

119095-01

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
1세대 스마트 플랜트팜 산업화사업 2020년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003313-01

스
마
트
팜

시
설
원
에

적
용
형

방
제
로
봇

고
도
화

개
발

스마트팜 시설원에 적용 형 방제로봇 고도화 개발

2020.12.7.

주관연구기관 / (주)하다
협동연구기관 / 한국로봇융합연구원
협동연구기관 / 전북대학교 산학협력단

2020

농
림
축
산
식
품
부

농
림
식
품
기
술
기
획
평
가
원

농 립 축 산 식 품 부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “스마트팜 시설원에 적용형 방제로봇 고도화 개발”(개발기간: 2019.8.30 ~ 2020.8.29)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2020. 12. 7.

주관연구기관명 : ㈜ 하다 (대표자) 하종우 (인)

협동연구기관명 : 한국로봇융합연구원 (대표자)여준구 (인)

협동연구기관명 : 전북대학교산학협력단 (대표자)조재영 (인)

주관연구책임자 : 하 종 우

협동연구책임자 : 조 용 준

협동연구책임자 : 유 범 상

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

<보고서 요약서>

보고서 요약서

과제고유번호	119095-01	해 당 단 계 연 구 기 간	2019.8.30. ~ 2020.8.29	단 계 구 분	(1년)/ (1년)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명	1세대 스마트팜 고도화 및 산업화 사업			
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	스마트팜 시설원에 적용형 방제로봇 고도화 사업			
연구책임자	하 중 우	해당단계 참여연구원 수	총: 18명 내부: 18명 외부: 0명	해당단계 연구개발비	정부:400,000천원 민간:133,334천원 계:533,334천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 18명 내부: 18명 외부: 0명	총 연구개발비	정부:400,000천원 민간:133,334천원 계:533,334천원
연구기관명 및 소속부서명	(주)하다 기업부설 연구소			참여기업명 : (주) 하다	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
※ 국내외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음					
연구개발성과의 보안등급 및 사유	일반과제				

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 ·장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기탁 번호		10-202 0-0071 281									

국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

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

<p>요약</p> <p>농업용 시설원에 스마트팜 실증을 통한 방제로봇 기능 고도화 및 상용화 기술개발</p> <p>가. 특허 출원(국내)</p> <p>1) 다목적 온실용 주행장치(10-2020-0071281)</p> <p>나. 논문</p> <p>1) 한국로봇융합연구원에서 비SCI 1건 게재(A Study on Modular Agricultural Robotic Platform for Upland), 학술대회 발표 2건.</p> <p>다. 소프트웨어</p> <p>1) 방제로봇에 적용될 수 있는 통합소프트웨어 개발을 통하여 향후 타기종 개발 시 빠른 소프트웨어 확대 적용 가능</p> <p>라. 상용화</p> <p>1) 2021년도 상품화 개시(과제종료 해당년 선주문 7대, 농진청 2대포함)</p> <p>2) 과제종료 5년후 약 236.5억원 예상</p> <p>3) 국내시장 점유율 70%이상, 세계시장 10%(2025년도)</p>	<p>보고서 면수</p> <p>133</p>
---	--------------------------

<요약문>

<p>연구의 목적 및 내용</p>	<p>가. 방제로봇 기구 및 제어부 고도화 1) 가변형 붐대 디자인 2) 포장(콘크리트) 및 운수파이프 겸용 구동부 고도화 3) 방제로봇 프레임 고도화 4) 방제 및 구동 제어 알고리즘 고도화 5) 작업상황 모니터링부 디자인 및 적용</p> <p>나. 통합 전력시스템 고도화 및 메인 구동부 현가장치 최적화 1) 4시간 연속작업 가능 전력시스템 고도화 2) 중앙 구동부 현가장치 최적화</p> <p>다. 방제로봇 기구 역학 해석 및 작업자 편의장치 고도화 1) 프레임 구조역학 분석을 통한 최적 경량화 연구 2) 적용 대상작물(토마토)에 적합한 노즐, 펌프, 펌프구동 모터 조사 및 분석 3) 사용자 조작성이 용이한 조작부 및 편의장치 적용</p> <p>라. 스마트팜 현장 실증 연구 1) 자체 테스트 베드를 활용한 제품 시제품 성능 및 신뢰성 검증 2) 토마토 농장 실증 테스트 3) 국립농업공학부 스마트팜 실증 테스트</p>																												
<p>연구개발성과</p>	<p>가. 특허 출원(국내) 1) 다목적 온실용 주행장치(10-2020-0071281)</p> <p>나. 논문 1) 한국로봇융합연구원에서 비SCI 1건 게재(A Study on Modular Agricultural Robotic Platform for Upland), 학술대회 발표 2건.</p> <p>다. 소프트웨어 1) 방제로봇에 적용될 수 있는 통합소프트웨어 개발을 통하여 향후 타기종 개발 시 빠른 소프트웨어 확대 적용 가능</p> <p>라. 상용화 1) 2021년도 상품화 개시(별도-과제종료 해당년 선주문 7대, 농진청 2대 포함) 2) 과제종료 5년후 약 236.5억원 예상 3) 국내시장 점유율 70%이상, 세계시장 10%(2025년도)</p> <p>마. 예상되는 연구개발성과 유형</p> <table border="1" data-bbox="400 1496 1407 1637"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th rowspan="2">논문</th> <th rowspan="2">특허</th> <th rowspan="2">보고서 원문</th> <th rowspan="2">연구 시설· 장비</th> <th rowspan="2">기술 요약 정보</th> <th rowspan="2">소프트 웨어</th> <th rowspan="2">화합물</th> <th colspan="2">생명자원</th> <th colspan="2">신품종</th> </tr> <tr> <th>생명 정보</th> <th>생물 자원</th> <th>정보</th> <th>실물</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>예상성과 (N/Y)</td> <td>Y</td> <td>Y</td> <td>Y</td> <td>N</td> <td>Y</td> <td>Y</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> <td>N</td> </tr> </tbody> </table>	구분	논문	특허	보고서 원문	연구 시설· 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종		생명 정보	생물 자원	정보	실물	예상성과 (N/Y)	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	N	N	N	N
구분	논문									특허	보고서 원문	연구 시설· 장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종											
		생명 정보	생물 자원	정보	실물																								
예상성과 (N/Y)	Y	Y	Y	N	Y	Y	N	N	N	N	N																		

<p>연구개발성과의 활용계획 (기대효과)</p>	<p>가. 활용계획</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 개발품 스마트팜 실증단지 운영을 통한 제품 및 기술력 홍보 ○ 기술 수평 전개를 통한 운행플랫폼 공유가 가능한 기타 작업 온실로봇 개발 (ex. 이송 로봇, 생육측정 로봇, 수확 로봇, 추종 로봇 등) ○ 정부지원 농업기계 기종 선정을 통한 상품화 및 농가보급 추진 (농진청 신기술보급사업 등) <p>나. 기대효과</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 농민 기피 작업인 농약 방제 자동화를 통한 농업 환경 개선 ○ 살포량 및 여러 작업데이터 DB화로 최적 작업 가능 ○ 방제작업 로봇화로 비용 절약 및 고령, 여성화 농촌 인력부족 현상 해소 ○ 글로벌 시장 경쟁력 확보를 통한 수출 및 수입대체 효과 발생 				
<p>국문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>방제로봇</p>	<p>시설원예로봇</p>	<p>농업로봇</p>	<p>스마트팜</p>	<p>농약 살포 시스템</p>
<p>영문핵심어 (5개 이내)</p>	<p>Spraying robots</p>	<p>Horticulture Robots</p>	<p>Agricultural Robots</p>	<p>Smart farm</p>	<p>Pesticide spraying system</p>

※ 국문으로 작성(영문 핵심어 제외)

<본문목차>

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	7
2. 연구수행 내용 및 결과	26
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	128
4. 연구결과의 활용 계획 등	130
붙임. 참고 문헌	133

1. 연구개발과제의 개요

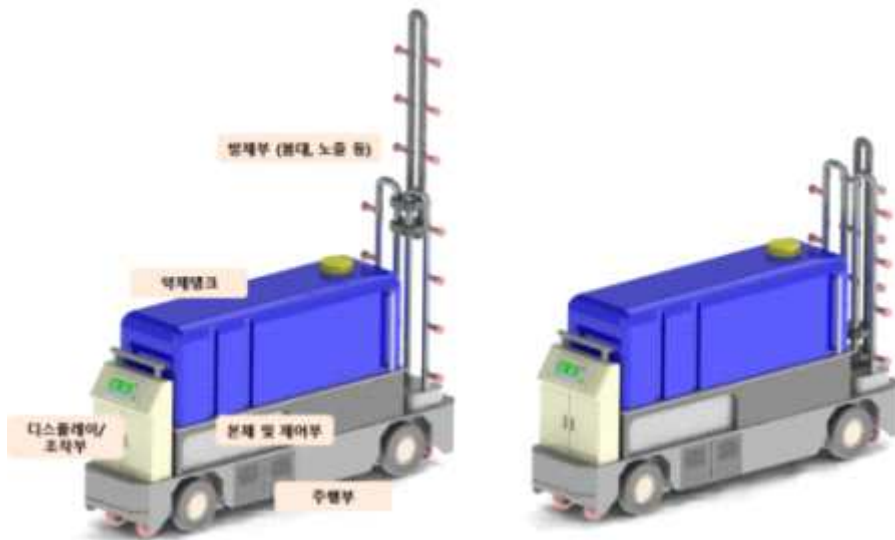
1-1. 연구개발 목적

- 가. 시설원예용 방제 로봇의 기능개선 및 내구성 증대를 통한 상용화를 목표로 함
- (1) 기존의 모선, 자선 분리형 구조로 된 방제로봇을 약제탱크를 탑재한 일체형 로봇 구조로 개선
 - (2) 고온다습한 시설원예의 환경에서의 내구성 부족 문제를 해결하기 위해 방제로봇 전장부 및 제어부의 패키징 기술을 개발하여 방수, 방진 특성 확보
 - (3) 방제로봇의 파이프 레일 주행 불안정 문제를 해소하기 위해 로봇 주행부의 현가 기능을 최적 설계 및 구현하여 주행 안정성 확보



<그림> 시설원예용 방제로봇 기능 개선 모식도

- 나. 시설원예용 방제로봇의 테스트 실증 경험을 기반으로 문제점을 도출하고 개선함으로써 스마트팜 시설원예 방제로봇의 상용화를 완성하고자 함

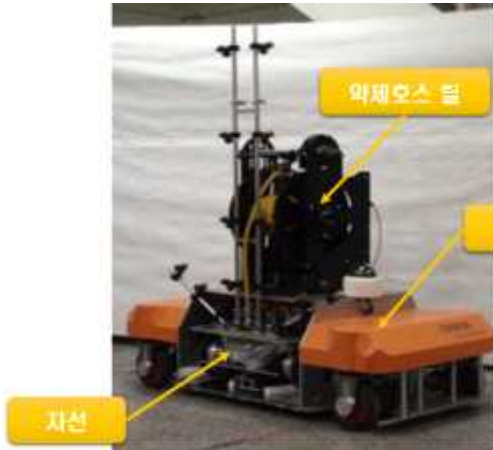


<그림> 시설하우스용 기능개선 방제로봇

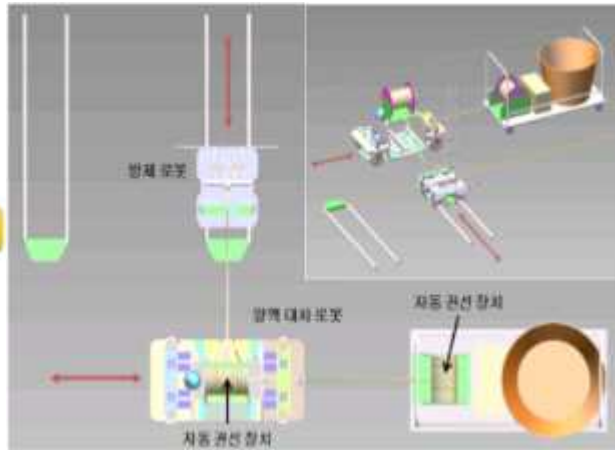
1-2. 연구개발의 필요성

가. 모선 및 자선 분리에 따른 시스템 복잡화로 개선이 필요

- 기존 방제로봇은 모선과 자선으로 구성되어 있어, 모선은 자선을 싣고 이랑과 이랑 사이를 이동하는 역할과 자선이 방제를 할 때 약제 호스를 풀어주고 감아주는 역할을 수행함. 자선은 모선과 약제호스가 연결되어 있고 시설의 파이프 레일 위를 직진 주행하며 방제를 하는 역할을 수행함. 이러한 방제 시스템은 하드웨어 분리에 따른 조장이 난이할 뿐 아니라 제품의 원가도 높은 단점이 있음. 이러한 단점을 보완하기 위해 약제탱크를 탑재한 일체형 단일 로봇 시스템으로 구조 개선을 진행하고자 함. 약제탱크 일체형 단일 로봇은 기존 모선대비 사이즈는 동등수준인데 반해 별도의 약제호스가 필요없어 로봇이 독립적으로 방제가 가능함.



<그림> 모선/자선 협업 방제 로봇



<그림> 기존 방식의 방제 협업 개념도

나. 고온 다습한 시설환경에서의 부품 내구성 개선이 필요

- 시설하우스 내의 환경은 고온다습한 환경에 상시 노출되어 있으므로 로봇 및 전장 시스템의 온도, 습도, 내화학성에 대한 내구성은 필수적임. 특히 방제기의 경우 약제의 화학물질에 의한 부식이 우려가 항상 있기 때문에 방제기의 재질 및 시스템 구조의 최적화를 통해 방수/방진/부식에 대한 내구성 확보가 필요함. 약제 혹은 수분이 시스템 내로 유입시 부식은 물론 이물질 흡착에 따른 시스템 단락이 발생할 수 있고 온도와 결합될 경우 휘스커 현상이 발생되어 고장을 유발할 가능성도 높음.



<그림> 시설 하우스 내의 고온다습한 내부 환경

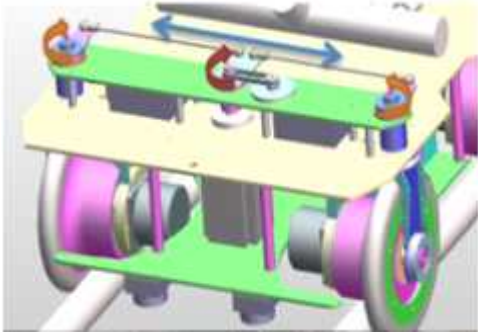
- 기존 방제기는 고온다습환경에 대한 신뢰성 부족으로 방제기 제어시스템부의 핵심 부품인 제어판의 부식이 발생하였으며, 제어 오작동이 발생. 본 과제에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 IP65등급을 만족하는 패키징이 적용된 전용 제어 하드웨어를 적용, 개발하고자 함



<그림> 기존 방제기 제어부 PCB 부식 현상

다. 시설하우스 환경의 주행 안정성 확보 필요

- 시설하우스 내부의 방제시에는 전용 파이프 레일을 타고 주행하게 되고 이때 방제 로봇은 레일을 이탈하지 않고 주행이 가능해야 함. 기존 방제기는 레일 구동부에 별도의 현가장치가 없어 포장지에서 레일로 이동시 발생하는 단차에 의해 지속적으로 충격이 전달되었음. 또한 약제탱크 일체형 구조 변경으로 증량된 방제로봇의 증량을 보상(하중 분산)하기위한 구조 설계안도 강구되어야 함. 본연구에서는 이와 같은 주행 안정성 확보를 위하여 로봇 플랫폼 구동부의 현가장치를 개발하고자 함



(a) 기존 방제기 주행부 모델링



(b) 기존 방제기 주행부 사진

1-3. 연구개발 대상의 국내·외 현황

가. 국내 기술 수준 및 시장 현황

(1) 국내 기술 현황

- (가) 과수원 과수 재배에서는 다양한 병해충이 발생하고 있음. 이러한 병해충을 방제하기 위해서 분무식방제, 스프링 클러식 방제, 무인헬기 방제, 스피드 스프레이어기에 의한 방제 등이 사용되고 있음. 키 작은 과수를 대상으로는 소형 스피드 스프레이어기 또는 동력분무기에 의한 방제 되고 있음.
- (나) 현재 국내의 소형 방제로봇 제작은 주로 중, 소형 기업에서 담당하고 있으며 대부분의 제품이 외국의 모델을 모방하여 제작 중으로 업체들이 독자적으로 개발하는 능력이 미흡한 편임. 엔진, 샤프트 등 중요 부품은 대기업의 독자적인 기술에 의해서 일정 부분 국내기술을 가지고 있으나, 첨단 송풍 시스템의 독자모델 및 최적설계 기술은 아주 낙후된 실정임
- (다) 한국로봇융합연구원에서 개발 중인 팜봇(Farmbot)은 밭·농물용 지능형 로봇으로 한국로봇융합연구원에서 '17년부터 '21년까지 진행되는 사업으로 농작(Farming)과 로봇(Robot)의 합성어임 팜봇 외에도 한국로봇융합연구원은 모듈형 작업기 5종(로터리, 휴립피복기, 정식기, 운반기, 방제기) 또한 개발하는 것이 목표임



<그림> 로봇융합연구원 개발 로봇

- (라) 한국생산기술연구원의 온실용 이동로봇은 무인으로 작업 위치 이동, 작업자를 인식하여 수확물을 싣고, 창고로 이동하는 로봇이며 초음파센서, 자기라인

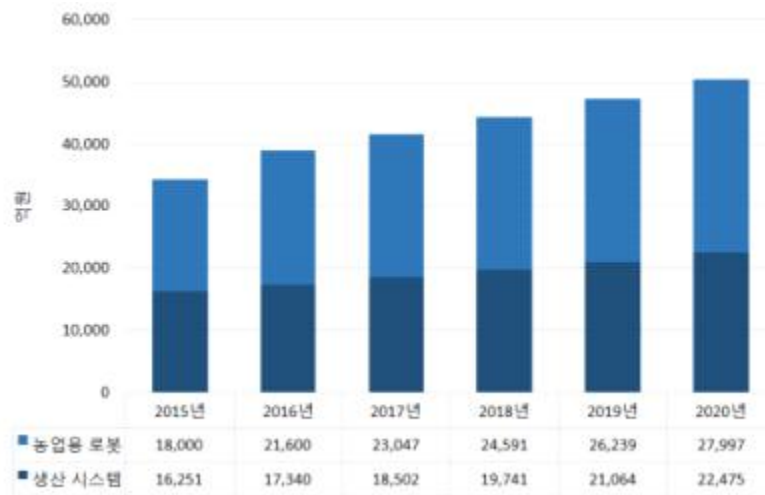
감지센서를 이용 / 호출 및 제자리선회가 가능함



<그림> 한국생산연구원 온실용 이동로봇

(2) 국내 시장 현황

(가) 국내 스마트 농업 생산시스템 시장은 '15년 1조 6천억원에서 '20년 까지 2조 2천억원 수준으로 증가될 것으로 예상되며, 관련 로봇시장도 1조 9천억에서 2조 7천억 수준으로 확대될 것으로 예상



<그림> 국내 스마트 농업시장 전망

* 출처 : 중소기업청, 기술로드맵(2017-2019)

- (나) 국내에서는 시설원예를 중심으로 한 스마트팜 확산 대책을 마련하고, 한국형 스마트팜 보급 및 수입대체 정책을 통해 시장이 지속적으로 증대
- (다) ICT기술을 이용한 정밀농업용 센서 및 제어 시스템, 바이오 에너지, 바이오 센서, 바이오 재료 시스템, USN 무선 통신 원격 제어 시스템, 사물 간 통신 (M2M; Machine to Machine) 기술을 이용한 농작물 원격관리 시스템(스마트팜 시스템) 등의 시장이 확대되고 있음
- (라) 국내 스마트팜 시장이 연평균 6.7% 성장할 것으로 예측되며, 관련 핵심 분야인 지능형 농작업기 시장도 20% 성장할 것으로 예측됨. 스마트 팜과 지능형

농작업기 시장이 성장함에 따라 식물공장 시장의 성장(연평균 53.3%)으로 이어져 파급효과가 클 것으로 예측됨

(단위:억원,%)

구분	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	CARG (' 13~15)
스마트팜	16,251	17,340	18,502	19,741	21,064	22,475	6.7
식물공장	1,800	2,759	2,944	3,141	3,352	3,576	53.3
지능형 농작업기	18,000	21,600	23,047	24,591	26,239	27,997	20
합계(국내시장)	36,051	41,699	44,493	47,474	50,655	54,048	14.5

<표> 스마트 농업 분야 관련 국내 시장규모 및 전망

* 출처 : World Agricultural Equipment(2011)

(3) 국내 경쟁 기관 현황

(가) 국내에서는 수행기관인 하다와 흙사랑119 등에서는 각 목적에 맞춰 시설용 방제로봇을 개발하여 판매 중임. 하다의 CEROS는 자동권선을 활용하여 자동으로 방제를 수행하는 로봇으로 원격제어 방식을 활용함. 흙사랑의 SM25는 리모콘을 활용한 원격제어 방식으로 동체에 약제통과 분무기를 직접 싣고 다니고 있어, 운영의 장점을 갖지만 동체가 무거워 에너지 소모가 높음



<그림> SM25



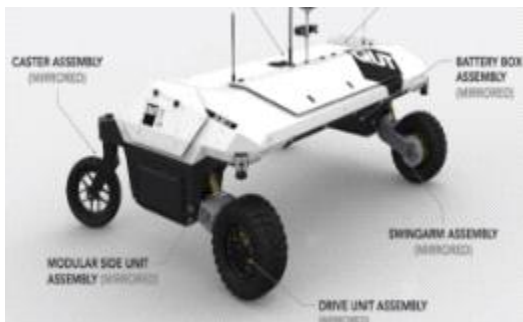
<그림> CEROS

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

(1) 국외 기술 현황

(가) 시설원예용 농업용 자율로봇 플랫폼은 상업화 되어 활용되고 있으나, 특정 기능에 한정된 플랫폼으로 표준화된 플랫폼개발 사례가 없음. 노지를 중심으로 농업용 자율로봇 플랫폼이 개발되고 있으나 상업화 영역까지는 지속적인 기술개발이 필요

- (나) 퀸즐랜드 공과대학은 '14년 모듈형 자율이동 농업용 로봇인 Agbot II 을 개발, 플랫폼에는 RTK GPS위치시스템, IMU 및 카메라가 포함되어 있으며, 모듈형 타입의 센서, 액추에이터(속도조절 및 분무기 등)가 제공됨
- (다) 독일 보쉬 자회사인 딥필드 로보틱스는 2015년에 보니로브를 개발하였으며, 상용화 계획을 마련함
 - 카메라, GPS, 비주얼 서보잉 등을 탑재하고 있어, 땅밑으로 3cm이내에 위치해 있는 잡초를 인식해 제거
 - 잡초 제거는 기본 기능으로 다른 모듈을 장착하면 잡초 제거 이외의 용도로 활용할 수 있으며, 총 150kg적재가 가능
 - 향후 보니로브 플랫폼을 개발하여 군집 로봇시스템 구축 및 정보수집 기능도 개발



<Agbot II >



<Kongskilde Vibro Crop Robotti>



<BoniRob>



<ladybird>

<그림> 개발된 해외 농업용 자율로봇 플랫폼

- (라) 미국 하베스트 오토메이션은 온실내 화분을 이송하는 HV-100을 개발하여 판매 중이며 무인으로 화분을 이송하여 정렬, 집합, 추종하여 노동비용을 절약
- (마) 캐나다의 Dorhout R&D는 토양수분 센서를 활용하여 자동으로 관수를 수행하는 Aquarius를 개발하였으며 로봇이 바닥에 설치한 라인을 따라 자동으로 움직이며, 미리 결정된 양의 물을 천천히 공급함



(a) HV-100>



(b) Aquarius

<그림>시설원예용 이송 및 관수로봇

(2) 국외 시장 현황

(가) 지구온난화에 따른 식량 부족 문제 해결을 위하여, 생산성을 향상시키도록 농업에 ICT 및 BT를 융복합 시킨 스마트 팜이 주목받고 있음. 관련 세계 시장은 '15년 29억 달러에서 매년 11.8%의 성장률을 보이며 '20년까지 49.2억 달러까지 증가할 것을 예측. 유럽, 미국, 일본을 중심으로 농업에 ICT기술을 접목시키면서, 정밀 농업의 발전에 따라 지속적으로 시장이 확대될 것으로 예상



<그림> 세계 스마트 농업시장 전망

* 출처 : 중소기업청, 기술로드맵(2017-2019)

(나) ‘Research & Market(2016)’ 보고서에 의하면 세계 스마트팜 시장은 2015년에 10.5조원을 기록한데 이어, 2022년까지 연평균 성장률(CAGR) 13.8%로 성장하여 21조원의 시장을 형성할 것으로 예측하고 있으며, 스마트 팜 관련 시장의 성장 또한 상당할 것으로 예상함

(다) Frost & Sullivan(2016.2) 자료에 의하면, 스마트 팜과 관련하여 유망한 산업으로 ‘로봇/드론’, ‘클라우드’, ‘예측/분석 사업’, ‘wireless 센서’ 등이 동반 성장하여 시장을 형성할 것으로 전망함.



<그림> 스마트 팜 시장 및 유망 산업분야

(3) 국외 경쟁기관 현황

(가) 네덜란드 Holland Green Machine사는 시설 내에서 파이프레일을 이용하여 방제작업을 수행하는 Spray Robot S55를 개발하여 판매

- 방제효율 3,500㎡/hr을 갖는 배터리 타입의 로봇으로 30cm폭으로 식물사이를 이동하여 방제작업을 수행하기 때문에 사람이 지나가기 어려운 영역에서 방제가 수행
- 레일위에서 자동방제 및 자율주행이 이루어지나, 레일 위까지 사람이 직접 올라야 하는 반자동 로봇



<그림> 해외시설 원예용 방제로봇

(나) 벨기에의 Bogaerts Greenhouse logistics는 GV 수확기계는 구동부 형태가 파이프레일 타입이며, 자계인식을 통해 주행하며 카트의 앞면과 뒷면에 있는 플랫폼, 높이를 조절할 수 있는 플랫폼 구조임

- 최대 높이 플랫폼 : 3,780mm / 최소 높이 플랫폼 : 170mm
- 최대 110m/min의 속도로 운행 가능



<그림> Bogaerts社 시설원예용 플랫폼

- (다) 중국의 Suzhou Botian Automatic Technology는 2017년에 이탈리아 농산물 박람회 MACFRUT에서 로봇 제품 공개함. 토마토를 대상작물로 하며 GSP, 크롤러 타입의 라인트래킹을 이용하여 자율주행이 가능하고 이 밖에 장애물 회피, 음성 정보, 속도 설정 등이 가능



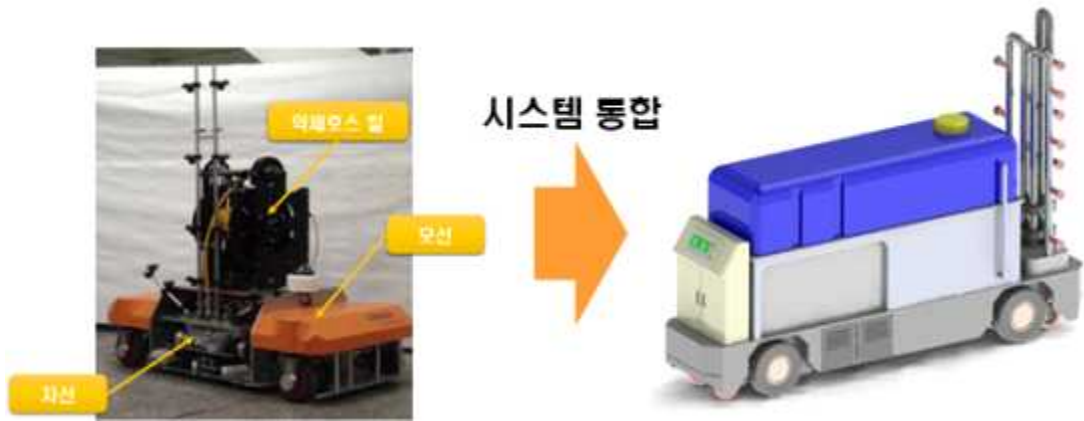
그림 26. Suzhou Botian Automatic Technology社 시설원예용 플랫폼

1-4. 연구개발 범위

가. 주관기관 (하다)

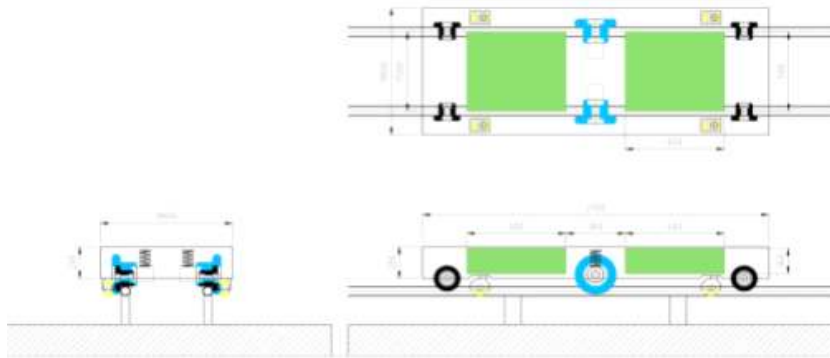
(1) 방제로봇 기구 및 제어부 고도화

- (가) 기존 양액공급장치, 권선장치, 살포장치의 세부부분으로 나뉘어진 동작 모듈을 하나의 올인원 방제로봇으로 시스템 통합 및 고도화
- (나) 약제 탱크 일체형 로봇 구조 개선으로 중량 분산 방법 도출
- (다) 중량 증대에 따른 주행부 모터 및 배터리 용량 산정 및 안정화 설계



<그림> 약제 탱크, 약제 살포부 올인원 구조의 시설원예용 방제로봇

- (라) 온수파이프, 포장지 전용 레일바퀴 및 회전 캐스터 적용
- (마) 향후 다목적용(수확, 운반등)으로 사용이 가능토록 플랫폼 상판 프레임 설계
- (바) 파이프 레일상에서의 안전한 주행을 위한 플랫폼 하중 분산 구조 설계



<그림> 리튬이온 배터리 내장형 상판 플랫폼 설계 예시

- (사) 방제로봇이 콘크리트 포장지 이동시 주행 보조동력 제어부 설계(반자동 운전)
- (아) 시설원예의 고온고습 환경과 방제 화학물질 노출에 따른 시스템 및 부품의 방수, 방진, 내화학 내구성 확보
- (자) 제품 케이스 내화학성 재질 선정 및 내부 유입 방지를 위한 실링 구조 설계
- (차) 내환경(온도, 습도 등)에서의 부품 신뢰성 평가를 통한 필드 문제점 사전 검증



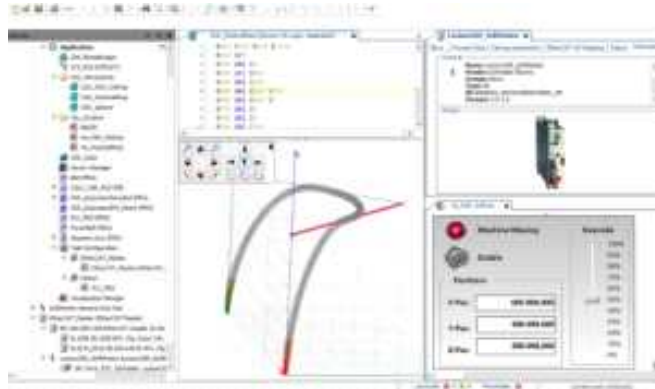
<그림> 방수 방진 케이스 적용된 컨트롤로 유닛 예시

(2) 방제 및 구동 제어 알고리즘 고도화

- (가) 작물 및 상황에 따른 여러 가지 방제 프로그램 모드를 선택할 수 있도록 방제 제어 알고리즘 고도화
- (나) 약제 살포량에 따른 파이프 레일 위 자동 속도 조절 및 소프트 가감속 제어
- (다) Codesys등 범용 코딩 환경을 사용하여 업데이트가 용이하도록 설계
- (라) 고내구성 모바일 전용 제어기 적용으로 온실환경에서 적합한 H/W적용



<그림> Codesys, 제어기, HMI 통합 개발환경 예시



<그림> Codesys환경에서의 코딩 및 작화 예시

(3) 작업상황 모니터링부 UI 디자인 고도화

(가) 방제로봇 동작 및 에러 모니터링 HMI 디자인 고도화

(나) 각종 파라미터 수정이 현장에서 용이하도록 설계

(다) 시스템의 고장 진단을 위한 메뉴 삽입으로 유지보수를 용이하게 설계

(4) 약제 살포부 고도화

(가) 작물 및 환경에 따라 붐대의 높이 가변이 가능하도록 방제부 설계 고도화

(나) 붐대와 노즐 조립에 커플러를 적용하여 간단한 탈부착으로 사용자의 편의에 맞게 노즐 수, 노즐 간격, 위치 등을 조절할 수 있음.

(다) 노즐과 약제 탱크 사이에는 고무호스를 적용하여 붐대 가변시 약제호스도 동시에 가변할 수 있도록 함



<그림> 방제기 약제 살포부 형상

(5) 내구 수명 및 고장률 확보

(가) 제품 설계단계부터 실증단계까지 연관한 FMEA연구, 내구수명 및 고장률 확보 방안 연구 수행(*한국로봇 융합연구원, 전북대 공동 진행)

설계 FMEA

※ '고객' (내용사/부처)에 대한, 고정형대의 영향
 => '제조/조립(후공정)에 영향'은
 제조공정도에 별도로 표형

설계 FMEA의 단계 : 12) 심각도(Severity)

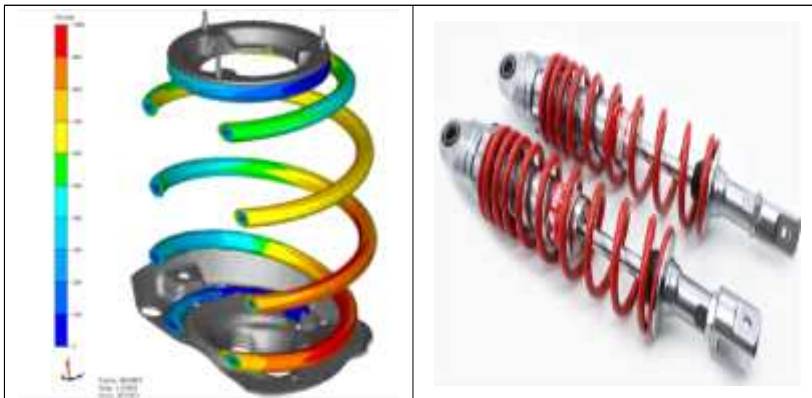
: 잠재적 고장형태가 고객에게 미치는 영향의 심각한 정도를 1-10 등급으로 평가한 것

영향	기준 : 영향의 심각도	등급
경고없는 위험	•잠재적 고장형태가 경고없이 자동차 운행에 영향을 미치거나 정부법규에 대해 불일치 사항이 포함될 때의 매우 높은 심각도 등급.	10
경고있는 위험	•잠재적 고장형태가 경고를 하면서 자동차 안전운행에 영향을 미치거나 정부법규에 대해 불일치 사항이 포함될 때의 매우 높은 심각도 등급.	9
매우 높음	•주요한 기능을 상실하면서 자동차/부품의 작동 불능(주요기능의 상실).	8
높음	•자동차/부품이 작동하지만, 성능이 떨어짐. 고객 매우 불만족.	7
보통	•자동차/부품이 작동하지만, 몇가지 편의부품의 작동불능. •고객이 불만을 경험함. (고객 불만족).	6
낮음	•자동차/부품이 작동하지만, 몇가지 편의부품의 성능이 떨어짐. •고객 일부가 불만족을 경험함. (고객이 다소 불만족).	5
매우 낮음	•Fit&Finish/Squeak&Rattle 현상이 부적합함. •대부분의 고객에 의해 인지되는 결함(75%이상).	4
경미	•Fit&Finish/Squeak&Rattle 현상이 부적합함. •제한적인 고객에 (고객의 50%에) 의해 인지되는 결함.	3
매우 경미	•Fit&Finish/Squeak&Rattle 현상이 부적합함. •제한된 고객에 의해 인지되는 결함(25% 미만).	2
없음	•인지할 수 있는 영향 없음.	1

<그림> 설계 FMEA 예시

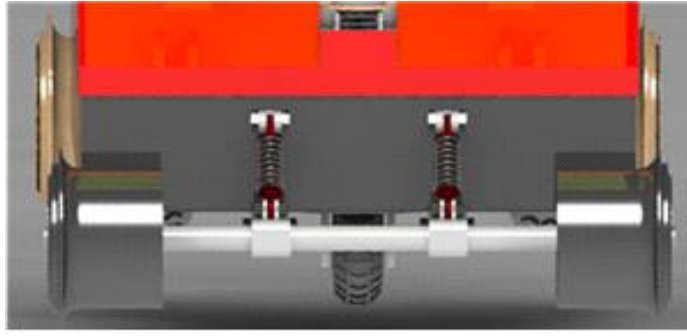
나. 참여기관1 (한국로봇융합연구원)

(1) 시설원에 레일 주행을 위한 로봇 구동부 현가장치 최적화 설계



<그림> 현가장치 설계 및 서스펜션 제품 예시

- (가) 방재로봇 플랫폼의 중량 및 구조형상에 따른 현가부 응력 해석
- (나) 정적해석 결과 기반 안전계수 반영한 최적 현가부품 선정
- (다) 지면 및 레일간의 원활한 주행을 위한 로봇 플랫폼 구동부 현가장치 최적화 설계



<그림> 플랫폼 현가장치 설계 예시

- (2) 시설원에 방제로봇 플랫폼 통합전력시스템 고도화
 - (가) 시설원에 전원 환경에 따른 플랫폼 전원충전시스템 사양선정 및 적용
 - 1) 연속동작 4시간 기준 배터리 사양 선정
 - 2) 주행모터, 방제펌프 및 기타 컨트롤 등 전원 사양 반영
 - (나) BMS(Battery Management System) 적용을 통한 로봇 전원 관리 최적화



<그림> 로봇용 BMS모듈 제품 예시

- (다) 플랫폼 전력 시스템 고장 진단 및 배터리 잔량 모니터링
- (라) 배터리 어셈블리 내구성 증대를 위한 충/방전 조건 최적화 및 구현
- (마) 고온다습 내환경 내구성 확보를 위한 배터리 패키징 최적 설계



<그림> 리튬이온 배터리 패키지 제품 예시

(바) 전원 내환경(역전압, 서지등)에 대한 내성 확보

- 1) 방제플랫폼 구동 모터의 돌입전류 및 역전압 차단 설계
- 2) 충/방전 시 발생하는 서지 전압에 대한 전장 전원부 대책 마련

(사) 스마트팜 혁신 벨리 실증단지 연계를 통한 개발 시제품 성능 및 신뢰성 검증

- 1) 시설 환경 방제작업 실증 평가 실패사례 수집 및 정보 정리
- 2) 시설원에 분야 스마트팜 혁신벨리 실증을 위한 지자체(경북도)유관부서 협업
- 3) 상주(시설원예) 스마트팜 혁신 벨리 조성 단계별 실증 연구 진행



<그림>상주 소재 시설원예 스마트팜 혁신벨리 조감도

4) 자체 테스트베드를 활용한 개발 제품 신뢰성 검증

(아) 스마트팜 혁신벨리 실증단지 완공 전 국립농업공학부 스마트팜 온실에서 실증테스트 진행

- 1) 현재 스마트팜 온실 이동로봇 실증테스트 기대 공급으로 접근성이 높음



<그림> 농업공학부 시설온실 환경

- 2) 국립농업공학부 실증 시 농가에서 발생 될 수 있는 생육 피해 및 여러 가지 이해충돌 문제 발생 염려가 낮음



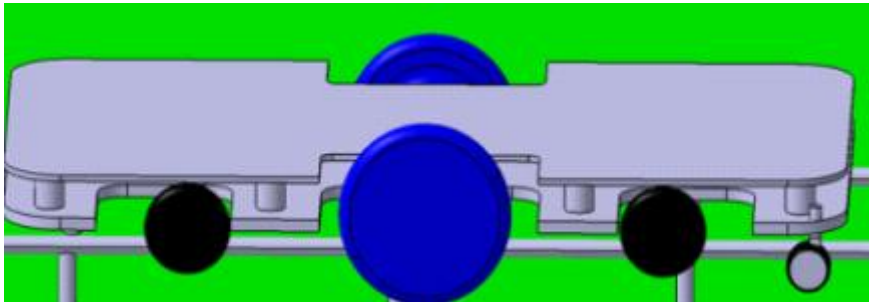
<그림> 주관기관 '하다' 보유 테스트 베드

다. 참여기관2 (전북대학교 산학협력단)

(1) 프레임 구조역학 분석을 통한 최적 경량화 연구

(가) 프레임 경량화를 위한 로봇 프레임 구조 해석 연구

1) 응력 분포 연구를 위한 방제로봇의 전체 시스템 파악



<그림> 방제로봇 프레임 모델링 예시

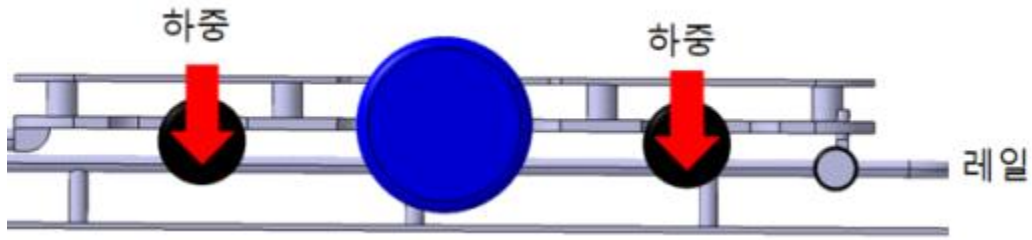
2) 경량화를 위한 로봇에 사용가능한 재질조사 및 재질특성 연구

재질	ATOS80	SS400	SPSR400	SS41P	SM490A
항복강도(MPa)	700이상	245이상	245이상	279이상	325이상
인장강도(MPa)	780이상	480이상	400이상	410이상	490이상
탄성계수(GPa)	207	200	206	203	207
프아송비	0.29	0.26	0.3	0.3	0.29

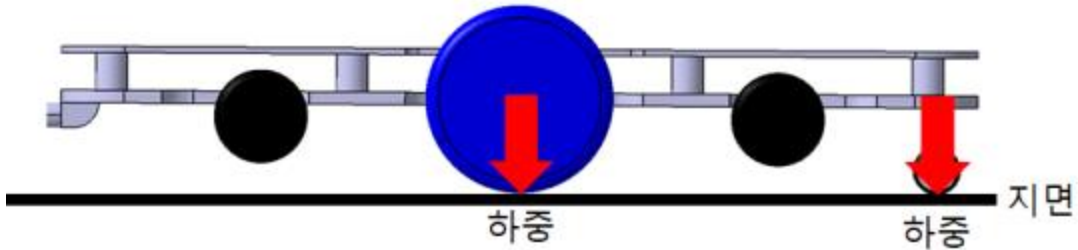
<표> 재질별 물성치 예

3) CATIA와 Ansys를 사용한 실제와 유사한 모델 제작 및 부착되는

어테치먼트의 하중 등을 고려하여 실제상황에 적합한 강도 및 성질을 가지는 방제로봇 프레임 제작을 위한 구조해석 수행



레일위에서의 로봇 프레임 하중 분포



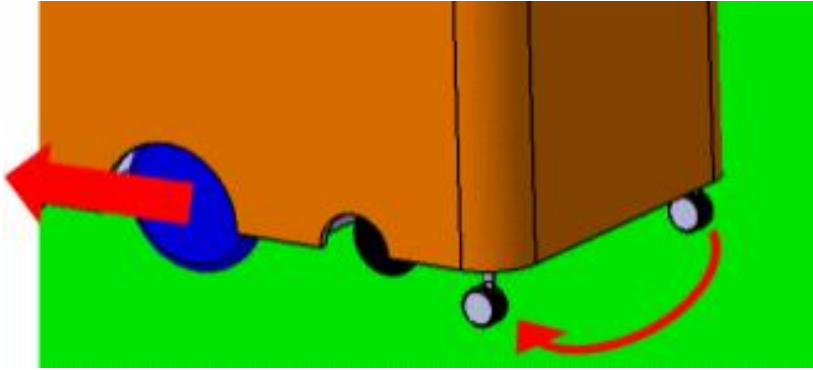
<그림> 지면에서의 로봇 프레임 하중 분포

- 4) 구조해석 결과 및 응력 분포 연구를 통한 방제 로봇의 휨, 처짐 연구
- 5) 결과 분석을 통한 피드백을 및 프레임 구조 수정, 보완
- (2) 적용 대상작물에 적합한 노즐, 펌프, 펌프구동 모터 조사 및 분석
 - (가) 방제 범위 확대를 위한 분사 노즐 방향 전환 방식 적용
 - 1) 기존의 방제 방식에서 방제 불가능한 상황을 해결하기 위한 방법 연구
 - 2) 방제 범위 확대를 위한 분사노즐 회전 방식 연구
 - 3) 다양한 작물에 적용 가능한 분사 모듈 높이 조절 방식 연구
 - 4) 분사모듈 조립식 제작으로 인한 높이 조절 기능
 - (나) 여러 작물에 적용가능 하도록하는 최대 분사 펌프 용량 연구
 - 1) 스마트팜 실증단지에서 테스트 가능한 작물 조사
 - 2) 작물별 방제필요 약물용량 및 특성연구

<그림> 작물별 방제약물 예시

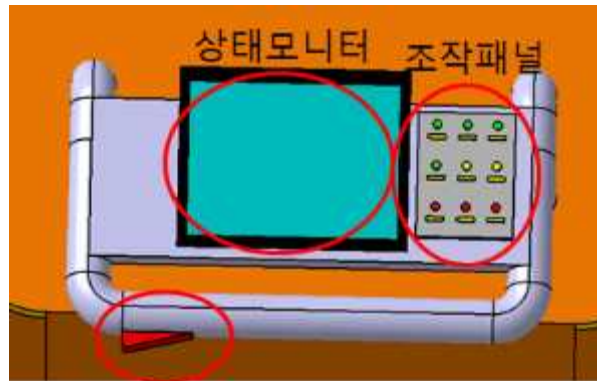
- 3) 다양한 약물을 분사 할 수 있도록 하는 최대 펌프 용량 연구

- (다) 최대 펌프 용량에 적합한 구동 모터 조사 및 분석
 - 1) 전체 전력 시스템 및 1회 작업량 분석을 통한 구동 모터 최적 사양 연구
 - 2) 모터 사양 및 펌프 구동부 연구 결과에 적합한 구동 모터 조사 및 선정
- (3) 작업자의 사용이 용이한 조작부 및 편의장치 적용
 - (가) 조작자의 피로도 감소를 위한 방향 전환이 용이한 장치 개발
 - 1) 적은 힘으로도 방향 전환이 가능하도록 하는 로봇 구동 메커니즘 연구



<그림> 전진 중 후륜 조향

- 2) 중앙 구동륜 회전차 조향 방식을 사용하여 방향 전환 용이
- 3) 단순 구조로 인하여 전체적인 무게 감소로 로봇구동 용이
- (나) 방제 로봇플랫폼 디스플레이부 사용자 친화적 인터페이스 구성
 - 1) 로봇의 방제상태 및 작업 이력 표시를 위한 모니터 적용
 - 2) 방제로봇 수동 조작을 위한 편의성을 강조한 조작 패널 설계
 - 3) 포장지 이동 시 반자동 전/후 주행 구동을 위한 수동 조작 버튼 구성



수동조작버튼

<그림> 사용자 친화적 인터페이스 예시

2. 연구수행 내용 및 결과

2-1. 연구개발 추진 전략 및 방법

가. 단계별 추진 전략

- 본 연구를 통해 개발된 방제로봇 제품의 신속한 상품화 개발을 위하여 아래의 단계별로 기능 개선 및 고도화를 진행할 예정임

(1) 1단계

- (가) 기존 방제기의 현장 운영 평가 결과 및 문제점 분석
- (나) 각 문제점별 개선 사항 및 방법 도출 (기구 구조 개선 및 부품 사양 변경 등)
- (다) 도출된 개선방법을 반영한 제품 설계 및 기능 구현 (제품 상품화를 위한 양산성 및 원가 고려한 설계 진행)
- (라) 시설원예용 반자동 방제로봇 시제품 제작 및 기본 기능 검증

(2) 2단계

- (가) 개발 로봇 시제품 시설원에 현장 실증 평가 진행
- (나) 기존 문제점 개선 여부 확인 및 내 환경 신뢰성 확보

(3) 3단계

- (가) 제품 상용화 진행 및 사업화 추진



나. 기관별 추진 전략

(1) 주관기관(하다)

- 시설원예용 방제 로봇의 전체 플랫폼 기구부, 방제부, 제어부의 기능 및 구조 개선을 실시하여 제품화를 진행함. 향후 다목적용으로 사용이 가능한 배터리 내장형 플랫폼 구동프레임을 설계하고 방제 및 구동제어 알고리즘을 고도화하여 지능형 방제가 이루어질 수 있도록 함.

(2) 참여기관1(한국로봇융합연구원)

- 로봇 플랫폼 구동부의 핵심기술인 동력 좌우 바퀴 현가장치를 구조해석을 통한 최적 설계안을 도출하고 플랫폼 전원 관리 시스템 개발을 통해 협소한 공간에서의 배터리 최적 배치 및 전력 관리, 소모에 대한 개발을 담당함. 또한, 방제 로봇 개선 이후 개발 제품의 실증단지 평가 및 검증을 위하여 스마트 팜 혁신밸리 및 관련 지차체와의 연계를 수행함.

(3) 참여기관2(전북대학교 산학 협력단)

- 방제로봇의 기구 역학 해석 및 작업자의 편의 장치 고도화를 담당함. 주요 수행 내용으로는 프레임 구조역학 분석, 노즐, 펌프구동 모터 조사·분석 및 사용자

조작이 용이한 조작부 및 편의장치 적용 연구수행이 있음

다. 기관별 추진 목표

(1) 주관기관(하다)

- (가) 방제로봇 기구 및 제어부 고도화
- (나) 방제 및 구동 제어 알고리즘 고도화
- (다) 작업상황 모니터링부 UI 디자인 고도화
- (라) 약제 살포부 고도화
- (마) 실증 테스트와 연계한 FMEA연구, 내구수명 및 고장을 확보 방안 공동 수행

(2) 참여기관1(한국로봇융합연구원)

- (가) 시설원에 방제용 로봇 플랫폼 통합전력시스템 고도화
- (나) 시설원에 레일 주행을 위한 로봇 구동부 현가장치 최적화 설계
- (다) 실증 테스트와 연계한 FMEA연구, 내구수명 및 고장을 확보 방안 공동 수행

(3) 참여기관2(전북대학교 산학 협력단)

- (가) 프레임 구조역학 분석을 통한 최적 경량화 연구
- (나) 적용 대상작물에 적합한 노즐, 펌프, 펌프구동 모터 조사 및 분석
- (다) 사용자 조작이 용이한 조작부 및 편의장치 적용
- (라) 실증 테스트와 연계한 FMEA연구, 내구수명 및 고장을 확보 방안 공동 수행

라. 스마트팜 혁신밸리 현장 실증 추진 전략

- (1) 스마트팜 시설원예용 방제로봇 상용화를 위하여 본 사업을 기반으로 현장 실증 연구를 시설원예용 스마트혁신밸리 실증단지과 연계 수행할 계획임
- (2) 스마트팜 혁신밸리 조성지 (전남 고흥, 경남 밀양, 전북 김제, 경북 상주 이상 4곳) 중 상주 스마트팜 혁신밸리는 시설원예 중심의 실증단지이므로 개발 로봇 제품을 실증검증하기에는 최적의 장소임
- (3) 스마트팜 혁신밸리를 연계한 방제로봇 현장 실증 연구를 위한 지자체(경북도) 협조에 대해 협의 완료하였으며 2022년 완공 예정인 상주 스마트팜 혁신 밸리 구축 현황 및 단계에 따라 실증테스트 계획을 수립 및 공유

마. 기관별 연구 내용

(1) 주관기관(하다)

(1-1) 선진 제품 방제기 조사

- (가) 모델명 : Qii - Jet TAV - 342
- (나) 제조사 및 나라 : Bogaerts greenhouse logistics , 벨기에
- (다) 제품 카탈로그



<그림> brochure

(라) 제품 사양

Description	Unit	Qii-Jet TAV-342*
Length x width x height	mm	2200 x 793** x 2145
Tank	l	275 (0.275m ³)
Useful tank capacity	l	252 (0.252m ³)
Maximum supply pressure	Bar	15 (1.5 MPa)
Pump flow rate	l/min	30
Backflow to tank (mixture flow rate)	l/min	1,8 – 3,5
Weight	kg	594
Driving motor output	kW	0.360
Voltage	V	24 DC
Maximum travelling speed (on tubular rails)	m/min	110
Maximum travelling speed (on concrete)	m/min	83
Batteries		12x 2V-400Ah

<그림> 제품 스펙

(마) 제품 특징 : 방제약품 탱크가 플랫폼에 장착이 되어 있으며 최대 배출 압력이 15Bar로 강한 분사 능력을 가지며 붐대의 높이를 10Cm단위로 조절하는 것이 가능함. 2륜 바퀴 구동 형태여서 수동 조작 시 방향 전환이 용이함.

(1-2) 기구부 기초 설계

- (가) 총중량 : 약 800kg(약제 300L 포함)
- (나) L x W x H - 800 x 2,200 x 2,300(붐대 높이 포함)
- (다) 구동부 - 2륜
- (라) 약제 보관 통 : 300L
- (마) 노즐 위치 가변 방식

(1-3) 구동부 기초 설계

(가) 2륜 구동용 BLDC 모터 선정(24V 500W)

Model 모델	Rated Power 정격출력	Applied Voltage 인가전압	Rated Speed 정격회전수	Rated Torque 정격토크	Rated Current 정격전류	Insulation Class 절연등급
	W	V	RPM	N-m	A	
TM10-A0523	500	AC220	2,000	2.39	2.0	B
TM10-A0533			3,000	1.59	2.0	
TM10-D0521		DC24	2,000	2.39	25	
TM10-D0531			3,000	1.59	25	
TM10-A0723	750	AC220	2,000	3.58	3.0	
TM10-A0733			3,000	2.39	3.0	
TM10-D0721		DC24	2,000	3.58	37	
TM10-D0731			3,000	2.39	38	
TM10-A1053	1,000	AC220	5,000	1.91	3.9	
TM10-D1051		DC24	5,000	1.91	51	

<그림> 모터 제원

(나) 듀얼모터 드라이버 선정(750W)



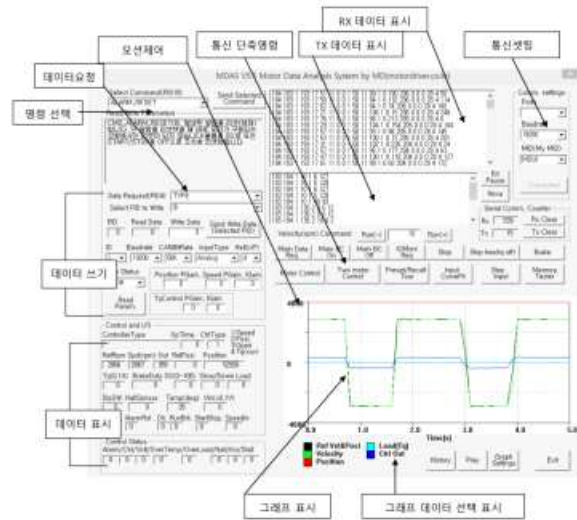
(a) BLDC MD750T 듀얼모터 드라이버.



(b) MD750T 커넥터

1	5V	Ground
2	SPEED_IN1	모터 1의 아날로그 속도입력(0-5V)
3	RUN/BRK1	모터 1의 RUN/BRAKE 입력
4	START/ STOP1	모터 1의 START/STOP 입력
5	DIR1 (CW/CCW1)	모터 1의 방향입력
6	Gnd	Ground
7	INT_SPEED1	ON 권 경우 LOAD 가변저항으로 모터 1의 속도입력
8	RS232_RxD	RS232C 통신의 수신
9	ALM_OUT1	모터 1의 알람출력
10	RC_IN1	모터 1에 대한 RC 서보입력
11	PULSE_IN1	모터 1에 대한 펄스주파수 속도입력 (0-400KHz(0-최대설정속도))
12	CTR_OUT1	모터 1의 속도에 비례하는 펄스출력
13	Gnd	Ground
14	SPEED_IN2	모터 2의 아날로그 속도입력(0-5V)
15	START/ STOP2	모터 2의 START/STOP 입력
16	DIR2 (CW/CCW2)	모터 2의 방향입력
17	RUN/BRK2	모터 2의 RUN/BRAKE 입력
18	ALM_RST	알람 리셋 신호
19	INT_SPEED2	ON 권 경우 LOAD 가변저항으로 모터 2의 속도입력
20	RS232_TxD	RS232C 통신의 송신
21	ALM_OUT2	모터 2의 알람출력
22	RC_IN2	모터 2에 대한 RC 서보입력
23	PULSE_IN2	모터 2에 대한 펄스주파수 속도입력 (0-400KHz(0-최대설정속도))
24	CTR_OUT2	모터 2의 속도에 비례하는 펄스출력
25	BUSY	모터 1, 모터 2가 움직이는 경우 출력 ON(Low level)

(c) 모터 드라이버 핀사양



(d) 드라이버 테스트 어플

<그림> 모터 드라이버 MD750T 사양

- (다) 구동모터의 기어비는 10 : 1 로 선정
 - (라) 구동 바퀴 : MC나일론 계열을 가공
 - (마) 보조 바퀴 : 기성품 캐스터로 G-DOK GXT-100A 4EA 사용
 - (바) 파이프 레일용 바퀴 : 스틸 가공
- (1-4) 배터리 및 충전부 설계

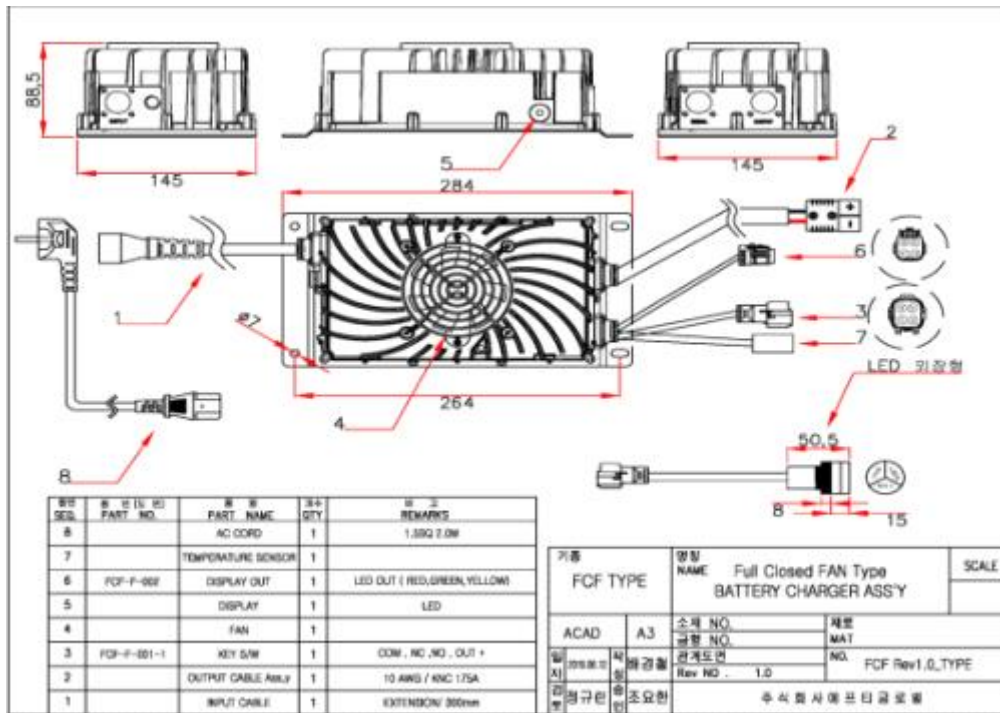
(가) 24V용 모터로 4시간이상 사용할 수 있도록 600A/H로 선정
 - 8V Longest8240 X 6개를 직병렬로 조합으로 24V로 설계

제원표(보수형)											
형명	전압(V)	용량(AH)			최대 외형치수(mm)					역량(l)	역무제품중량(Kg)
		20HR	5HR	75A(min)	길이	넓이	높이	단자	총높이		
Longest 1263 (EB50)	12	63	50	-	260	170	201	A B	225 241	4.4	21.0
Longest 1281 (EB75)	12	81	65	-	304	172	202	A B	227 241	4.5	26.0
Longest 12113 (EB90)	12	113	90	-	358	170	217	A B	241 257	6.0	31.7
Longest 12125 (EB100)	12	125	100	-	409	173	212	A B	244 251	5.7	35.3
Longest 12150 (EB120)	12	150	120	-	504	182	212	A B	256 256	8.1	44.1
Longest 12165	12	165	135	70	331	183	247	C	279	6.8	39.6
Longest 12187 (EB150)	12	187	150	-	508	222	213	A B	257 257	9.6	50.9
Longest 12225 (EB180)	12	225	180	-	523	279	220	A B	243 259	14.0	64.4
Longest 6225	6	225	185	115	261	181	247	A C D	270 279 276	5.7	28.6
Longest 6240	6	240	195	132	261	181	247	A C D	270 279 276	5.4	30.7
Longest 6260	6	260	215	145	261	181	266	A C D	289 298 295	6.3	33.0
Longest 8170	8	170	145	73	264	183	247	A C D	270 279 276	5.8	29.0
Longest 8190	8	190	155	90	264	183	247	A C D	270 279 276	5.2	31.6
Longest 8240	8	240	190	110	264	183	285	A C D	308 317 314	6.2	37.6

<그림> 배터리 제원표

(나) 배터리 사이즈 400(w) x 400(l) x 200(h)

(다) 출력사양 : 25A, 충전 전압 32.4V



<그림> 충전기(FCF15-2425) 도면



<그림> 충전기(FCF15-2425) 외형

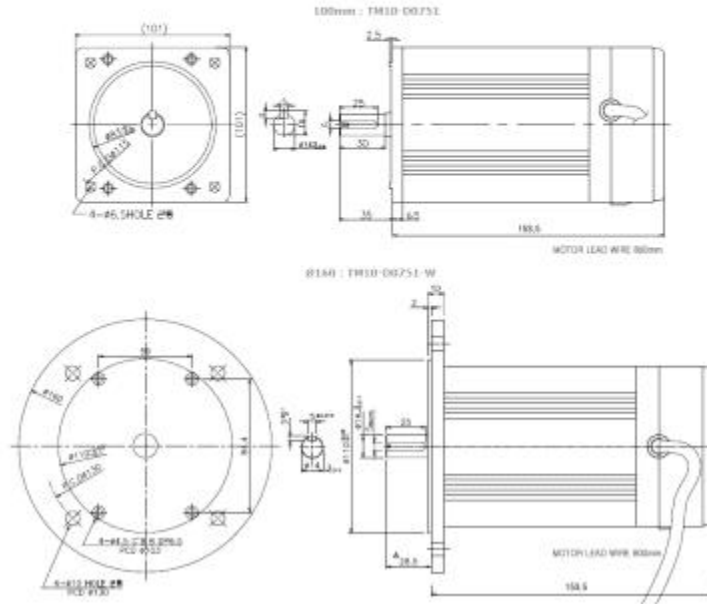
(1-5) 펌프 및 약통 설계

- (가) 약통은 300L 수용이 가능한 사이즈 : 680 x 1200 x 500
- (나) 펌프는 분당 5L 배출이 가능
- (다) 펌프용 모터는 5000rpm의 BLDC를 적용



OUTPUT	MODEL	TYPE
750W BLDC, 14v, 3000RPM (100mm, 316L)	TM10-D0751-S-4P TM10-D0751-S-4P-W3	TM10 시리즈 (동급 BLDC모터)

DIMENSIONS



<그림> 펌프용 모터 스펙



<그림> 분무기 펌프

(1-6) 분대 설계

(가) 가변 방식을 고려한 기성품 사용 (모델명 SB-1000)

(나) 노즐을 이동하여 분사높이를 노즐별로 가변할 수 있도록 설계

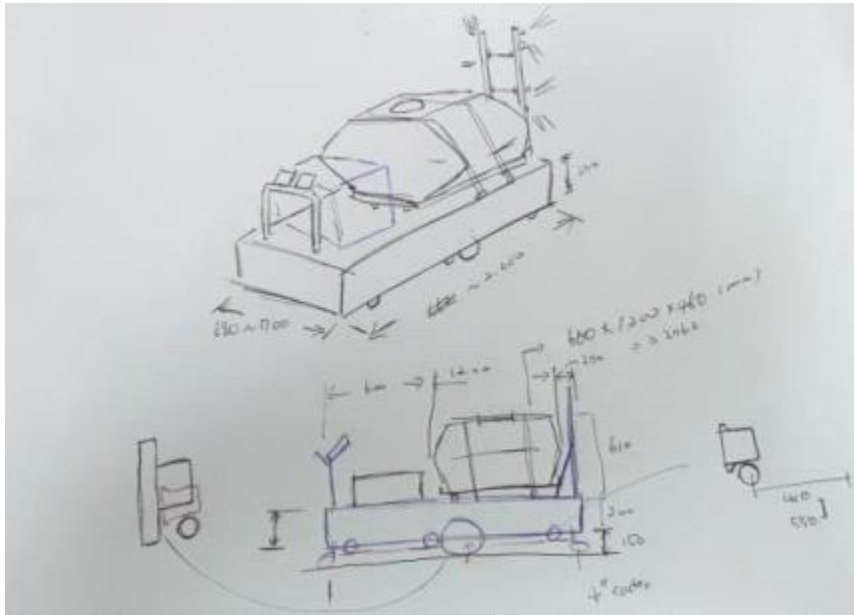


<그림> 높이조절이 가능한 분대

(2-1) 기초 도면 설계

(가) 컨셉 도면 스케치

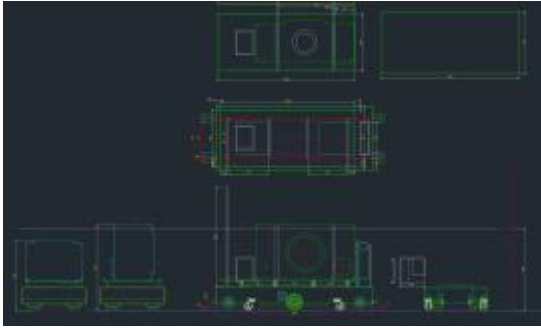
- 1) 중앙 2륜 구동부 방식 적용
- 2) 콘크리트 바닥 및 파이프 레일 상에서의 하중 분산을 고려
- 3) 수동 방식의 방향 전환을 위한 손잡이의 적절한 높이 고려



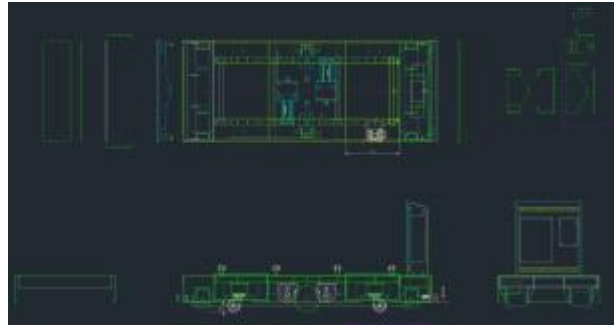
<그림> 컨셉트 스케치

(나) AutoCad를 사용한 도면 설계

- 1) 최종 크기 선정 : 780 x 2,000 x (1,500 ~ 2,300 분대 고정 파이프 포함)
- 2) 기성품 약통을 세우는 방식으로 설정 : 작물 사이간 이동시 작물과 약통간의 간섭을 최소화한 설계 반영



<그림> 전체 도면 1



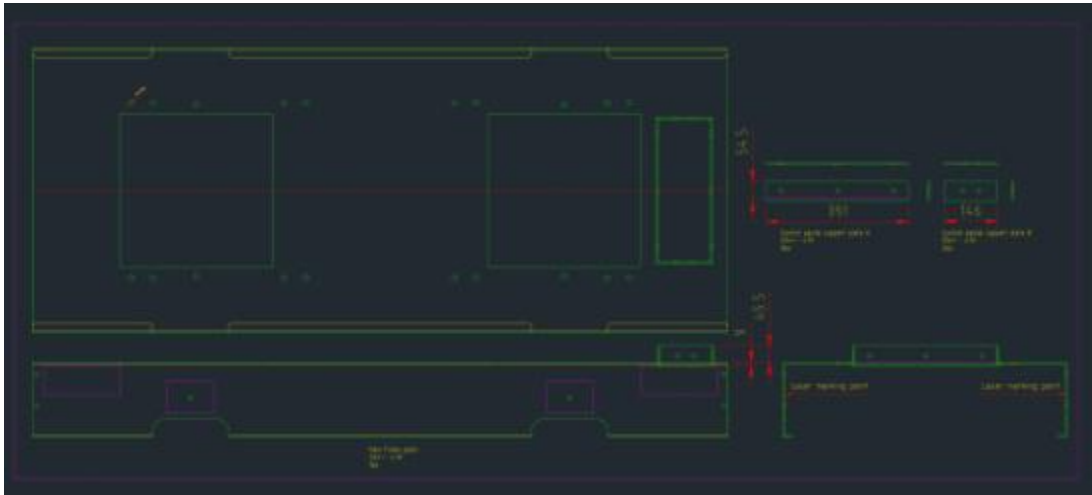
<그림> 전체 도면 2

(2-2) 세부 도면 설계

(가) 세부 설계

1) 본체

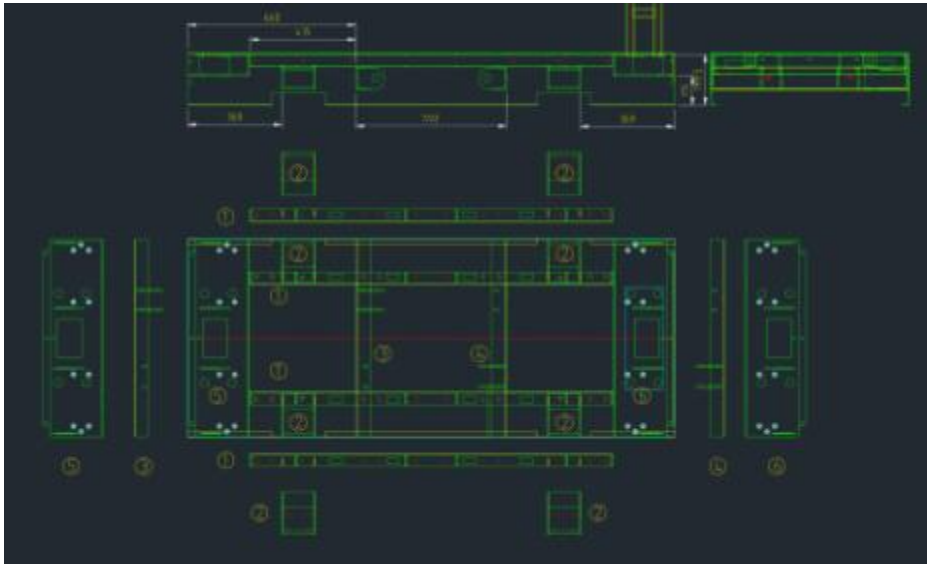
- 휘어짐 방지를 위해 4.5t 철판을 앞, 뒤가 아닌 좌·우로 절곡을 사용
- 중양을 기준으로 좌우로 대칭이 되는 형태로 무게 배분을 맞추기 위해 배터리박스를 설계



<그림> Main Case Frame

2) 내부 프레임

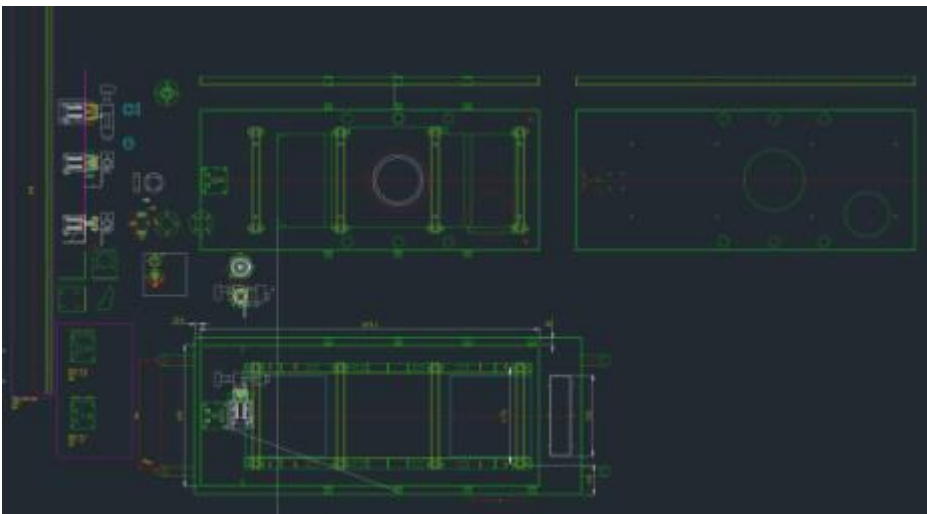
- 메인 구동 바퀴 고정을 위한 부분과 배터리 박스 고정 및 상부의 약통 박스를 고정하기 위해 내부를 절곡을 이용한 플레이트로 설계.



<그림> Sub Frame

3) 범퍼 및 물통 케이스 고정부

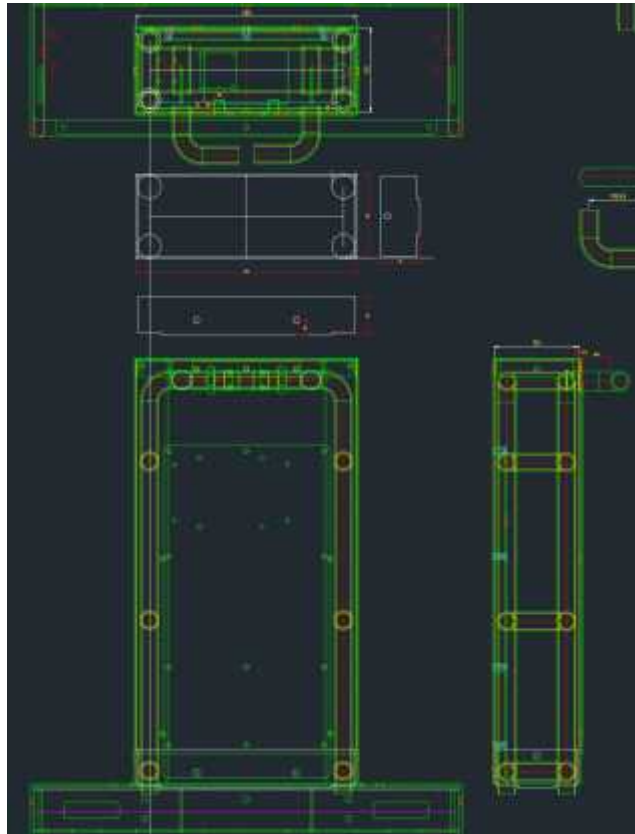
- 약통과 약통 및 펌프, 붐대를 제거하고 이동 대차로 겸용으로 사용하기 위한 구조 설계
- 부품별 특징과 무게 문제로 각각을 현재 위치에서 이동시키는 것보다 같은 형식의 플레이트 부속을 만들어 교체 방식으로 설계



<그림> 상판 - 붐대 및 약통 프레임

4) 손잡이

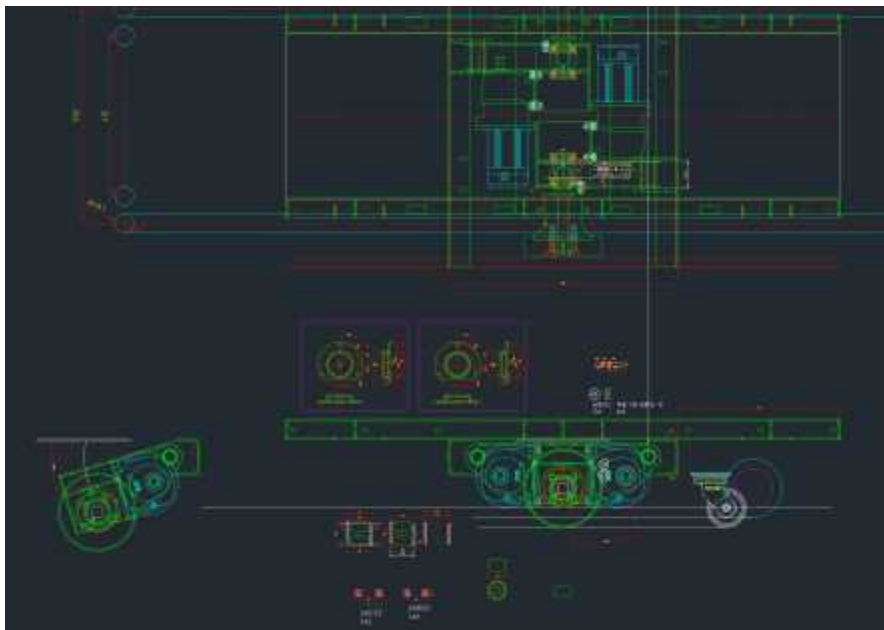
- 약 700kg의 이동이 가능한 방식으로 배터리가 충분할 때는 이동시키는 데 힘이 적게 들지만, 배터리가 없을 시에 충전장소가 아닌 경우 그곳까지 갈 수 있게 이동이 가능한 손잡이가 필요
- 포토 센서를 추가하여 손잡이를 잡는 경우와 아닌 경우로 설계



<그림> 제어 패널 및 핸들 프레임

5) 메인 구동 바퀴 및 파이프 롤러

- 모터 크기에 맞춰 공간 활용(중양 기준 좌·우 대칭형)
- 파이프 레일 진입 및 콘크리트 바닥에서의 구동을 고려한 설계
- 압축 스프링 적용으로 서스펜션 역할 설계



<그림> 바퀴 프레임 및 고정부

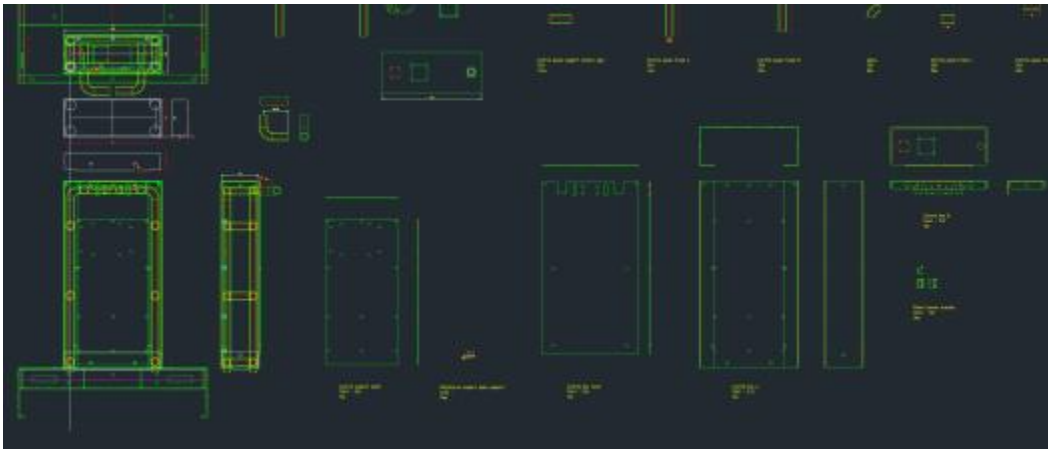
압축스프링 계산식			
항목	기호	값	
회탄성계수	G	8000	
선경	d	6.5	
외경	Do	68.5	
중심경	Dm	60	
내경	Di	53.5	
총권수	Nt	7	
유효권수	Ne	5	
자유장	L	120	
변이량	I	65.5	33.5
초하중	Po	11.31798281	11317.983
초응력	τ_1	6.3	
하중	P	108.260735	108260.73
스프링상수	K	1.652835648	Kg/mm
지수비	C	9.230769231	Da/d
동력수정계수	K'	1.157746495	
인장각도	α	b	
적당응력	σ		
스프링 길이		1319.468915	

자유장	120	자유장	120
변이량	65.5	변이량	47.8
변형량	54.5	변이량	72.2

<그림> 제품 하중을 고려한 압축 스프링 인장력 계산식

6) 제어부 패널 케이스

- 손잡이 부분 프레임 설계 - 포토센서 부착으로 on / off 기능 구현
- HMI 및 제어 패널 부착 플레이트 설계
- 이동 손잡이 프레임 설계



<그림> 제어부 패널 케이스 도면

(2-3) 발주 도면 설계

(가) 레이저 발주 도면

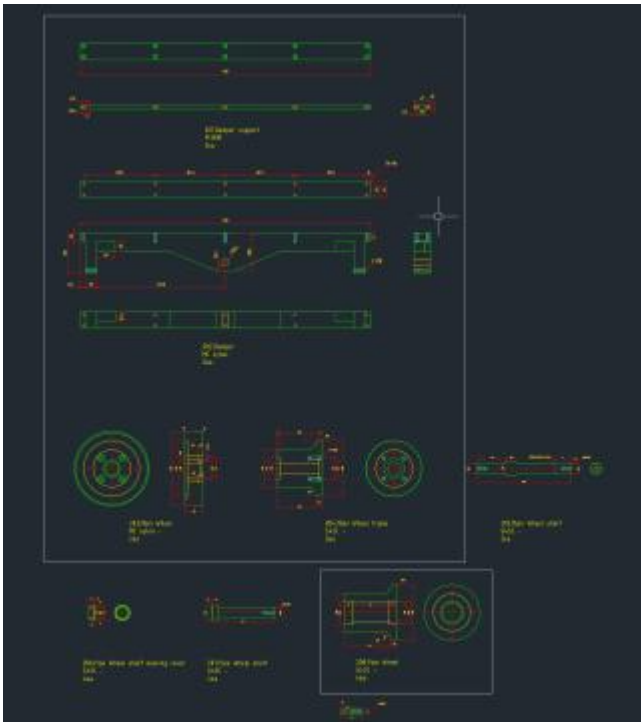
- 1) 메인프레임 및 철판류의 레이저 절단을 위한 발주 도면 작성



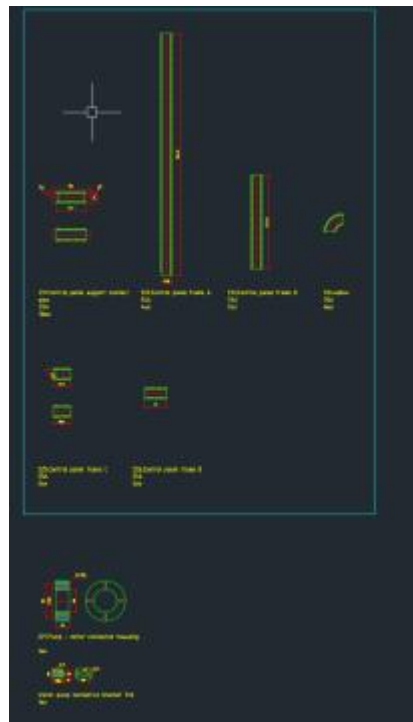
<그림> 레이저 발주도면

(나) 가공 발주 도면

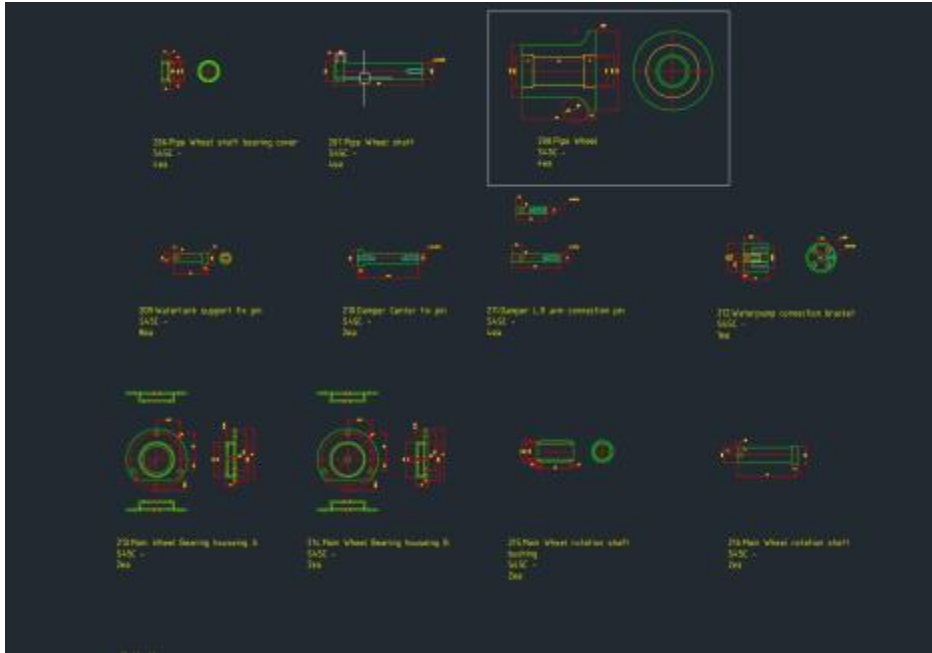
1) 바퀴류, 연결부, 받대 고정, 구동부의 가공을 위한 발주 도면 작성



<그림> MC나일론 가공 및 휠



<그림> 연결부 및 손잡이



<그림> 봄대 고정 파이프, 구동 휠, 구동 축등

(다) 용접 도면

- 1) 레이저 및 가공품의 입고 후 조립시 용접에 필요한 도면 작성



<그림> 용접 도면

* 참고자료(방제로봇 도면)

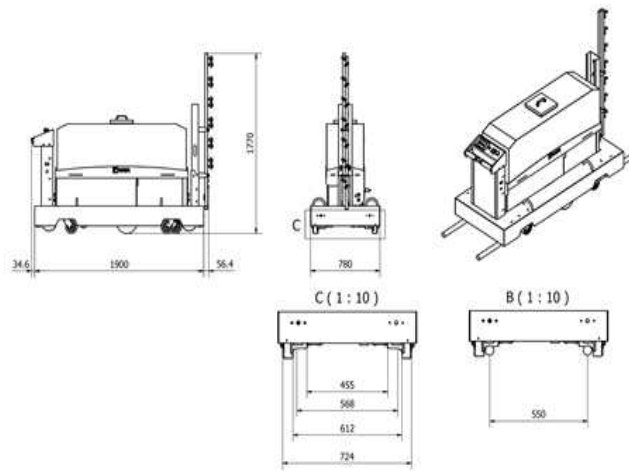
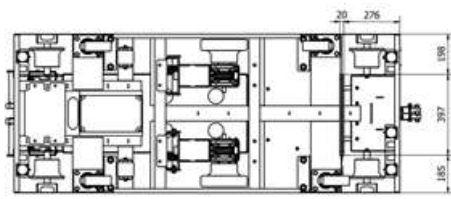
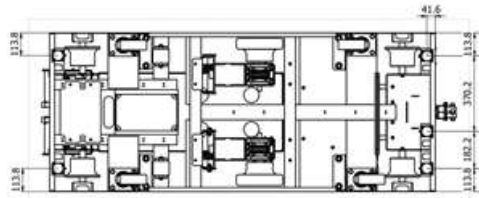
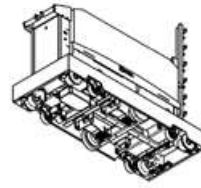


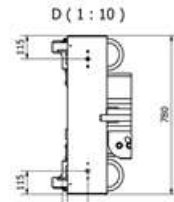
그림 1. 방제기 제원 도면



<마그네틱 센서 위치도>



<레일 감지 센서 위치도>



<거리 센서 위치도>

그림 2. 방제기 하부 센서 도면

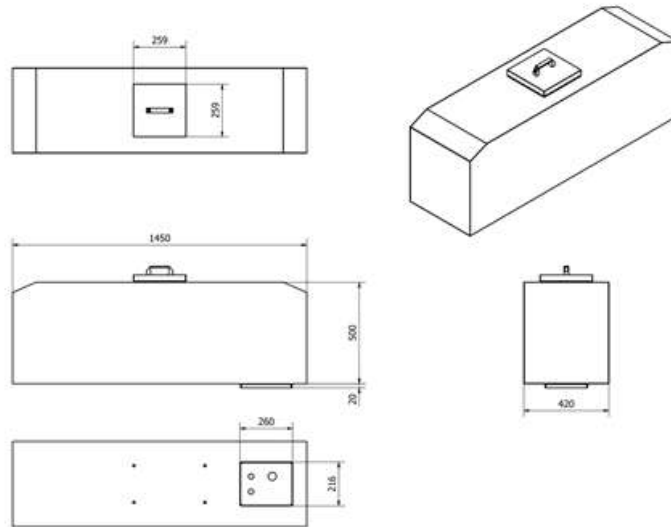


그림 3. 약제 탱크 도면

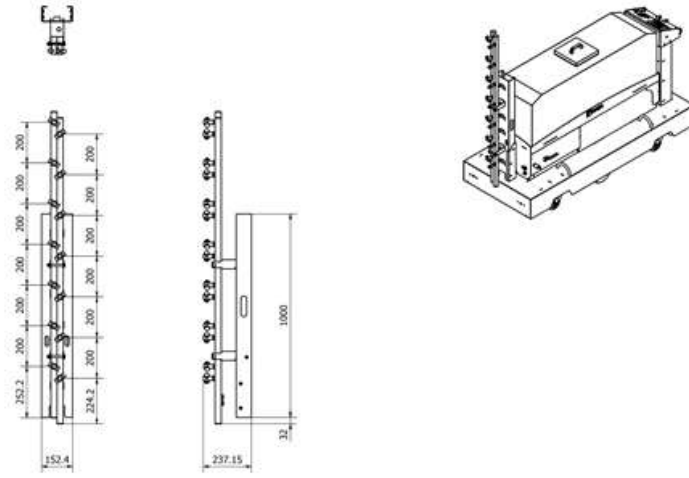


그림 4. 노즐/플래트 도면

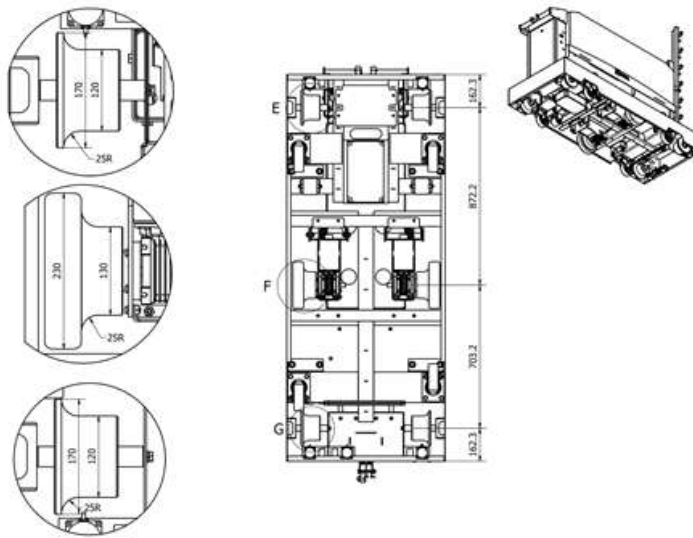


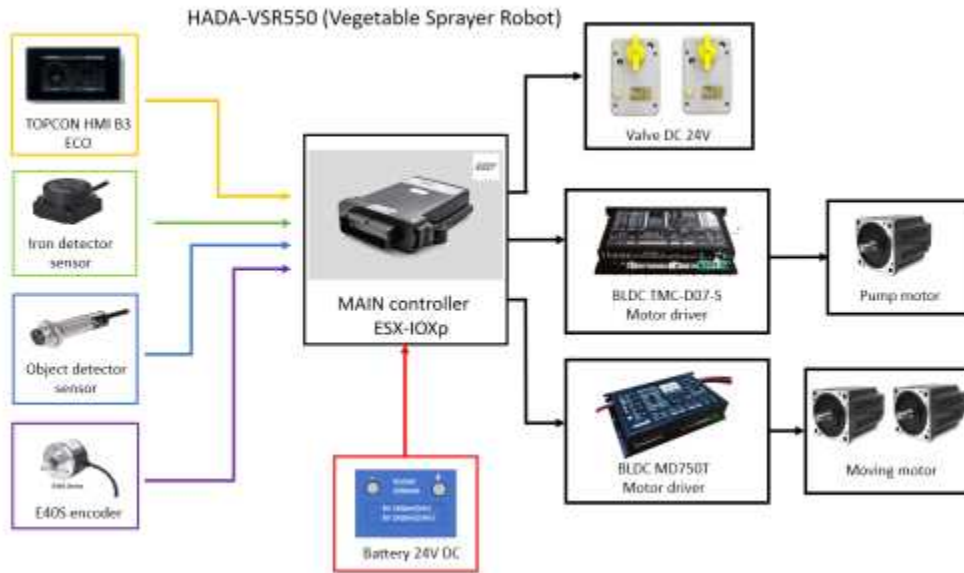
그림 5. 구동축 바퀴 도면

(2-4) 제어부 설계

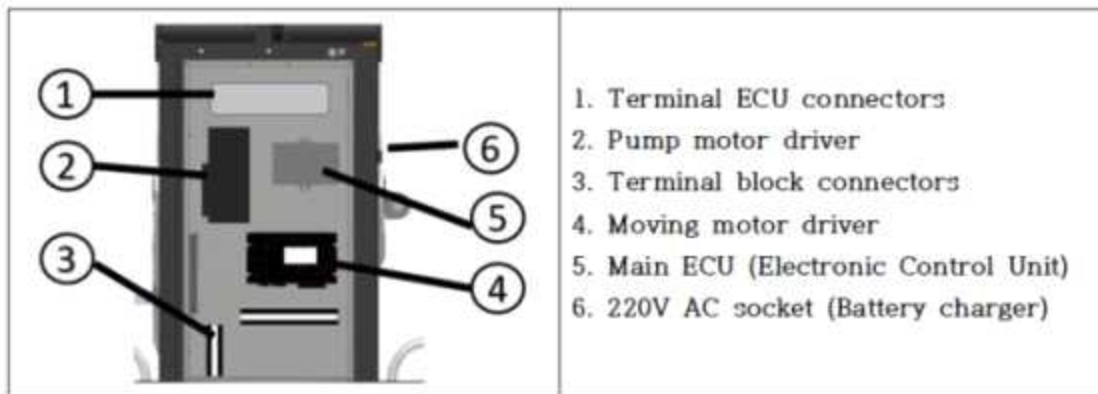
(가) 제어부 구성도

1) 제어부 주요 부품 선정

- 컨트롤러, 구동모터, 모터 드라이버, 감속기, HMI, 근접 센서, 포토센서, 배터리, 밸브, 엔코더, 충전기



< 그림 > 제어부 부품 구성도



<그림> 제어 패널 구성도

(3-1) 시제품 1차 제작

(가) 본체 조립

1) 메인프레임 제작

- 내측 바퀴 프레임, 서포트 프레임, 제어 패널 또는 손잡이 프레임 용접 및 간이 도장(내부 검정, 외부 갈색 하도 도장)



<그림> 본체 프레임 외 용접



<그림> 본체 프레임 용접



<그림> 하도 도장 1



<그림> 하도 도장 2



<그림> 하도 도장 3



<그림> 하도 도장 4

2) 바퀴 프레임 및 댐퍼 제작

- BLDC 모터, 모터 감속기, 모터 드라이버 구매품 사용
- 근접센서, 포토센서, 스위치류 구매품 사용
- 베어링류, 타이밍 벨트 및 벨트 풀리, 캐스터 구매품 사용



<그림> 가공품(도금)



<그림> 메인 구동 바퀴(MCD 재질)



<그림> 바퀴 및 바퀴 축



<그림> 파이프 롤러



<그림> BLDC 모터 조립



<그림> 멤퍼 센서 조립



<그림> 구동바퀴 부 본체 조립



<그림> 제어판넬 제작



<그림> 300L포함한 총무게 측정(700Kg)



<그림> 분무 및 구동 테스트

(나) 1차 시제품의 문제점 및 개선점

1) 구동부 작동 문제

- 스프링 작동 및 양쪽 구동 바퀴의 단차가 발생함
- 스프링 고정축에 안착이 되도록 하기위해 바퀴프레일의 일부를 절단

2) 펌프 및 분무대 분무 테스트 문제

- 모터 + 펌프간 연결고정이 불량하여 진동에 의한 볼트가 풀림
- 12개 노즐로 분무시 분무량(5L)는 충분함하지만 20개 노즐 분무시에는 충분하지 못한 분무량으로 확인됨. 펌프의 용량을 변경할 예정

3) 조립시 문제점

- 메인 구동 바퀴 프레임 조립 및 용접시 구조가 복잡하여 공간 부족으로 조립이나 용접을 위한 설계 개선이 필요
- 손잡이 부분의 파이프 두께가 굵고 손으로 잡는 부분이 적음
- 범퍼의 조립과정에서 스프링 위치와 구조적 문제점으로 기능의 문제점 발생
- 설계한 부분이 용접에 의해 변형이 발생하여 볼트 및 홀 부품이 맞지 않는 문제점 발생

(4-1) 시제품 2차 제작

(가) 선진제품 방제기 분석

1) 구동부 스펙

가) 구동모터 : 360W 24V 3000RPM, 축경 14mm, 444rpm

나) 파이프용 롤러 : 약 5"(127), 축경 : 125mm, 202rpm

다) 구동 바퀴 - 약 9"(228.6), 축경 : 225mm, 106rpm



<그림> bogaert 구동 바퀴부



<그림> bogaert 바퀴 동력 구동 기어 내부

라) 스프링(Blue) : 외경 37.55mm 내경 20.5mm, 자유장 63.8mm, 7회전



<그림> bogaert 스프링 텐션 조립 상태

2) 배터리 스펙

가) 전압 및 사이즈 : 2V X 12EA, 197 x 153 x 277

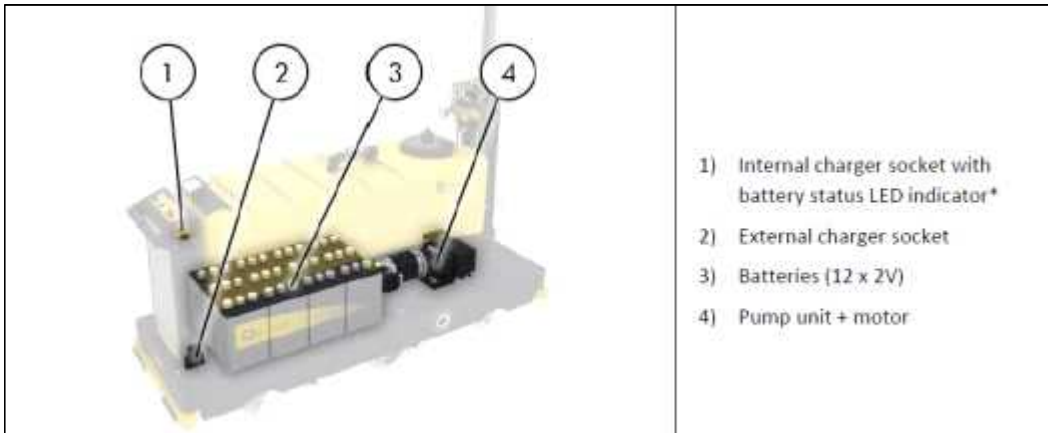
나) 배터리 총 중량 : 288.44kg, 배터리 제외 본체 중량 : 401.56kg



<그림> bogaert 배터리 개당 무게

3) 분무용 펌프 스펙

- 가) 분당 30L 배출용 펌프와 모터의 조합
- 나) 노즐 압력 최대 15 Bar
- 다) 전방 시비 7조와 옆면 시비 14조의 노즐 조합



(나) 2차 시제품 개선용 설계

1) 구동부 개선

- 가) 제원 - 400W, 24V, 3000RPM, Torque=12.9kgf·cm, 3kg
- 나) 감속비 - 10 : 1 출력토크 : 98.0kgf·cm
- 다) 변경사유 - BLDC 와 워 감속기를 사용하여 컴팩트하게 제작이 가능하며 모터의 상태를 모니터링이 가능함.



<그림> TM90-D0431-S-4P + NMRV040

2) 펌프 부분 개선

- 가) 부식이 되지 않는 SUS재질로 300L 약제통 제작
- 나) 약제탱크는 작물 사이 주행시 작물과 충돌을 최소화한 쪽으로 설계
- 다) 분당 5L 배출에서 10L배출하는 펌프로 개선



<그림> 약제탱크 절곡품



<그림> 약제탱크 제작



<그림> 펌프



<그림> 펌프 조립

(다) 2차 시제품 제작

1) 메인 프레임 및 가공품



<그림> 레이저 가공품



<그림> 구동 바퀴 조립

2) 하부 및 배터리 조립



<그림> 하부 조립



<그림> 배터리 조립

3) 붐대 및 제어부 조립



<그림> 붐대 조립1



<그림> 제어판 제작

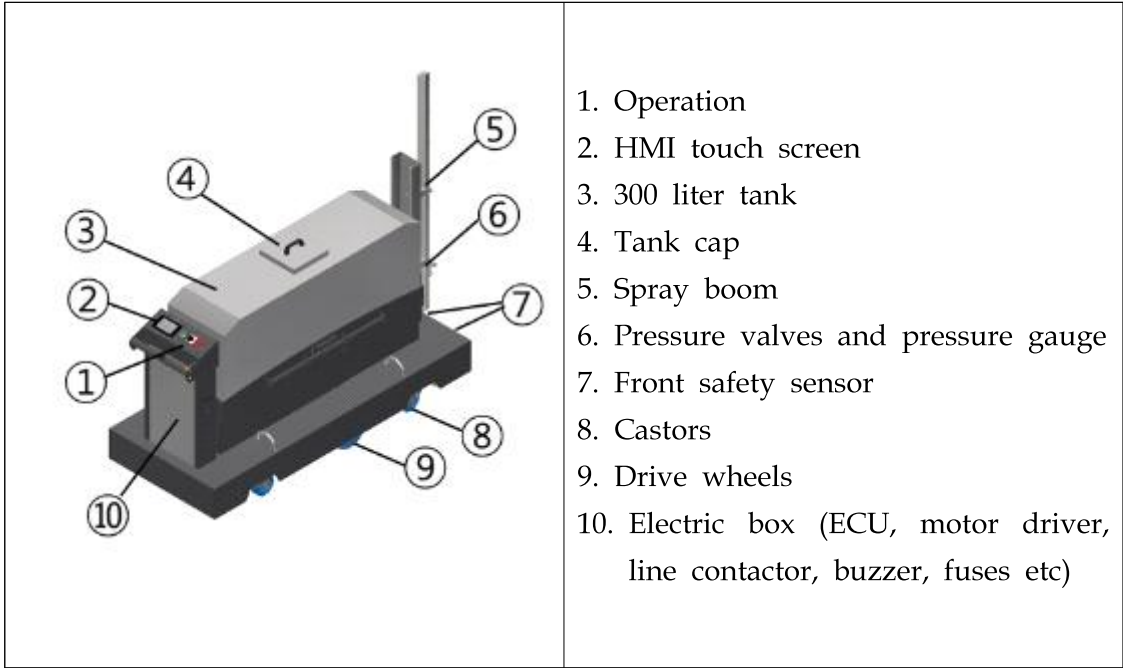
4) 시제품 제작 완료



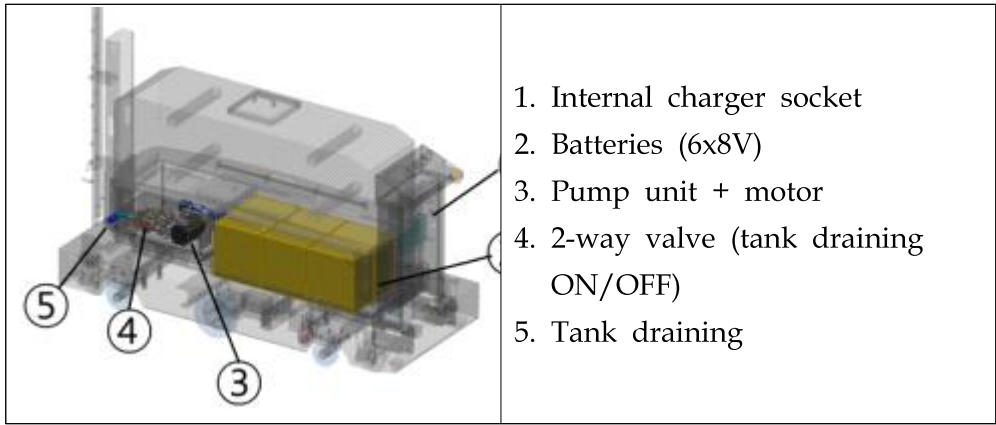
<그림> 2차 시제품 전면



<그림> 2차 시제품 옆면



<표> 시제품 부분별 상세 설명



<표> 시제품 내부 상세 설명

- 5) 시제품 구동 환경 세팅 및 작동 방법
 - 가) HMI를 통해 자동 모드에 필요한 환경 설정을 지정함



(a) 메인 화면



(b) 환경 세팅



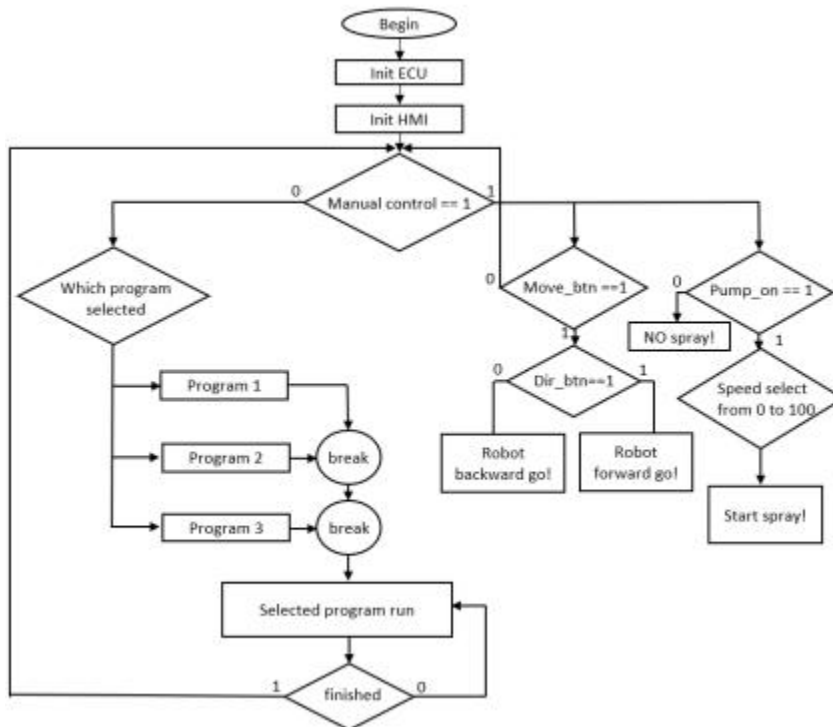
(c) 시간 설정



(d) 알고리즘 모드

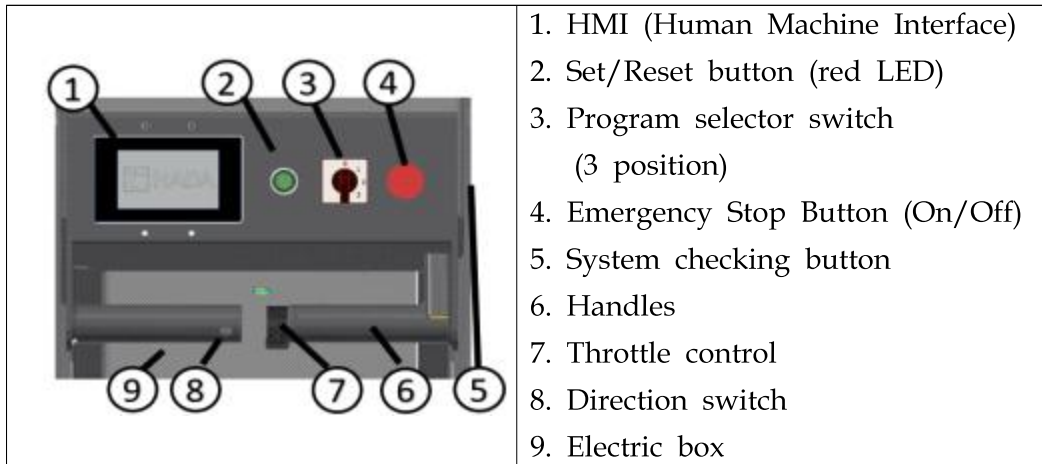
<그림> 기존 모델(1차 형상) 해석 결과(부품)

나) 수동모드는 펌프 on/off, 속도 가감속, 전/후 방향 선택, 모터 구동 on/off 등의 기능이 선택이 가능



<그림> 시제품 구동 알고리즘

다) 자동 운전 버튼을 누르면 방제가 시작되도록 간소한 작동법 적용



<표> 조작부 설명

(라) 테스트 배드 제작

- 1) 당사 내에 30M 길이의 테스트베드 2개 라인 구축



<그림> 테스트베드 구축

(마) 시제품 시운전

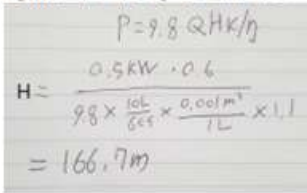




- 1) 분무 노즐 12개 사용(좌 6개, 우 6개)
- 2) 분당 소모되는 약제 량 8L
- 3) 분무 거리 4M



<그림> 분무 테스트



<그림> 필드 테스트

회의 내용	<p>목적: 분사압을 Bogart Qui-jet과 동일하게(10bar) 갈 수 있는 방안 고찰</p> <p>1. 모터 설계 검토: 동력 500W 선정 문제 유무 재고찰 동력 측정식 $P=9.8QHk/n$ 에서 유량 $Q=10L/min$ 기준</p> <div style="text-align: center;">  $P = 9.8 Q H k / n$ $H = \frac{0.5 kW \cdot 0.6}{9.8 \times \frac{10L}{60s} \times \frac{0.001m^3}{1L} \times 1.1}$ $= 166.7m$ </div> <p>펌프 양정 166.7m 로 유량 10L/min 기준모터 용량 문제 없음 (Bogart사: 최대 120L/min 기준으로는 문제 있음)</p> <p>2. 펌프 설계 검토: 펌프 spec 측정 경과 유량 5L/min, 4bar 확인</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">1450mm*420mm*90mm = 0.055m3 = 55L 기준 수조 내 물 전부 소진시까지 시간 측정 결과</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">약 10분 30초로 유량 5L/min 수준 확인 (Bogart사 펌프 유량: 최소 5L/min 최대 120L/min, 10bar)</p> <p>3. 검토 결과 종합 - 펌프: 10L/min 펌프로 교체시 8Bar 수준의 출력 예상 (허용 RPM: 1720) - 모터: Rpm 감소 가능, But 용량 축소 현시점에서 어려움 (Bogart사: 1500rpm 1500W)</p> <p>4. 개선 방안 - 펌프 5L/min(기준)->10L/min으로 변경 후 테스트 펌프 연결 부품 설계:D+1 제작(가공):D+3 조립 및 test:D+1 예상됨</p>
	<p><그림> 펌프 유량 테스트 기록</p>

- (2) 참여기관1(한국로봇융합연구원)
 - (2-1) 벤치마킹 제품 정보 및 주요 사양
 - (가) Bogaerts社 이송 플랫폼



제품명	Bogaerts社 이송 플랫폼
인가전압	24V
크기	780 * 2700 * 2800 (mm)
무게	(320)Kg
적재하중	(600)Kg
주행방식	자동-마그넷인식, 수동-작업자조작
적재개수	16개 (적정)

(2-1) 벤치마킹 결과
(가) 플랫폼 현가부



<그림> 메인바퀴 현가장치(좌), 구동모터(우)

(나) 배터리 전원부

- 1) 플랫폼 배터리 (12V/약 120AH * 2 SET)
- 2) 직렬 시 24V 120AH, 병렬 시 12V 240AH
- 3) 플랫폼 동작시간 : 별도 동작시간 테스트는 하지 않았으나, 농장 직원 의견에 따르면 약 2~3회 정도 반복 작업 가능 (1회 작업 약 2~3시간)
- 4) 배터리 상태 : 외부케이스의 수밀 작업은 되어 있지 않고 커버(케이스 뚜껑)로만 보호됨, 내부 축전지의 용출 발생



<그림> 메인바퀴 현가장치(좌), 구동모터(우)

(다) 플랫폼 전원 연결부



<그림> 플랫폼 전원 충전 커넥터 사양

- 1) 플랫폼 전원 : AC 및 DC 2종으로 각각 충전 가능
- 2) DC : 24V 15A (별도 커넥터 필요)
- 3) AC : 220V 60Hz (별도 커넥터 필요)

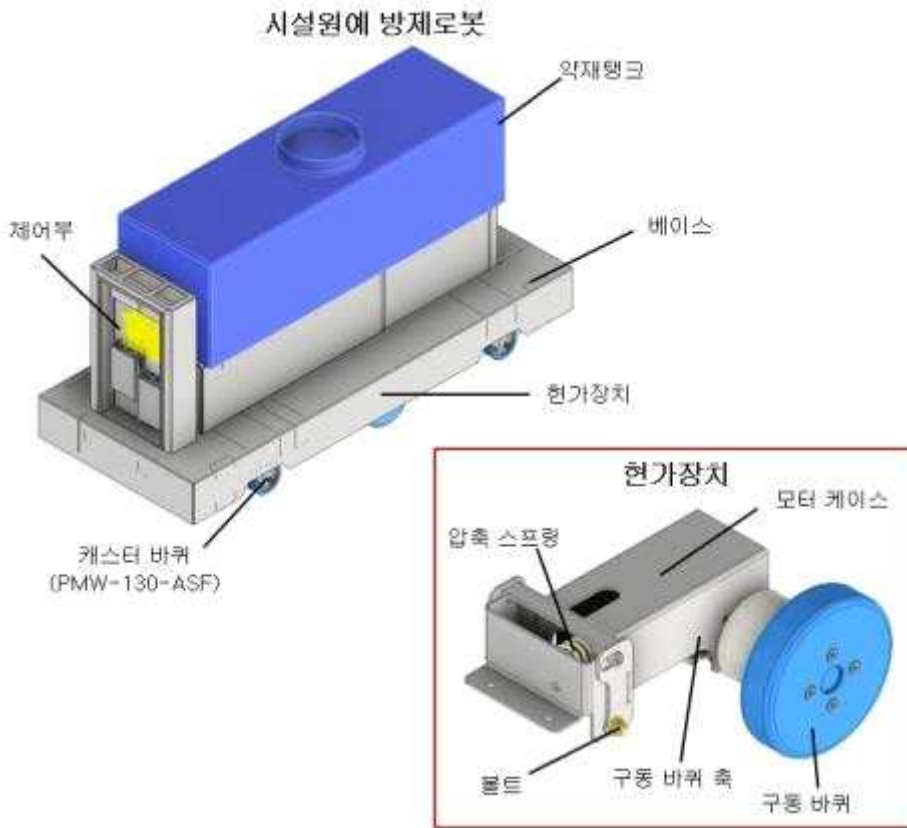
(라) 플랫폼 중앙 제어부



그림 4. 플랫폼 제어부 보드

- 1) 배터리 팩을 양쪽으로 두고 중앙부분에 위치 (하중 배분을 위함으로 판단됨)
- 2) 전원 제어를 위한 릴레이, 신호선 정리용 포트, 제어보드로 구성되어 있음

(2-2) 시설원에 방제로봇 구동부 현가장치 최적화 설계
 (가) 1차 설계안 형상



<그림> 시설원에 방제로봇 & 현가장치 구성

1) 모델 및 목표

- 시설원에 방제로봇 폭x너비x높이 = 790 mm x 1900 mm x 1000 mm
- 고온 다습한 환경에서 구동됨
- 방제로봇의 약재탱크 및 베이스 프레임 하중을 받으며 지정된 레일에서 구동을 목표로 설계됨
- 방제로봇의 구동부에서 스프링 시스템이 포함된 현가장치 시스템 구조 해석을 수행
- 현가장치 부품(스프링, 모터 케이스, 구동 바퀴, 구동 바퀴 축)에서 나타나는 구조적 문제점을 파악하고 개선하는 설계안을 제시함

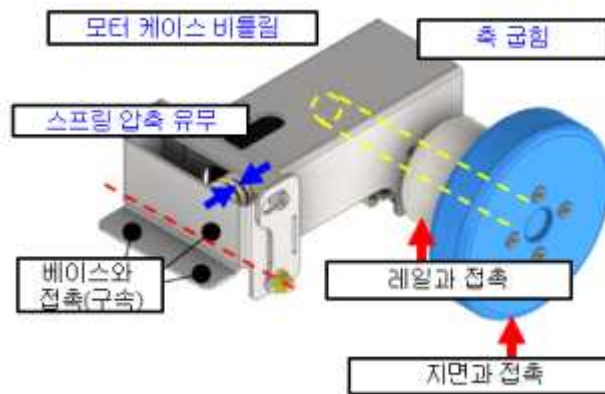
Contents	Yelid Strength [MPa]	Tensile Strength [MPa]	Modulus of Elasticity [GPa]	Poisson ratio
SS400	245	480	200	0.26
AISI5160	1487	1584	207	0.33

<표> 물성정보

(나) 해석 정보 및 조건

1) 물성정보

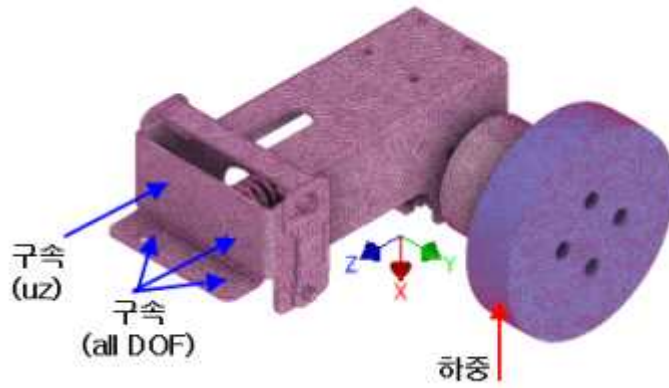
- 현가장치 해석에 사용된 물성정보
- 시중에 판매되는 스프링 카탈로그를 참고함
- 스프링 이외의 부품은 일반 구조용 강 SS400으로 설정함
- 구조 안전성 판단을 위해 재료의 항복 강도와 비교함



<그림> 현가장치 해석 가이드라인

2) 해석 가이드라인

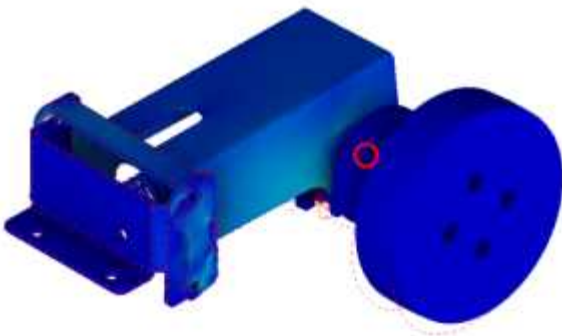
- 현가장치의 접촉조건, 해석에서 포함되거나 무시되는 조건을 고려함
- 실내에서 사용되어 외력이 작용하기 어렵기에 방제로봇 자체의 하중 900 kg 을 기준으로 해석 진행함
- 해석 시간을 고려하여 방제로봇 전체 시스템이 아닌 현가장치 일부 시스템을 고려하였으며 모델링 과정에서 라운드, 모따기 등을 제거함
- 현가장치 중 접촉 및 하중이 적용되는 부분을 파악하였으며 하중에 대해 구조적으로 문제 될 부품을 구분하여 결과 정리함
- 해석 결과는 연성강의 안전성을 판단하는 등가응력(von-Mises Stress)과 재료의 항복 강도를 비교함



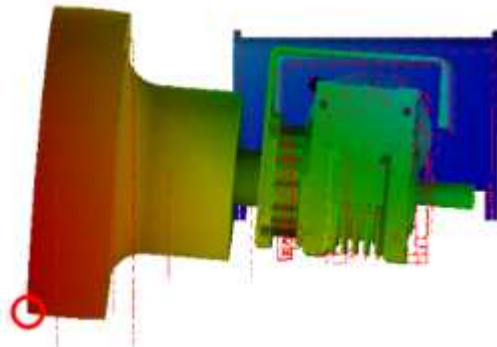
<그림> 해석 경계조건 & 유한요소 모델

3) 해석 조건

- 현가장치 해석은 Autodesk Inventor Nastran2020 프로그램을 사용함
- 해석에 사용된 유한요소의 크기는 4mm, 종류는 tetrahedral solid elements, 타입은 linear로 설정하였으며 이후 개선된 현가장치에 동일 적용함
- 현가장치 체결 부위에 구속조건을 설정함
- 바퀴 4개로 분산되는 방제로봇 하중 900kg에 대하여 가혹한 하중 조건 (위험도 200%)을 적용하여 전체 하중의 1/2인 450 kg(4415 N)을 구동 바퀴에 적용함



(a) 기존 모델 등가응력 결과



(b) 기존 모델 변위 결과

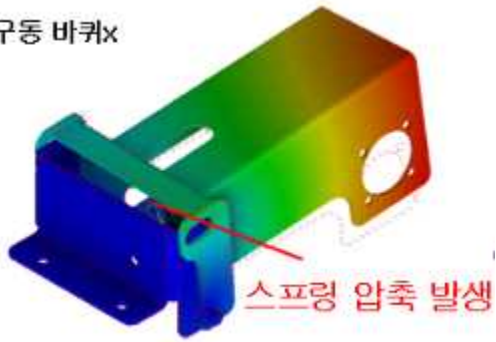
<그림> 기존 모델(1차 형상) 해석 결과(전체)

(다) 기존 모델(1차 형상) 해석 결과

1) 해석 결과(전체)

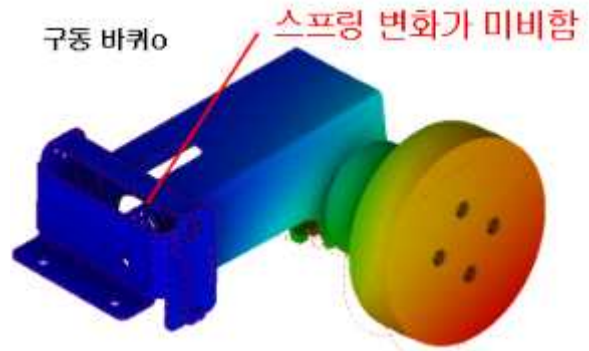
- 현가장치 전체 해석 결과로 최대 등가응력 발생 위치, 최대 변위 발생 위치를 파악함
- 구동 바퀴와 구동 바퀴 축의 접촉 부위에서 최대 등가응력이 발생함
- 구동 바퀴 끝단에서 최대 변위가 발생함
- 해석 시뮬레이션을 통해 스프링 시스템의 작동 유무를 파악함

구동 바퀴x



(a) 모터케이스 하중 적용

구동 바퀴o



(b) 구동 바퀴 하중 적용

<그림> 기존 모델(1차 형상) 해석 결과(시뮬레이션)

2) 해석 결과(시뮬레이션)

- 해석 시뮬레이션 결과 하중 위치에 따라 스프링 시스템이 다르게 작용됨을 확인함
- 구동 바퀴가 아닌 모터 케이스에 하중을 적용한 경우 스프링이 압축되는 것을 확인함
- 구동 바퀴에 하중을 적용한 경우 스프링 변화가 없음을 확인함
- 구동 바퀴에 하중을 적용한 경우 스프링 압축보다 모터 케이스의 비틀림이 우선적으로 발생하는 것을 확인할 수 있었음



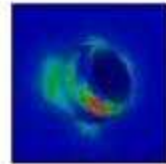
(a) 스프링



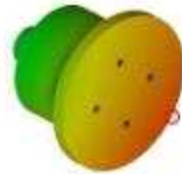
(b) 모터케이스



(c) 구동 바퀴 축



(d) 구동 바퀴



<그림> 기존 모델(1차 형상) 해석 결과(부품)

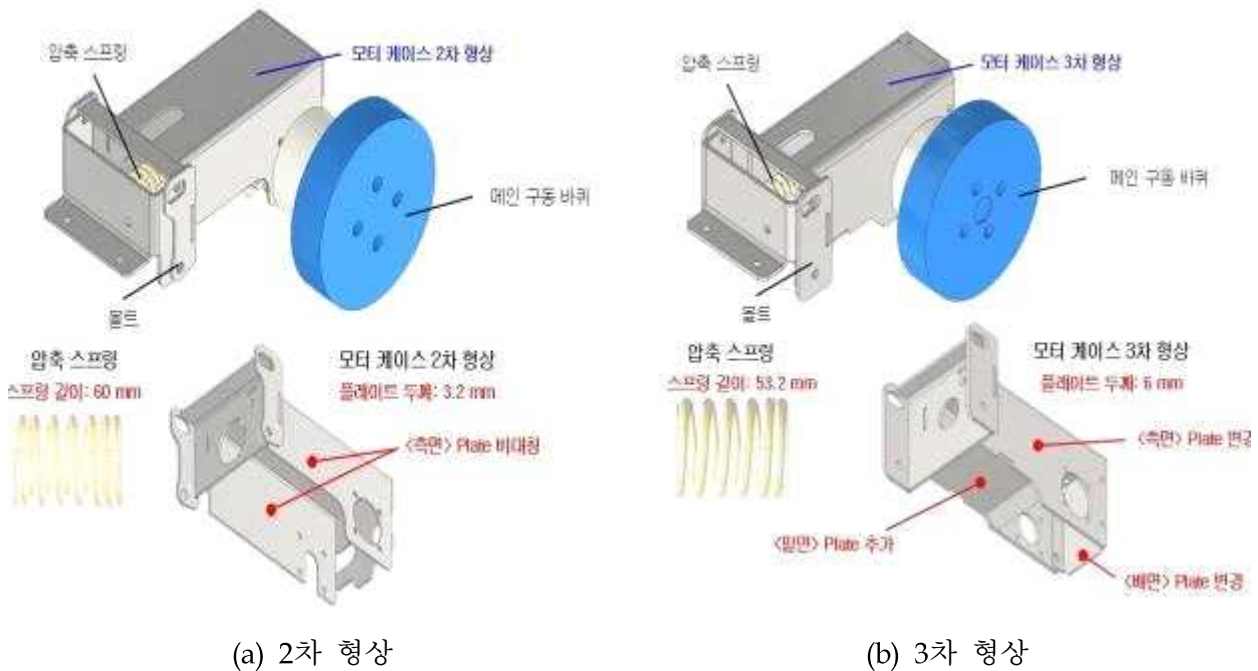
2) 해석 결과(부품)

- 현가장치 해석 결과에서 부품별 응력 및 변위를 확인함
- 스프링 끝단에서 스프링의 최대 등가응력을 확인하였고 응력 집중에 의한 결과로 확인됨
- 스프링 끝단에서 스프링 변위의 최대 지점을 확인하였음
- 모터 케이스 끝단에서 모터 케이스의 최대 등가응력을 확인하였고 이는 응력 집중에 의한 결과로 확인되었으며 모터케이스의 비틀림에 의한 응력 결과를 확인함
- 모터 케이스의 변위를 확인한 경우 구동 바퀴에 적용된 하중이 스프링의 압축보다 모터 케이스의 비틀림과 처짐을 우선적으로 발생시킴 따라서, 방제로봇이 레일에 놓여 작동하는 상황에서 구조적 문제를 발생시켜 구동이 불가능한 상태가 될 것이라 판단됨
- 구동 바퀴에 하중이 작용할 때 구동 바퀴 축과 구동 바퀴 접촉 부위에 굽힘이 발생하여 국소 부위에 최대 등가응력이 확인됨

(라) 형상 개선 설계안 제시

1) 형상 개선 설계안(2차, 3차 형상)

- 기존 모델(1차 형상)의 모터 케이스 비틀림이 방제 로봇의 작동 환경에서 구조적 문제가 발생할 것이라 판단하여 모터 케이스의 강성을 개선하는 설계안을 제시함
- 기존 모델에서는 구동 바퀴 축을 한 쪽 벽면에서 지지 하였으나 개선 모델 2차, 3차 형상에서는 양쪽에서 지지하고 배면 plate를 추가시킴
- 3차 형상에서는 2차 형상에서 추가 개선하여 구조적 안전성을 보안하기 위해 스프링의 길이가 60 mm에서 53.2 mm로 감소하였고, 밑면 plate 추가, 전체 plate의 두께를 3.2 mm에서 6 mm로 증가시킴



<그림> 형상 개선 설계안 제시

(마) 개선 모델(2차, 3차) 해석 결과

1) 해석 결과(2차 형상 전체)

- 2차 형상의 현가장치 해석 결과로 최대 등가응력 발생위치, 최대 변위 위치는 기존 모델과 동일함
- 2차 형상의 현가장치에서 최대 등가응력 470 MPa, 최대 변위 6.5 mm를 확인함

2) 해석 결과(2차 형상 부품)

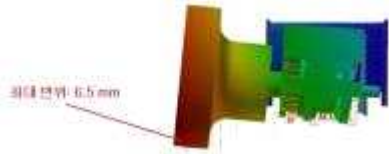
- 2차 형상의 현가장치 해석 결과 중 스프링의 결과에서는 최대 등가응력 29 MPa, 최대 변위 0.5 mm를 확인하였음
- 모터 케이스의 경우 최대 등가응력 196 MPa은 응력집중에 의한 결과로 판단되며 모터 케이스의 비틀림이 발생하는 부분에서 등가응력 80 MPa을 확인함
- 모터 케이스의 전체 변위 3.2 mm이며 측면 방향으로 2.3 mm의 변위를 확인함
- 구동 바퀴 축의 경우 최대 등가응력 470 MPa은 응력집중에 의한 결과로 판단되며 응력 집중 부위의 주변의 등가응력 250 MPa, 최대 변위 2.9 mm를 확인함
- 구동 바퀴의 경우 최대 등가응력 459 MPa, 최대 변위 5.6 mm를 확인함

3) 해석 결과(3차 형상 전체)

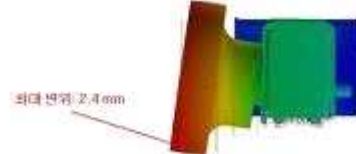
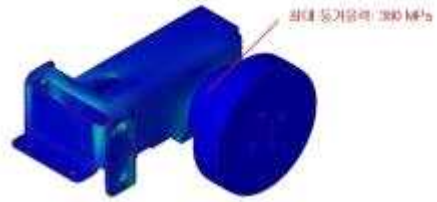
- 3차 형상의 현가장치 해석 결과로 최대 등가응력 발생위치, 최대 변위 위치는 기존 모델과 동일함
- 3차 형상의 현가장치에서 최대 등가응력 380 MPa, 최대 변위 2.4 mm를 확인함

4) 해석 결과(3차 형상 부품)

- 3차 형상의 현가장치 해석 결과 중 스프링의 결과에서는 최대 등가응력 14 MPa, 최대 변위 0.14 mm를 확인하였음
- 모터 케이스의 경우 최대 등가응력 198 MPa은 응력집중에 의한 결과로 판단되며 모터 케이스의 비틀림이 발생하는 부분에서 등가응력 40 MPa을 확인함
- 모터 케이스의 전체 변위 0.8 mm이며 측면 방향으로 0.2 mm의 변위를 확인함
- 구동 바퀴 축의 경우 최대 등가응력 380 MPa, 등가응력 275 MPa, 최대 변위 1.1 mm를 확인함
- 구동 바퀴의 경우 최대 등가응력 3566 MPa, 최대 변위 1.9 mm를 확인함

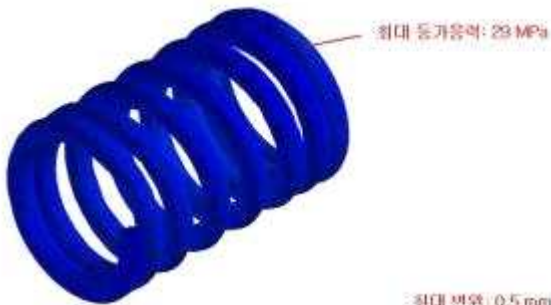


a. 2차 형상

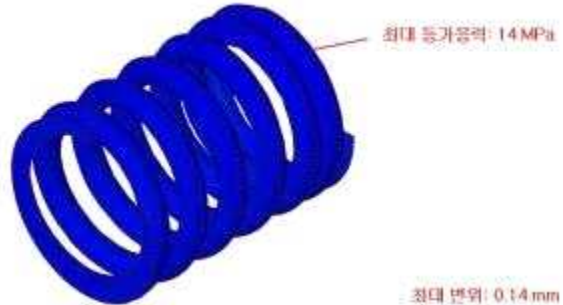


b. 3차 형상

<그림> 형상 개선 설계안 제시

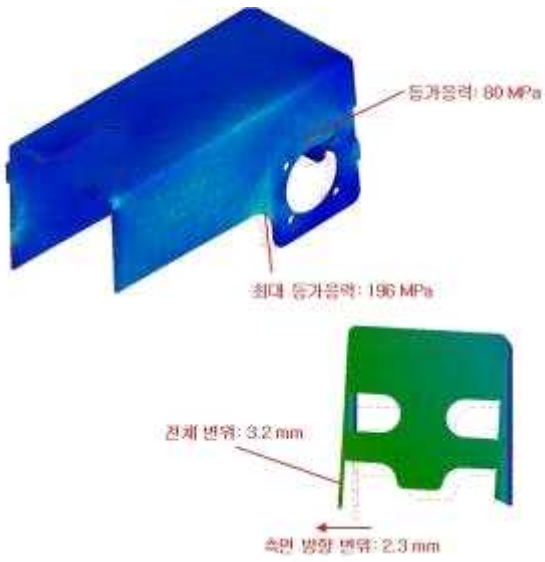


(a) 2차 형상

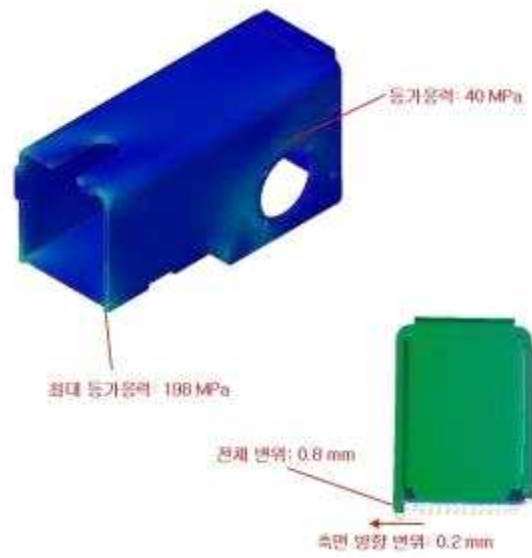


(b) 3차 형상

<그림> 형상 개선 설계안 제시

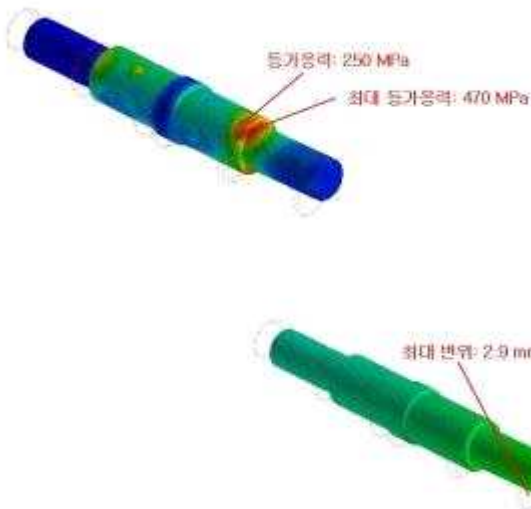


(a) 2차 형상

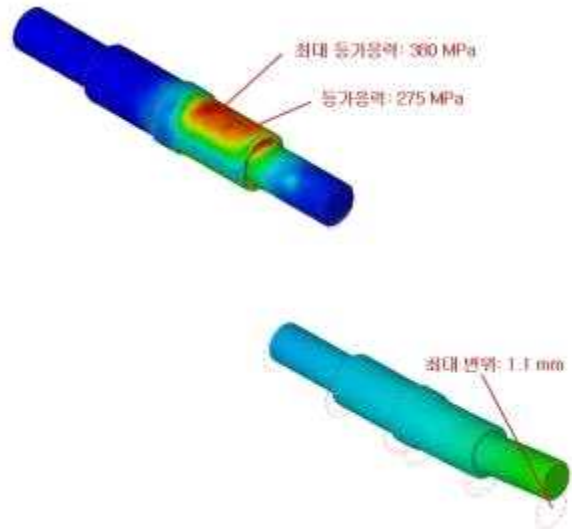


(b) 3차 형상

<그림> 형상 개선 설계안 제시

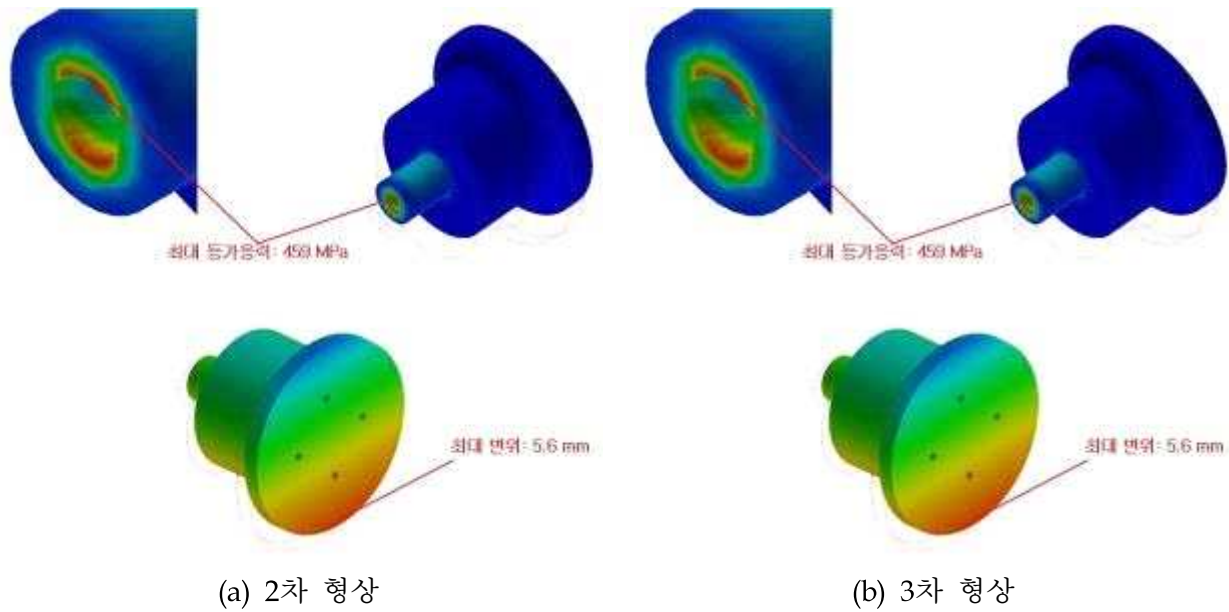


(a) 2차 형상



(b) 3차 형상

<그림> 형상 개선 설계안 제시



<그림> 형상 개선 설계안 제시

(바) 해석 결과 고찰 및 결론

1) 개선 모델(2차, 3차 형상)의 해석 고찰

- 전체 해석 결과를 비교한 경우 2차 형상보다 3차 형상이 등가응력과 변위 결과를 감소시키는 것을 확인함
- 스프링의 경우 2차 형상보다 3차 형상에서 등가응력과 변위 결과가 감소하였으나 두 형상에서 구조적 문제점을 발견할 수 없었음
- 모터 케이스의 경우 2차 형상보다 3차 형상에서 비틀림이 발생하는 부분의 등가응력이 감소하였고 특히, 측면 방향 변위가 1mm 이하로 감소하여 방제로봇의 구조적 문제점이 개선되었다고 판단됨
- 구동 바퀴 축의 경우 2차, 3차 형상에서 재료의 항복강도를 초과하는 등가응력을 확인 할 수 있었으나 실제 사용되는 재료가 아닌 SS400의 재료를 사용하였고, 국소부위에서 발생하는 응력 집중에 의한 결과로 판단됨. 구동 바퀴 축에서 문제가 발생한다면 치수의 변경으로 개선하는 것이 아닌 재료의 변경으로 개선하는 것이 바람직하다고 판단됨
- 구동 바퀴의 경우 2차, 3차 형상에서 재료의 항복강도를 초과하는 등가응력을 확인하였으나 모서리에서 발생하는 응력 집중에 의한 결과로 판단되며 실제 형상에서 모따기 및 라운드 처리하기에 구조적 문제가 없을 것이라 판단됨

항목	1차 형상	2차 형상	3차 형상
전체	7755 MPa 141.6 mm	470 MPa 6.5 mm	380 MPa 2.4 mm
압축 스프링	750 MPa 14 mm	29 MPa 0.5 mm	14 MPa 0.14 mm
모터 케이스	2769 MPa, 750 MPa 86.3 mm, 70.8 mm	196 MPa, 80 MPa 3.2 mm, 2.3 mm	198 MPa, 40 MPa 0.8 mm, 0.2 mm
구동 바퀴 축	7755 MPa 70 mm	470 MPa 1.8 mm	380 MPa 1.1 mm
구동 바퀴	7486 MPa 123 mm	459 MPa 5.6 mm	356 MPa 1.9 mm

<표> 해석 결과 정리

2) 해석 결론

- 3차 형상이 등가응력과 변위 결과를 감소시키는 개선안이 되었다고 판단됨
- 3차 형상이 모터 케이스의 비틀림이 발생하는 부위의 등가응력을 감소하였고 특히, 전체 변위와 측면 방향 변위 결과를 감소시킴
- 현가장치의 모터케이스 형상 변경으로 방제로봇의 구조적 문제점을 개선하고 안전성을 향상시킴

(2-3) 플랫폼 통합전력시스템 개발

(가) 플랫폼 전력사용 조건에 따른 소비전력량 예측

- 1) 전기 기반 구동방식의 시설원예로봇의 배터리 전지 및 충전기 선정에 앞서 용량 계산을 통한 최적 사양을 도출함

- 배터리용량 산정 : $Wh = (W_{Motor} \times Lf) \times H \times Op / Ba \times Sf$

- * W_{Motor} : 모터 정격용량
- * Lf : 모터 부하율
- * H : 가동시간
- * Op : 구동/대기 시간 비율(%)
- * Ba : 배터리 이용율
- * Sf : 안전 계수

- 2) 가동시간은 1회 충전으로 가동하고자 하는 시간을 hr 단위로 계산하면 되고, 구동/대기 시간은 연속 구동시 100%이고 일반적인 60~70%가 적합함
- 3) 배터리 이용률은 배터리관리시스템에 의해 정해지는데 일반적으로 20~80%에서 충/방전을 컷오프하므로 60을 대입하면 됨
- 4) 안전 계수의 경우 일반 안전계수 및 내용 연수에 따른 배터리 충전용량 감쇄를 감안한 값으로 1.2~1.3 정도를 입력하면 됨
- 5) 상기 공식을 활용하여 시설원예로봇 배터리 용량을 계산한 결과, 1회 충전 시 사용시간 8시간 기준 약 9,000Wh가 도출되었고 이에 따른 배터리

및 충전기 용량을 산정할 예정임

(나) 전력시스템 고도화를 위한 배터리 및 충전기 선정

1) 1차 플랫폼 배터리 및 충전기

- 시설원에 방제로봇의 고온 다습한 운용 환경에 적합하고 방제로봇의 에너지 효율을 향상시키기 위하여 안정성 및 에너지 저장밀도가 높은 리튬폴리머 배터리로 선정
- 리튬계열 배터리의 가장 큰 장점은 가벼움과 용량임. 현재 상용화된 2차 전지 중 최상권의 에너지 밀도를 가지고 있으며, 최고의 무게 대비 용량을 가짐
- 가벼운 리튬 금속을 사용하므로 다소 무거운 니켈 계열 배터리에 비해 무게를 크게 줄일 수 있었음. 또한 높은 에너지 밀도 덕분에 배터리의 소형화가 가능했고, 휴대용 기기 들의 크기를 줄이는데도 큰 공헌을 하였음



종류	리튬 이온	리튬 폴리머	납축 전지
에너지 저장 밀도	매우 높음	높음	낮음
전해질	액체	고체(겔)	액체
수명	길다	길다	보통
안정성	보통	높음	높음
모양	원통형 위주	다양한 형태	박스형 위주
가격	다소 높음	높음	낮음
용도	전기차, 소형 IT기기	전기차, 군용장비	자동차, UPS

<그림> 배터리 종류별 특징



<그림> (좌)리튬폴리머 팩 (우)리튬폴리머 패키징

- 적합한 충전기 제품 선정을 위해 BMS와의 충전포트, 출력포트 연결 후 충전여부 확인 평가를 수행하였음
- 시험대상품은 아래 충전기 성능과 같이 비교 테이블로 나타내었음

품명	QuiQ 1000	UY1500S
제조사	Delta-Q (Canada)	Yunyang(China)
사진		
전압	48 V	1000 W (18 A)
	24 V	695 W (25A)
Waterproof	IP66(NEMA4)	Yes
Size/Weight	280 x 246 x 110 / < 5 kg	310 x 230 x 101 / 7.5 kg
Charging curve	10 charging profiles	CC-CV

<그림> 충전기 성능 비교표

- 시험결과는 아래 그림과 같이 확인되었음. QuiQ 1000-48V 충전기로 조건 ③ 일 때 55V 57V까지 18A로 충전 시 BMS 내부 온도가 50℃ 까지 상승함.
- 일반 조건(①)에서는 UY1500S 충전기만 사용 가능함.
- 조건을 변경할 경우 두개의 충전기 모두 사용 가능함.
- 충전 포트로 충전 할 경우 BMS의 온도 상승률이 높아 배터리 방전 상태에서 충전할 경우 고온차단으로 완충에 어려움이 발생할 것으로 예상됨.
- 시설원에 환경에서 일반 조건 (①) 으로 사용 할 경우 충전 전력을 낮추거나 별도의 방열 시스템 추가 필요
- QuiQ 1000 제품이 UY1500S 제품 보다 시설원에 환경에서 방수, 충전 품질, 안정성이 높을 것으로 예상됨
- 고온 다습한 환경에서 배터리 충전시 안정성을 확보하기 위하여 방수·방진성능이 높고(IP66등급 이상) 리튬폴리머 배터리를 충전하기에 적합한 충전기 중 요구 사항에 가장 적합한 QuiQ 1000제품으로 선정함.

2) 2차 플랫폼 배터리 및 충전기

- 시설원에 방제로봇은 운용 환경 특성상 좁고 높은 형태로 하부에는 주행부 및 배터리가 상부에는 방제수가 위치하여 무게중심이 하부가 아닌 상부로 이동하여 주행 불안정성을 야기 할 수 있고 방제수 탱크 용량 증대를 위하여 1차 플랫폼에서 선정된 배터리와 안정성은 동일하지만 에너지 밀도가 낮은 납축 배터리로 선정하였고 선정된 납축배터리 (L-8240)에 최적 충전이 가능한 방수형 충전기 제품(FCF15-A-2430)도 선정함.

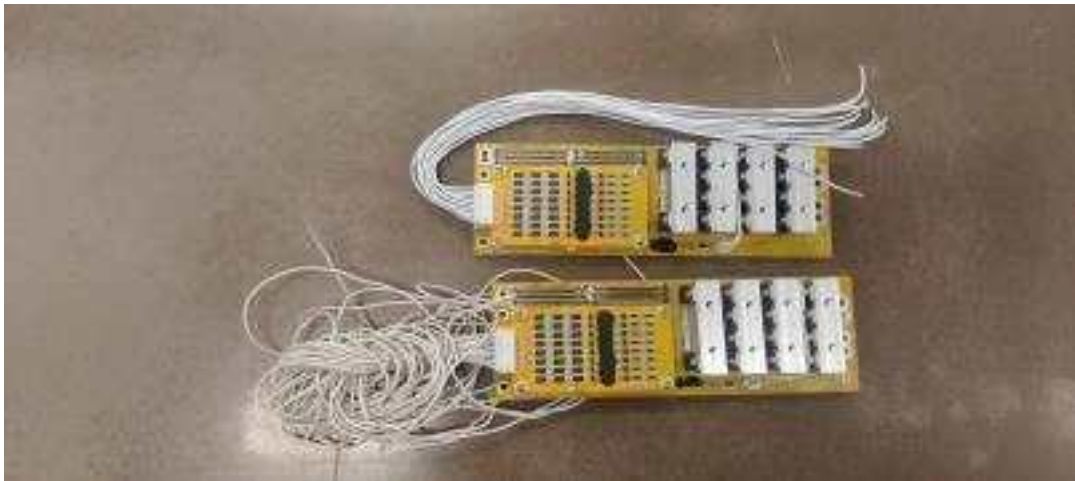


<그림> (좌) 납축전지(L-8240)배터리,
(우) 납축 배터리 전용 충전기 (FCF15-A-2430)

(다) 전원 관리 BMS 시스템 개발

1) 1차 플랫폼 BMS 시스템

- 리튬 폴리머 배터리 팩의 최적 성능을 유지하기 위한 셀 밸런싱 기능 적용
- 과충전 및 과방전 보호 로직 적용
- 고온 및 저온 환경 충·방전 보호 로직 적용
- 과방전 보호 로직 적용

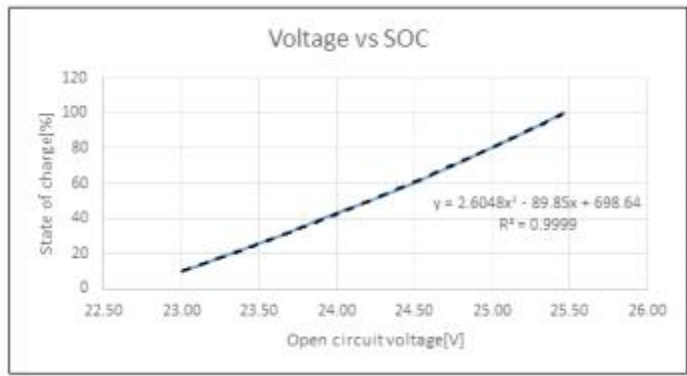


<그림> 1차 BMS(배터리관리시스템) 제품

2) 2차 플랫폼 BMS 시스템

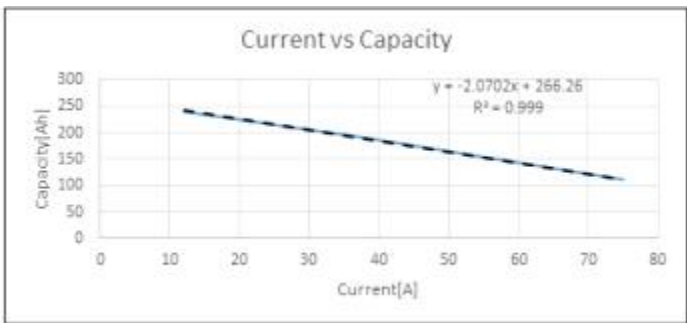
- 일반적으로 납축배터리의 경우 BMS를 사용하지 않고 있으나 방제로봇의 안정성을 위하여 별도의 BMS를 개발함.
- 배터리 잔존 용량을 계산하기 위해서는 배터리 특성 모델을 확보하고 예측 모델을 개발해야 하지만 납축배터리에 대한 정보가 부족하여 일반적으로 많이 사용하는 배터리 단자 개방전압과 전류적산법을 혼합 사용하여 배터리 잔존용량을 산출함.

State of charge (SOC)	Specific gravity(25°C)	Open Circuit Voltage data (minimum)
100	1.275	19.11
90	1.255	18.93
80	1.235	18.75
70	1.215	18.57
60	1.195	18.36
50	1.175	18.15
40	1.15	17.94
30	1.125	17.73
20	1.1	17.49
10	1.075	17.25

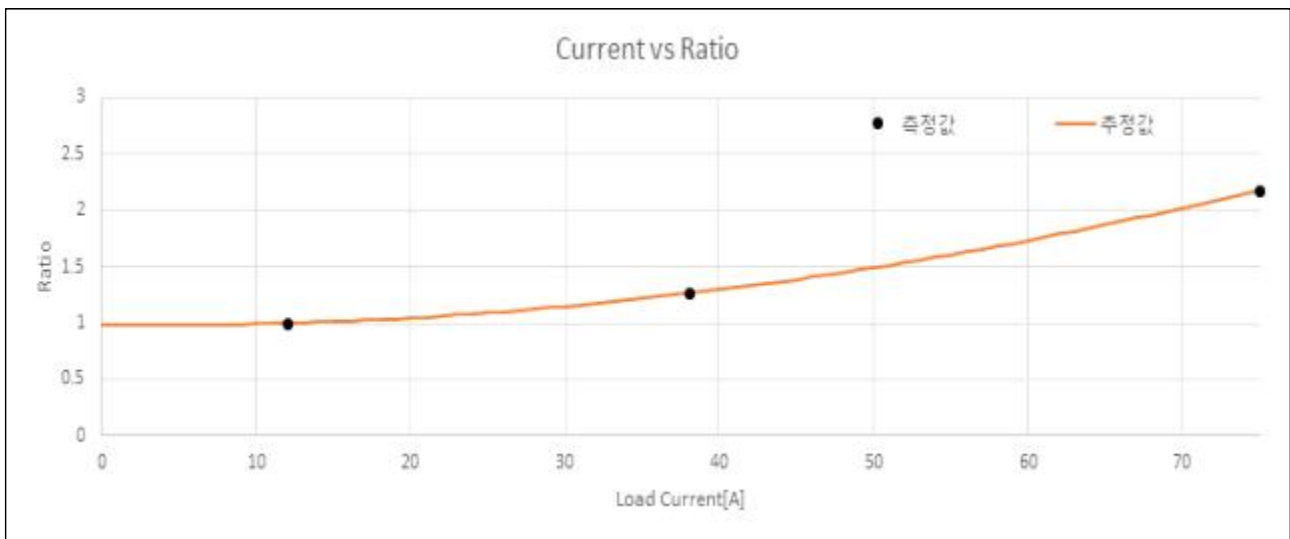


<그림> (좌)L-8240배터리 단자개방전압 특성표 (우) 개방전압별 SOC 특성 그래프

조건	용량[Ah]	소모 전류[A]
20HR	240	12
5HR	190	38
1.46HR(75A(min))	110	75



<그림> (좌)L-8240배터리 방전전류별 용량 (우) 방전전류별 용량 특성 그래프



<그림> 방전전류별 잔존용량 계산비율

- 납축배터리의 경우 다른 2차 전지보다 방전전류량에 따른 배터리 용량의 차이가 큰 편으로 방전 전류가 높을수록 배터리 용량은 낮아지는 특성을 보여 방전전류에 따른 납축 배터리(L-8240)의 잔존 용량 비율을 산출하여 전류적산을 이용한 용량 추정 시 적용함.
- 방제로봇이 대기상태 또는 정지상태일 경우 단자 개방전압을 기준으로 용량을 추정하고 운용중에는 전류 적산법을 이용하여 용량을 산출함.

3) 배터리 및 충전기의 충방전 테스트를 통한 유효성 검증

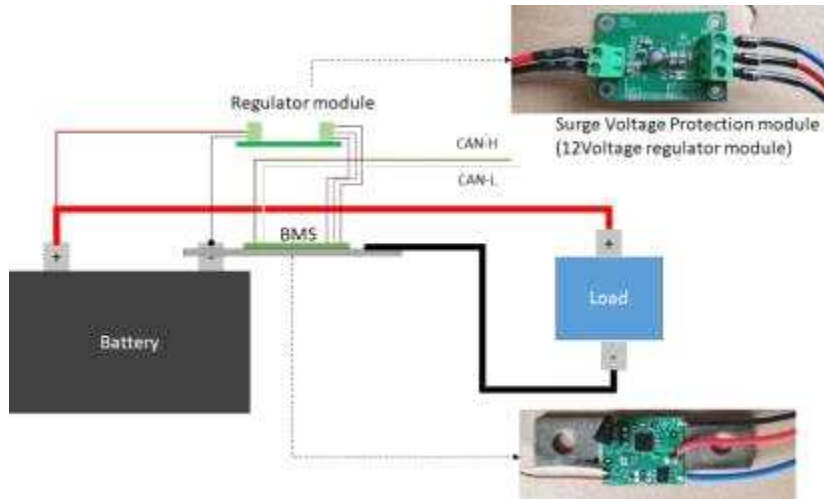
- BLDC 모터 (400W급) 2pcs를 활용하여 배터리의 안정적인 충방전 여부를 확인하기 위한 테스트를 실시하였음
- 상기 테스트 환경 기준으로 방전 시간은 약 10.5시간 정도 소요되었으며, 계산값과 차이가 나는 이유는 기타 제어보드의 전력사용 및 누설전류의 영향으로 판단됨
- 충전기 20A 용량으로 충전하였을 때 약 20시간 정도가 소요되었음



<그림> 배터리 충전 및 방전 시험

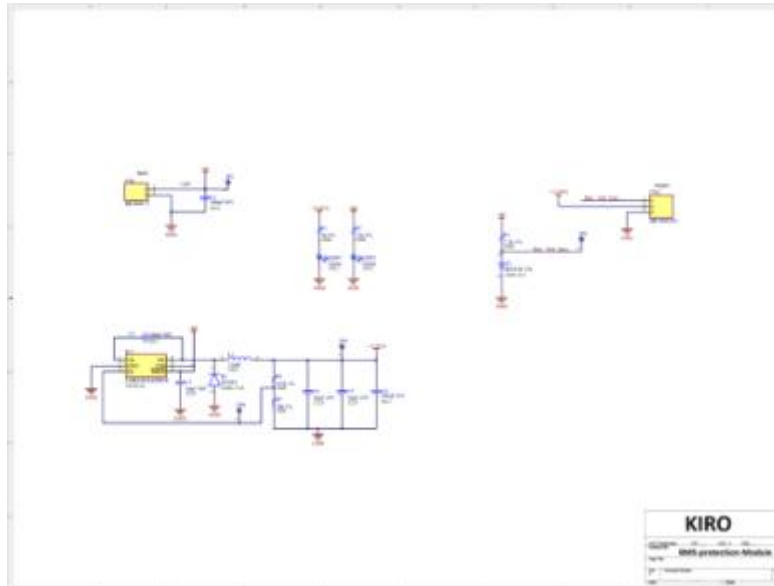
(라) 시설원예방제 플랫폼 전원부

- 1) 상기 선정된 배터리 및 충전기 및 충방전 조건에 따라 시설원예방제 플랫폼에 장착될 배터리 및 BMS를 구성하였음

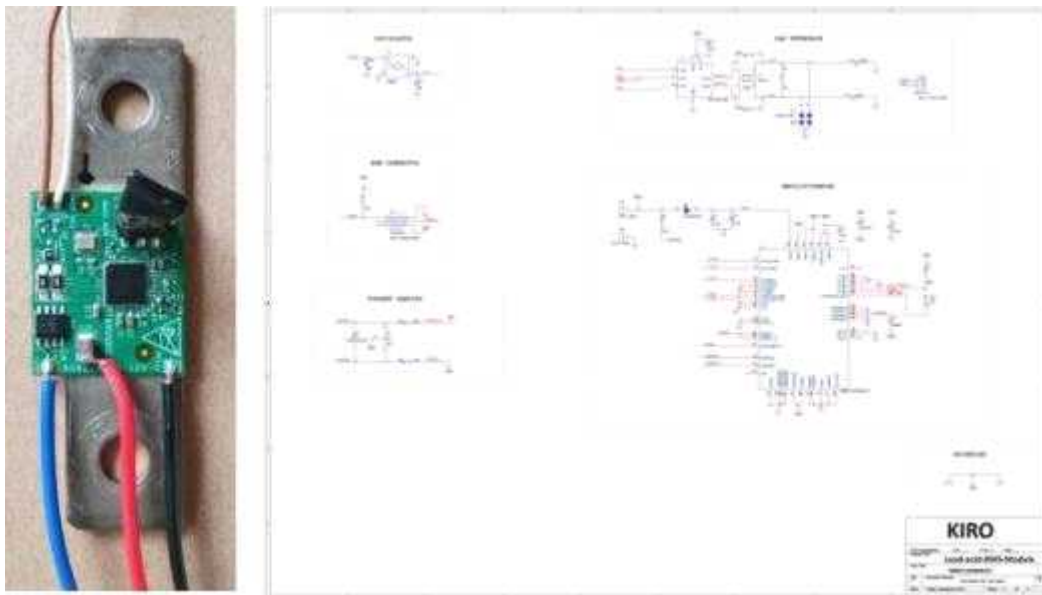


<그림> 배터리 및 BMS 구성도

- 2) 플랫폼에 구성한 전원부 구성도는 아래 그림과 같으며, Regulator module은 충방전 커넥터 접속 시 발생하는 서지 전압 및 노이즈를 보호하기 위해 구성된 모듈로써 충전 시 28V 이상에 대한 서지 전압을 컷 오프 해주는 역할을 함
- 3) Regulator module을 거친 충전 전압은 BMS로 입력되어 28V 이하에서 항상 동작하도록 설계하였음



<그림> (좌)BMS 모듈 (우)BMS 회로도



<그림> (좌)BMS 모듈 (우)BMS 회로도

- 4) BMS는 노이즈에 강하고 안정성이 높은 CAN통신을 이용하여 주제어기로 배터리 상태 정보를 중요도에 따라 10ms, 100ms 주기로 전송함.
- 5) CAN 통신을 통해 BMS에서는 충방전 전류, 배터리 온도, SOC, 배터리 전압, BMS 온도 정보를 메인 제어기로 전송함
- 6) 상기 정보를 수신한 메인 제어기는 배터리 상태를 상시 모니터링 할 수 있으며, 유사 사항 발생 시 긴급 Shut-down 및 경보 알람 기능을 구현할 수 있음

Item	Description	Sender	Receiver	Size	CAN ID	CAN start bit	CAN signal Leneth	Offset	UNIT	Resolution (phy)	SEN (phy)	MAX (phy)	CAN Update rate	Comments	
BatteryVoltage(Low)	Battery Voltage Value	BMS	-	8bits	102H	0	8bits	0	V	0.001	0	65.535	100ms	data type : unsigned int16BE	
BatteryVoltage(High)		BMS	-	8bits		2	8bits	0							data type : signed long32BE
BatteryCurrent(Low-Low)		BMS	-	8bits		18	8bits	0							data type : unsigned short int16BE
BatteryCurrent(Low-High)		BMS	-	8bits		24	8bits	0							data type : unsigned short int16BE
BatteryCurrent(High-Low)		BMS	-	8bits		32	8bits	0	A	0.001	-1000	1000			data type : unsigned short int16BE
BatteryCurrent(High-High)	BMS	-	8bits	40	8bits	0						data type : unsigned short int16BE			
BatteryTemperature	Battery Temperature	BMS	-	8bits	48	8bits	-40	°C	1	-40	275		data type : unsigned short int16BE		
BMS mode	BMS status and mode	BMS	-	8bits	56	8bits	0	-	F	0	15		data type : unsigned short int16BE		
ChipTemperature	Chip Temperature	BMS	-	8bits	0	8bits	-40	°C	1	-40	275.0		data type : unsigned short int16BE		
Battery SOC	Battery State Of Charge	BMS	-	8bits	8	8bits	0	%	1	0	100		data type : unsigned short int16BE		
u32CoulombCnt(Low-Low)	u32CoulombCnt	BMS	-	8bits	104H	16	8bits	0					1000ms	data type : unsigned long32BE	
u32CoulombCnt(Low-High)		BMS	-	8bits		24	8bits	0	A	1	0	-4294967295			
u32CoulombCnt(High-Low)		BMS	-	8bits		32	8bits	0	A	1	0				
u32CoulombCnt(High-High)		BMS	-	8bits		40	8bits	0							
LowSocAlarm(Low)	Low Soc Alarm	BMS	-	8bits	48	8bits	0	-	F	0	1		data type : unsigned int16BE		
LowSocAlarm(High)		BMS	-	8bits	56	8bits	0	-	F	0	1				

<그림> BMS CAN통신 정보

(2-4) 1세대 스마트팜 현장 연계 시제품 성능 평가

(가) 농촌 진흥청 테스트 베드 시제품 성능 평가(2020.7.9.)



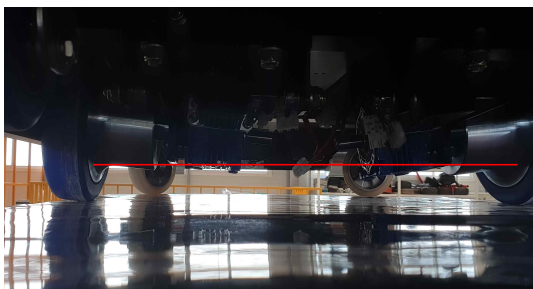
<그림> 시제품 테스트



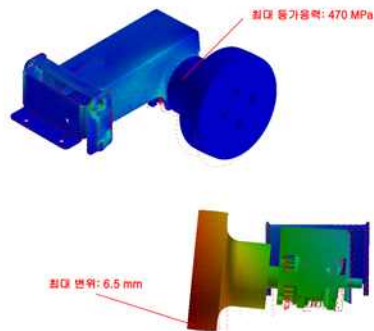
<그림> 벤치마킹 기대 테스트

1) 문제점 및 개선사항

- 가) 시제품의 방제 압력은 5Bar 로 벤치마킹 기대의 압력 대비 상대적으로 약함
- 나) 진동에 의한 볼트 체결부가 느슨해져 약제가 유출되는 현상 발생
- 다) 구동부 프레임이 휘어지는 현상 발생(시뮬레이션 해석 결과와 일치)



<그림> 구동부 프레임 휨 사진

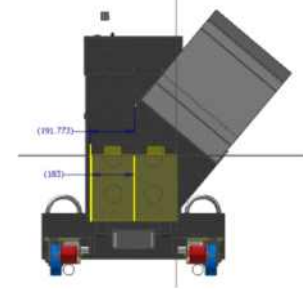
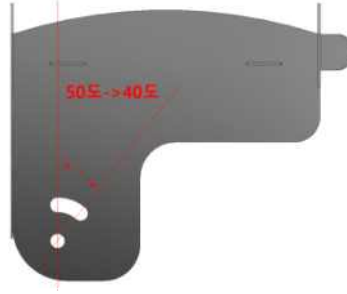


<그림> KIRO 현가장치 해석

라) 배수용 밸브와 ㄷ자형 고리와 간섭 발생



<그림> 고리 간섭

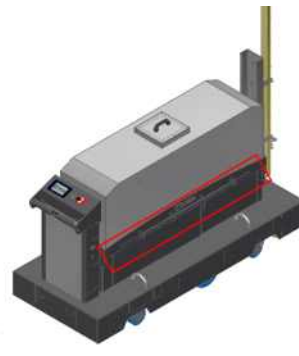


<그림> 설계도

마) 파프리카 앞의 뒷면에도 약제가 방제될수 있는 방안이 강구되어야함

바) 제품화 시 총 중량을 500Kg정도로 경량화가 필요함(농진청 제한)

사) 약제 탱크 손잡이 추가가 필요함.



<그림> 물탱크 케이스 손잡이 추가 모델링(우)

아) 추후 다양한 노즐을 적용하여 농가 맞춤형 붐대 제작이 필요함.

(나) 토마토 농가 시제품 성능 평가(2020.8.27.)



<그림> 토마토 농가 전경



<그림> 방제 테스트

1) 문제점 및 개선사항

- 가) 토마토 작물은 최대 3M까지 자라기 때문에 토마토 상단부까지 방제가 될 수 있는 붐대 제작이 필요
- 나) 방제로봇이 파이프 레일 진입시 바퀴와 레일간 간섭으로 인해 파이프 레일에 손상을 입힘



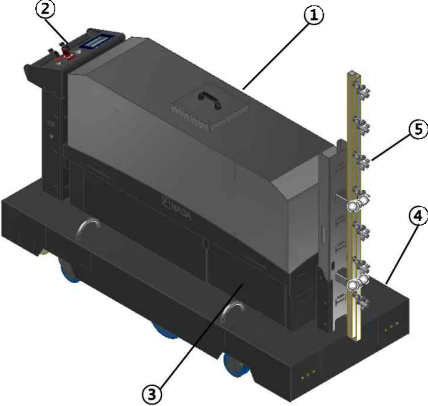
<그림> 온수용 파이프
레일 손상부위

- 다) 간헐적으로 파이프 레일의 끝점 인식 불량에 발생하여 개선이 필요함
- 라) 방제 작업시 작물의 양 끝단부분에 방제가 부족함
- 마) 파이프 레일 상에서 이동시 슬립현상이 발생하여 거리를 측정하는 엔코더의 값과 실제 이동한 거리간의 오차가 발생함

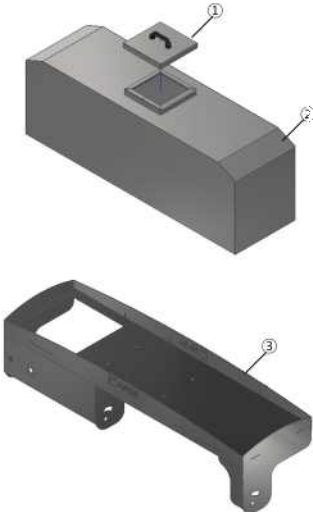
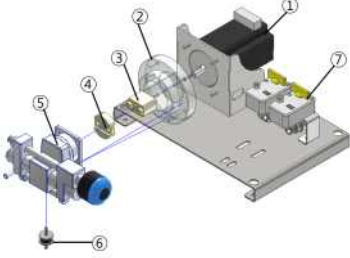
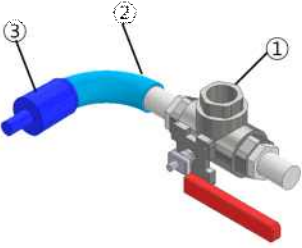
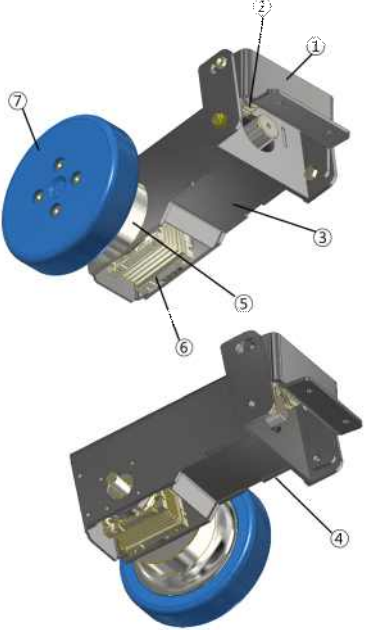
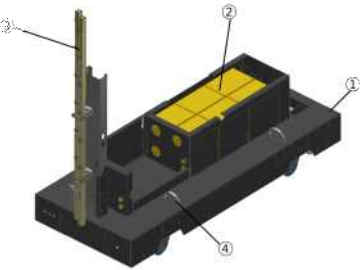
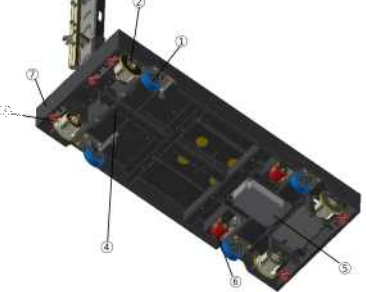
(2-5) 방제robot 양산성 확보를 위한 FMEA 분석

(가) 방제robot 부품 BOM 리스트

- 1) FMEA 분석을 위해서는 개발 제품의 BOM 정보가 필수적임
- 2) 하기 그림은 시설원예방제robot의 전체 조립도 및 부품 리스트를 나타낸 것임

도면 이미지	순	품명	수량	
	1	약제 탱크 조합	1	
	2	제어부 케이스 조합	1	
	3	펌프 및 배수 조합	1	
	4	베이스 조합	1	
	5	노즐 및 붐대 조합	1	

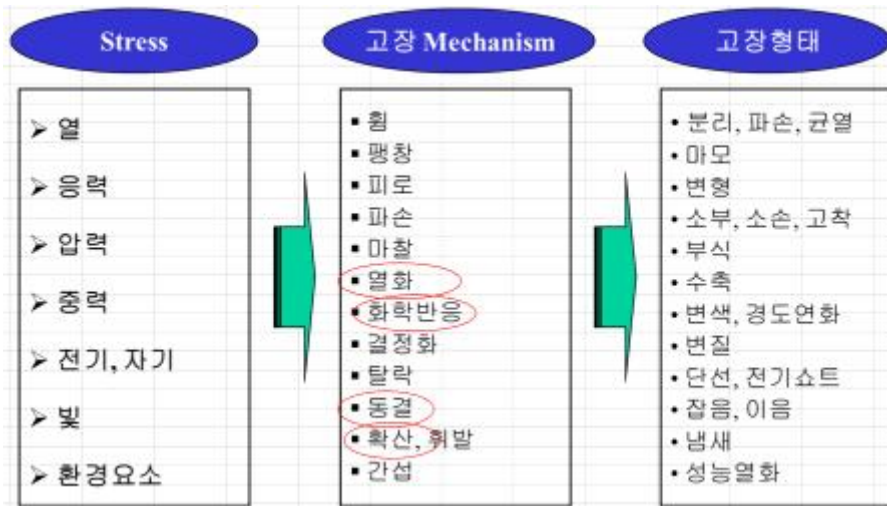
<그림> 시설원예방제robot 전체 조립도 및 부품 리스트

약제 탱크 모듈	워터 펌프 모듈	배수 밸브 모듈
		
구동 모터 모듈	메인 프레임	메인 커버부
		

<그림> 모듈별 모델링 이미지

(나) BOM 정보 기반 DFMEA 수행

- 1) 시설원에 방제 로봇 설계 단계에서부터 제품 양산화를 위해 DFMEA(디자인 잠재적 고장모드 및 영향분석)을 실시하였음
- 2) 고장분석은 각 부품별 기능을 정의하고 잠재적 고장 모드, 고장 영향, 고장 원인 및 메커니즘에 대해 작성하고 고장 원인에 따라 심각성, 발생도, 검출도 기준으로 점수를 부여한 다음 각 점수의 곱의 결과값(RPN)이 80점 이상이거나 상기 3종 기준 중 4점 이상이 있을 경우에는 반드시 설계 대책을 세워서 제품에 반영하여야 함
- 3) 아래 그림은 DFMEA 작성 시 고장형태, 원인 선정에 대한 예제를 나타낸 것과 심각도, 검출도 등급을 산정하여 기준표를 나타낸 것임



<그림> DFMEA 고장모드 선정 예시

영향	등급	기준
경고없는 위험	10	고장이 경고없이 작동에 영향을 미치거나, 정부 법규에 대해 불일치 사항이 포함될 때
경고있는 위험	9	고장이 경고없이 부품의 작동 성능(주요기능 상실)
매우 높음	8	고장이 경고하면서 부품의 작동 성능(주요기능 상실)
높음	7	부품이 작동하지만, 성능이 떨어질, 고객 매우 불만족
보통	6	부품이 작동하지만, 몇 가지 편의 부품의 작동 성능, 고객 불만족
낮음	5	부품이 작동하지만, 몇 가지 편의 부품의 성능이 떨어질, 고객 다소 불만족
매우 낮음	4	조립/마무리 상태 약간 불량, Squeak & Rattle 존재, 대부분의 고객 불합 감지(75%)이상
매우 미	3	조립/마무리 상태 약간 불량, Squeak & Rattle 존재, 고객불합 감지(50%)이상
매우 경미	2	조립/마무리 상태 약간 불량, Squeak & Rattle 존재, 예민한 고객 불합감지 (25%)미만
없음	1	인지할 수 있는 영향이 없음

(a) 심각도 등급표

검출도	설계 관리에 의한 검출 가능성	등급	비고
절대적 불확실	원인/메카니즘, 고장형태를 검출할 수 없다	10	고품분석시에도 확인불가
매우 희박	원인/메카니즘, 고장형태를 검출할 기회가 매우 희박	9	고품분석시 확인가능
희박	원인/메카니즘, 고장형태를 검출할 기회가 희박	8	고품분석시 확인가능
매우 낮음	원인/메카니즘, 고장형태를 검출할 기회가 매우 낮다	7	고품분석시 확인가능
낮음	원인/메카니즘, 고장형태를 검출할 기회가 낮다	6	육안
보통	원인/메카니즘, 고장형태를 검출할 기회가 보통이다	5	육안
다소 높음	원인/메카니즘, 고장형태를 검출할 기회가 다소 높다	4	육안
높음	원인/메카니즘, 고장형태를 검출할 기회가 높다	3	사용중 진단
매우 높음	원인/메카니즘, 고장형태를 검출할 기회가 매우 높다	2	사용중 진단
거의 확실	원인/메카니즘, 고장형태를 검출할 기회가 거의 확실하다	1	사용중 진단

(b) 검출도 등급표

<그림> DFMEA 심각도 및 검출도 산정 기준표

(3) 참여기관2(전북대학교 산학협력단)

(가) 방제를 위한 온실 환경 조사

- 1) 현재 국내에서 사용되고 있는 온실의 크기가 제각각이기 때문에 농진청에서 사용하고 있는 온실환경을 조사함



<그림> 농촌진흥청 시설하우스

항목	길이
베드 폭	300mm
베드 높이	550mm
베드 사이 거리	1650mm
베드 중심 사이 거리	1950mm
베드 지지대 사이 거리	1200mm
파이 중심 사이 거리	442mm
바닥에서 유인줄까지 높이	2300mm
바닥에서 줄기 끝까지 높이	1480~1930mm
바닥에서 환풍구 까지 높이	1820mm
바닥에서 하우스 지지프레임까지 높이	2400mm
1개의 베드에서 작물 사이 거리	1000mm

<표> 농촌진흥청 온실 규격 표

2) 토마토 방제를 위한 토마토 성장환경 조사

- 토마토의 양액재배 규격은 기본적으로 6.4m, 8m, 9.6m, 12.8m
- 한국의 경우 6~7m가 보편적
- 토마토의 최대 성장은 바닥에서부터 2~3m 사이
- 최대로 성장했을 시 초장이 430cm가 됨

(나) 방제를 위한 모터 펌프 조사

1) 모터 펌프 종류 조사

- 펌프는 왕복펌프, 회전펌프, 기타 특수 펌프가 있음

펌프 종류	설명
피스톤 펌프	수량이 많고 수압이 낮은 곳에서 사용
플런저 펌프	수량이 적고 수압이 높은 곳에서 사용
위싱턴 펌프	구조가 간단하고 고장이 적으며, 보일러 보급수용

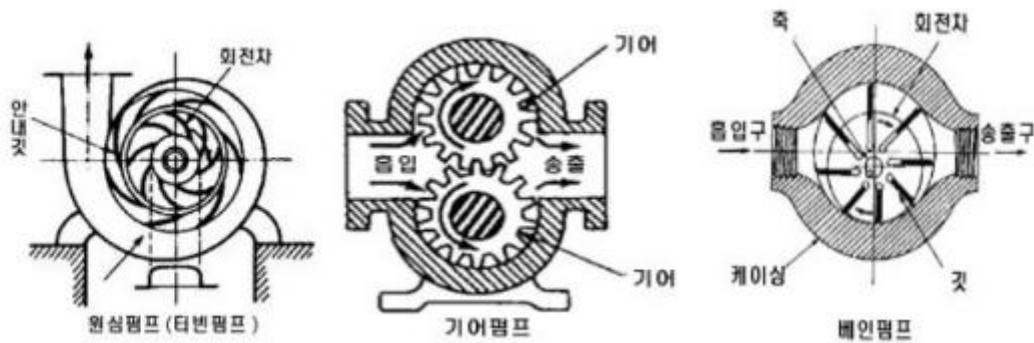
<표> 왕복 펌프 종류

펌프 종류	설명
볼류트 펌프	축에 날개차가 달려있어 원심력으로 양수 20m 이하의 저양정에 사용
터빈 펌프	20m 이상의 고양정에 사용
라임 펌프	강제순환 방식의 급탕, 난방설비에 설치
보어홀 펌프	깊은 우물의 양수에 사용 고장이 많고 수리가 어려움
수중 모터 펌프	모터와 터빈은 수중에서 작동 완전 방수구조로 되어 설치운반과 조작이 간편
논클러그 펌프	대, 소변기에 사용하며 오수, 오물을 배제하는데 사용

<표> 회전 펌프 종류

펌프 종류	설명
마찰 펌프	둘레 가장자리에 회전자가 고속으로 회전 주벽과의 마찰에너지에 의해 압력을 이용한 펌프
기어 펌프	기름 반송용으로 쓰임
제트 펌프	깊은 우물의 양수에 사용 보일러의 급수에 사용
공기 양수 펌프	우물 저부에 공기를 불어 넣어 물을 상승

<표> 기타 펌프 종류



<그림> 펌프 개략도

2) AC 220V용 모터 펌프 조사

- 대상 작물의 높이가 3m이므로 양정이 3m 이상이며 배출 압력이 5bar.
- 분당 5L의 양수량을 가짐

로봇의 주행 거리를 베드당 60m
 총 18개의 베드를 방제한다고 산정
 예상 로봇의 주행속도 2m/s
 한번에 소진되는 방제액 량 45L

$60m \times 18 = 1080m \quad (1)$
 $1080m \div 2m/s = 540s \quad (2)$
 $45L \div 540s = 0.083L/s \quad (3)$
 $0.083L/s \times 60s/min = 5L/min \quad (4)$

<표> 양수량 공식

	
<p>한일 PASS-931SS 정격 소비전력 1500W(1.2HP) 최대 양수량 28,900/H 압상높이 8M/24M</p>	<p>천일 MCL 80A 정격소비전력 2200W(3HP) 최대 양수량 60,000L/H 압상높이 8M/23M</p>

<표> AC 펌프 비교

3) AC 220V용 모터 펌프 실험







- 모터 구매 후 펌프의 성능 실험
- 실험결과 제작된 분대의 3M의 압상높이까지 정상 작동하였으며 분사 방향의 최대 거리는 3M임

	
<p>3M 압상 테스트</p>	<p>분사 거리 측정(3M)</p>

- 인버터를 사용하여 24V 직류전압을 220V교류전압으로 변경하여 테스트



<그림> 적용 인버터

		
5bar	3bar	3bar
		
배터리 직렬연결	실험 사진	인버터 적용시 압력

<그림> 인버터를 사용한 펌프 실험

종류	인버터 미사용	인버터 사용
분사거리	307cm	306cm
압력(노즐 6개)	4bar	4bar
압력 (노즐 14개)	3bar	3bar
압상높이(3m)	0	0

<표> 인버터 사용에 따른 모터 펌프 성능 비교

220V AC펌프의 성능 테스트 결과 AC 전원을 인가했을 경우와 24V DC전원을 사용하여 인버터를 거쳐 전원을 인가하였을 경우의 펌프 성능은 동일함을 알 수 있었음.

4) 모터 부착형 펌프 조사

	
공기실 및 압력게이지 부착형	기본형

<그림> 모터 부착형 펌프 종류

펌프의 종류는 다양하나 토출량으로 분류하면 크게 두가지 타입으로 나뉜다. 5L/M과 10L/M으로 구분된다.

(나) 스프레이 노즐 선정을 위한 연구

1) 노즐 선정방법에 대한 조사

- 노즐에 따라 방제각도가 다르기 때문에 적용 작물에 알맞은 노즐 선정이 필요

1. 어디에 사용하는가
 - 코팅용, 고른분포도, 자동식 또는 수동식
2. 사용하는 액체 및 특성
 - 유량 데이터의 유량은 물을 기준으로 하고 있음
 - 사용하는 액체가 물이 아닌 다른 액체라면 유량데이터는 변함
 - 액체에 따라 노즐의 재질을 결정하는 요인
3. 사용환경 및 조건
 - 사용되는 노즐 주변의 조건, 수질의 상태, 주변의 온도
4. 분사 형태
 - 사용목적에 따라 원형분사, 중공원형분사, 부채꼴 분사, 일직선
5. 사용압력 및 유량
 - 노즐의 압력을 유량데이터를 참조하여 선정
6. 노즐의 분사 각도
 - 분사대상물이 어느 정도의 분사각도를 갖는 노즐이 적당한지 선정
7. 노즐의 재질
 - 사용하는 목적, 액체의 특성, 사용압력 등으로 노즐의 재질 선택
8. 노즐의 나사규격
 - 노즐의 나사는 BSPT기준이며 NPT, 기타 규격등을 지정
9. 노즐의 수량
 - 분사라인의 폭이나 분사 대상에 따라 노즐 수량을 결정

<표> 노즐 선정 방법

2) 노즐 종류 조사

- 노즐은 보통 분무 입자의 크기로 구분을 하며 다음과 같이 3가지로 분류를 한다.

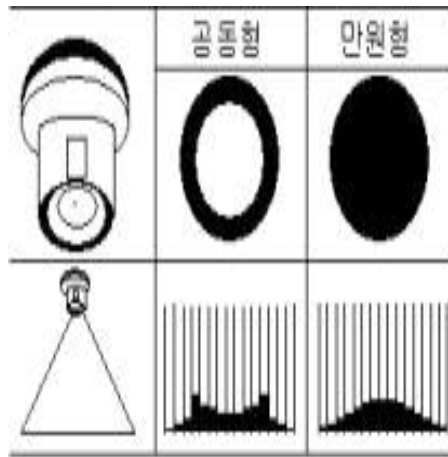
살포용량 구분	살포용량	분무입자 구분	분무입자 크기
고용량 (high volume)	>200 l / ha	큰 입자	200~500 마이크로 크론
저용량 (low volume)	50 ~ 200 l / ha	작은 입자	100~200 마이크로 크론
극소용량 (ultra low volume)	<50 l / ha	아주 작은 입자	<100 마이크로 크론

<표> 살포량과 분무입자의 크기에 따른 분류

3) 노즐의 형태

- 가) 콘노즐(cone nozzle)
 - 농약을 원형모양으로 살포
 - 공동형과 만원형으로 나누어짐

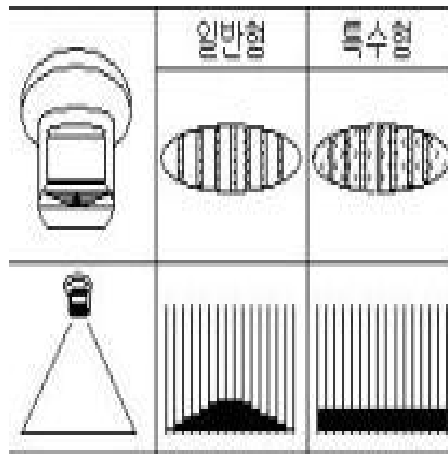
- 병해충 및 잡초 방제용, 노지작물의 병해충 방제에 적합



<그림> 콘노즐 형태

나) 플랫팬노즐(flat fan nozzle)

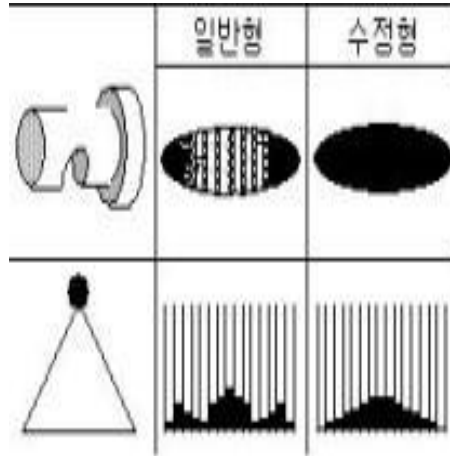
- 좁은 타원형 모양으로 농약을 살포
- 타원형의 중심부에 농약이 많이 살포되는 일반형과 전체에 골고루 살포되는 특수형이 있음
- 노즐의 구멍 크기와 압력에 따라 분무입자의 크기도 달라짐으로 많은 종류의 농약 살포에 적합
- 방제효율의 제고를 위해 살포대에 여러개의 노즐을 달아 트랙터에 부착하여 사용되기도 함



<그림> 플랫팬 노즐의 형태

다) 디플렉션 노즐

- 농약이 타원형으로 살포되는 점에서 플랫팬 노즐과 유사
- 살포각도가 더 넓은 점에서 차이점이 있음
- 농약이 불균일하게 분포됨으로 제초제의 살포 및 엽면시비시 이용
- 배낭식 분무기에서 많이 사용



<그림> 디플렉션노즐의 형태

4) 노즐의 높이 조절을 위한 방법 연구

가. teejet 노즐 바디

- 5개의 노즐 부착용과 3개 부착용

TeeJet TECHNOLOGIES

QJ370 MULTIPLE OUTLET NOZZLE BODY

The QJ370 features split eyelet body, features a compact design for 18 different models of sprayer and hose design. This split eyelet body has prevent accidental trigger activation feedback to the operator. Simultaneous passage provides for flexibility for a wide range of ground speed applications.

Features & Benefits:

- Choice of 2 or 3 gun tubes with 1/2" or 3/4" gun tube for big crop rotation and smaller sprayer use
- 100% flow control for 0, 1/2, 3/4, 1, 1 1/2, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

<그림> Teejet 노즐 바디

나. teejet split eyelet nozzle body

- 1개의 노즐을 연결가능
- 나사를 풀고 조이는 방식으로 인하여 높이 조절 가능



<그림> teejet split eyelet nozzle body

다. Hypro Poflo EF3 single nozzle body

- 1개의 노즐을 연결가능
- 노즐의 연결부위가 안쪽에 있어 적합하지 않음



<그림> Hypro Poflo EF3 single nozzle body

라. 베이스 홀더

- 노즐의 위치 변경이 아닌 바디의 변경 방식
- 가격 및 크기 측면에서 적합하지 않음

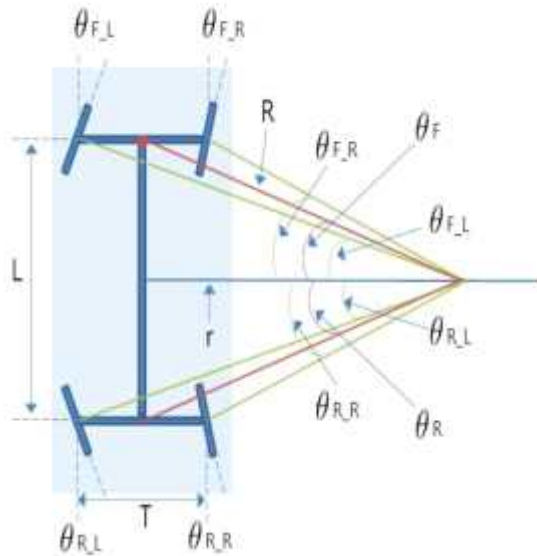


<그림> 노즐 베이스 홀더

(다) 방제로봇 사용자의 편의성을 위한 연구

1) 보조바퀴를 이용하여 회전하는 방식 연구

- 메인바퀴를 이용하여 전후진을 하며 보조바퀴를 이용하여 회전하였을 때 아래 식 (5) ~ (17)에 의해 구할 수 있음. 메인바퀴만을 이용하여 회전 시 회전반경은 한쪽 바퀴를 고정하여 회전하므로 회전반경은 로봇의 폭으로 구할 후 있음



<그림> 회전각과 각도사이의 관계

$$\sin\theta_F = \sin\theta_R = \frac{L}{2R} \quad (5)$$

$$\theta_F = \theta_R = \sin^{-1}\left(\frac{L}{2R}\right) \quad (6)$$

$$\cos\theta_F = \cos\theta_R = \frac{r}{R} \quad (7)$$

$$r = R\cos\theta_F = R\cos\theta_R \quad (8)$$

$$r = R\cos(\sin^{-1}(\frac{L}{2R})) \quad (9)$$

$$\tan\theta_{FR} = \frac{(L/2)}{(r - T/2)} \quad (10)$$

$$\tan\theta_{FL} = \frac{(L/2)}{(r + T/2)} \quad (11)$$

$$\tan\theta_{FR} = \frac{(L/2)}{R\cos(\sin^{-1}(L/2R)) - T/2} \quad (12)$$

$$\tan\theta_{FL} = \frac{(L/2)}{R\cos(\sin^{-1}(L/2R)) + T/2} \quad (13)$$

$$\theta_{FR} = \tan^{-1}\left(\frac{(L/2)}{R\cos(\sin^{-1}(L/2R)) - T/2}\right) \quad (14)$$

$$\theta_{FL} = \tan^{-1}\left(\frac{(L/2)}{R\cos(\sin^{-1}(L/2R)) + T/2}\right) \quad (15)$$

$$\theta_{RR} = \tan^{-1}\left(\frac{(L/2)}{R\cos(\sin^{-1}(L/2R)) - T/2}\right) \quad (16)$$

$$\theta_{RL} = \tan^{-1}\left(\frac{(L/2)}{R\cos(\sin^{-1}(L/2R)) + T/2}\right) \quad (17)$$

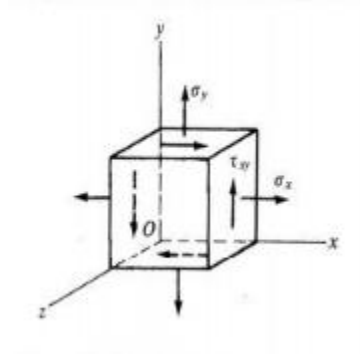
2) 로봇의 안정성을 확인하기 위한 바퀴의 구조해석

- 로봇에 설치되는 바퀴가 물통의 무게인 800kg의 무게를 안전하게 견딜 수 있는지 확인하기 위하여 구조해석을 진행
- 간단한 구조의 해석은 아래의 식을 이용하여 사용하지만 구조해석을 위한 설계된 형상은 복잡하여 아래의 식을 이용하여 계산이 불가하므로 해석 프로그램을 이용하여 구조해석을 진행. 구조해석 툴은 상용 해석 프로그램 ANSYS를 사용함.

가) 3차원 응력 및 변형률 구하는 공식

- 식 18과 19은 3차원 평면 응력을 구하는 공식
- 식 20과 21은 최대, 최소 주응력을 구하는 공식

- 식 22는 최대, 최소 변형률을 나타냄



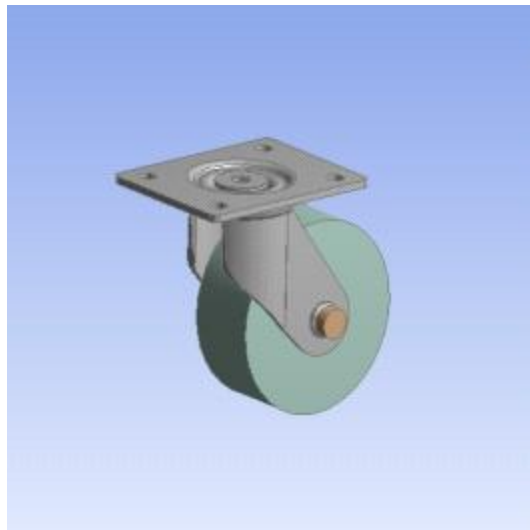
$$\sigma = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos 2\theta \mp \tau_{xy} \sin 2\theta \quad (18)$$

$$\tau = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \sin 2\theta \pm \tau_{xy} \cos 2\theta \quad (19)$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (20)$$

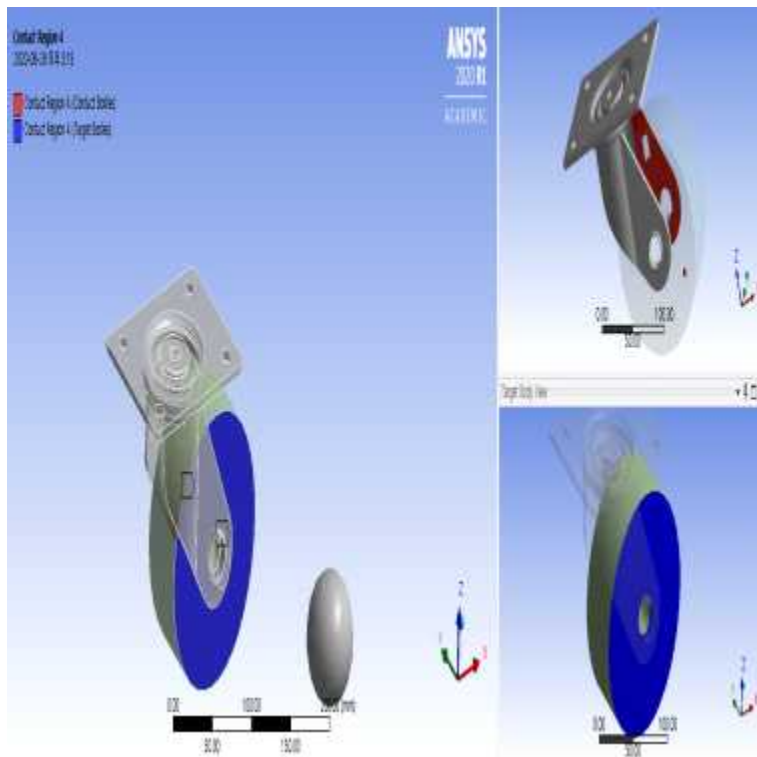
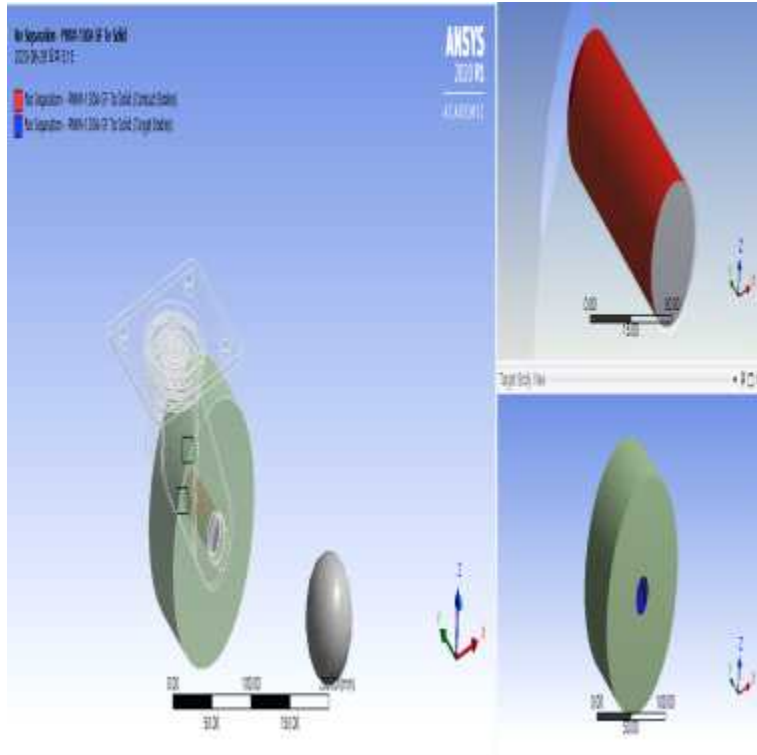
$$\epsilon_{1,2} = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\epsilon_x - \epsilon_y}{2}\right)^2 + \left(\frac{\gamma_{xy}}{2}\right)^2} \quad (21)$$

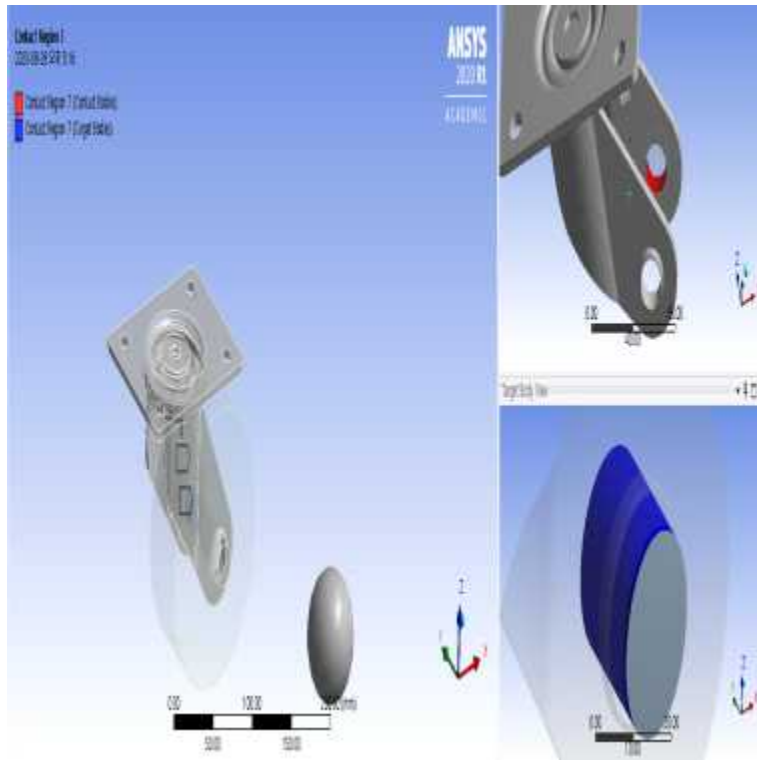
나) 구조해석을 위한 바퀴 설계



<그림> 구조해석을 위한 바퀴 모형

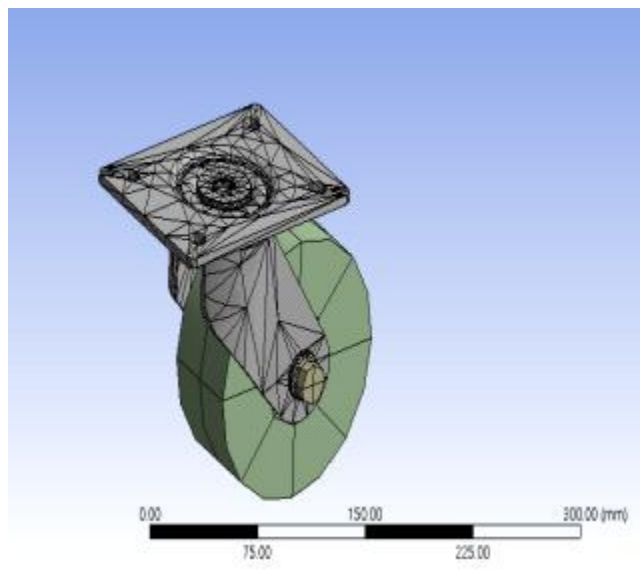
- 각 부위에 작용하는 부하 및 조건을 지정함





<그림> 접촉되는 부위에 대한 조건

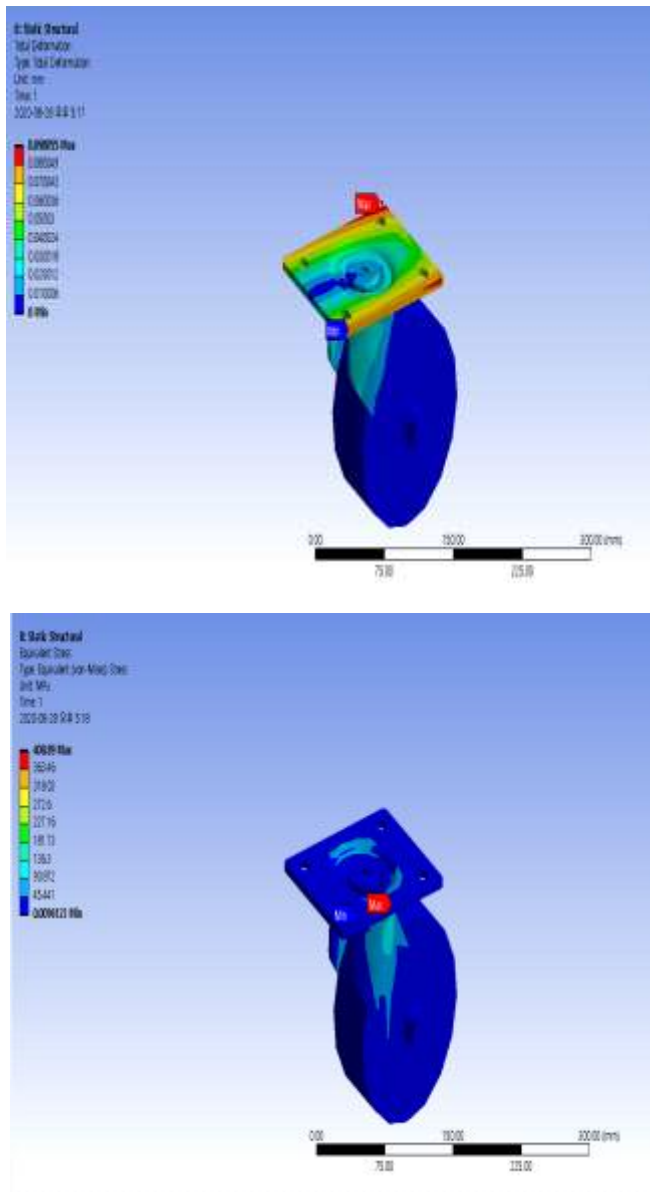
- 로봇이 좌우 대칭이므로 작용되는 무게 800kg의 절반인 400kg의 무게를 적용시킴
- 다) 유한요소 구조해석을 위하여 설계된 바퀴에 mesh작업 진행
 - 무게가 가장 많이 작용하는 부위인 로봇과 접촉면에 가장 많은 mesh를 부여함



<그림> mesh작업 결과

- point mass를 400kg으로 설정한 후 해석한 결과 로봇과 맞닿는

- 부분인 접촉면에서 최대 응력이 발생함
- 최대 응력은 408.89MPa의 응력이 발생
- 최대 변형값은 0.09mm의 변형이 발생



<그림> 구조 해석 결과

재질	ATOS80	SS400	SPSR400	SS41P	SM490A
항복강도(MPa)	700이상	245이상	245이상	279이상	325이상
인장강도(MPa)	780이상	480이상	400이상	410이상	490이상
탄성계수(GPa)	207	200	206	203	207
프아송비	0.29	0.26	0.3	0.3	0.29

<표> 재질별 특성

3) 방제 로봇플랫폼 디스플레이부 사용자 친화적 인터페이스 구성

목록	단위	비고
전원 on/off	-	디스플레이 전원 on/off
배터리 잔량	%	현재 남은 배터리 잔량
일정속도 유지 기능 on/off	-	사용자가 수동 조작 시 위험을 방지하기 위한 일정속도 유지기능
현재 방제 압력	bar or MPa	사용자가 현재 방제 압력을 인식함으로 방제 시 압력이 적절한지 알기 위함
방제액 잔량	L	현재 방제통에 남아있는 방제액 총량
현재 속도	m/min or m/h	사용자가 수동 조작 시 현재 속도를 표시
경고등	-	로봇 주위 물체에 부딪힐 수가 있기 때문에 경고등을 통해 사용자가 위험을 방지
전/후진 상태	F and R	사용자가 수동 조작 시 전 후진 동작을 제대로 수행하고 있는지 알기 위함
현재까지 로봇 사용 시간	hr or min	로봇을 사용한 시간을 나타냄
현재까지 방제액 소모량	L/min	방제액 소모량을 나타냄
- 옵션 -> 언어 설정 (한국어, 중국어, 영어) -> 배터리 경고표시등 잔량 설정 (최대 00% 이하부터 경고표시등 on) -> 최대속도 설정 (작업자의 안전을 위한 최대속도 지정 가능) -> 자동/반자동 on/off -> 방제액 잔량 경고표시등 잔량 설정 (최대 00L이하부터 경고표시등 on)		옵션을 통하여 사용자가 자신이 원하는 설정을 할 수 있게 하기 위함

<표> 상태 모니터링 표시를 위한 목록

- 가) 방제로봇 조작의 편의성을 위한 상태모니터링 디스플레이 및 조작패널 조사
- LS엠트론 MT4 트랙터
 - 아날로그 형태의 주행속도, 연료 잔량 등을 표시하며 각종 필요 경고등이 있어 아날로그 형태의 조작패널 디자인시 차용 가능
 - 상태 모니터링을 위한 표시만 가능할 뿐 조작패널을 따로 설치해야하는 번거로움이 있음



<그림> LS엠트론 MT4 트랙터 주행 계기판

- 대동공업 이양기 계기판
- 현재 제작한 로봇의 계기판과 목록이 적절하지 않지만 조작패널의 디자인 차용 가능



<그림> 대동공업社 이양기 계기판

- 양마社 YT470 트랙터
- 터치패널 및 버튼형식으로 현재 날짜와 시간을 기본적으로 보여주고 있으며 로봇의 정보 디스플레이를 보여주기 편하지만 사용자의 연령을 고려할 시 터치패널 조작이 어려울 수 있음



<그림> 양마社 YT470 트랙터 디스플레이 조작 패널

- 다인큐브社 DTP10 Teach Pendant
- 인터넷을 통하여 쉽게 조작이 가능하며 터치방식과 버튼 방식을 통해 사용자가 편리하게 사용할 수 있다는 장점이 있음 하지만 조작패널 안에 OS를 장착하게 될 시 타 조작패널에 비해 상당한 가격이 형성되어 사용자들에게 부담이 될 수 있으며 조작패널 고장 시 수리가 어려울 수 있다는 단점이 있음



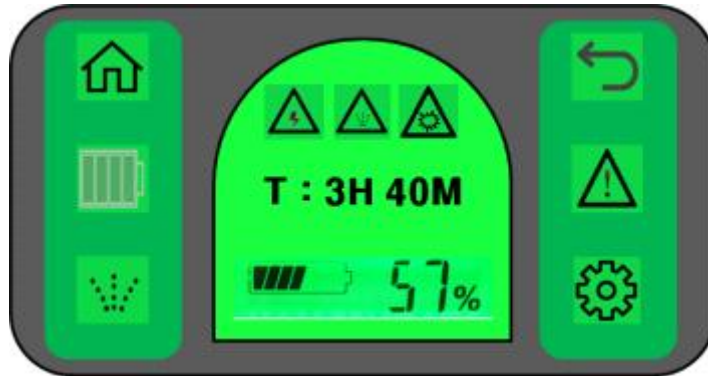
<그림> 다인큐브社 DTP10 Teach Pendant

나) 유저 인터페이스 화면 구성 도출

- 기존 농업용 기계 중 기계에서 모니터를 활용하는 기종은 트랙터가 대부분이며 대다수의 농업용 로봇은 중앙 제어소에서 상태모니터링이 가능하도록 되어있음
- 일반적인 계기판의 형태는 속도계, 연료계, 엔진수온계로 이루어져 있어 본 과제에서 개발하고자 하는 농업용 방제로봇에는 적합하지 않으나. 대동공업 이양기의 계기판은 단순하게 구성되어 있어 참고할 만하다고 생각됨.
- 농업용 방제로봇에 필요한 정보로는 작업시간, 방제액 잔량, 배터리 잔량, 예상 구동시간 등의 기본적인 사항이 필요로 함.
- 노령의 작업자가 사용하기에는 직관적인 그림으로 표현하는 것이 좋음. 따라서 다음과 같은 2가지 컨셉의 화면 구성을 도출함.



컨셉1 : 메인 작업화면



컨셉2 : 설정 화면

<그림> 유저인터페이스 구성 컨셉

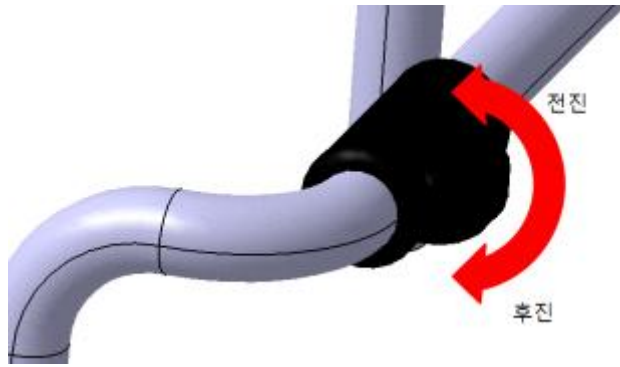
- 4) 사용자가 쉽게 전 후진을 할 수 있는 방식 연구
 - 자동 청소로봇의 전 후진 방식을 응용한 로봇의 이동 방식 연구



<그림> 자주보행식 청소로봇

- 자주보행식 청소로봇의 경우 손잡이를 누르는 방식과 회전시켜 주행하는 방식이 있음
- 손잡이를 누르는 경우 속도의 조절함에 있어 어려움이 있으므로 손잡이에

위 아래로 회전시킬 수 있는 기구를 부착하여 전 후진 주행을 하는
방식으로 선정 함

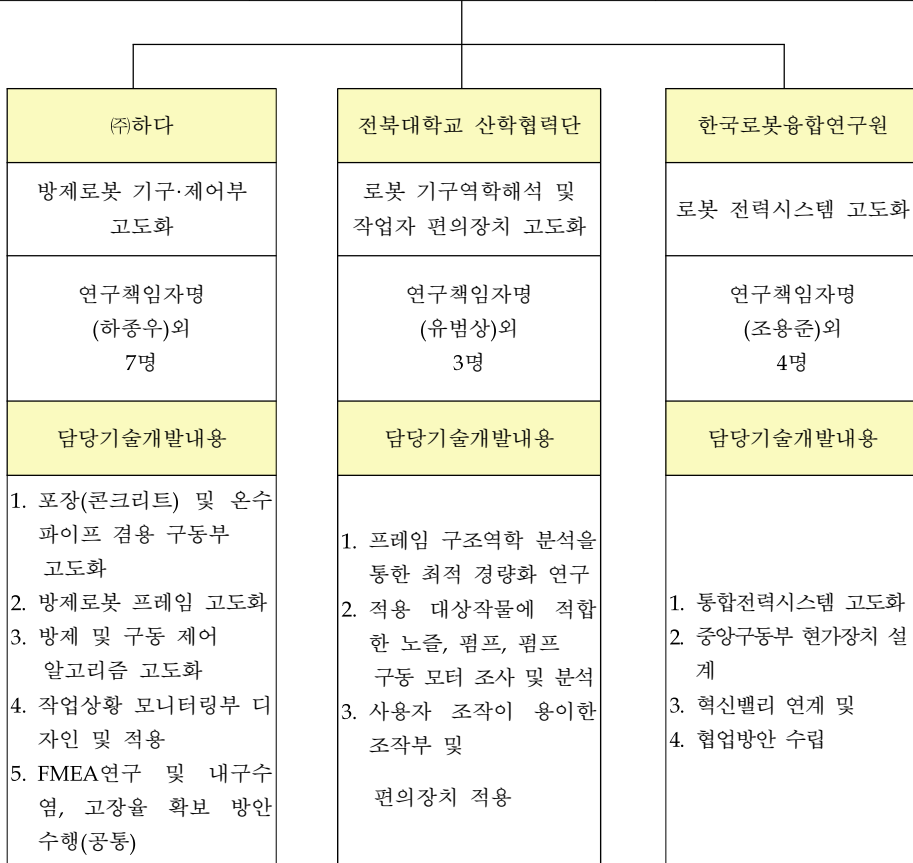


<그림> 반자동 전/후 주행 노브

2-2. 연구개발 추진 체계

연구개발과제		총 참여 연구원
과제명	스마트팜 시설원에 적용형 방제로봇 고도화 개발	주관연구책임자 (하중우)외 총 17명

기관별 참여 현황		
구분	연구기관수	참여연구원수
대기업		
중견기업		
중소기업	1	8
대학	1	4
국공립(연)		
출연(연)		
기타(전문연)	1	5



2-3. 연구개발 추진 일정

1차년도																
일련 번호	연구내용	월별 추진 일정												연구 개발비 (단위:천원)	책임자 (소속기관)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	계획수립 및 자료조사	■													10,000	하다
2	프레임 구조해석 및 경량화 연구	■	■												2,000	전북대
3	프레임 설계 및 제작		■	■											50,000	하다
4	방제 노즐, 펌프 등 조사, 연구		■	■											5,000	전북대
5	방제 호퍼 설계 및 제작				■										30,000	하다
6	봄대 설계설계 및 제작					■									20,000	하다
7	조작 편의 장치 구상 및 연구			■	■	■									10,000	전북대
8	알고리즘 설계		■	■	■	■									20,000	하다
9	사용자 친화 UI연구 및 구상						■	■	■						3,000	전북대
10	모니터링부 및 편의장치 디자인, 제작 및 자체 테스트								■	■	■				20,000	하다
11	방제로봇 플랫폼용 배터리 패키지 설계		■	■	■										5,000	KIRO
12	BMS 적용 배터리패키지 시제품 제작					■	■	■							17,000	KIRO
13	국립농업과학원 스마트팜 온실 실증테슬						■	■	■	■	■	■	■	■	3,000	하다
14	스마트팜 혁신밸리 테스트 운영 관련 연계 및 계획 수립	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			-	KIRO
15	개발시제품 성능특성 및 신뢰성 평가 (테스트 베드)										■	■	■		3,000	ALL

2-3. 연구개발 성과

특허출원 : 1건 (다목적 온실용 주행장치)

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2020.06.12
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2020-0071281 (접수번호 1-1-2020-0604481-10)
출원인명칭 주식회사 하다(HADA Co.,Ltd)(1-2013-049388-3)
대리인성명 유병선(9-1999-000235-9)
발명자성명 하종우
발명의명칭 다목적 온실용 주행장치

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
※ 납부자번호 : 0131(기광코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보 변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서비스다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허-실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
※ 우선권 인정기간 : 특허-실용신안은 12개월, 상표-디자인은 6개월 이내
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.

고용창출 : 7명

고용창출



No	고용인력	고용기관명	고용창출일	고용형태	승인여부
1	Tsogtochir sodbileg	(주)하다	2019-04-10	정규직	승인
2	OYUMMAA MUNKHTAMR	(주)하다	2019-04-10	정규직	승인
3	KHURELBAATAR ZOLZAYA	(주)하다	2019-09-25	정규직	승인
4	만희규	(주)하다	2019-11-25	정규직	승인
5	이진욱	(주)하다	2019-11-29	정규직	등록
6	유재은	(주)하다	2020-02-03	정규직	승인
7	강민수	한국로봇융합연구원	2020-04-27	계약직	승인

밭 노지 환경 주행을 위한 모듈형 농업 로봇 플랫폼에 대한 연구

A Study on Modular Agricultural Robotic Platform for Upland

조용준¹·우성용¹·송수환¹·홍형길¹·윤해룡¹·오장석¹·김준성¹·김동우¹·서갑호¹·김대희[†]
Yongjun Cho¹, Seong Yong Woo¹, Su Hwan Song¹, Hyung Gil Hong¹, Haeyong Yun¹,
Jang Seok Oh¹, Junseong Kim¹, Dong Woo Kim¹, Kab Ho Seo¹, Dae Hee Kim[†]

Abstract: This paper designed modular agricultural robotic platform capable of a variety of agricultural tasks to address the problems caused by a decline in agricultural populations and an increase in average age. We propose a modular robotic platform that can perform many tasks required in field farming by replacing only work modules with common robotic platforms. This platform is capable of steering while driving on four wheels in an upland environment where farm work is performed, and an attitude control module is attached to each drive module to control the attitude of the platform. In addition, the width of the platform is designed to be variable in order to operate in various ridges according to the crop cultivation method. Finally, we evaluated five items: variable width, gradient, attitude control angle, step and road speed in order to carry out the farming industry while maintaining a stable posture.

Keywords: Agricultural Robot, Modular Farming Robot, Remote Control, Unmanned Intelligent Robot Platform

1. 서 론

최근 농촌 인구의 감소 및 고령화에 따라 생산력 저하에 의해 국내 농업 경쟁력은 지속적으로 하락하고 있다. 국내 밭 농업은 소량 다품종 생산의 노동집약적 산업 구조로 되어 있어 낮은 기계화율, 노동력 부족 등으로 타 산업에 비해 경쟁력이 취약하며 농기계 산업 또한 원천핵심 및 부품소재 분야에서 선진국 대비 70% 이하의 기술 수준으로 미래 수요에 대비한 무인운전 및 자동제어 기술 등의 원천핵심 기술 개발이 시급한 실정이다¹⁾. 선진국 농기계 업체는 경우 GPS (Global Positioning System), GIS (Geographic Information System), 영상카메라, 생육계측센서 등을 이용한 무인운전 및 자동 제어기술 개발²⁾에 집중 연구개발 중이지만, 국내에서는 본격적인 로봇 기술의

적용은 아직 이루어지지 않는 실정이고, 국내 일부 농기계 전문업체가 로봇 기술을 적용한 자율 주행 트랙터³⁾ 등에 관심을 보이는 수준이며, 국가 주도의 소규모 사업만이 진행 중인 상황이다. 관련 시장 현황에서도 스마트 농업 관련 시장은 지속적으로 확대되고 있으나, 대부분 외산 기계에 의존하고 있다. 그러므로 한국형 밭 농업 특성에 부합하면서도 고령자 및 여성 농업인이 운용하기 편리한 자율 소형 농기계 개발이 시급하고 중요한 상황이다. 본 연구에서는 농작업 노동력 절감 및 작업 능률을 극대화할 수 있도록 밭 노지에서 다양한 작물과 재배양식에 적용할 수 있는 모듈형 농업 로봇 플랫폼을 개발하여⁴⁾, 안정적인 밭 환경에서의 운전을 위해 요소별 주행 평가를 통해 성능을 검증하였다.

2. 플랫폼 구성 및 제작

2.1 플랫폼 설계

2.1.1 모듈형 농업 로봇 플랫폼

미래 농업에서는 인간의 노동력에 의존하는 산업구조에서 탈피하여 4차 산업과 맞물려 첨단기계 및 로봇 기반으로 작물을

Received: Feb. 23, 2020; Revised: Mar. 31, 2020; Accepted: Apr. 2, 2020

* This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture and Forestry (IPEF) through Advanced Production Technology Development Program, funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA) (317072-04, 119083-1)

1. Researcher Engineer, KIRO, Andong, Korea (oj), woosy, shsong, honghg, hyyun, dueleidi, jskim, kdw9609, naeworld@kiro.re.kr
† Principal researcher, Corresponding author: Smart farm Center, Andong, Korea (eogm119@haramail.net)

Copyright © KRROS

스마트팜 방제로봇 개발을 위한 모터펌프 실험에 관한 연구

송영석*, 김만중**, 한영희**, 유범상***

*지능형 로봇 연구소 **전북대학교 기계시스템공학과 ***자동차 신기술 연구센터

1. 서론

- 최근 4차 산업혁명 이후로 외부환경에서 이루어지던 농업에서 온실을 이용한 실내 농업으로 변화하고 있음
- 기존의 방제 시스템은 과수나 주변 환경을 고려하지 않고 과다한 농약 살포로 인한 환경 오염과 작업자의 농약 중독으로 많은 사고가 발생하고 있음

2. 본론

2.1 작업환경

- 그림 1은 국내에서 많이 사용하고 있는 온실 형태이며 바닥에서 베드까지의 높이는 670mm, 베드 사이의 간격은 1200mm, 베드의 길이는 60m임



그림 1 국내에서 사용하는 온실 사이즈

2.2 방제로봇 설계

- 설계한 방제로봇은 수동으로 콘크리트 부분을 이동하며 온실 파이프 위에서는 자동으로 이동
- 로봇의 높이는 820mm이고 전장은 2000mm이며 24V 배터리를 사용하여 모터를 구동한다.



그림 2 방제로봇 컨셉 설계

2.3 펌프 선정에 위한 실험

- 펌프를 선정하기 위하여 3가지 조건을 지정
- 24V 직류전압을 사용하거나 인버터를 통해 교류 220V를 변경하여 사용
- 주행거리를 60m로 하였을 때 18개 베드는 총 1080m이며 주행속도를 2m/s로 하였을 때 약 80L의 농약을 분사하기 위해 5l/min의 유량을 적용

[표 1] 펌프 선정 조건

종류	조건
전압	직류 24V
탑상높이	5m
방제유량	5L/min



- 12V 산업용 배터리 2개를 직렬연결 후 인버터를 통해 220V의 교류를 인가하여 펌프를 구동시킴
- 인버터 사용시와 인버터 미사용 시 결과를 비교하기 위해 실험을 진행

[표 2] 실험결과

종류	인버터 미사용	인버터 사용
분사거리	307cm	306cm
압력(노즐 6개)	4bar	4bar
압력(노즐 18개)	3bar	3bar
탑상높이(5m)	0	0

3. 결론

- 본 논문에서는 온실조건을 파악하였으며 컨셉설계를 통하여 펌프의 설치 조건과 선정조건을 정할 수 있었으며 실험을 통해 인버터를 이용하여 조건에 맞는 펌프를 사용할 수 있다는 것을 알 수 있음

후기

이 연구는 2019년도 농림식품기술기획평가원 1세대 스마트팜 고도화 및 산업화 사업(과제번호 : 1901000973)지원에 의하여 수행되었음을 밝힙니다.

유한요소해석을 통한 시설원예방제로봇 현가장치의 구조적 문제점 파악

Identify Structural Problems of Facility Horticulture Robot

Suspension System Though Finite Element Analysis

*강민수¹, 조용준¹, 우성용¹, 홍형길¹, 윤해룡¹, *송수환¹

¹M. S. Kang¹, Y. J. Cho¹, S. Y. Woo¹, H. G. Hong¹, H. Y. Yun¹, S. H. Song¹,

([mskang, cyj, woosy, honghg, hyyun, shsong]@kiro.re.kr)

¹한국로봇융합연구원

Key words : Facility Horticulture Robot, Suspension System, Structural Analysis, AUTODESK Inventor Nastran

1. 서론

본 논문에서는 상용 소프트웨어인 AUTODESK Inventor Nastran2020을 사용하여 시설원예방제로봇의 현가장치에 구조해석을 수행하였다. 방제로봇의 최대 무게에 대한 하중조건에서 현가장치의 구조적 문제점을 확인하였고 향후 문제점을 보완하는 설계를 진행하고자 한다.

2. 유한요소 해석

2.1 형상 모델링

방제로봇의 형상은 다음과 같다. 폭:780 mm, 너비:1900 mm, 높이: 1000 mm의 크기를 가지며 제어부, 약재탱크, 베이스, 캐스터 바퀴, 현가장치 등으로 구성된다. 방제로봇의 하단에 위치한 현가장치는 충격 흡수 및 모터와 감속기를 이용한 구동을 담당하며 구성 부품으로는 메인 구동 바퀴, 구동바퀴 축, 모터 케이스, 압축 스프링, 볼트가 있다.[Fig. 1]

2.2 경계조건

시설원예방제로봇의 하중은 외부 영향을 제외한 방제로봇의 최대 무게인 900 kg을 설정하였고 리얼과 접촉하는 8개의 바퀴는 균일하게 하중을 지지한다고 가정하였다. 사용된 물성은 일반적인 강을 사용하였으며 항복강도는 200 MPa를 적용하였다.

3. 해석 결과

Table 1 Analysis Result of Suspension Parts

Parts	von-Mises Stress(MPa)	Maximum Deformation(mm)
Drive Shaft	359	3.2
Compression Spring	160	0.06
Bolt	28	0.14
Motor Case	170	4.2
Main Drive Wheel	495	9

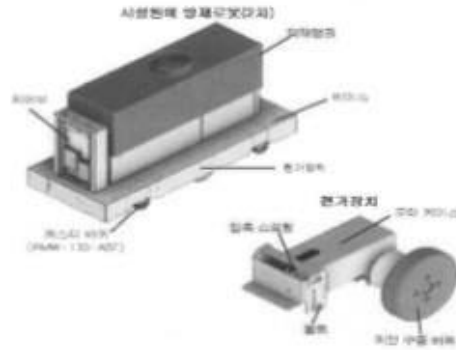


Fig. 1 Horticulture Robot & Suspension 3D Model

구조해석 결과 최대 등가응력 495 MPa, 최대 변위 9 mm이며 구동바퀴에 적용된 하중으로 인해 축과 구동 바퀴가 만나는 지점에서 최대 등가응력을 확인할 수 있었다. 재료의 항복강도 200 MPa를 초과하기에 구조적 문제가 있음을 판단하였고 구동바퀴와 모터 케이스에서 큰 처짐이 발생하여 스프링과 볼트는 영향을 받지 않음을 확인할 수 있었다. 향후 모터케이스의 처짐을 개선하는 설계를 진행할 예정이다[Table. 1]

후기

“이 논문은 2019년도 농림축산식품부 농축산물안전 생산유통관리기술개발사업, 첨단생산기술개발사업, 1세대 스마트팜 고도화 및 산업화 사업 연구비 지원에 의하여 연구되었음(119083-1, 317072-04).

참고문헌

1. J. U. Cho, O. B. Kwon, M.s S. Han, Structural Strength Analysis of Automotive Suspension, Journal of the Korea society of machine tool engineers, pp. 89-93, 2010.

전시회 참가 : 2건(코로나 19로 인해 대형전시회는 모두 취소된 상태임)

(1) 2020 대한전자공학회 하계종합학술대회 전시회 참가(2020.08.19~21 제주롯데호텔)



1. 전시회명 : 대한전자공학회
2. 기간 / 장소장소 : 8.19~21 롯데호텔 제주(중문)
3. 전시분야 : 농업용 기계 및 로봇 제어기 및 HMI
4. 전시규모(참가업체 등 기재) : 5개 업체 내외
5. 참가 총비용: 3,583,854원
 - 부스 및 부대 설치 비용: 2,000,000 원
 - 출장비용(스타렉스 승선 왕복비): 263,854 원
 - 출장자 인건비 (33만원/1인) 산정: x4인 : 1,320,000원

1. 본 전시 참가 목적:
 - 농업용 기계 및 로봇 부품 전시
 - **코로나19로 인해 대형 전시회는 개최되지 않음.**

(2) 2020 KIEMSTA 온라인 전시회 - 온라인 한국관 참가



2-4. 연구결과

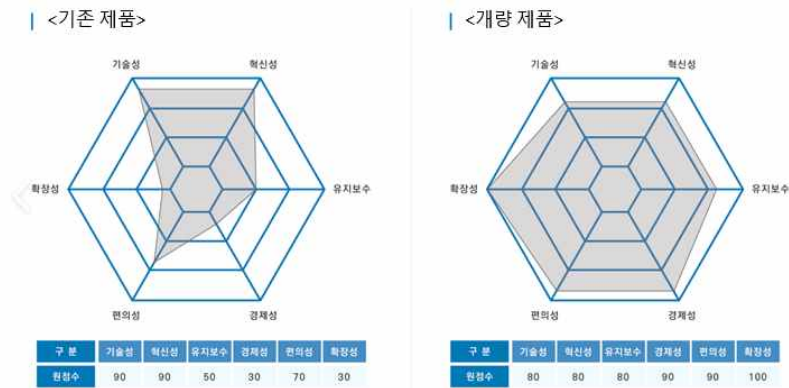
- 기술적 성과 :

- 기술적인 측면에서 국내외 경쟁사 기술 및 제품과의 규격, 성능, 정밀도 등 사양비교를 통한 우월성 등 서술(기술개발 의의) : 제품의 규격과 성능 정밀도 등의 사양은 선진경쟁사 대비 동등이상의 특성을 확보한 것으로 보이나, 제품의 디자인과 분사노즐 부품은 현재 추가 개발이 필요한 상태임.
- 선진국 대비 기술수준 : 90(디자인 부분 외 동등이상 수준)
- 국산화율 : 95%(분사노즐 부분의 국산화 이상의 성과 도출)
- 파급효과 : 방제로봇 외 스마트팜 시설 안에서 사용하는 수확, 이송, 추종 로봇 등의 분야에 개발기술 중 플랫폼 기술을 확대 적용할 수 있음.

- 경제적성과 : 1대당 가격 2020년 35백만원(농진청 주문제작), 2021년 25백만원으로 판매 진행.

- 생산성 향상 : 방제로봇(기존, 개량)의 장단점 비교와 경제성 평가(4년후 로봇구매비용 회수)

<장단점 평가>



<경제성 평가>

- 정부, 기업, 구매자 입장에서 투자대비 회수율이 양호하여 사업성이 높음

<ul style="list-style-type: none"> - ROI(Return on Investment) 분석의 사업성 확인 - 기업, 정부 ROI = $(R \times n) / I_c = 1.36\%$ (*대당, 74대 판매 시 투자금 회수) - 구매자 ROI = $(I_c \times D) / P = 25\%$ (*연간) - 소비자 4년후 구매비용 회수, *로봇제품은 A/S 4년으로 유지비용 부담없음. *전력비용은 연간 6만원 내외로 계상하지 않음. 	<ul style="list-style-type: none"> - I_c=총 투자액 (546백만원) - R=대당판매수익 (판매가 - 생산가 = 7.45백만) - n=판매대수: 21년-6대, 22년-40대, 23년-200대,...) - I_c=농약살포 인건비/일 (12만원) - D=살포일/년 (52일) * 토마토기준, 작물에 따라 상이 - P=살포기 구매가격 (25~30백만원)
--	---

- 시장점유율(%) : 국내시장 3년안에 50%이상의 점유율 확보가 가능할 것으로 예측됨. 해외시장은 약 5년후 품질과 가격경쟁력을 바탕으로 약 10%이상 점유가 가능할 것으로 보임.
- 매출액증대 : 과제종료 후 5년간 약 236.5억원의 매출액 발생을 기대함.
- 고용창출 : 과제 수행기간안에 7명의 고용창출 효과를 발생시켰고, 향후에도 농업용 로봇(수확, 이송, 추종, 방제, 포장 등) 분야로 기술이 확대 적용되면서 신규 고용창출 및 고용유지 효과가 발생할 것으로 보임.
- 관련 산업기여도 : 현재는 우선적으로 스마트 팜용으로 개발되었지만, 향후 추가연구를 통해 발작물(노지)용으로도 적용 가능할 것으로 보여져, 현재 국내 농촌지역의 고령, 여성화로 인한 노동력 감소 문제를 해결할 수 있는 기술로 활용될 것으로 여겨짐. 더불어 글로벌 시장진출 전에 우선적으로 선진 경쟁사 제품의 수입을 차단하는 수입대체 효과 발생할 것으로 판단됨.

○ 정량적 기술개발 목표

순	항목	단위	기존 사양	개선 사양	비고
1	조향방식	-	에커먼	SKID	중앙 좌우 바퀴 회전차에 의한 조향
2	구동부	ea	4륜	2륜	플랫폼 중앙부 2륜 / 원가절감
3	방제량 모니터링	ea	-	1	방제량 확인 가능
4	노즐위치	-	고정형	가변형	작물 및 현장상황에 따라 가변 가능
5	약제 보관 용량	ℓ	-	300	기존 : 약제호스 이용 개선 : 약제탱크 구성
6	방제로봇 연속운전시간	hr	2	4	-

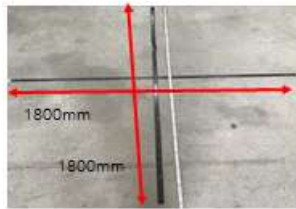
○ 개발목표 평가 방법

순	항목	평가방법	비고
1	조향방식	로봇 플랫폼 조향부 실물 확인	
2	구동부	구동 바퀴 수 실물 확인	
3	방제량 모니터링	방제로봇 내 방제량 모니터링 기능 구현 여부 및 정상동작 상태 육안확인	
4	노즐위치	가변형 살포부 육안 확인	
5	약제 보관 용량	약제 탱크 내 300ℓ 양액 수용 여부 확인	
6	방제로봇 연속운전시간	방제로봇 방제 작업 시 분당 소모 전력 측정하여 전체 운전 가능시간 환산	

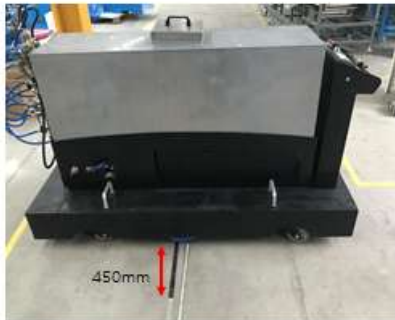
○ 시험결과

	시험항목	목표치	시험결과	달성(%)	비고
1	조향방식	SKID 작동유.무	작동 가능 (회전반경 90cm)	100	외부 공인기관 (한국생산기술연구원) 입회평가. * 관련분야 기술발전기여도 약 100% 이상(자동화 및 정밀제어 부분)
2	구동부	2개	2개	100	
3	방재량 모니터링	모니터링	모니터링 가능 (1개)	100	
4	노즐위치	변경 유.무	변경 가능 (5~40cm)	100	
5	약제보관 용량	300L	308L	100	
6	연속운전 시간	4시간	25시간	625	

*첨부 공인기관 시험성적서



회전반경 측정을 위한 라인
(1800mmX1800mm)



회전 전



180도 회전후

<SKID 조향방식 회전반경 측정치>



시험 성적서 (Test Report)

1. 성적서 번호 : C20N920012-01-01-(00-00)

2. 의뢰자 : (주)하다

3. 시험기간 : 2020-08-27 ~ 2020-08-27

4. 용도 : 시험분석

5. 품목/시료명 : 방제로봇
* 시험의뢰자가 제공한 시료 및 시료명에만 한정됩니다.

6. 시험방법 : 방제로봇 성능시험

7. 시험결과 : 다음 페이지 참조

8. 시험장소 : (주)하다

	시험자		기술책임자
확인	성명 : 김태영		성명 : 박진선
	연락처 : <input type="text"/>		연락처 : <input type="text"/>

2020년 09월 04일

한국생산기술연구원



비고 : 1. 본 성적서는 고객이 제시한 시료 및 시료명으로 시험한 결과에 한하며, 전체 제품에 대한 품질을 보증하지는 않습니다.
2. 본 성적서는 홍보, 선전, 광고 및 소송용으로 사용할 수 없으며, 용도 이외의 사용을 금지합니다.
3. 본 성적서의 진위 확인은 QR코드로 확인가능합니다.





시험결과 (Test Result)

1. 시험조건

- 가. 시험 대상 : 로봇방제기
- 나. 시험 장소 :
- 다. 시험 장비 : 의뢰 업체 계측기



사진 1. 시험 대상기





2. 시험내용

가. 시험 준비

- 1) 로봇방제기
- 2) 왕복시험레일
- 3) 타이머(휴대폰)
- 4) 측정용 자



사진 2. 로봇방제기



사진 3. 왕복시험레일





사진 4. 타이머(휴대폰)



사진 5. 측정용 자

나. 시험 규격 및 방법

- 1) 시험 규격 : 요청 업체의 하기 시험 방법에 준수함
 - 가) 조향방식 : 중앙 좌우 바퀴 회전차에 의한 조향
 - 나) 구동부 : 구동 바퀴 수 확인
 - 다) 방재량 모니터링 : 방재량 모니터링 기능 여부 및 정상동작 상태 확인
 - 라) 노즐위치 : 가변형 살포노즐 확인
 - 마) 약제보관용량 : 약제 탱크 300ℓ 양액 수용 확인
 - 바) 연속운전시간 : 방제 작업 시 분당 소모 전력 측정 후 전체 운행 가능시간 환산





2) 시험 항목 및 절차

가) 시험 항목

- (1) 조향방식
- (2) 구동부
- (3) 방제량 모니터링
- (4) 노즐위치
- (5) 약제보관용량
- (6) 연속운전시간

나) 시험 절차

- (1) 조향방식
 - (가) 방제기를 작동시켜 기준위치에서 360° 회전
- (2) 구동부
 - (가) 방제기 본체를 호이스트로 올려 구동부 바퀴 수를 육안으로 확인
- (3) 방제량 모니터링
 - (가) 방제기를 가동시켜 살수
 - (나) 임의의 시간 경과 후 방제량 모니터 확인
- (4) 노즐위치
 - (가) 방제기 노즐의 위치를 변경하여 육안으로 확인
- (5) 약제보관용량
 - (가) 방제기의 저장탱크 크기를 측정
- (6) 연속운전시간
 - (가) 시험레일 위에 방제기를 작동
 - (나) 1시간 방제기를 왕복 운행한다
 - (다) 20분간 방제기의 남아있는 배터리량을 확인한다





다) 시험 항목에 대한 평가 기준

표 1. 시험 항목에 대한 평가 기준

시험 항목	평가 기준
조향방식	작동 유·무
구동부(바퀴)	2개
방재량 모니터링	모니터링 기능 유·무
노즐위치	변경 유·무
약제보관용량	300 ℓ 이상
연속운전시간	4시간 이상





3. 시험 결과

< 로봇방제기 시험 항목에 대한 결과 >

시험 항목	목표값	측정값
조향방식	작동 유·무	작동 가능
구동부 (바퀴 수)	2개	2개
방제량 모니터링	모니터링 기능 유·무	모니터링 가능
노즐위치	변경 유·무	변경 가능
약제보관용량	300 ℓ 이상	약 308 ℓ
연속운전시간	4시간 이상	25 시간





가. 조향방식



0°(360°)



90°

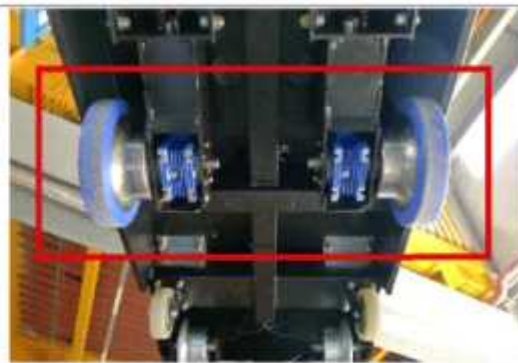


180°



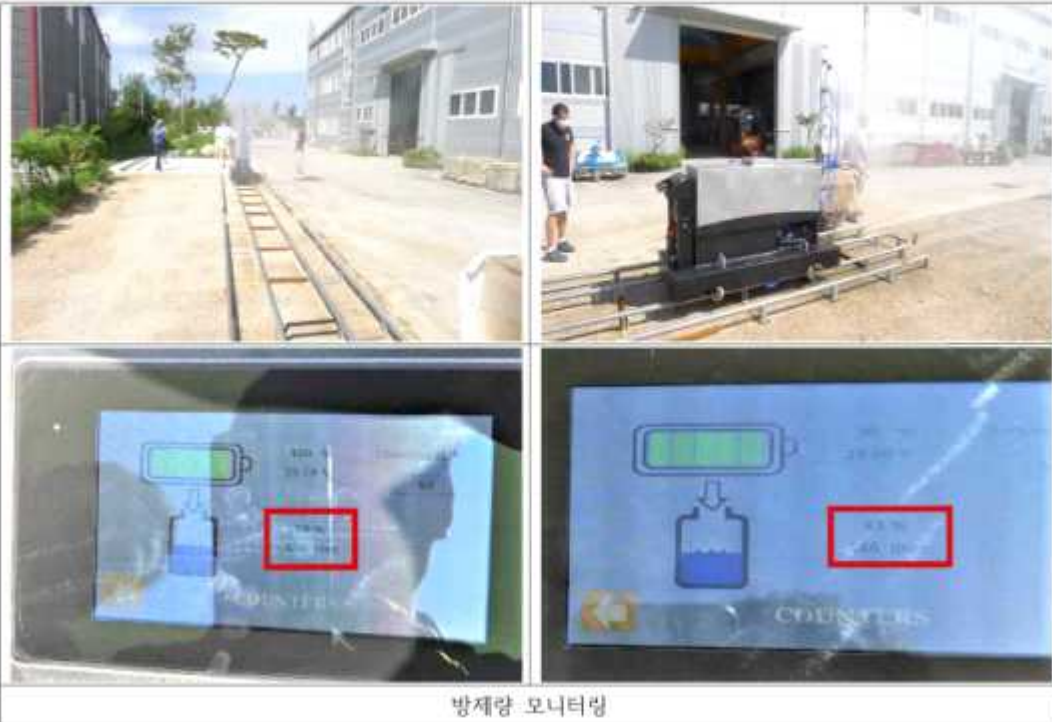
270°

나. 구동부(바퀴 수)



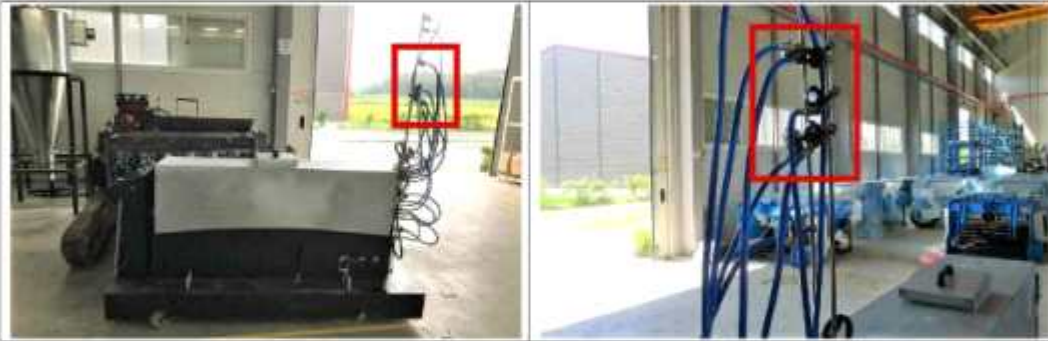


다. 방제량 모니터링



라. 노출위치





마. 약제보관용량 : 가로 42cm × 세로 1,45cm × 높이 50,5cm
= 307,545cm³ ≈ 308m³ ≈ 308 ℓ



보관탱크 가로 : 42cm



보관탱크 세로 : 145cm





보관탱크 높이 : 50.5cm

바. 연속운전시간 : 시간당 -> 4% 배터리 소모
100% 배터리 방전 -> 25시간 예상



Test 시작



시작(1:22) / 배터리 충전량 : 100%





20분 경과(1:42) / 배터리량 : 98%



40분 경과(2:02) / 배터리량 : 97%



60분 경과(2:22) / 배터리량 : 96%



2-5. 사업화 성과 및 매출실적

- 사업화 성과

항목	세부항목			성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0.35억원	
			향후 3년간 매출	61.5억원	
		관련제품	개발후 현재까지	1억원	
			향후 3년간 매출	40억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 10% 국외 : 0.1%	
			향후 3년간 매출	국내 : 50% 국외 : 1%	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 10% 국외 : 0.01%	
			향후 3년간 매출	국내 : 40% 국외 : 1%	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위			10위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위			5위

- 사업화 계획 및 매출실적

항 목	세부 항목		성 과		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3년(양산)		
	소요예산(백만원)		1,000		
	예상 매출규모 (억원)		현재까지	3년후	5년후
			0.3	50	100
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	10	50	70
국외		0.1	1	10	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		- 추종로봇, 수확로봇, 이송로봇 등의 농업용 로봇의 플랫폼 개발			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)		현재	3년후	5년후
	수입대체(내수)		1	50	100
	수 출		-	10	50

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

3-1. 목표

성과목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시(이전)		사업화					기술인증	학술성과				교육지도	인력양성	정책 활용		기타(타 연구 활용 등)
	특허출원	특허등록	품종등록	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용창출	투자유치		논문		학술발표	정책 활용			홍보전시		
												SCI	비SCI						논문평균IF	
단위	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건				
가중치	10					20			50				10				10			
최종목표	1	1		1		1	23,650	250	9			1	3				6			
1차년도(달성치)	1(1)			(1)		(1)			(7)			(1)	(2)				(2)			
소계	1					1			1			1	2				1			
종료 1차년도				1			150		1				1				1			
종료 2차년도		1					1,000		1								1			
종료 3차년도							5,000	25	2								1			
종료 4차년도							7,500	75	2								1			
종료 5차년도							10,000	150	2								1			
소계		1		1			23,650	250	8				1				5			
합계	1	1		1		1	23,650	250	9			1	3				6			

3-2. 목표 달성여부

모든 성과 목표치 달성(사업화, 연구기반지표)- 세부사항은 2-3 연구개발성과 참조

- 특허출원 : 1건(다목적 온실용 주행장치)
- 고용창출 : 7명
- 논문실적(비SCI) : 1건

Journal of Korea Robotics Society(2020)15(2).

- 학술발표

- (1) 한국산학기술학회 춘계학술대회(2020.07.24, 제주 국제컨벤션 센터)
- (2) 한국기계공학회 춘계학술대회(2020.06.25, 통영 금호마리나리조트)

- 전시회 참가 : 2건(코로나 19로 인해 대형전시회는 모두 취소된 상태임)

(1) 2020 대한전자공학회 하계종합학술대회 전시회 참가(2020.08.19.~21 제주롯데호텔)

(2) 2020 KIEMSTA 온라인 전시회 - 온라인 한국관 참가

3-3. 관련분야 기여도

스마트팜 분야 농업용 로봇 기술 기여도 : 약 70%(자율주행, 편의성, 정밀제어 부분 등)

4. 연구결과의 활용 계획 등

(농업용 로봇분야로 확대- 수확, 이송, 추종, 포장 등, 차후 노지용으로 확대)

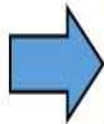
가. 범용성 적용 예상 이미지(기구부)

- 범용사용이 가능한 플랫폼으로 고도화

- 1차 고도화: 방제 로봇
- 2차 연계 개발: 운반 로봇, 고소작업 로봇
- 3차 연계 개발: 생육측정, 수확 등 고정밀 로봇



(방제 로봇)

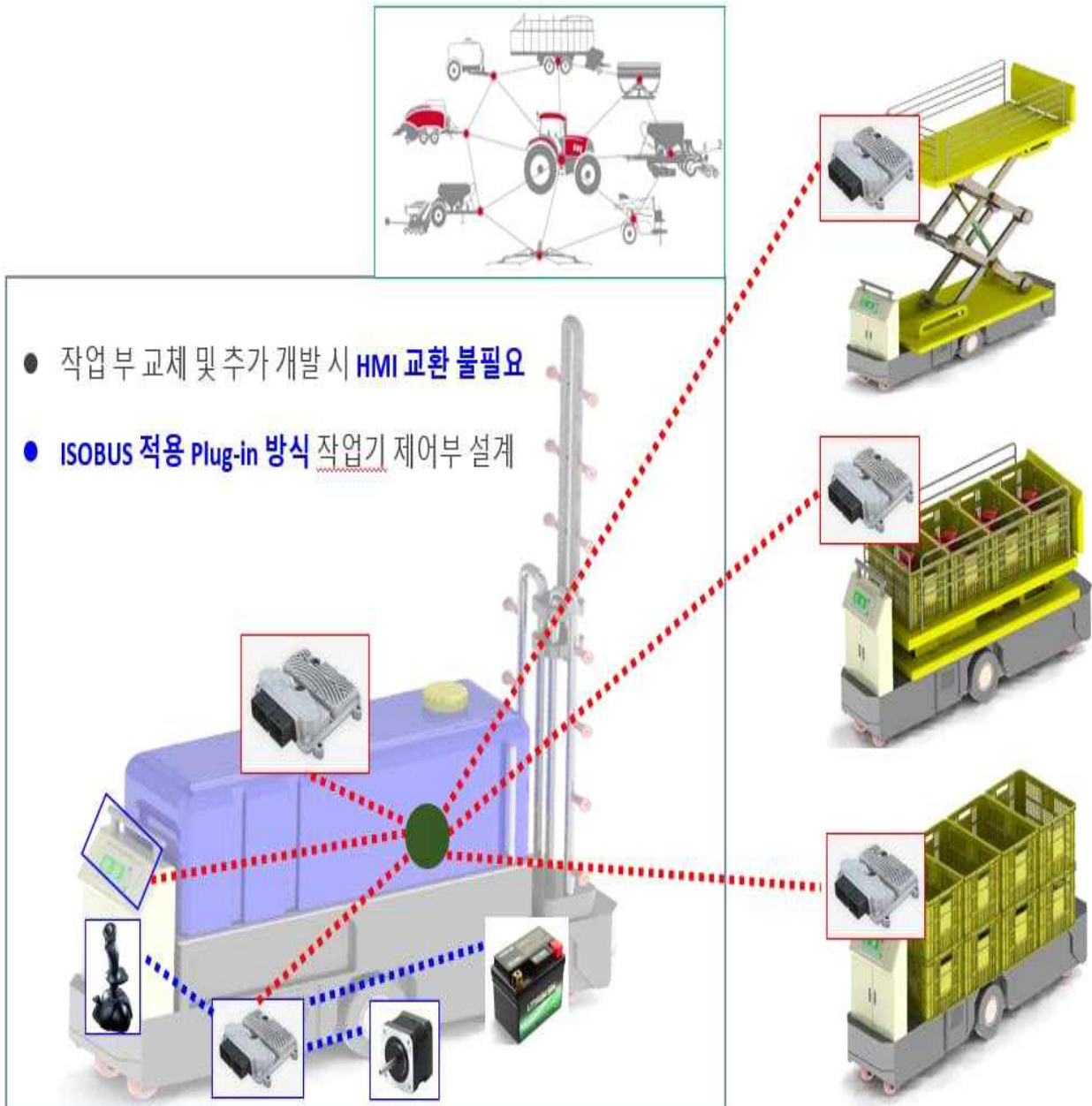


(운반 로봇)



(고소 리프트+운반 로봇)

나. 범용성 적용 예상 이미지(제어부)

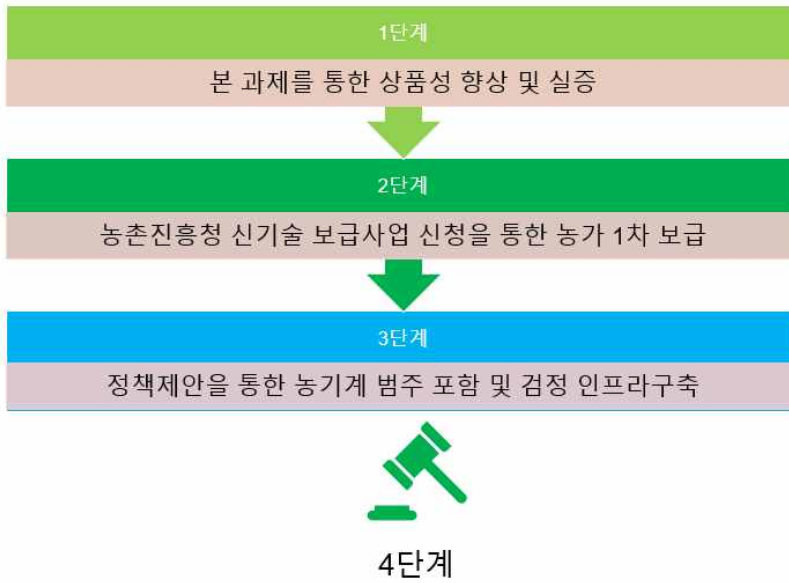


다. 향후 추가 개발계획

- 향후 작물별 빅데이터 수집 및 활용을 통해 생육공정을 자동화하고, 작물별 구분된 작업공정을 적용하는 연구를 추가할 것이고, 더불어 스마트폰 등을 통한 원격제어가 가능하고 AI, ICT 등 융합기술을 적용한 연구를 수행하고자 함

<참고 : 방제로봇 사업화를 위한 정부지원 방안>

향후 연구개발기술의 제품화, 사업화시 관계 법령 충족여부



정부지원 농기계 기종 심의를 통한 정부지원대상 선정 및 판매 지원을 통한 보급 확대

붙임. 참고문헌

1. Yongjun Cho, Seong Yong Woo, Su Hwan Song, Hyung Gil Hong, Haeyong Yun, A Study on Modular Agricultural Robotic Platform for Upland, Journal of Korea Robotics Society(2020)15(2).
2. M.S.Kang, Y.J.Cho, S.Y.Woo, H.G.Hong, H.Y.Yun, S.H.Song, 유한요소해석을 통한 시설원예 방제로봇 현가장치의 구조적 문제점 파악, Proceeding of the KSMPS Spring Conference, pp.204, 2020.
3. 송명석, 김만중, 한명희, 유범상, 한국산학기술학회 춘계학술대회 2020.
4. 세계 스마트 농업시장 전망, 중소기업청, 기술로드맵(2017-2019)
5. 세계 스마트팜 시장보고서, Research & Market(2016).
6. 스마트팜 시장과 유망산업 자료, Frost & Sullivan(2016.2)
7. 스마트 농업분야 관련 국내 시장규모 및 전망, World Agricultural Equipment(2011)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 1세대 스마트 플랜트팜 산업화사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 1세대 스마트 플랜트팜 산업화사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.