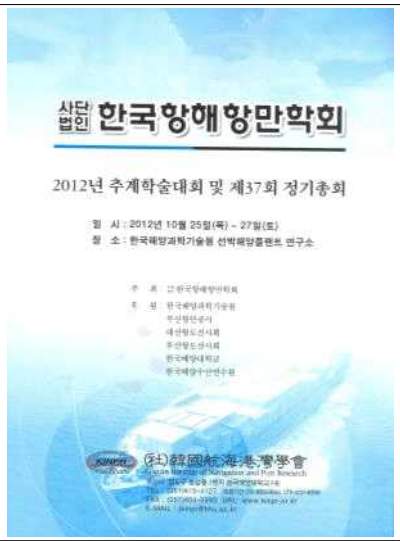
구 분 : 논문 발표 제 목 : Adaptive Sliding Mode Control Method for Path Tracking of Omnidirectional Automated Guided Vehicles Based on Laser Sensor 날 짜 : 2014.06.10.-11 저 자 : Thanh Luan Bui, Phuc Thinh Doan, 정상권, 김학경, 김상봉 논 문 지 : 한국물류과학기술학회 춘계학술대회(KLST 2014W) 내 용 : 전방향 AGV의 목표궤도를 추적하기 위한 적응 슬라이딩 모드제어기를 제시, 제어기의 유효성을 검증함	
구 분 : 논문 발표 제 목 : Rotor Speed Estimation Based on Extended Kalman Filter for Sensorless Vector Control of Induction Motor 날 짜 : 2013.12.11.-13 저 자 : Phuc Thinh Doan, Thanh Luan Bui, Hak-Kyeong Kim, Gi Sig Byun and Sang-Bong Kim 논 문 지 : Lecture Notes in Electrical Engineering 282: Recent Advances in Electrical Engineering and Related Sciences, Vietnam, pp. 477-486 내 용 : 인덕션모터의 모델링를 제시하고 제안된 기법의 유효성을 증명함	 

구 분 : 논문 발표 제 목 : 지능형 물류센터 구축을 위한 무인지게차 기술 연구 저 자 : 최형식, 정성훈, 김환성, 신희영 발 표 지 : 2012 한국모바일학회 추계학술대회 내 용 : 물류산업의 동향을 파악하고 기존 기술의 한계를 해결하기 위한 무인지게차 인식 시스템 제안	2012년도 한국모바일학회 추계학술대회 (2012.11.09.) 지능형 물류센터 구축을 위한 무인지게차 기술 연구 A study of unmanned forklift technology for building Intelligent Logistics Center 정성훈*, 김환성**, 최형식***, 신희영*** *SungHun Jung, **HwanSeong Kim, ***HyungSik Choi, ***HeeYoung Shin * 한국해양대학교 산업기술연구소 ** 한국해양대학교 물류시스템공학과 *** 한국해양대학교 기계에너지시스템공학부
구 분 : 논문 발표 제 목 : An Elemental Study of Pallet Recognition System Using Kinect Camera 저 자 : 최형식, 정성훈, 김환성, 신희영, 오지윤 발 표 자: 2013 Mobile and Wireless International Workshop 우수논문상 수상 내 용 : 키넥트 센서를 이용한 파렛트 인식 시스템의 제안 및 실험 연구	
구 분 : 논문 발표 제 목 : 고단적재 무인지게차의 센서 융합 인식 기술 저 자 : 최형식, 정성훈, 김환성, 오지윤 발 표 지 : 2013 한국모바일학회 추계학술대회 내 용 : 무인지게차의 키넥트 센서 융합 인식기술의 제안 및 실험	Proceedings of SMT, DEC. 2013 고단적재 무인지게차의 센서융합 인식기술 (Sensor Fusion Recognition Technology of the High Stacking Unmanned Forklift) 2013. 12. 13. 오지윤, 정성훈, 최형식, 김환성 Ji-Youn Oh, Sung-Hun Jung, Hyeung-Sik Choi, Hwan-Seong Kim pellicmeriz@naver.com, director@kmou.ac.kr, hchoi@kmou.ac.kr, hskim@kmou.ac.kr 한국해양대학교

구 분 : 논문 발표 제 목 : 키넥트 센서를 이용한 파렛트 인식 시스템 개발 저 자 : 최형식, 정성훈, 김환성, 오지윤, 이상섭 발 표 지 : 2014 대한기계학회 부산지회 춘계 학술대회 내 용 : 키넥트 센서를 이용한 파렛트 인식 시스템의 실험 연구	
구 분 : 논문 발표 제 목 : 무인지게차의 복합 센서 시스템 연구 저 자 : 최형식, 정성훈, 김환성, 신희영 발 표 자 : 2013 대한기계학회 부산지회 추계 학술대회 내 용 : 무인지게차의 센서 융합 복합 항법 연구	
구 분 : 논문 발표 제 목 : Evolutionary optimization of the double-cycle storage and retrieval problem in warehouses 저 자 : Tran Xuan Thuong, Tran Thanh Do, 김환성 학술회명 : International conference on Industrial Systems Engineering & Logistics 내 용 : This paper presented Genetic Algorithm for solving the double-cycle storage and retrieval problem (DCSRP) in warehouse material handling	

구 분 : 논문 발표 제 목 : Optimizing Transportation Sequence in Warehouse with Genetic Algorithms 저 자 : Tran Xuan Thuong, Tran Thanh Do, 김환성 학술회명 : AETA 2013: Recent Advances in Electrical Engineering and Related Sciences 내 용 : This paper aims to find the suitable operators equiqqed with Genetic Algorithm for solving DCSRP in warehouse	
구 분 : 논문 발표 제 목 : Comparison between Waiting Strategy and Rerouting Strategy in Traffic Prediction and Avoidance for AGV Systems 저 자 : Tran Xuan Thuong, 김환성 학술회명 : Asia Navigation Conference - ANC 2013 내 용 : This paper proposed the algorithm for scheduling and traffic control of AGV system by using waiting strategy and rerouting strategy in traffic control	

구 분 : 논문 발표 제 목 : Local Search for Sequencing of Storage and Retrieval Requests in Multi-Shuttle Automated Storage and Retrieval Systems 저 자 : Tran Xuan Thuong, Tran Thanh Do, 김환성 학술회명 : IAENG International Conference on Operations Research (ICOR'14) 내 용 : This paper addressed the sequencing problem of Automated Storage and Retrival System (ASRS) and proposed various Local Search algorithms for solving the problem	
구 분 : 논문 발표 제 목 : Dynamics Modeling and Inventory Control for SCM 저 자 : Tran Xuan Thuong, 김환성 학술회명 : Asia Navigation Conference - ANC 2012 내 용 : This paper presented the dynamic model of supply chain and optimal control policies for the model	

구　　분 : 논문 발표 제　　목 : Dual Fork형 무인지게차의 동적 경로할당에 관한 연구 저　　자 : Tran Xuan Thuong, 김환성, 최형식 학술회명 : 한국항해항만학회 추계학술대회 내　　용 : This paper presented the dynamic modeling and simulation of forklift-AGV with dual-fork	
구　　분 : 논문 발표 제　　목 : Dual Fork형 지게차의 안정성에 관한 연구 저　　자 : Tran Xuan Thuong, 김환성 학술회명 : 한국항해항만학회 추계학술대회 내　　용 : This paper presented a stable model of forklift-AGV with dual-fork	
구　　분 : 논문 게재 제　　목 : AGV Trajectory Control Based on Laser Sensor Navigation 날　　짜 : 2013.1 저　　자 : Thanh Luan Bui, Phuc Thinh Doan, Soon-Sil Park, Hak-Kyeong Kim, and Sang-Bong Kim 논 문 지 : International Journal of Sci. and Eng., Vol. 4(1), pp.39-43, Jan. 2013. 내　　용 : AGV가 완만한 곡선궤도를 추적하기 위한 추적제어기를 제시, 제어기의 유효성을 검증함	

구 분 : 논문 게재 제 목 : Sensorless Vector Controller of AC Induction Motor Using Sliding-Mode Observer 날 짜 : 2013.4 저 자 : Phuc Thinh Doan, Tan Tien Nguyen, Sang-Kwun Jeong, Sea-June Oh and Sang-Bong Kim 논 문 지 : International Journal of Sci. and Eng., Vol. 49(2), pp.39-43, Jan. 2013. 내 용 : AC 인덕션모터의 센스리스 벡터제어기법을 제시, 제어기법의 유효성을 검증함	 Sensorless Vector Control of AC Induction Motor Using Sliding-Mode Observer
구 분 : 논문 게재 제 목 : Development of Navigation Control Algorithm for AGV Using D* Search Algorithm 날 짜 : 2013.4 저 자 : Jeong-Geun Kim, Dae Hwan Kim, Sang-Kwun Jeong, Hak-Kyeong Kim, and Sang-Bong Kim 논 문 지 : International Journal of Sci. and Eng., Vol. (2), pp.34-38, Apr. 2013. 내 용 : AGV를 위한 주행제어 알고리즘을 제시, 제안된 제어 알고리즘의 유효성을 검증함	 Development of Navigation Control Algorithm for AGV Using D* search Algorithm

구 분 : 논문 게재 제 목 : Moving Object Tracking and Avoidence Algorithm for Differential Driving AGV Based on Laser Measurement Technology 날 짜 : 2013.1 저 자 : Pandu Sandi Pratama, Sang-Kwun Jeong, Soon-Sil Park and Sang-Bong Kim 논 문 지 : International Journal of Sci. and Eng., Vol. 4(1), pp.11-15, Jan. 2013 내 용 : 차동 AGV 시스템을 위한 장애물위치를 추적하고 동적장애물을 회피하기 위한 알고리즘을 제시, 제안된 알고리즘의 유효성을 검증함	 Moving Object Tracking and Avoidance Algorithm for Differential Driving AGV Based on Laser Measurement Technology
구 분 : 논문 게재 제 목 : Experimental Comparison of A* and D* Lite Path Planning Algorithms for Differential Drive Automated Guided Vehicle 날 짜 : 2013.12.11.-13 저 자 : Yuhanes Dedy Setiawan, Pandu Sandi Pratama, Sang Kwon Jeong, Vo Hoang Duy and Sang-Bong Kim 논 문 지 : Lecture Notes in Electrical Engineering 282: Recent Advances in Electrical Engineering and Related Sciences, Vietnam, pp. 555-564, 내 용 : AGV의 경로계획을 위해 A* 알고리즘과 D* Lite알고리즘을 비교설명하고 시뮬레이션과 실험 결과를 제시함	 **Experimental Comparison of A* and D* Lite Path Planning Algorithms for Differential Drive Automated Guided Vehicle** Yuhanes Dedy Setiawan[1], Pandu Sandi Pratama[1], Sang Kwon Jeong[2], Vo Hoang Duy[3], and Sang Bong Kim[1] **Abstract.** Nowadays there are some path planning algorithms for mobile robot which have been documented and explained individually in detail such as A*, LPA*, D* and D* Lite. However, there is still a lack of a comparative analysis of these algorithms. Therefore, in this paper a research of comparing A* and D* Lite algorithm for AGV's path planning is conducted by using simulation and experiment. The goal is to compare the characteristic of each algorithm when they are applied in a real differential drive AGV and give the reader a guide in choosing algorithms for their own planning domains. The emphasis of this comparison is on the computation time of generating trajectory and the distance of the generated trajectory. The simulation and experimental results show that generally D* Lite can plan the shorter path with faster computation time than A*. However, there are some cases when D* Lite is less effective than A*. It means which of the algorithms should be chosen depends on the requirement of the system. **Keywords:** Autonomous Guided Vehicle, Path Planning, D* Lite, A* algorithm. **1 Introduction**

구 분 : 논문 게재 제 목 : Adaptive Motion Controller Design for an Omnidirectional AGV Based on Laser Sensor 날 짜 : 2013.12.11.-13 저 자 : Thanh Luan Bui, Phuc Thinh Doan, Hak-Kyeong Kim, Van Giap Nguyen and Sang-Bong Kim 논 문 지 : Lecture Notes in Electrical Engineering 282: Recent Advances in Electrical Engineering and Related Sciences, Vietnam, pp. 509-524 내 용: 전방향 구동 AGV의 동역학적 모델링을 제시, 제안된 제어기의 유효성을 보임	**Adaptive Motion Controller Design for an Omnidirectional AGV Based on Laser Sensor** Thanh Luan Bui[1], Phuc Thinh Doan[1], Hak Kyeong Kim[1], Van Giap Nguyen[2], and Sang Bong Kim[1]* [1] Department of Mechanical and Automotive Eng., College of Eng., Pukyong National University, Busan, Korea [2] Faculty of Mechanical Engineering, Hochiminh City University of Technology, Hochiminh, Vietnam kimsb@pknu.ac.kr **Abstract.** Automatic Guided Vehicles (AGVs) are used in many factories. This paper proposes an adaptive tracking controller of omnidirectional AGV (OAGV) with the constant unknown mass and the uncertain bounded friction and slip force vector exerted on the driving wheels. The OAGV consists of 3 wheels with three omnidirectional wheels are equally spaced 120° from one another. The controller based on the dynamic modeling is designed based on Lyapunov stability theory to stabilize the OAGV to follow a sharp edge trajectory and OAGV doesn't change heading direction during movement. A laser sensor device NAV200 is used to detect the OAGV position in door environment in real-time. The simulation and experiment results are presented to demonstrate the effectiveness of the proposed controller. **Keywords:** AGV, omnidirectional wheels, 3 wheels, NAV200, adaptive control. **1 Introduction** Nowadays, the handling of materials and parts through AGVs is of increasing importance in the automation. Many factories have adopted it into assembly line or production line such as automobile, food processing, wood working, automated delivery of medications in hospital and other factories. AGV has attracted the attention to many researchers as well as manufacturers [1]-[12]. Saha, S.K. et al. [1] introduced structural properties and classification of kinematic isotropic rolling robots with omnidirectional wheels. However, they introduced kinematic isotropy as a design criterion in the realm of mobile robots. Nagy et al. [2] proposed an innovative method generating near optimal trajectories for an omnidirectional mobile robot in path planning. Williams, R. L. [3] derived a dynamic modeling of an omnidirectional robot with slip between the omnidirectional wheels and motion surface. Tang, J. et al. [4] have described the design of an omnidirectional holonomic mobile robot using * Corresponding author. I. Zelinka et al. (eds.), *AETA 2013: Recent Advances in Electrical Engineering and Related Sciences*, Lecture Notes in Electrical Engineering 282, DOI: 10.1007/978-3-642-41968-3_51, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014 509
구 분 : 논문 게재 제 목 : Trajectory Tracking Algorithm for Automated Guided Vehicle Based on Adaptive Backstepping Control Method 날 짜 : 2013.12.11.-13 저 자 : Pandu Sandi Pratama, Bui Thanh Luan, Thinh Phuc Doan, Hak-Kyeong Kim and Sang-Bong Kim 논 문 지 : Lecture Notes in Electrical Engineering 282: Recent Advances in Electrical Engineering and Related Sciences, Vietnam, pp. 535-544, 내 용 : 미지의 바퀴반경을 가지는 차동 AGV의 궤도추적을 위한 적응제어알고리즘을 제안하고 시뮬레이션과 실험으로 제안된 제어알고리즘의 유효성을 검증함	**Trajectory Tracking Algorithm for Automatic Guided Vehicle Based on Adaptive Backstepping Control Method** Pandu Sandi Pratama[1], Bui Thanh Luan[1], Thien Phuc Tran[2], Hak Kyeong Kim[1], and Sang Bong Kim[1]* [1] Department of Mechanical and Automotive Engineering, Pukyong National University, Busan 608-739, Korea kimsb@pknu.ac.kr [2] Faculty of Mechanical Engineering, Hochiminh City University of Technology, Hochiminh, Vietnam **Abstract.** This paper proposes trajectory tracking algorithm for differential drive type of Automatic Guided Vehicle (AGV) system with the unknown wheel radii using adaptive backstepping control method. To guarantee the tracking errors go to zero, backstepping control method is proposed. By choosing appropriate Lyapunov function based on its kinematic modeling, system stability is guaranteed and a control law can be obtained. In this paper, the unknown radii of left and right wheels caused by uneven load distribution or manufacturing imperfection are considered. To solve this problem, an adaptive law is proposed to estimate the changing of wheels radii. The simulation and experimental results show that the proposed controller successfully estimates the unknown parameters and tracks the reference trajectories. **Keywords:** automatic guided vehicle, trajectory tracking, adaptive, backstepping. **1 Introduction** Automatic Guided Vehicle (AGV) is a material handling system that uses independently operated, self-propelled vehicles that are guided along defined pathways in the floor [1]. In AGV application, trajectory tracking is the most important issue. Several control algorithms has been proposed to accomplish this task. Abdalla, T.Y. et al. [2] proposed optimized PID controller for trajectory tracking. Doan, P.T. et al [3] proposed fuzzy-PID using camera sensor to track the vision line. These controllers are easy to applied to AGV system but are not robust. Parameter based controller design method has been proposed by Filipescu, A. [4] using sliding mode control theory and Bui, T.L. et al. [5] using a linear control based on Lyapunov function. In these controllers, the stability of the system is guaranteed, but to find appropriate controller law is not an easy task. Therefore, Jiang, Z.P. et al. [9] proposed backstepping control method. By choosing appropriate Lyapunov equation, the system stability is guaranteed and the control law can be obtained. Takao, T. et al. [7] proposed adaptive I. Zelinka et al. (eds.), *AETA 2013: Recent Advances in Electrical Engineering and Related Sciences*, Lecture Notes in Electrical Engineering 282, DOI: 10.1007/978-3-642-41968-3_53, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014 535

구 분 : 논문 게재 제 목 : 고단적재 무인지게차의 인식 시스템 개선방안 연구 저 자 : 최형식, 정성훈, 김환성 논 문 지 : 한국모바일학회지 제 9권 제 1호 내 용 : 무인지게차의 안전과 신뢰성을 높이기 위한 기존 연구의 분석을 통해 센서 융합 인식 기술의 제안	 고단적재 무인지게차의 인식시스템 개선방안 연구 Improving the High Loading Unmanned Forklift's Recognition System
구 분 : 논문 게재 제 목 : RFID/IMU/Encoder/근접센서를 활용한 무인지게차의 복합 센서 시스템 연구 저 자 : 최형식, 정성훈, 김환성, 신희영 논 문 지 : 한국항해항만학회지 제 37권 제 3호 내 용 : 다양한 항법 센서를 이용하여 무인지게차의 항법을 연구	 RFID/IMU/Encoder/근접센서를 활용한 무인지게차의 복합센서 시스템 연구 Technology Development for Composite Sensor System of Automatic Guided Vehicle/AGV Using RFID/IMU/Encoder/Proximity Sensor

구　　분 : 논문 게재

제　　목 : Development of Pallet Recognition System using Kinect camera

저　　자 : 최형식, 정성훈, 김환성, 신희영, 오지윤

논 문 지 : International Journal of Multimedia and Ubiguitous Engineering Vol.9, No.4 (2014), pp.227-232

내　　용 : Kinect 센서를 이용한 파렛트 인식 시스템의 소개 및 실험 연구



Development of Pallet Recognition System using Kinect Camera

Ji-Youn Oh, Hyeung-Sik Choi, Sung-Hun Jung, Hwan-Seong Kim and Hee-Young Shin

Korea Maritime and Ocean University, 727 Taejong-ro, Yeongdo-Gu, Busan 606-791, South Korea

pallicmarts@naver.com, hchoi@kmou.ac.kr, director@kmou.ac.kr, hzkim@kmou.ac.kr, vahatrm@naver.com

Abstract

This study proposes a new pallet recognition system using Kinect camera. Depth image of Kinect camera is produced from the infrared ray data of random dot type. This system was applied to an automated guided vehicle(AGV) to recognize the pallet in various conditions. A modularized hardware and software of the pallet recognition system was developed. The performance of the developed pallet recognition system was tested through experiments under various environment, and it show good performance.

Keywords: Depth Image, Kinect Camera, Pallet Recognition System, Automated Guided Vehicles(AGV), Unmanned Forklift

1. Introduction

The number and scope of logistics centers are showing an increasing trend along with recent advances in logistics industry. Moreover, work types are continuously varying in distribution centers, and the types of cargo volume and freight are also increasing. For these reasons, the introduction of logistics center automation system is crucial. The pallet recognition system (PRS) of automatic guided vehicle (AGV) is the core technology in automation system to keep pace with the rapid changes in the logistics centers, and related studies are in progress.

The back projection-based pallet recognition system extracts pallet areas considering the fact that the shade of holes on the pallet surface is darker than that of other pallet areas and the standardized information of pallet, despite changes in color, illumination and background. However, creating the algorithms for this system is considerably more difficult and complex [1]. Recognition system using a laser rangefinder requires expensive instrumentation making its installation, management and maintenance more complex [2]. Stereo camera with the PRS is able to measure the pallet motion and position without precision calibration process, but unable to measure the pallet at a high position unless a special marking is given [3].

This study was performed to develop a new pallet recognition system using the depth image of Kinect camera robust to changes in environment and noise to resolve technical limitations of previous studies. The performance of the developed PRS was tested through experiments.

나. 질적 성과

○ 시험평가 결과 인증서

항목	질적성과	단위	실적(평균)	비고
차량	차체 총 중량	kg	7820	컴퓨터 계량
마스트	최대인상높이	cm	690	
작업속도	주행속도	m/min	78.93	주행거리:50m 변환속도:.32 m/s
	상승속도	cm/s	11.97	상승높이:5m
	하강속도	cm/s	13.14	하강높이:5m
등판능력	무부하시	도	9.14	
적재능력	저단포크	kg	1506	
	고단포크	kg	1510	
	적재갯수	톤	1.5	
		EA	2	
안정성	안정성	%	100	5m 상승 후 좌측 슬라이딩 동작
팔레트 인식	팔레트 인식율	%	98	컴퓨터 인식률 기준
	팔레트 포크집 인식율	%	98	컴퓨터 인식률 기준
차량 주행 제어	차량제어 정확도	cm	1.5	무인지게차 테스트 결과 수치
	비상정지거리	cm	32	
	비상정지 작동시간	sec	2.7	
	장애물 안전 유지거리	cm	120	
차량 위치인식	방향각 오차(±5°)	도	2.7	
레이저스캐너 검출/매핑 오차	동시위치 검출오차(±10mm이내)	mm	-13.7	9개 거리구간 평균오차
	실시간 매핑오차(±10mm이내)	mm	3.5	4회 거리 측정 오차
통제관리	트래픽 회피전략 수행율	%	100	컴퓨터 시뮬레이션

	트래픽 스케줄링전략 수행율	%	100	결과 수치
	최대 관리대수	대	20	
	모니터링 채널	대	3	
배터리 자동교환	배터리 교환시간	%	100	
통제관리	트래픽 회피전략 수행율	%	100	
	트래픽 스캐쥴링전략 수행율	%	100	

2. 다층형 화물이송시스템

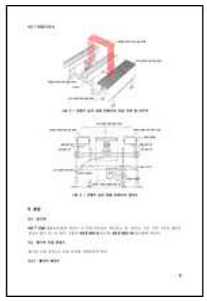
가. 양적성과

구분	내용		계획	실적	달성율
공공적 성과	표준제정		-	4	추가달성
기술적 성과	특허등록		1	4	추가달성
	소프트웨어(S/W) 등록		5	5	100%
	기타 성과(상표, 서비스 등)	국제전시회 출품	-	1	추가달성
		성능시험 성적서	4	4	100%
		최종시제품	4	4	100%
		제작도	4	4	100%
		통합제어설계서	1	1	100%
		테스트베드설치보고서	1	1	100%
		테스트베드 운영보고서	1	1	100%
		홍보	-	8	추가달성
학술적 성과	국내외 학술지 게재		1	2	추가달성
	국내외 학술회의 발표		-	2	추가달성

(1) 공공적 성과

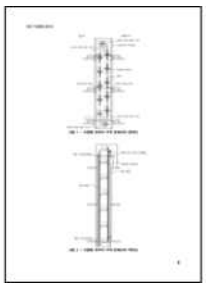
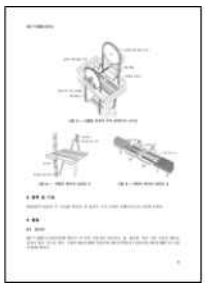
구　　분 : 표준제정
제정일자 : 2014.06.30
표준명칭 : 파렛트 상자 겸용 컨베이어
적용범위 : 이 표준은 파렛트 화물과 상자 화물을 하나의 라인에서 운반할 수 있는 수평 컨베이어로 파렛트 컨베이어부 롤러와 상자 컨베이어부 롤러를 통해 화물을 이송하는 수평 운반 장치의 주된 것에 대하여 규정한다.




구　　분 : 표준제정
제정일자 : 2014.06.30
표준명칭 : 다층형 연속식 수직 컨베이어
적용범위 : 유닛로드 시스템에 정합되는 것으로, 파렛트 화물을 각층에 동시작업이 가능한 수직컨베이어에 대하여 규정 한다.

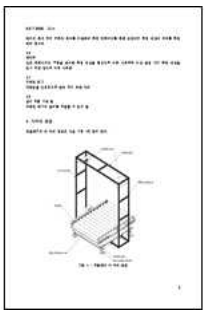



(1) 공공적 성과

구　　분 : 표준제정
제정일자 : 2014.06.30
표준명칭 : 토탈체커
적용범위 : 측정대상의 중량, 부피, 적재상태를 운반 작업의 중단 없이 동시에 인식할 수 있는 토탈체커에 관하여 규정. 토탈체커의 체크 범위는 중량 측정 센서부 및 상태 측정 센서부의 센서 사양에 따라 달라질 수 있다.



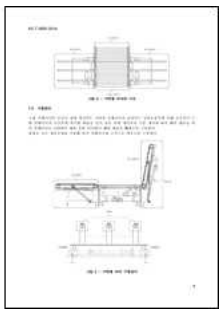




구　　분 : 표준제정
제정일자 : 2014.06.30
표준명칭 : 가변형 버퍼
적용범위 : 컨베이어 화물 운반 라인에서 제외되어야 하는 화물을 자동으로 화물 운반 라인으로부터 빼내어 임시로 적치하는 가변형 버퍼에에 관하여 규정. 본 표준은 파렛트 적재화물을 운반하는 컨베이어에만 적용한다.





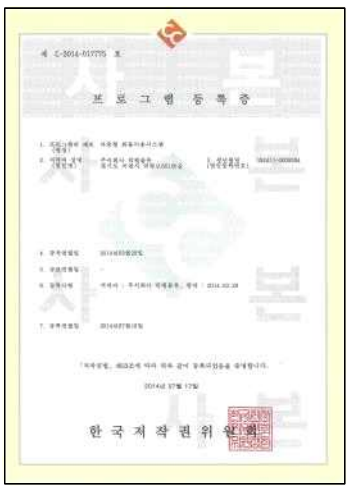


(2) 기술적 성과

구 분 : 특허등록 발명명칭 : 수평이송장치 등록일자 : 2013.10.25 등록번호 : 1013254660000 소유권자 : ㈜덕평물류	
구 분 : 특허등록 발명명칭 : 수직반송기 및 이를 포함하는 수직반송 시스템 등록일자 : 2013.10.25 등록번호 : 1013254680000 소유권자 : ㈜덕평물류	
구 분 : 특허등록 발명명칭 : 화물 볼륨체커 등록일자 : 2013.10.25 등록번호 : 1013242750000 소유권자 : ㈜덕평물류	
구 분 : 특허등록 발명명칭 : 화물 버퍼 등록일자 : 2013.10.25 등록번호 : 1013242720000 소유권자 : ㈜덕평물류	

(2) 기술적 성과

구 분 : 소프트웨어 등록 발명명칭 : 수평 컨베이어 제어 등록번호 : 제 C-2013-011766호 등록일자 : 2013.06.05 주요기능 : 수평컨베이어 제어 기능 및 자동 모니터링 기능 사용방법 : 설비와 TCP/IP Socket으로 연결PC에서프로그램 실행파일 실행	
구 분 : 소프트웨어 등록 발명명칭 : 수직 컨베이어 제어 등록번호 : 제 C-2013-011767호 등록일자 : 2013.06.05 주요기능 : 수직컨베이어 제어 기능 및 자동 모니터링 기능 사용방법 : 설비와 TCP/IP Socket으로 연결PC에서프로그램 실행파일 실행	
구 분 : 소프트웨어 등록 발명명칭 : 토탈 체커 제어 등록번호 : 제 C-2013-011768호 등록일자 : 2013.06.05 주요기능 : Total Checker의 볼륨 및 중량 측정 기능 사용방법 : 설비와 TCP/IP Socket으로 연결PC에서프로그램 실행파일 실행	

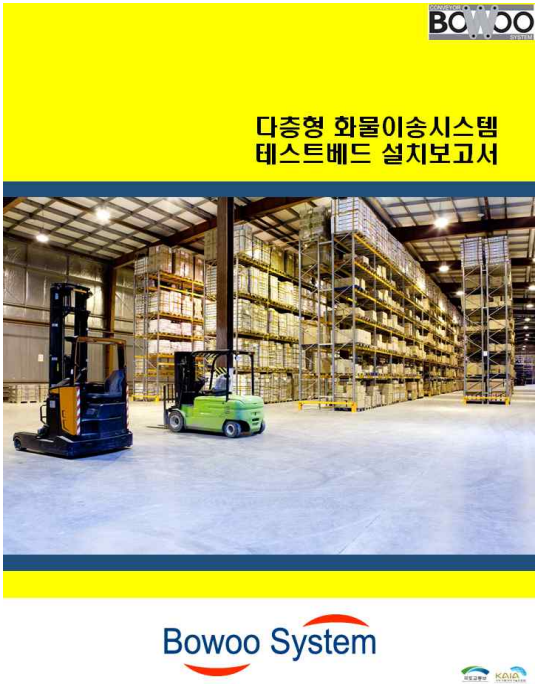
구 분 : 소프트웨어 등록 발명명칭 : 팰릿 토탈 제어 등록번호 : 제 C-2013-011769호 등록일자 : 2013.06.05 주요기능 : PALLET Total 제어 및 관리 사용방법 : 설비와 TCP/IP Socket으로 연결PC에서프로그램 실행파일 실행	
구 분 : 소프트웨어 등록 발명명칭 : 다층형 화물이송시스템 등록번호 : 제 C-2014-017775호 등록일자 : 2014.07.16	

(2) 기술적 성과

구　　분 : 국제 전시회 출품
전시회명 : 2013 국제물류기기전
전시일시 : 2013. 05. 28.(화) ~ 05. 31.(목)
전시장소 : 일산 킨텍스
전시내용 : 박스화물을 로봇포장기로 자동 팔렛타이징 후 다층형 화물이송시스템으로 이송하여 수평컨베이어, 볼륨체커 이재기로 파렛트 화물 이송.
수직컨베이어에 파렛트 화물의 loading, unloading 작업 연속적으로 구현



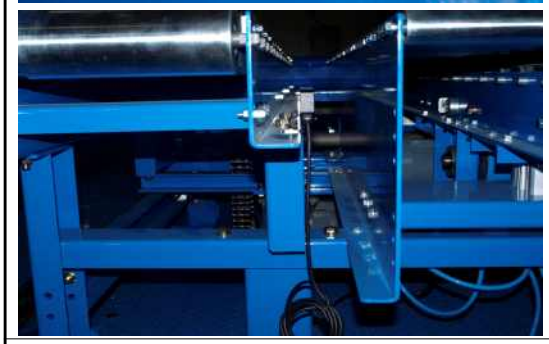
(2) 기술적 성과

구 분 : 테스트베드 구축보고서 위 치 : ㈜보우시스템 제2 광주공장 주 소 : 경기도 광주시 초월읍 신월리 320-25 내 용 : 다층형 물류환경(중 3층)과 여기에 적합한 시제품을 제작하여, 실용화 위한 도입시 가이드라인 설정, 제품의 기능과 안정성의 보완, 그리고 이를 종합한 성능측정 등을 위한 공간	
구 분 : 테스트베드 운영결과 보고서 위 치 : ㈜보우시스템 제2 광주공장 주 소 : 경기도 광주시 초월읍 신월리 320-25 내 용 : 다층형 화물 이송시스템 테스트 베드 운영을 통해서 수평 컨베이어 및 연속식 수직 컨베이어와 볼륨체커, 가변형 버퍼 라인 사용 시 안전사고를 방지하기 위한 사전 검토 및 조치를 취함	

(2) 기술적 성과

구　　분 : 시제품
명　　칭 : 수평 컨베이어
내　　용 : 박스화물과 파렛트 화물의 동시 취급이 가능한 수평 컨베이어 장비





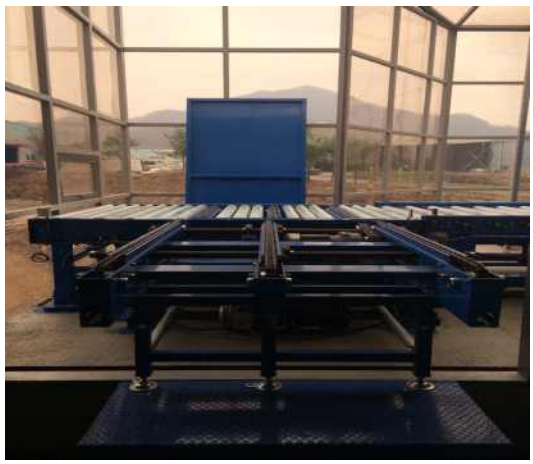

구　　분 : 시제품
명　　칭 : 볼륨체커
내　　용 : 수평으로 이송되는 파렛트 화물의 체적과 중량 등을 측정하는 장비




(2) 기술적 성과

구　　분 : 시제품
명　　칭 : 가변형 버퍼
내　　용 : 입고상품의 에러, 화물이송이 적체되는 경우 파렛트 화물을 임시 보관하여 전체 시스템이 원활하게 작동할 수 있도록 지원하는 장비



(2) 기술적 성과

구　　분 : 시제품
명　　칭 : 연속식 수직 컨베이어
내　　용 : 파렛트 화물을 연속적으로 층간 이송하고, 각 층에서 동시작업이 가능한 수직 컨베이어 장비

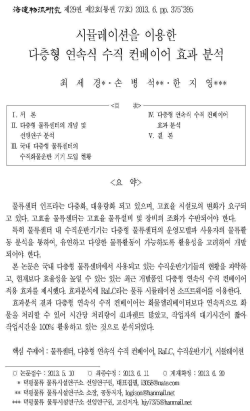







(3) 학술적 성과

구　　분 : 논문 발표
제　　목 : 시뮬레이션을 이용한 다층형 연속식 수직 컨베이어 효과분석
날　　짜 : 2013.5
저　　자 : Se Kyung Choi, Byung Suk Son,Ji Young Han
논 문 지 : 한국해운물류학회
내　　용 : 본 논문은 국내 다층형 물류센터에서 사용되고 있는 수직운반기기들의 현황을 파악하고, 현재보다 효율성을 높일 수 있는 있는 최근 개발품인 다층형 연속식 수직 컨베이어 적용 효과를 제시. 효과분석에 RaLC라는 물류 시뮬레이션 소프트웨어를 이용



海運物流硏究 제29권 제3호(통권 77호) 2013. 6. pp. 375~395

시뮬레이션을 이용한
다층형 연속식 수직 컨베이어 효과 분석

최 세 경*·손 병 석**·한 지 영***

<목 차>

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 다층형 물류센터의 개념 및 선행연구 분석
Ⅲ. 국내 다층형 물류센터의 수직이동운반 기기 도입 현황
Ⅳ. 다층형 연속식 수직 컨베이어 효과 분석
Ⅴ. 결 론

<요 약>

물류센터 인프라는 다층화, 대용량화 되고 있으며, 고효율 시설으로 변화가 요구되고 있다. 고효율 물류센터는 고효율 물류센터 및 장비의 조화가 수반되어야 한다.

특히 물류센터 내 수직운반기기는 다층형 물류센터의 운영모델과 사용자의 물류활동 분석을 통하여, 유연하고 다양한 물류활동이 가능하도록 활용성을 고려하여 개발되어야 한다.

본 논문은 국내 다층형 물류센터에서 사용되고 있는 수직운반기기들의 현황을 파악하고, 현재보다 효율성을 높일 수 있는 있는 최근 개발품인 다층형 연속식 수직 컨베이어 적용 효과를 제시했다. 효과분석에 RaLC라는 물류 시뮬레이션 소프트웨어를 이용한다.

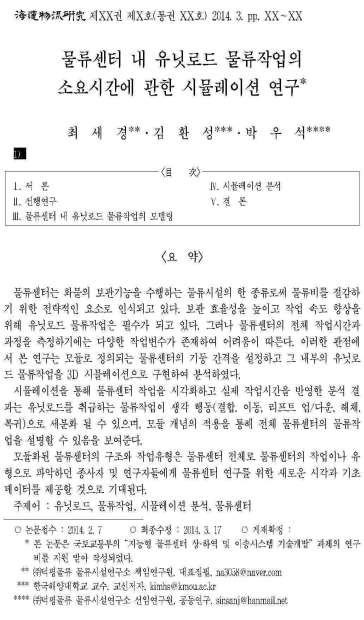
효과분석 결과 다층형 연속식 수직 컨베이어는 화물엘리베이터보다 연속적으로 화물을 처리할 수 있어 시간당 처리량이 4.1배정도 많았고, 작업자의 대기시간이 줄어 작업시간을 100% 활용하고 있는 것으로 분석되었다.

핵심 주제어 : 물류센터, 다층형 연속식 수직 컨베이어, RaLC, 수직운반기기, 시뮬레이션

○ 논문접수 : 2013. 5. 30　○ 최종수정 : 2013. 6. 11　○ 게재확정 : 2013. 6. 20

* 한림물류 물류시설연구소 소장, 경희대학, 130587@naver.com
** 한림물류 물류시설연구소 소장, 경희대학, kajuun@hanmail.net
*** 한림물류 물류시설연구소 선임연구원, 교신저자, hjy7358@hanmail.net

구　　분 : 논문 발표
제　　목 : 물류센터 내 유닛로드 물류작업의 소요시간에 관한 시뮬레이션 연구
날　　짜 : 2014.3
저　　자 : CHOI Se-kyung, KIM Hwang-sung, PARK Woo-seok
논 문 지 : 해운물류연구(한국해운물류학회)
내　　용 : 본 연구는 모듈로 정의되는 물류센터의 기둥 간격을 설정하고 그 내부의 유닛로드 물류작업을 3D시뮬레이션으로 구현하여 분석. 시뮬레이션을 통해 물류센터 작업을 시각화하고 실제 작업시간을 반영한 분석 결과는 유닛로드를 취급하는 물류작업이 생각 행동(결합, 이동, 리프트 업/다운, 해체, 복귀)으로 세분화 될 수 있으며, 모듈 개념의 적용을 통해 전체 물류센터의 물류작업을 설명할 수 있음을 보여줌.



海運物流硏究 제XX권 제X호(통권 XX호) 2014. 3. pp. XX~XX

물류센터 내 유닛로드 물류작업의
소요시간에 관한 시뮬레이션 연구*

최 세 경**·김 환 성***·박 우 석****

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 선행연구
Ⅲ. 물류센터 내 유닛로드 물류작업의 모델링
Ⅳ. 시뮬레이션 분석
Ⅴ. 결 론

〈요 약〉

물류센터는 화물의 보관기능을 수행하는 물류시설의 한 종류로써 물류비를 절감하기 위한 전략적인 요소로 인식되고 있다. 보관 효율성을 높이고 작업 속도 향상을 위해 유닛로드 물류작업은 필수가 되고 있다. 그러나 물류센터의 전체 작업시간과 과정을 측정하기에는 다양한 작업변수가 존재하여 어려움이 따른다. 이러한 관점에서 본 연구는 모듈로 정의되는 물류센터의 기둥 간격을 설정하고 그 내부의 유닛로드 물류작업을 3D 시뮬레이션으로 구현하여 분석하였다.

시뮬레이션을 통해 물류센터 작업을 시각화하고 실제 작업시간을 반영한 분석 결과는 유닛로드를 취급하는 물류작업이 생각 행동(결합, 이동, 리프트 업/다운, 해체, 복귀)으로 세분화 될 수 있으며, 모듈 개념의 적용을 통해 전체 물류센터의 물류작업을 설명할 수 있음을 보여준다.

모듈화된 물류센터의 구조와 작업유형은 물류센터 전체로 물류센터의 작업이나 유형으로 파악하면 종사자 및 연구자들에게 물류센터 연구를 위한 새로운 시각과 기초데이터를 제공할 것으로 기대된다.

주제어 : 유닛로드, 물류작업, 시뮬레이션 분석, 물류센터

○ 논문접수 : 2014. 2. 7　○ 최종수정 : 2014. 3. 17　○ 게재확정 :

* 본 논문은 국토교통부의 "지능형 물류센터 상·하역 및 이송시스템 기술개발" 과제의 연구비를 지원 받아 작성되었다.

** (주)한림물류 물류시설연구소 책임연구원, 대표집필, ns3058@naver.com
*** 한국해양대학교 교수, 교신저자, kimhs@kmou.ac.kr
**** (주)한림물류 물류시설연구소 선임연구원, 공동연구, sinsanj@hanmail.net

나. 질적성과

연번	핵심성과명	질적성과	계획	실적	달성율
1	수평 컨베이어	파렛트 이송속도	18m/min	18m/min	100%
		박스 이송속도	60m/min	60m/min	100%
2	연속식 수직컨베이어	이송 속도	18m/min	18m/min	100%
		이송 중량	1.5톤	1.5톤	100%
3	볼륨체커	화물인식율	98%		
		이송속도	18m/min	18m/min	100%
		이송중량	1.5톤	1.5톤	100%
4	가변형 버퍼	수평부 속도	18m/min	18m/min	100%
		이재부 속도	11m/min	11m/min	100%

[도표 4.1] 시험평가 결과 인증서를 통한 질적 성과표

(1) WCS 소프트웨어

- 다층형 화물이송시스템(수평컨베이어, 연속식 수직컨베이어, 볼륨체커, 가변형 버퍼)이 WCS를 통하여 다양한 물류활동에 적합한 기능을 수행하기 위한 통합 소프트웨어 기술
- 수평 컨베이어는 복수형태의 화물 이송(PLT형태나 BOX형태를 함께 이송)이 모두 가능 함
- 수직컨베이어의 경우 일시정지 없이 로드암의 위치 및 설비 에러위치를 화면에 표시함.
- 가변형 버퍼의 경우 이상 화물을 임시 보관 후 필요시 재이송이 가능함

(2) 다층형 화물이송시스템 제어기술

- 다층형 화물이송시스템 구성 장비들을 상위시스템의 작업지시, 장비상태, 작업상황과 연계하여 제어하는 기술
- 상위시스템과 연동할 수 있는 인터페이스 기술로 운행상태 등을 DB to DB IF 개발을 통해 공유함

- 화물정보, 장비, 각 장비로 구성된 이송라인의 이상유무 확인도 가능함
- 작업 관제 시스템과 연계 가능함
- 상위시스템 작업지시 및 입출고 이송작업 상황과 연계하여 물류작업를 최적화함
- 비상 · 고장 상황에 따른 비상제어가 가능함

(3) 테스트베드

- 다층형 물류환경(중 3층)과 여기에 적합한 스케일의 시제품을 제작하여, 실용화 위한 도입시 가이드라인 설정, 제품의 기능과 안정성의 보완, 그리고 이를 종합한 성능측정 등을 위한 공간
- 기능적으로 소음, 진동, 체인 및 속도를 측정하여, 안전설계를 재검증하여 설치 가이드라인 제공과 화물 유형에 따른 투입인력 및 하역기기 등을 검토함

제2절 연구개발 성과의 효과분석

1. 고단적재 무인지게차 시스템

가. 기술적 효과 분석

- Sliding, Swing, Tilting이 가능하며 모든 팔레트 100% 대응가능한 삼방향 포크 기술로서, 최대 1.5톤 화물을 이송 가능
- 해외 삼방향 포크 지게차와는 달리 메인 마스트로만 상하역 작업을 진행하는 구조로 전체 무게 감량 및 지게차 폭 넓이가 감소로서 공간 활용 용이
- 물류센터내의 랙 내에서 차량이 회전하지 않고 파렛트 화물을 반입/반출할 수 있는 기술로서, 통로 폭이 기존의 4m에서 1.6m로 약 60% 저감하여 적재공간 활용
- 세계 최초로 한번에 두 개의 파렛트 화물을 적재, 이송할 수 있는 기술을 개발로서, 무인지게차 속도기준으로 Dual Cycle 운영시 480개/일 인 기존의 무인지게차 대비 66% 향상된 720개/일의 작업이 가능함
- 적재 높이가 목표치인 3단 5m 보다 약 40% 향상되어 6.9m까지 적재 가능한 기술개발을 행하였으며, 주행 속도가 목표치인 60m/min 보다 약 30% 향상된 79.2m/min을 달성함
- Vertical 타입의 구동부를 Horizontal 타입의 구동부로 설계 및 제작으로 동일한 사양의 구동부(1061mm)보다 약 50%(495mm) 낮아 공간활용도 향상
- 표준화를 위한 프레임워크 제시로서, 다양한 차량의 제어 환경을 표준화 가능성 시사
- PC기반 언어를 통한 제어 기술 확장으로서 PLC 비전문가의 용이한 프로그램 수정가능하며, 사용자 프로그램은 Python 스크립트로 제작할 수 있도록 지원
- 스크립트 언어 사용으로 목적에 맞춰 무인차량의 이적재 패턴 및 일부 움직임을 제어할 수 있도록 지원제어 시스템의 통합
- SLAM기술 개발은 무인운반차 뿐만 아니라 다양한 물류시스템에 활용 가능하

여 AGV분야를 선도하는 기술

○ PC기반 언어를 통한 자율주행 및 충돌회피 제어 기술 개발로서, 작업공간의 AGV, 장애물, 랜드마크 등의 위치정보와 동시에 주위환경을 맵핑한 결과를 나타냄

○ 본 연구를 통해 개발된 제어시스템은 무인운반차 뿐만 아니라 다양한 물류시스템에 활용 가능하여 AGV분야를 선도하는 기술이 될 것으로 기대됨

○ 적외선 Depth Image를 이용하여 파렛트 인식을 수행함으로써 기존 선행 연구의 가장 일반적인 단점이라 할 수 있는 조명이 없는 환경에서의 인식할 수 없음을 획기적으로 극복함

○ 영상처리 기법을 적용하는 부분에 있어서도 기존의 다른 기술에 비해 쉽게 적용할 수 있으며 Kinect 센서는 시중에서 쉽게 구할 수 있기 때문에 장비의 고가 문제도 해결할 수 있음

○ RFID 기술은 다양한 곳에서 많이 사용되고 있는 기술이며 이를 이용한 다양한 연구개발이 이루어지고 있음

○ 근접센서는 본 연구 뿐만 아니라 제어계측 분야에서도 연구 목적으로 많이 사용되고 있으며 매우 다양한 센서들이 출시되 있는 상황임

○ 현재의 랙 인식은 지게차가 직접 랙을 인식하는 시스템이 아니라 창고관리시스템의 부분이 되었으며 창고관리 시스템은 IT 및 여타 기술의 발전이 뒷받침되어야 하는 기술임

나. 경제적 효과 분석

○ 생산비용 절감, 환경개선 편익, 고용 증진, 기술혁신 기반 마련, 지식 증진과 인력 양성 등의 편익이 발생하지만, 본 개발과제의 경우 제품화되어 시장에서 매매되는 특성을 가지고 있기 때문에 개발에 따른 비용과 매출액 증대 및 수출에 따른 대외무역 증진 효과 및 에너지 저감 편익으로서 전기료 절감액을 편익으로 감안하여 비용-편익을 분석함으로써 경제적 타당성을 검토

○ 온실가스 배출 저감 편익은 산정된 편익 크기가 작아 경제적 타당성 분석에서는 제외하였음. 그러나 본 개발 기술이 20%의 에너지 저감 목표를 달성 시 연

간 약 6천 톤의 탄소 배출 저감 편익을 가져오는 것으로 추정

○ 비용-편익 분석의 기준

- 신기술 또는 보완 기술의 제품이 등장함으로써 경쟁이 개시되는 시점을 본 기술개발 완료 후 5년 이후로 가정하였으며, 이로서 5년 이후에도 편익이 계속 발생할 것임.
- 수출은 보수적으로 개발 후 3년 후 개시를 가정하였으며, 수출규모는 국내 매출의 50%로 가정하여 산정하였으며 시장 점유율과 수출 규모 추정은 토론을 통하여 가정한 결과, 국내 매출과 수출의 경우 이익률을 보수적으로 10%를 산정

○ 기술개발 과제는 에너지 저감과 안전성 강화를 목표로 하고 있음. 에너지 저감은 전기요금, CO2 감축, 인명피해 저감 등 다양한 효과를 가져 올 수 있으나, 이에 대한 정확한 측정 데이터 확보가 어려움이 있어 기준 마련이 필요

○ 화물 상하역시 필요한 통로 폭이 감소, 감소된 통로 폭 만큼의 공간을 활용 가능하며, 불필요한 지게차 움직임이 감소되어 에너지 효율 상승

○ 삼방향 포크의 모듈화로 인해 별도의 지게차를 구입할 필요 없이 기존의 지게차에 적용 가능하여 도입비의 감소

○ 외국 수입에 의존하던 장비에 대한 국산화 개발로서, 기술비용 해외유출 방지 및 A/S 대응 신속화 및 비용 감소

○ 무인지게차 속도기준으로 Dual Cycle 운영시 480개/일에서 720개/일로 증가하여 약 66%의 생산성 향상

○ 물류센터내의 효율적인 운영관리를 통한 물류비용 절감

○ 에너지 고효율화로 인하여 단위화물 처리당 에너지 소비량의 최소화 가능

○ 이송시간 단축에 따른 탄소 절감 및 에너지 절감통합통제관리

○ 무인차량의 국내 시장 확대

- 국내 시장은 자체 기술보다는 수입 공급으로 시장이 형성됨
- 순수 국내 기술을 통한 무인 차량 보급은 기존 외산 대비 30%가량 운영비용의 감소 효과를 보여줌(엔스퀘어 자체 AGV 보급 실적 참고).

- 또한 빠른 A/S 대응으로 안정화된 무인 차량을 보급한다면 시장 경쟁력도 외산 보다 증가할 것으로 기대
- 현재 운영 중인 외산의 경우 시스템 노후화 및 A/S 지연 문제로 국내 제품에 대한 관심이 증가함

○ 무인차량 제어시스템의 보급

- 본 연구에 의한 차량 제어 시스템은 PC기반 시스템으로서 무인지게차 외에도 다양한 무인차량에 적용가능
- 독립된 제어시스템 보급으로 다양한 무인차량 시장 확대에 기여할 것으로 기대
- 독립된 제어시스템 보급은 시스템 개발 비용의 감소 효과가 있으며, 고도화된 전문가를 필요로 하지 않으면서 무인차량을 개발 가능

○ 국내 제어기기 및 센서 산업 확장

- 수입된 차량 제어시스템은 외국 기업 제품에 맞춰 개발되고 제작됨. 따라서 국내 기업의 관련 부품 산업의 동반 성장은 기대 불가
- 국내 제어기를 사용하면서 수입된 하드웨어의 사용은 많은 비용 절감 효과를 가져 오지 못할 것임 또한 부품 공급 지연으로 인한 유지보수 지연 문제도 사라지지 않을 것임
- 저렴한 국내 제어기의 보급을 통해 다양한 무인차량의 개발은 국내 제어기기 및 센서 산업의 확장에 기여 할 것으로 기대

○ 무인차량의 도입 및 유지비용 감소

- 수입차량 대비 70% 가량의 도입 비용이 감소(엔스퀘어 자체 AGV 보급 실적 참고).
- 국내 기술로서 실 개발자가 국내에 있으므로 복잡한 문제도 빠른 대처가 가능. 이는 작업에서 이탈한 시스템의 빠른 작업 복귀로 차량 문제로 인한 생산성 감소를 최소화
- 본 연구의 시스템은 사용자 기반의 시스템으로 전문가가 아니더라도 쉬운 유지보수로 시스템 점검을 위한 추가 비용발생이 최소화

○ 무인차량의 국내 시장 확대

- 제2장에서 보여준 것과 같이 무인차량의 위탁물류산업 국내시장 및 글로벌

물류시장 확대

○ 무인차량의 SLAM모듈 보급

- 본 연구에 의한 SLAM 모듈은 PC기반 시스템으로서 무인지게차 외에도 다양한 무인차량에 적용가능
- SLAM 모듈 보급은 개발 비용의 감소 효과가 있음

○ 제어기기 및 센서 산업 확장

- 저렴한 SLAM 모듈의 보급을 통해 다양한 무인차량에 적용으로 국내 제어기기 및 센서 산업의 확장에 기여할 것으로 기대함.

○ 무인운반차는 인력투입이 최소화되어 물류비를 획기적으로 절감할 수 있음

○ SLAM 모듈의 운용소프트웨어 및 유지비용 감소

- 수입차량 대비 비용이 감소
- 국내 기술이므로 복잡한 문제도 빠른 대처가 가능

○ 본 연구를 통해 개발된 제어시스템은 무인운반차 뿐만 아니라 다양한 물류시스템에 활용 가능하여 AGV분야를 선도하는 기술이 될 것으로 기대되며 고가의 외산제품이 대부분을 차지하는 국내 무인운반차 시장에서 수입대체효과도 상당할 것으로 전망됨

○ 파렛트 인식 시스템을 모듈화 하였기 때문에 무인지게차에 장착하여 운영할 수 있으며 따로 분리하여 적용하는 것도 가능하기 때문에 모듈의 상용화를 조금 더 보완하여 연구할 필요가 있음

○ 또한 현재 물류센터 및 공장에서 사용하고 있는 파렛트는 대한민국 표준 파렛트 이외에도 다양한 형상과 재료로 만들어진 파렛트가 사용되고 있기 때문에 이에 대한 데이터베이스 구축이 진행되어야 함

○ 근접센서를 이용한 인식 방법을 적용하기 위해서는 정밀한 근접 센서를 사용해야 하며 정밀한 만큼 설치의 비용이 증가함

○ 물류센터 안의 랙의 개수는 한정적이기 때문에 이 랙에 태그를 부착하고 시스템을 구성한다면 훨씬 저비용으로 인프라 구축하는 것이 가능함

다. 정책적 효과 분석

○ 녹색물류기술의 응용 및 상용화를 통한 선진 외국기업으로 부터의 물류센터의 진입 방어 및 이에 대한 국내 기술경쟁력 확보

○ 전 세계적으로 처음으로 이중적재(Dual Carriage) 지게차를 개발하여 국내 기술경쟁력 확보와 기술적 수준을 세계적인 수준으로 도약

○ 「무인 운반차에 관한 기술기준(S3-M-13-2009)」의 정책 개선에 기술 표준 제시

- 차량의 안전 요건 수립의 평가 기준에 활용
- 운영 안전 요건(제어, 제동, 화물 운송, 비상 대책)의 평가 기준에 활용
- 본 연구의 시험 평가를 기반으로 산업 안전 검증 방법 수립에 참고 자료가 됨

○ 무인자동차의 동시위치 결정 및 맵핑기술, 자율주행 및 충돌회피 기술의 국산화로 녹색물류기술의 응용 및 상용화를 통한 선진 외국기업으로 부터의 물류센터의 진입 방어 및 이에 대한 국내 기술경쟁력 확보

○ 본 연구를 바탕으로 보다 더 지속적인 연구개발이 먼저 이루어져야 하며, 파렛트 인식 시스템 및 무인지게차 시장을 더욱 면밀히 분석 필요

○ 국가가 정책적으로 연구개발 및 상용화, 동향 분석 등을 주도적으로 면밀히 준비한다면 파렛트 인식 시장이 충분히 가능성 있는 시장이 될 수 있다고 판단함

○ 고효율, 저비용의 창고관리시스템이 필요하며 랙 인식 뿐만 아니라 물류 산업의 발달에 맞춘 물류센터 자동화 도입을 목표로 다양한 지원책을 고려해야 할 필요

2. 다층형 화물이송시스템

가. 기술적 효과분석

(1) 기술 역량/수준 제고

- 연구개발사업을 통해 제품제작, 설계와 디자인, 시뮬레이션 분석기법, 전장 및 제어설계 등의 분야에서 괄목할만한 기술역량 수준이 제고되었음

- 우선 수직컨베이어 제작에 있어서는 일본제품을 수입하여 납품하는 수준에서 자체제작과 관련 운영시스템 구축이 가능한 수준의 기술력을 확보하였음
- 또한 제품디자인 및 시각화 기술에 관한 기법과 인력을 확보하게 되었으며, 새로운 디자인과 홍보 전략이 가미된 제품을 2013년 국제물류기기전에 전시하여 괄목할 만한 성과(당사 부스 방문인원 12,000여명)와 홍보효과를 얻었음
- 그리고 구조해석, 모션스터디, 테스트베드 설치, 다층형 물류센터에 설치 등의 사전 분석을 위한 다양한 시뮬레이션 분석 툴과 기술도 확보할 수 있었음. 이는 향후 실용화 단계에서 맞춤형 제품 제작과 제품의 홍보 등에 활용할 수 있을 것으로 기대됨
- 마지막으로 한국선급 등의 인증업체와 협업을 통해 국내외적인 안전수준을 담보할 수 있는 전장설계, 제어판넬 구축, 조립과 마무리 등에 관한 기술력과 관련 실험DATA를 확보하고 있으며, 향후 이를 활용하여 더욱 신뢰성 높은 제품을 생산할 수 있는 기반을 마련하였음

(2) 물류현장에 적용 가능한 개선된 화물이송시스템 개발

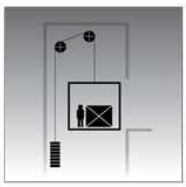
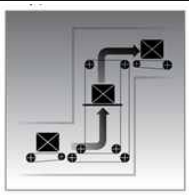
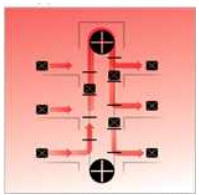
(가) 수평컨베이어

- 박스화물과 파렛트 화물을 한 개의 라인으로 이송하는 것으로 한 컨베이어가 박스화물 이송과 파렛트 화물 이송 기능을 동시에 가짐
- 일반적으로 수평컨베이어는 파렛트 화물용과 박스 화물용이 구분되어 사용되며 해외 선진기업의 수평컨베이어 성능은 파렛트 화물의 경우 이송속도 18m/min, 이송중량 최대 1,500kg, 박스 화물의 경우 이송속도 60m/min, 이송중량 최대 40kg으로 나타남
- 본 연구에서 개발하는 수평컨베이어의 성능은 해외 선진기업 제품의 최대성능과 동일한 목표값으로 설정하였음
- 성능목표값은 파렛트 화물의 경우 이송속도 18m/min, 이송중량 1,500kg, 박스 화물의 경우 이송속도 60m/min, 이송중량 40kg으로 설정함

제조사	구동방식	화물유형	최대이송속도	최대이송중량
SCHAEFER	롤러 또는 체인	파렛트	18m/min	1,500kg
	벨트 또는 롤러	박스	60m/min	40kg
TGW	롤러 또는 체인	파렛트	19m/min	1,500kg
Swisslog	롤러 또는 체인	파렛트	18m/min	1,500kg
국내	롤러 또는 체인	파렛트	15m/min	1,500kg
	벨트 또는 롤러	박스	50m/min	40kg

(나) 수직컨베이어

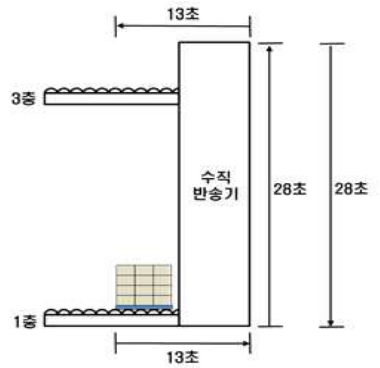
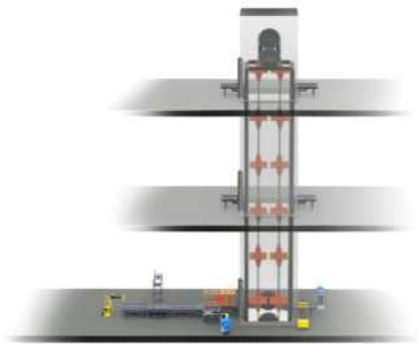
- 파렛트 화물을 연속적으로 수직이송하는 장비로 화물을 이송하는 캐리어의 가·감속 및 정지 없이 정속으로 구동하며 모든 층에서 작업대기 없이 수직 이송할 수 있음. 기존 수직반송기 및 화물엘리베이터를 비교했을 때 성능목표를 이송속도 18m/min, 이송중량 1,500kg으로 설정함
- 화물엘리베이터나 수직반송기는 왕복 반송식으로 다층작업은 가능하나 층별 동시작업이 불가능하며 화물 이송을 위해 가·감속 및 정지가 필수적임

구분	작동방식	동시작업	무인작업	연속작업	다층작업	대기발생
화물 엘리베이터		불가능	불가능	불가능	가능	발생
박스용 수직컨베이어		불가능	가능	가능	불가능	없음
연구개발 수직컨베이어		가능	가능	가능	가능	없음

- 화물엘리베이터나 수직반송기는 왕복 반송식으로 다층작업은 가능하나 층별 동시작업이 불가능하며 화물 이송을 위해 가·감속 및 정지가 필수적임. 또한 박스용 연속식 수직컨베이어는 본 연구에서 개발하는 수직컨베이어와 유사

하게 연속적인 수직이송이 가능하나 다층작업이 불가능함

- 수직반송기의 경우 1,500kg 파렛트 화물을 1↔3층 이송하는데 약 60~70초 소요되는 것으로 조사되었음. 이는 본 연구개발 수직컨베이어의 이송속도로 1↔3층(층간 높이 9m 가정) 이송하는데 소요되는 시간과 큰 차이가 없으며 더욱이 다층 및 동시작업이 가능하므로 화물의 처리능력 면에서 연구개발 수직컨베이어의 성능이 월등히 높을 것으로 예상됨

[군포복합물류터미널에서 운영 중인 수직반송기]	다층형 화물이송시스템 수직반송기
파렛트 화물 수직이송 중량 1,500kg 이송속도: 1↔3층 기준 약 60초 소요(평균 18m/min) 처리량 : 60pallet/hour 가격 : 2.5억(일본 호쿠쇼 제품)	파렛트 화물 수직이송 중량 1,500kg 이송속도: 18m/min 처리량 : 120pallet/hour 가격 : 2.7억
	

(다) 볼륨체커

- 수평이송중인 파렛트 화물의 체적과 중량 등 화물정보를 측정하는 컨베이어로 이송속도와 이송중량은 수평컨베이어와 동일하게 18m/min, 1,500kg, 화물인식율은 98%로 성능목표를 설정함
- 화물인식율은 화물의 적재이상 및 기준중량을 초과하는 화물을 인식하여 찾아내는 것을 말함
- 화물의 체적 또는 중량을 측정하는 장비는 화물이 정지한 상태에서 측정하는 방법과 화물이 이동 중에 측정하는 방법으로 나누어짐. 화물이 정지한 상태에서 측정하는 방식은 주로 파렛트 화물에 사용되며 화물이 이동 중에 측정하

는 방법은 주로 박스 화물에 사용되고 있음

- 불량화물에 대한 정의
  - 이송적재상태 불량 : 화물의 적재 기울기가 위험한 상태
  - 중량 불량 : 중량 1.5톤을 초과하는 화물
- 볼륨체커 성능지표 측정방법
  - 화물의 길이(L)는 encoder를 이용하여 화물이 측정부에서 이동한 거리를 측정하여 화물의 길이를 계산함. 즉, 「encoder pulse 발생 횟수 × pulse 당 거리」를 구하여 화물의 길이를 계산함
  - 길이 측정치는 encoder를 통해 구한 측정치와 화물이 실제 움직인 거리를 비교하여 측정치를 평가하며 10회 반복 측정하여 비교함. 오차가 ± 5% 이내인 경우 정상적으로 측정된 것으로 평가함
  - 넓이(W)와 높이(H)는 TOF(time of flight) 방식의 레이저센서를 이용하여 측정된 화물표면의 2차원 극좌표값을 삼각함수를 이용하여 화물의 넓이(W)와 높이(H)를 계산함
  - 넓이(W)와 높이(H) 측정치 평가는 화물의 임의의 지점에서 이루어진 측정치 중 1~90도 범위에서 1도 단위의 측정값을 추출(따라서 임의의 지점에 대한 1회 측정값은 90개가 됨)하여 넓이와 높이를 계산한 후 오차가 50cm 이상인 측정 건수를 확인함. 동일 지점에 대한 측정을 10회 반복하여 1회당 오차가 50cm 이상인 측정건수가 10% 이내인 경우 정상적으로 측정된 것으로 평가함
  - 중량은 측정부 하부에 위치한 로드셀을 통해 100g 단위로 중량을 측정함
  - 측정치 평가는 동일 화물에 대한 중량 측정을 10회 반복 실시하여 정지시 측정한 화물의 중량(파렛트 포함)과 측정치와 비교하여 오차를 확인함

(라) 가변형 버퍼

- 이송라인 정체에 따른 화물 임시 적치 또는 적재상태가 불량한 화물 등을 이송라인에서 제외시키는 컨베이어로 버퍼를 통과하는 이송속도는 18m/min, 임시 적치를 위한 이송속도는 11m/min, 이송중량은 1,500kg으로 설정함
- 버퍼를 통과하는 이송속도 및 이송중량은 수평컨베이어와 동일하게 성능목

표를 설정하였고 임시 적치를 위한 이송속도는 임시 적치를 위한 라인의 길이가 이송속도를 높이기에 충분하지 않으므로 안전 등을 고려하여 11m/min으로 설정함

(3) 인증(KS 재정) 채택

- 연구개발과정에서 다층형 연속식 수직컨베이어, 파렛트 상자 겸용 컨베이어 등 2건의 KS 제정안을 제안하여 최종심의를 앞두고 있음
- 표준으로 제안한 구체적인 내용은 용어의 정의, 각 부의 명칭, 품질, 치수, 구조와 구동방식, 동작시험, 안전기준, 검사와 표시에 대한 항목들임
- 이러한 표준제정은 관련 제품의 개발 과정에서 발생하는 반복적인 문제들을 명확히 정의하여 관련정보의 공유를 통해 관련제조업체들의 전반적인 기술개발을 지원할 수 있을 것으로 기대됨

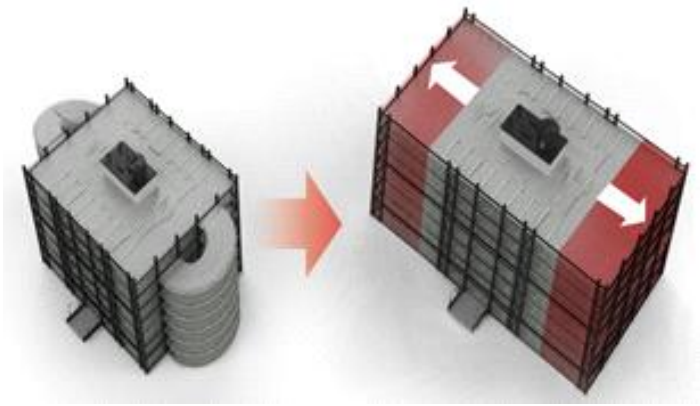
나. 경제적 효과분석

○ 건설비 절감효과

- 11톤 화물차량이 진입하는 고층형 물류센터를 조성할 경우 보관면적이 53,779m2라면, 보관 면적의 40%에 해당하는 21,855m2의 공간이 주차장, 차로, 램프웨이 등이 필요함
- 다층형 화물이송시스템을 물류센터에 도입할 경우 주차장, 차로, 램프웨이 공간이 불필요함
- 본 분석은 자가 물류센터를 제외한 영업용 물류센터에 한에 효과를 분석함
- 창고업 등록제에 등록되어 있는 보관면적과 물류센터 평당 토지비용, 건물비용을 이용하여 건설비 절감효과를 산정함. 국토교통부에 등록되어 있는 물류센터 중 3,000m2 이상 면적의 물류센터(시뮬레이션 결과 다층형 화물이송시스템은 3,000m2 공간에서 효과) 중 다층형 화물이송시스템이 적용가능한 비율 0.793%(자동화 물류센터 중 AS/RS 시스템이 아닌 기타 수직이송기를 적용하고 있는 비율 79.3%에 기존에 쓰고있는 수직반송기 대비 다층형 연속식 수직이송기를 사용할 비율 10%와 램프웨이 설치가 필요없는 경사식 물류센터가 아닌 평지의 물류센터 비율 10%를 적용)를 적용한 결과 다층형 화물이

송시스템이 적용가능한 국내 물류센터의 면적은 94,698m2 임. 이 값에 앞선 40% 공간 절감효과를 적용하면 다층형 화물이송시스템으로 인해 우리나라 영업용 물류센터에서 37,879m2 의 공간을 절감할 수 있음을 알 수 있음

- 우리나라 토지 건설비용을 48만원/평, 건물 건설비용은 220만원/평으로 산정하고 물류센터 수명을 30년으로 가정하였을 시 연간 98.5억의 건설비 절감효과가 있음



[도표 4.2] 램프웨이 공간활용 개념도

○ 기존기술대비 파렛트 이송효율성 증가

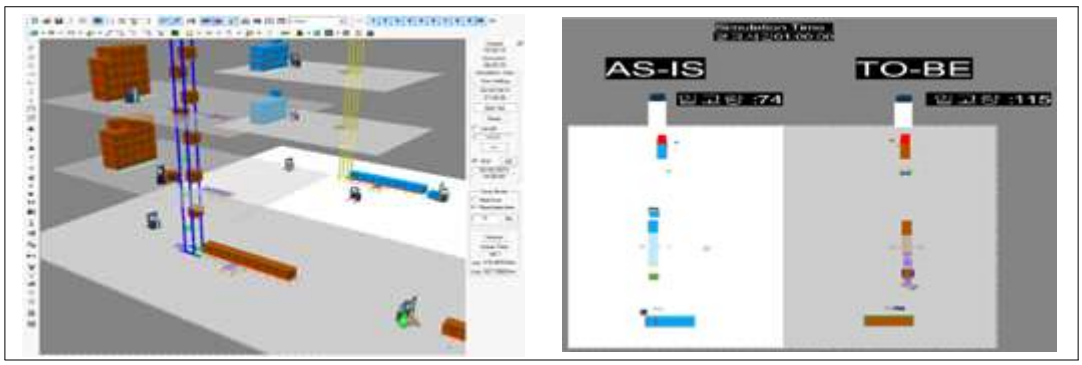
- 설계 제원치를 반영한 기존 화물엘리베이터와 작업 비교 시뮬레이션 결과 다층형 화물이송시스템은 115pallet/hr를 처리함으로써 화물엘리베이터의 75pallet/hr보다 53% 향상된 처리량을 보여줌
- 향상된 처리량은 물류센터의 투자 규모축소 또는 인력의 활용도가 높아지는 효과를 가져옴

구분		항목	단위
작업조건	작업시간	화물엘리베이터 작업시간 다층형 연속식 수직컨베이어 작업시간	1시간
	이송속도	엘리베이터 속도 다층형 연속식 수직 컨베이어 속도	60m/min 18m/min
	운반속도	지게차	66m/min
	물류센터 제원	층간 높이	9m
평가기준	작업량	입고 작업량	Pallet/hour

[도표 4.3] 시뮬레이션 입력 파라메타

구분	Sum	WORKER(A)	WORKER(B)
화물엘리베이터-PICKUP	0: 06 : 00	0: 06 : 00	0: 00 : 00
화물엘리베이터-DELIVER	0: 28 : 09	0: 28 : 09	0: 00 : 00
다층형연속식-PICKUP	0: 09 : 25	0: 00 : 00	0: 09 : 25
다층형연속식-DELIVER	0: 09 : 25	0: 00 : 00	0: 09 : 25
MOVE	1: 06 : 53	0: 25 : 47	0: 41 : 06
WAIT FOR WORK	0: 00 : 08	0: 00 : 04	0: 00 : 04

[도표 4.4] 시뮬레이션 output



[도표 4.5] 시뮬레이션 구동화면

다. 정책적 효과분석

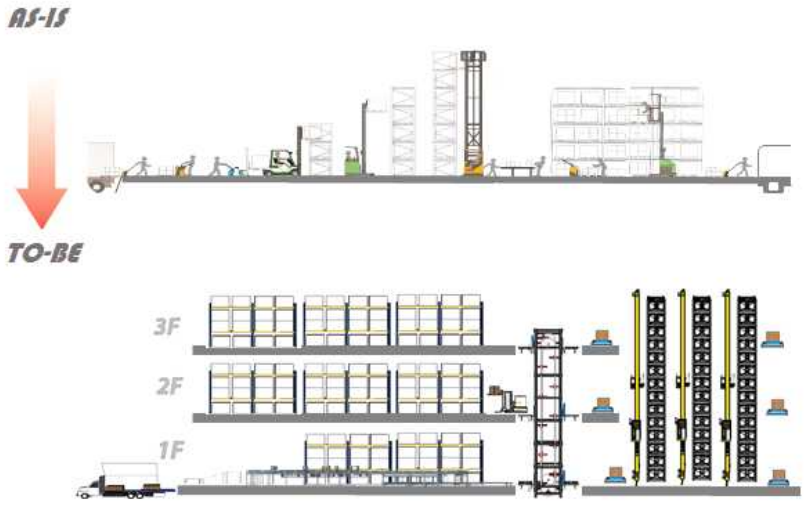
(1) 물류창고업(보관면적 극대화를 통한 수익극대화)

- 물류창고업은 보관을 위한 공간을 화주에게 제공하여 수익을 창출하는 업으로 보관면적의 극대화는 수익을 극대화 시킬 수 있는 가장 중요한 도구
- 그러나 각 층에 대형 화물차량이 진입할 경우 많은 면적의 화물차량의 진입, 통행, 회전, 접차 등을 위한 공간이 필요한데, 이는 물류창고업자의 입장에서는 보관료를 받을 수 없는 DEAD SPACE임
- 본 과제를 통해 개발된 안전하고 신뢰도 높은 연속형 수직이송컨베이어는 이러한 DEAD SPACE들을 최소화하고, 보관공간을 극대화하여 물류창고업체

들의 수익개선에 기여할 것으로 기대됨

(2) 물류장비류의 국산화 실현, 기술력 경쟁력 확보

- Modern Materials Handling에 인용된Global Industry Analysts의 세계시장 수요 예측 보고서에 의하면 물류설비 제조업의 규모는 2010년 이후 250억 달러 규모의 시장으로 성장하였음
- 시장 선도업체들은 독일과 일본의 주요기업들로 2007년 독일계 물류장비류 제조업체 Schaefer의 연 매출은 24억 달러, 일본계 Daifuku의 매출은 22억 달러에 달하는 것으로 나타남
- 그러나 국내의 관련기술과 제품수준은 수평이송용 컨베이어와 수직이송용 리프트 등 개별제품의 생산에만 치중되어 있으며, 많은 경우 파렛트와 박스화물을 별도로 분리하여 취급하고 있는 현실임
- 컨베이어 분류기의 경우 고가의 외산 장비가 대부분으로 초기 구축비용이 높아 일부기업에서 제한적으로 사용되고 있음
- 따라서 다층형 화물이송시스템은 고층화·자동화되고 있는 물류시설의 개발방향을 선도적으로 준비하기 위한 본 사업은 외산장비와 소프트웨어의 도입으로 인한 수입대체효과 및 수출증대의 효과도 기대할 수 있을 것으로 기대됨



제 5 장 연구성과활용 및 추가연구 필요성

제1절 연구성과의 활용계획

제2절 추가연구 필요성

제5장 연구성과활용 및 추가연구 필요성

제1절 연구성과의 활용계획

1. 고단적재 무인지게차 시스템

(1) 이중 적재형 무인지게차

시작품 제작연도	주요제원	관련 사진	3차년도 이후 활용계획
1차년도	적재능력: 1톤 상승높이: 3m		장 소: 한성웰텍㈜ 시연장 활용기관: 한성웰텍㈜, 부경대학교 목 적: 주행 및 3방향포크 시연 활용내용: 전시회 출품 및 고객사 시연
	적재능력:1톤 상승높이: 3m		장 소: 한성웰텍㈜ 시연장 활용기관: 한성웰텍㈜, 부경대학교 목 적: 2축이동 및 3방향포크 시연 활용내용: 전시회 출품 및 고객사 시연
	적재능력: 1톤 파렛트 이중적재 상승높이:3m		장 소: 한성웰텍㈜ 시연장 활용기관: 한성웰텍㈜, ㈜엔스퀘어 목 적: 3방향포크 및 이중적재 시연 활용내용: 전시회 출품 및 고객사 시연
2차년도	적재능력: 1.25톤 팔레트 이중적재 상승높이: 4m		장 소: 한성웰텍㈜ 시연장 활용기관: 제1세부 연구단 목 적: 1.25톤 3방향포크 및 이중적재 시연 활용내용: 전시회 출품 및 고객사 시연
3차년도	적재능력: 1.5톤 팔레트 이중적재 상승높이: 5m		장 소: 한성웰텍㈜ 시연장 활용기관: 제1세부 연구단 목 적: 1.5톤 3방향포크 및 이중적재 시연 활용내용: 전시회 출품 및 고객사 시연

[도표 5.1] 연차별 시제품 활용계획

○ 1톤, 1.25톤, 1.5톤 등의 제품을 생산하여 기존의 지게차를 개조하는 형태로 판매

○ AGV 등의 다양한 운반기계에 접목



[도표 52] 클라크 지게차에 삼방향 포크를 장착한 모습

○ 3차년도 시제품 제작시 설계한 구동부의 목형을 제작함

- 전동지게차나 AGV, 골프카 등에 들어가는 구동부는 주문제작 혹은 수입에 의존하고 있음
- 주행 모터, 조향 모터만 구매하여 직접 구동부를 제작 가능
- 외국의 제품 대비 20%이상 저렴함
- 부품의 국산화로 인한 납기일 단축 및 A/S 대응의 신속화



[도표 5.3]구동부 목형 사진 (1) **[도표 5.4] 구동부 목형 사진 (2)**




[도표 5.5] 구동부 목형 사진 (3) [도표 5.6] 구동부 목형 사진 (4)

(2) 사용자정의 통합형차량제어시스템

○ 소프트웨어 구성 및 구조에 대한 지적재산권 확보(특허 출원)

○ 소프트웨어 등록을 통한 지적재산권 확보(소프트웨어 등록)

○ 자사 무인차량에 적용을 통하여 해외시장 확대-기존 자사 시스템은 윈도우 기반으로 한정되어 있으나, 본 연구를 통해 개발된 시스템은 윈도우, 리눅스를 모두 지원함으로서 각 지역 및 기관의 선호도를 충족할 수 있음.

○ 다양한 분야의 무인차량 개발에 적용 범위를 넓힘으로서 무인차량의 적용 시장을 넓힐 수 있도록 함

(3) 레이저용 동시위치/맵핑기술

○ 본 과제의 성과물인 환경인식기술(SLAM기술) 및 자율주행기술, 고장진단예측기술은 물류센터의 생산성향상 및 효율적인 인력사용을 통한 물류비용 절감을 위하여 큰 도움을 줄 수 있음

○ SLAM정확도 개선, 고장항목추가하여 실제 무인운반차의 완전무인화에 활용할 수 있도록 할 계획임

○ 다양한 작업환경 및 다양한 제품에 대한 적용시험하여 활용범위 확대할 예정임

(4) 통합통제관리

○ 스케쥴관리기법 및 트래픽 관리기법에 대한 모듈 구성 및 유사 사업으로의 확장을 통한 판매 수익기대

○ 현재 20대 규모의 무인지게차 운영시스템에서 300대 수준으로 확장을 통한 시장성 확대 및 관련기술 개발 유도

○ 트래픽 예측 정밀도 향상을 위한 알고리즘 개선 및 관련산업분야 응용

(5) 파렛트 인식기술

○ 기술이전을 통하여 지적재산권에 반하지 않고 파렛트 인식 시스템이 필요한 환경에 적절히 시스템 구축이 가능하며 기술이전 극대화를 통해서 폭넓은 기술적 교류 및 본 기술의 지속적인 개발을 할 수 있도록 계획함

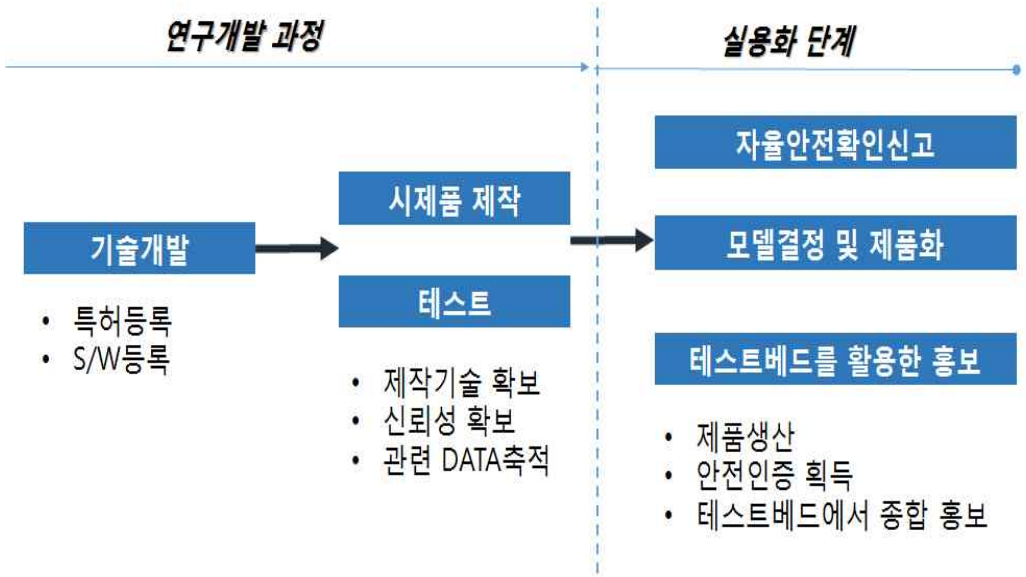
○ 본 연구의 학술적 성과는 지속적인 연구개발을 목적으로 하며 본 연구 중에 작성한 논문 및 발표 논문 등을 바탕으로 지속적인 연구를 진행할 예정임

○ 본 연구의 학술적 성과를 바탕으로 지속적인 학문적 교류 및 연구개발을 통해 랙에 대해 많은 정보를 쉽게 추출할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있음

○ 따라서 다양한 학술 교류를 진행하며 특허, 소프트웨어 등록 등으로 지적재산권을 확보할 예정임

2. 다층형 화물이송시스템

○ 실용화를 위한 추진체계



○ 연구성과 실적

- 수평 컨베이어, 연속식 수직 컨베이어, 볼륨체커, 가변형 버퍼 기술 관련 특허 등록을 완료함
- 4가지 연구개발 성과물별 소프트웨어 등록과 통합 소프트웨어 등록을 완료함
- 시제품을 테스트베드에서 검증(산업안전보건법 등 반영)
- KS 기술표준 제정으로 수평 컨베이어, 연속식 수직 컨베이어, 볼륨체커, 가변형 버퍼의 기술을 공공적 측면에서 연구개발 내용을 공유함

○ 연구성과 활용계획

- 연구개발 종료 후 다양한 모델검토를 통해 수요처에 적합한 모델을 결정하고 이를 제품화하여 실용화할 예정임
- 수요처의 요구를 반영하여 다층형 화물 이송시스템 전체가 아닌 성과물 개별 또는 부분 통합하여 실용화를 추진할 필요도 있음
- 볼륨체커의 경우 인식률이 높기 때문에 다양한 분야에서 활용이 가능함
- 박스 및 파렛트 화물 이송 수평 컨베이어의 약간의 개조를 통해서 크기가 다른 화물이송에 활용이 가능함

- 테스트 베드 현장에서 제품 시연과 구매자들이 직접 프로그램을 사용하여 제어해보는 등 홍보 및 교육의 장소로 활용할 예정임
- 또한 연구개발과 테스트 과정에서 축적된 자료를 활용하여 향후 자율안전확인 신고를 획득하고, 국제전시회 등의 출품을 통해 관련제품을 홍보할 예정임
- 성과물의 1차적인 수요처는 기존의 물류센터에 설치보다는 새롭게 조성을 기획하는 항만배후단지, 공동물류센터, 임대용 물류센터이며, 2차적인 수요처는 다층으로 조성되는 제조업의 생산시설 등으로 판단됨. 따라서 이들 수요처를 고려한 홍보용 자료와 동영상 등도 연구개발과정에서 제작할 예정임
- 국제기준과 매치되는 성능검사 기준이 만들어 진다면 해외시장 진출도 고려해 볼 필요가 있음

제2절 추가연구 필요성

1. 고단적재 무인지게차 시스템

(1) 다양한 업종에서 관심을 보이지만, 개발되지 않은 제품이 다수임

○ 고중량 화물을 이송 및 적재 가능한 삼방향 포크 기술 필요

- 특히 금형 관리 및 생산 업체 쪽의 3톤 ~ 5톤급 삼방향 지게차 혹은 삼방향 포크 생산 문의가 많음

○ 경량화 된 삼방향 포크 기술 개발 필요

- 보행식 지게차, 스테커와 같은 운반기계에 적용 가능한 삼방향 포크기술 문의가 많음

○ MAN-UP 타입의 삼방향 지게차 혹은 삼방향 포크기술 필요

○ 일반 지게차(엔진형)에 적용 가능한 삼방향 포크 기술 필요

(2) 통합차량의 최적화와 경량화를 통하여 차량 사이즈 축소가 필요함

○ 좁은 통로 폭으로 작업이 가능하다는 삼방향 포크의 장점을 어필하기에는 통합차량의 사이즈가 큼

○ 또한 전동지게차의 경우 1톤 미만의 화물을 취급하는 곳이 많아 삼방향 포크만 따로 도입하려는 성향이 강함

(3) 지속적인 연구개발 수행 및 시장에 대한 다양한 학문적, 기술적 분석 수행 필요함

○ 상용화는 확실한 기술의 개발이 기반이 되어야 하지만 기술의 개발이 곧 상용화는 아니기 때문에 더욱 면밀하고 섬세하게 준비해야 할 필요성이 있음

(4) 랙 인식 기술의 확장된 계획, 넓은 시각과 다양한 경험 필요함

○ 랙 인식 기술은 기존의 창고관리 시스템과 일맥상통함

○ 현재의 물류산업의 발달은 빠르게 진행되고 있기 때문에 단편적인 기술로는 부족하다고 판단되며 물류센터 내의 작업 루틴 및 기술에 대한 지속적인 파악

과 비교, 분석을 행해야 함

(5) 물류이송기술이 발전하고 있는 상황에서 무인운반체의 가장 핵심기술은 위치인식과 경로 Tracing 기술인데, 현재 가장 보편적으로 사용하는 방식은 레이저스캐너를 이용하는 방식임.

○ 그러나 레이저스캐너는 고가이며 대부분 수입에 의존하고 있으며 국산 대체품이 없음. 따라서 저가의 센서를 이용한 자율주행 및 자율경로생성 방식(SLAM)의 연구가 보다 더 진행되어야 함.

(6) 현재까지의 기술수준으로 무인지게차를 물류센터에서 운용하려면 물류센터의 규격화가 선행 필요

○ 보다 다양한 환경에서, 돌발상황에 유연하게 대처할 수 있는 시스템이 개발되어야 함

(7) SLAM기술의 정밀도를 개선하여 세계수준의 SLAM기술 보유하여 국제경제력을 확보할 필요가 있음

○ 무인운반차의 완전 무인화 운용체계를 구축하기 위해 작업현장에서 일어날 수 있는 모든 고장항목 등을 고려한 고장진단 예측 및 경보 시스템 구축하여 무인운반차의 보수 시간 예측 및 단축하여 생산비 절감효과를 더욱 향상시킬 필요가 있음

(8) 무인운반차를 위해 개발한 SLAM 기술, 자율주행 및 충돌회피 기술을 다양한 환경, 다양한 제품에 확대 적용할 필요가 있음

(9) LMS센서는 수입제품으로 국산화 필요가 있음

2. 다층형 화물이송시스템

(1) 상용화를 위한 수직 컨베이어의 안전성 개선

○ 수직 컨베이어의 상용화를 위해 테스트베드 운영을 통해 도출한 다음의 두 가지 사항에 대한 개선이 필요함

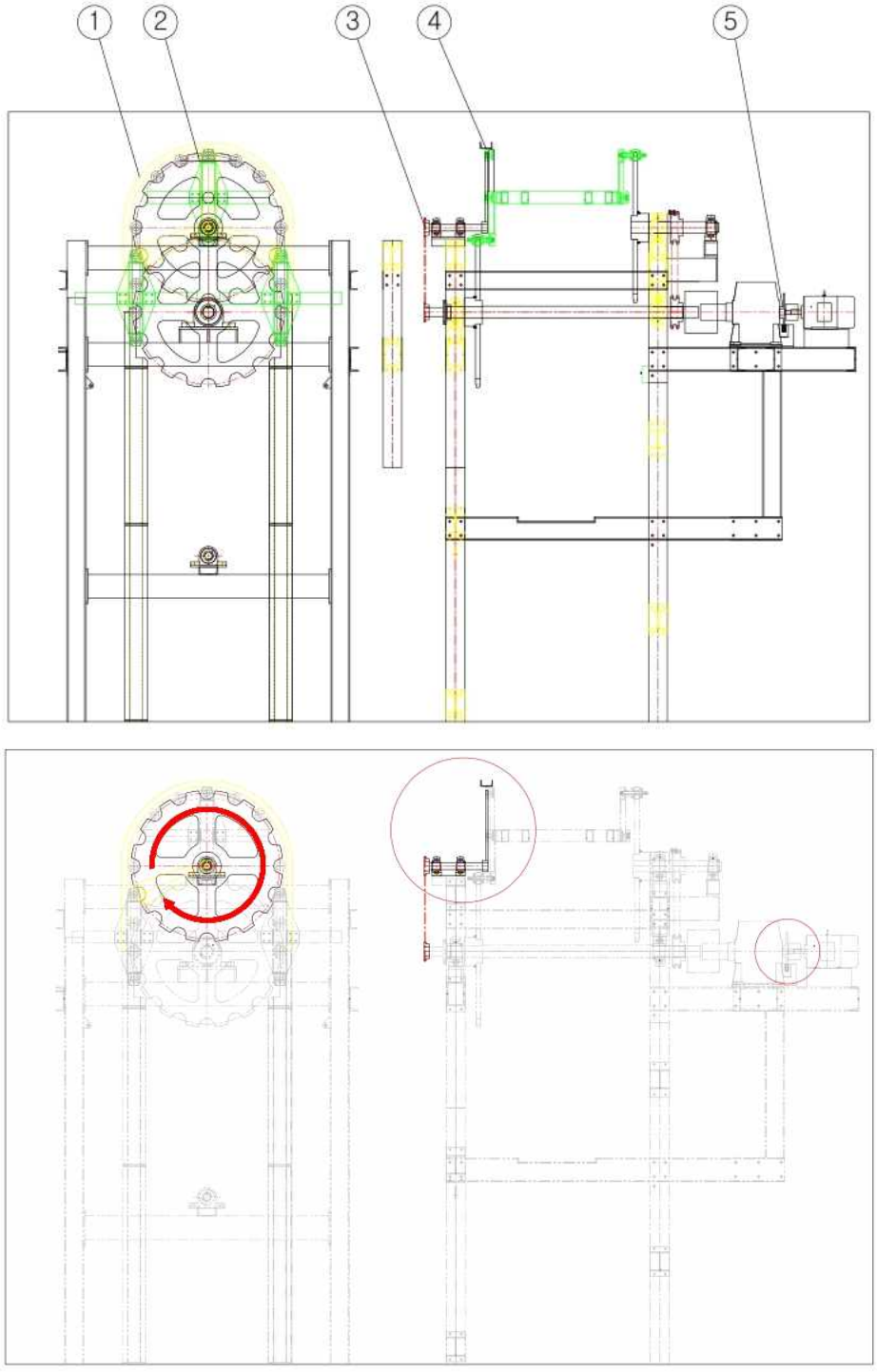
- 이 사항의 개선을 위해서는 수직 컨베이어 및 외관을 일부 해체한 후 다시 설치해야 하는 어려움이 있음

○ 파렛트 캐리어가 입고측에서 상승하여 출고측으로 내려가는 최상승부의 회전 구간에서 파렛트 캐리어가 안정적으로 수평을 유지하지 못하고 약간 기울어지는 경우가 발생하는 문제에 대한 개선이 필요함

- 이의 해결을 위해 파렛트 캐리어가 상부의 회전 궤도에 들어가면 가이드롤러가 이탈방지용 레일 및 궤도 휠이 롤러를 잡고 회전함으로써 파렛트 캐리어의 쏠림을 원천적으로 방지하는 장치를 도입함
- 이 장치는 가이드롤러 이탈 방지용 레일(그림의 ①, ④), 가이드롤러 궤도 휠(그림의 ②), 궤도 휠을 돌려주는 축 베어링, 메인기어와 연결하여 동기화시켜주는 체인(그림의 ③) 등으로 구성됨
- 이 장치의 설치를 위해서는 현재 수직 컨베이어의 높이 보다 약 1.5m 높아져야 하며(이탈방지용 레일 및 귀도 휠 장착) 파렛트 캐리어의 간격이 현재 3.9m에서 4.8m로 변경되어야 하며 기타 프레임 및 샤프트 등의 장치가 추가 설치되어야 함

○ 모터의 브레이크 외에 완전 부하 구동 중에도 (비상)정지 시 수직 컨베이어의 완전 제동 및 역회전 방지를 위한 별도의 정지 장치 도입을 통한 안전성 개선이 필요함

- 이를 위해 모터의 커플링과 감속기어 사이에 전기 장치로 제어가 되는 디스크 방식의 전자 브레이크 장치를 설치함(그림의 ⑤)



(2) 화물 이송 효율성 향상을 위한 수직 컨베이어의 틸팅 포크 타입에 대한 추가 분석이 필요함

○ 수직 컨베이어에서 화물을 이송하는 파렛트 캐리어에 화물을 투입하거나 파렛트 캐리어로부터 화물을 받기 위해 현재 테스트베드에는 필요 시 펼쳐졌다가 작업 완료 후 위로 접혀지는 방식의 틸팅 포크를 사용하고 있음

- 테스트베드 운영에서 기능상 문제점은 없었지만 화물을 적재한 파렛트 캐리어가 접근하기 전에 틸팅 포크를 접어야 하는 한계점이 있어 전체적인 효율성을 떨어뜨릴 수 있는 가능성이 존재함

○ 틸팅 포크의 대안으로 필요 시 포크가 수평으로 앞으로 나갔다가 작업 완료 시 포크가 다시 후진하여 원위치로 돌아오는 슬라이딩 타입의 장비를 개발하고 단동 테스트를 통해 정상 동작을 확인하였으나 기존 설치 장비의 해체 및 재설치의 어려움으로 인하여 수직 컨베이어와 연동 테스트를 수행하지 못하였음

- 연동 테스트를 통해 문제점을 확인하고 상용화를 위해 수직 이송의 효율성을 향상시킬 필요성이 있음

(3) 경량화물용 수직 컨베이어에 대한 추가 연구가 필요함

○ 상용화 시 경량화물 취급 수요에 대응하기 위해 박스 타입의 경량화물용 다층형 연속식 수직 컨베이어에 기술에 대한 추가 연구가 요구됨

○ 이는 중량의 파렛트 화물 대상의 수직 컨베이어의 기본 메커니즘을 그대로 가져가면서 기술 개발이 가능함

참고문헌

1) 광업제조업조사보고서(통계청)(http://kostat.go.kr)
2) 국토교통과학진흥기술원, 지능형 물류센터 상하역 및 이송시스템 기술개발 최종보고서
3) 김대환, 한순흥, 정현 (2010),「반잠수식(B1) 모바일 하버에 도입될 자동창고 시스템의 크기 결정을 위한 시뮬레이션」, 해운물류연구, 제27권, 제1호, 한국해운물류학회, pp.79-98.
4) 김홍매, 추봉성, 배민주, 신승환, 윤미선, 김환성, 구경모“동아시아 물류 동향”, 부산발전 연구원, 제 60호, 2011. 8, 3-133
5) 김환성, 이상훈, “GA를 이용한 다중경로 시스템의 AGV 대수 결정 문제”, 제어·자동화·시스템공학회, 제 7권, 제 4호, pp. 319-325, 2001.
6) 김희석, 회귀분석에 기반한 시스템 수준의 전력예측 기법, 서울대학교 석사논문, 2002. 11.
7) 로봇시장 창출을 위한 산업융합 방안연구, 현재경제연구원, 2009. 12.
8) 로봇주행 기술 및 표준화 동향, 전자통신동향분석, 제6권 제6호, 2011. 12.
9) 박건국, 김선호, 박경택, 안중환, “회전 Laser 슬릿빔을 이용한 AGV의 위치 및 자세의 검출”, 한국항만학회 2000 추계학술대회 논문집 B 2-5, pp. 219-225, 2000년
10) 박영만, 박경우, 안동순, “AGV 주행제어를 위한 숫자인식에 관한 연구”, 한국컴퓨터정보학화 논문지, 제8권, 제2호, 2003년
11) 박정제, 김정민, 김성신, “레이저 레인지 파인더를 이용한 지게차 AGV의 팔 레트 인식”, 제어 로봇 시스템학회, 한국로봇학회 합동학술발표대회 2009
12) 변성민, 김민환. “자동 화물처리를 위한 실시간 팔레트 측정 방법”, Journal of Korea Multimedia Society Vol. 12, No. 2, February 2011
13) 업계 시스템 관리 툴 기술 동향 분석, 전자통신동향분석, 제23권 제1호, 2008. 2.
14) 원종길, 김혜영, 조진수, “레이블링 기법과 밝기값 변화에 기반한 컬러 영상의 문자영역 추출 방법”, 한국 콘텐츠학회, 한국 콘텐츠 학회 논문지 ‘11 Vol. 11 No.12
15) 유승남외4인(2007), "변형장애물을고려한최적로봇팔레타이징경로생성알고리즘의 개발," 대한기계학회, 대한기계학회2007년도춘계학술대회A.
16) 이충환, 김환성, 김상봉, “일반 구조형 관측기에 관한 연구”, 한국정밀공학회지, pp.95-101 , 2000
17) 임성진외5인(2006), "패턴생성알고리즘및경로최적화기술을포함한로봇팔레타이징 시뮬레이터개발," 대한기계학회, 대한기계학회2006년도춘계학술대회.
18) 주칠관, 최민혁, 유영재, “IR Sensor를 이용한 실내용 이동AGV의 자기 위치 추

정", Proceedings of KFIS Spring Conference 2007, Vol. 17, No. 1, pp. 15-18
19) 지능형 물류센터 및 고효율 장비기술 개발 기획보고서, 2011
20) 최태웅, 이현철, 허기택, 김은석, "마커 방식 실내 내비게이션을 위한 조명 변화에 강한 임계값 결정 방법", 한국 콘텐츠학회, 한국 콘텐츠학회 논문지 '12 Vol.12 No.1
21) 하나 금융 경영 연구소, "물류창고업의 환경변화와 투자여건 분석", 산업연구시리즈 2008. 6. 20 제 21호
22) 환경부하 및 에너지 소비예측을 고려한 Green Process 기술, 국가R&D현안정책지원서비스, 세상을 바꿀 한국의 27가지 녹색기술
23) A. Elfes, "Sonar-based Real-world Mapping and Navigation," IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol. 3, pp. 249-265. 1987.
24) ALAN S. WILLSKYI, "A Survey of Design Methods for Failure Detection in Dynamic Systems*", Pergamon Press, pp. 601-611 , 1976
25) A. Kelly et al.,"An infrastructure-free automated guided vehicle based on computer vision,"http://www.rec.ri.cmu.edu/projects/amts/tech/
26) Bobanac, V. and S. Bogdan. Routing and scheduling in Multi-AGV systems based on dynamic banker algorithm. in Control and Automation, 2008 16th Mediterranean Conference on. 2008.
27) B. O. Kam, Y. B. Jeon and S. B. Kim, "Motion Control of Two-Wheeled Welding Mobile Robot with Seam Tracking Sensor", Proc. Of the 6th IEEE Int. Symposium on Industrial Electronics, Korea. Vol. 2, pp. 851-856, 2001
28) Chan, F. T. S. and Chan, H. K. (2011), "Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage," Expert Systems with Applications, Vol.38, pp.2686-2700.
29) Chen, Y., Xiao, Q. and Tang, X. (2011), "Product Layout Optimization and Simulation Model in a Multi-level Distribution Center," Systems Engineering Procedia, Vol.2, pp.300-307
30) Cheng, Y.-L., et al., Dispatching Automated Guided Vehicles in a Container Terminal, in Supply Chain Optimization, J. Geunes and P. Pardalos, Editors. 2005, Springer US. p. 355-389.
31) C. T. Lam, S. S. Park, T. H. Bui, and S.B.Kim, "Application of Sliding Mode

Control to Sopt Bead Weldinf Mobile Robot Using Camera Sensor",
32) D. Dolgov, S. Thrun, M. Montemerlo, and J. Diebel, "Path Planning for Autonomous Vehicles in Unknown Semi-structured Environments", International Journal of Robotics Research (IJRR), Vol. 29, No. 5, pp. 485-501, 2010.
33) Darouach, M. , Zasadzinski, M., Xu, S.J. , "Full-order observers for linear systems with unknown inputs ", Automatic Control, IEEE , pp. 606 - 609 , 1994
34) D.J. Fonseca, G. Uppal and T.J. Greene(2004), "A Knowledge-based system for conveyor equipment selection," Expert Systems with Applications, Vol. 26, No.4, pp.615-623.
35) D. N. Shields , "Observer design and detection for nonlinear descriptor systems"INT. J. CONTROL, VOL. 67, NO. 2, pp. 153 - 168, 1997
36) F. He, and Z. Du, "Laser Range Finder Based Moving Object Tracking and Avoidance in Dynamic Environment", Proceedings of IEEE International Conference on Information and Automation 2010 (ICIA), pp. 2357-2362, 2010.
37) Frank, P.M. , Keller, L., "Sensitivity Discriminating Observer Design for Instrument Failure Detection ", Aerospace and Electronic Systems, IEEE , pp. 460 - 467 , 1980
38) Garcia, A., Chang, Y. S. and Valverde, R. (2006), "Impact of new identification and tracking technologies on a distribution center," Computers & Industrial Engineering, Vol.51, pp.542-552.
39) Garcia, E.A., Frank, P.M.,"A novel design of structured observer-based residuals for FDI ", American Control Conference, 1999. Proceedings of the 1999 , Vol. 2 , pp. 1341 - 1345 , 1999
40) Gattuso, D. and Cassone, G. C. (2012), "Micro-simulation Model Supporting the Management of an Interregional Logistic Platform," Procedia Social and Behavioral Sciences, Vol.54, pp.557-566.
41) Gendreau, M., et al., Parallel tabu search for real-time vehicle routing and dispatching. Transportation science, 1999. 33(4): p. 381-390.
42) H. D. Kim, D. W. Kim and K. B. Sim, "Simultaneous Localization and Map building using Vision Camera and Electrical Compass", SICE-ICASE

International Joint Conference 2006, Korea, October, 2006.
43) H. Giang, H. K. Kim and S. B. Kim, "Path Tracking Controller of Quadruped Robot for Obstacle Avoidance Using Potential Functions Method", Proceeding of 1st International Joint Conference on Advanced Engineering, pp. 122-128, 2012
44) H. Sedighi, K. Ashenayi, K. Manikas, W. T. Wainwright, L. R. Tai and M. H. Ming, "Autonomous Local Path Planning for a Mobile Robot Using a Genetic Algorithm", IEEE Conference Publications, Vol. 2, pp.1338-1345, 2004
45) Hwan-Seong Kim, Tae-Kyeong Yeu and Shigeyasu Kawaji "Fault Detection in Linear Descriptor Systems Via Unknown Input PI Observer", Transaction on Control, Automation and System Engineering, Vol. 3, No. 2, pp. 77-82, 2001. (6월)
46) Introduction to Algorithms」Thomas H Cormen 외 3인
47) Jen, Fu-hua ; Mai, Bao Trung, "Building an Autonomous Line Tracing Car with PID Algorihm", 10th World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA), pp. 4478-4483, 2012.
48) J. G. Kim, et al, "Development of Navigation Control Algorithm for AGV Using D* search Algorithm", Proceeding of 1st International Joint Conference on Advanced Engineering, pp. 103-108, 2012.
49) J. Pages, X. Armangue, J. Salvi, J. Freixenet, and J. Marti, "A computer vision system for autonomous forklift vehicles in industrial environments," Proc. of 9th Mediterranean Conf. on Control and Automation, 2001
50) J. W. Choi, S. H. Ahn and M. Y. Choi, "Metric SLAM in Home Environment with Visual Objects and Sonar Features", Proc. Of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, China, October, 2006.
51) Krishnamurthy, N.N., R. Batta, and M.H. Karwan, Developing conflict-free routes for automated guided vehicles. Operations Research, 1993. 41(6): p. 1077-1090.
52) Laporte, G., The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms. European Journal of Operational Research, 1992. 59(3): p. 345-358.
53) Le-Anh,T.and M.B.M. DeKoster, Are view of design and control of automated guided vehicle systems. European Journal of Operational Research, 2006.171(1):p.1-23.

54) Ling Zhang, Shao-Hua Wang, Hong-Mou Wang(2010), "A RaLC-based Simulation Experiment onLogistics and Warehousing", 起重運輸機械, 제6권, 33-35.
55) Lochana Moorthy, R., et al., Cyclic deadlock prediction and avoidance for zone-controlled AGV system. International Journal of Production Economics, 2003. 83(3): p. 309-324.
56) L. Tang, "A Novel Potential Field Method for obstacle Avoidance and Path Planning of Mobile Robot", Proceedings of 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology 2010 (ICCSIT), Vol. 9, pp. 633-637, 2010.
57) NaiQi, W. and Z. MengChu, Shortest Routing of Bidirectional Automated Guided Vehicles Avoiding Deadlock and Blocking. Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on, 2007. 12(1): p. 63-72.
58) N. M. Dung, J. S. Im, A. L. Tran and S.B.Kim, "Nonlinear Adaptive sliding Mode Control Nonholonomic Two-Wheeled Welding Mobile Robot for Tracking Smooth Curved Path", ICASE 합동학술발표대회, pp. 276-282, 2003
59) Maida. Napolitano의 'The time, space & Cost, Alexander Communications
60) Mao Hai-jun, Ji Xing-zhao, Li Xu-hong(2007), He Jie, Rei Wei-na, Qiao Xin-ni, "Research on Remanufacturing Reverse Logistics Network Facility Location Projects Simulation Evaluation," Management Science and Engineering , pp.488-494,
61) Mariolino De Cecco, "Sensor fusion of inertial-odometric navigation as a function of the actual manoeuvres of autonomous guided vehicles", INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, Meas. Sci. Technol. 14, (2003), pp. 643-653
62) Misra, P. , Gu, G. , Van Dooren, P. " Characterization and computation of transmission zeros of singular multivariable systems "Decision and Control, 1990, Proceedings of the 29th IEEE , Vol. 1, pp. 279 - 284, 1990
63) M. Seelinger and J.-D. Yoder, "Automatic visual guidance of a forklift engaging a pallet,", Robotics and Autonomous Systems, Vol. 54, pp. 1026-1038, 2006
64) Pan, J. C. H. and Wu, M. H. (2009), "A study of storage assignment problem for an order picking line in a pick-and-pass warehousing system,"

Computers & Industrial Engineering, Vol.57, pp.261-268.

65) P. F. Alcantarilla, J. J. Yebes, J. Almazan and L.M. Bergasa, “On combining visual SLAM and dense scene flow to increase the robustness of localization and mapping in dynamic environments”International Conference on Robotics and Automation (ICRA), IEEE, pp. 1290-1297, 2012

66) Processes takes simulation to a new level. Material Handling & Logistics May 1, 2005, Lisa Kempfer

67) P. S. Pratama, “Obstacle Avoidance Algorithm Based on Velocity and Orientation Controls of Differential Drive Automatic Guided Vehicle”, Thesis for the Degree of Master of Engineering, 2013.

68) Reveliotis, S.A., Conflict resolution in AGV systems. IIE Transactions, 2000. 32(7): p. 647-659.

69) R. Jiang, X. Tian, L. Xie and Y. Chen, “A Robot Collision Avoidance Scheme based on the Moving Obstacle Motion Prediction”, Computing, Communication, Control, and Management (ISECS), Vol. 2, pp.341-345, 2008.

70) R. K. Duhan, “The Study of Production Output of Flexible Manufacturing Cells with AGV and Simulation with SIMAN Language”, International Journal of Engineering Sciences (IJMRS), Vol. 1 (2), pp.44-47, 2012.

71) Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., Houtum, G. J. V., Mantel, R. J. and Zijm, W. H. M. (2000), “Warehouse design and control: Framework and literature review,” European Journal of Operational Research, Vol.22, pp.515-533.

72) Saif, M. , “Robust discrete time observer with application to fault diagnosis ”, Control Theory and Applications, IEEE , pp. 353 - 358 , 1998

73) S. A. Kumar, “Production and Operation Management”, New Age International Ltd., New Delhi, 2006.

74) Sam-Sang You, Hyeung-SiK Choi, Hwan-Seong Kim, Tae-Woo Lim and Seok-Kwon Jeong, “Active Steering for Intelligent Vehicles Using Advanced Control Synthesis”, International Journal Vehicle Design, Vol. 42, No. 3/4, pp. 244-262, 2006. 8 (SCIE) (ISSN : 0143-3369)

75) Savelsbergh, M. and M. Sol, DRIVE: Dynamic routing of independent vehicles. Operations Research, 1998. 46(4): p. 474-490.

76) Savelsbergh, M.W. and M. Sol, The general pickup and delivery problem. Transportation science, 1995. 29(1): p. 17-29.
77) Scherer, R. J. and Schapke, S. E. (2011), “A distributed multi-model-based Management Information System for simulation and decision-making on construction projects,” Advanced Engineering Informatics, Vol.25, pp.582-599.
78) Sedighi, H. Kamran; Ashenayi, Kaveh ; Manikas, W. Theodore; Wainwright, L. RogerL; Tai, Heng-Ming M, “Autonomous Local Path Planning for a Mobile Robot Using a Genetic Algorithm”, IEEE Conference Publications, Vol. 2, pp.1338-1345, 2004.
79) Takanori Yamazaki, et al(2007), "Continuous weighing on a multi-stage conveyor belt with FIR filter", Measurement, Vol. 40, pp.791-796.
80) T. Nagaosa and T. Hasegawa, “A new scheme of nearby vehicles' positions recognition and inter-vehicle communication without signal collision-V-PEACE scheme”, Vehicular Technology Conference Proceedings, (VTC), Vol. 2, pp. 1616-1620, 2000
81) Top 5 Reasons to Use Warehouse Simulation Software Modeling warehouse
82) TOP20 SYSTEMS SUPPLIERS', Modern Materials Handling, 2011.3
83) T. Y. Abdalla, A. A. Abdulkarem, “PSO-based Optimum Design of PID Controller for Mobil Robot Trajectory Tracking”, International Journal of Computer Applications, Vol.47 (23), pp. 30-35,2012.
84) U. Frese, P. Larsson and T. Duckett, “A multilevel relaxation algorithm for simultaneous localization and mapping”, TRANSACTIONS ON ROBOTICS IEEE, Vol. 21, pp. 196-207, APRIL, 2005
85) Vis, I.F.A., Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems. European Journal of Operational Research, 2006. 170(3):p.677-709.
86) Wang, H., Daley, S , “Actuator fault diagnosis: an adaptive observer-based technique ”, Automatic Control, IEEE , pp. 1073 - 1078, 1996
87) X. Yang, M. Moallen and R. Patel, “An Improved Fuzzy Logic Based Navigation System for Mobile Robots”, in Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. Intell. Robots Syst., Las Vegas, NV, pp. 1709-1714, 2003.
88) Y. B. Jeon, B. O. Kam, S. S. Park, “Modeling and Motion Control Mobil

Robot for Lattice Type Welding", KSME, Vol. 16, pp. 83-93, 2002
89) Y.C. Chiu, D.S. Fon and G.J. Wu(2006), "Development of an Automatic Pallet Handling System for Seeded Trays," Biosystems Engineering, Vol. 93, No.2, pp.123-138.
90) Zhang, Y., Wang, Y. and Wu, L. (2012), "Research on Demand-driven Leagile Supply Chain Operation Model: A Simulation Based on AnyLogic in System Engineering," Systems Engineering Procedia, Vol.3, pp.249-258.
91) 溝口豪(2010), "物流ABC分析手順へのRaLCの活用," 国際物流総合展, 259호, 7-13.
92) 글로벌파워(주), kr.ec21.com
93) 아이엔소프트, www.in-soft.co.kr
94) 이레 글로벌, www.ereglobal.com
95) 인산철뱅크社, http://blog.daum.net/ilsan1004
96) AGV Electronics AB, www.agve.se
97) AGVeK, www.agvek.com
98) COTECNA, www.cotecna.com
99) Egemin Automation Inc. www.egminusa.com
100) EDINET, www.edinet.co.kr
101) HP, www.hp.com
102) HOKUYO, http://blog.daum.net/hokuyo/
103) IBM, www.ibm.com
104) JRC(Japan Radio Co., Ltd.), www.jrc.co.jp
105) OCME moving ideas, http://www.ocme.it/
106) Sun, www.sun.com

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 교통물류연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ 문의처 : 국토교통과학기술진흥원 TEL 031)381-6378

덕평물류 물류시설연구소 TEL 070)7012-8812