

(옆면)

(앞면)

과제번호
118020-
03-1-H
D-030

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
첨단생산기술개발사업 2021년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-003686-01

농자재 수송차량 개발
2021
농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

자계기반의 지능형 고효율 6WD 농자재 수송차량 개발

주관연구기관 / (주)그린맥스
공동연구기관 / 한국생산기술연구원
군산대학교산학협력단

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

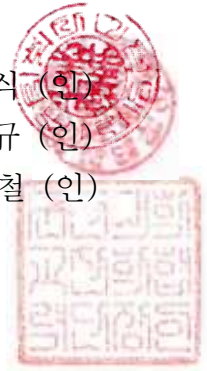
제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “자계기반의 지능형 고효율 6WD 농자재 수송차량 개발”(개발기간 : 2018. 04. ~ 2021. 06.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

주관연구기관명 : (주)그린맥스 (대표자) 강 대 식 (인)
공동연구기관명 : 한국 생산기술연구원 (대표자) 이 낙 규 (인)
군산 대학교 (대표자) 김 영 철 (인)

주관연구책임자 : 김 홍 곤
공동연구책임자 : 임 대 영
공동연구책임자 : 하 만 호



국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서										보안등급	
										일반[√], 보안[]	
중앙행정기관명		농림축산식품부				사업명		사업명		첨단생산기술개발사업	
전문기관명		농림식품기술기획평가원				내역사업명		-			
공고번호		농림축산식품부 공고 제 농축 2018-59호				총괄연구개발 식별번호		-			
						연구개발과제번호		118020-03-1-HD-030			
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 LB0804	60%	2순위 EA0505	10%	3순위 EB0707	10%	4순위 EA0399	10%		
	농림식품과학기술분류	1순위 RO0103	100%	2순위 -	%	3순위 -	%	4순위 -	%		
총괄연구개발명		국문		-							
		영문		-							
연구개발과제명		국문		자계기반의 지능형 고효율 6WD 농자재 수송차량 개발							
		영문		Development of intelligent high efficiency 6WD farmland vehicle based on magnetic field							
주관연구개발기관		기관명		(주)그린맥스		사업자등록번호		401-85-09439			
		주소		(우)54531 전북.익산.황등면 후정4길 58-34		법인등록번호		110111-0666854			
연구책임자		성명		김홍곤		직위		선임연구원			
		연락처		직장전화		휴대전화		-			
				전자우편		국가연구자번호		1114-5095			
연구개발기간		전체		2018. 04. 01 - 2021. 06. 30(3년 3개월)							
		1단계		1년차		2018. 04. 01 - 2018. 12. 31(1년 9개월)					
				2년차		2019. 01. 01 - 2019. 12. 31(1년 6개월)					
				3년차		2020. 01. 01 - 2021. 06. 30(1년 6개월)					
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금		합계			연구개발비 외 지원금
		현금		현금		현금		현금		현금	
총계		550,000		19,000		165,000		-		-	
1단계		1년차		150,000		5,000		45,000		-	
		2년차		200,000		7,000		60,000		-	
		3년차		200,000		7,000		60,000		-	
공동연구개발기관 등		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편	
		비고		역할		기관유형					
공동연구개발기관		군산대학교 산학협력단		하만호		팀장		-		공공	
		한국생산기술연구원		임대영		수석		-		공공	
연구개발담당자 실무담당자		성명		주재현		직위		연구원			
		연락처		직장전화		휴대전화		-			
				전자우편		국가연구자번호		1251-1026			

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2021년 08월 26일

연구책임자 : (주)그린맥스 김 홍 곤

(주)그린맥스대표 강 대 식

군산대학교산학협력단장 김 영 철

한국생산기술연구원장 이 낙 규

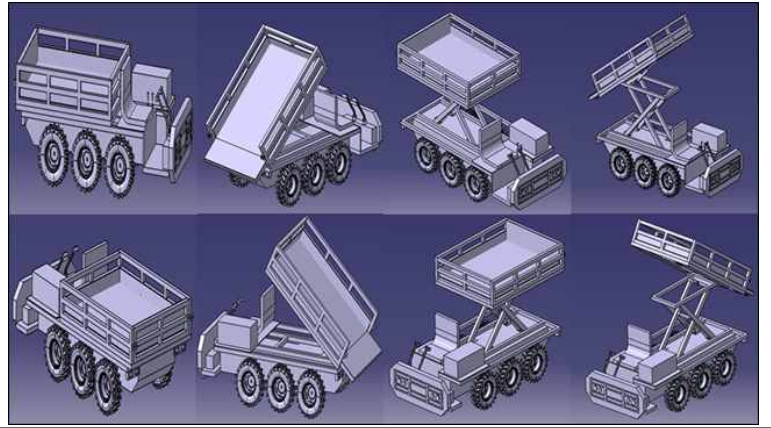


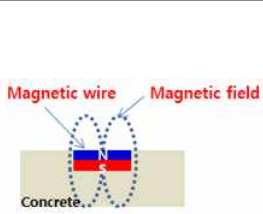
농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		첨단생산기술개발사업			총괄연구개발 식별번호			-		
내역사업명		-			연구개발과제번호			118020-03-1-HD-030		
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 LB0804	60%	2순위 EA0505	10%	3순위 EB0707	10%	4순위 EA0399	10%	
	농림식품과학기술분류	1순위 RO0103	100%	2순위 -	%	3순위 -	%	4순위 -	%	
총괄연구개발명		-								
연구개발과제명		자계기반의 지능형 고효율 6WD 농자재 수송차량 개발								
전체 연구개발기간		2018. 04. 01 ~ 2021. 06. 30								
총 연구개발비		총 7340,000천원 (정부지원연구개발비: 550,000천원, 기관부담연구개발비 : 184,000천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)								
연구개발단계		기초[■] 응용[] 개발[] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도			착수시점 기준() 종료시점 목표()		
연구개발과제 유형		-								
연구개발과제 특성		-								

연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<input type="checkbox"/> 자계기반의 지능형 고효율 6WD 농자재 수송차량 개발					
		형식	승차 인원	주행 속도	구동	제어 기능	용도
		자계기반 주행	1인	20km/h	6륜	리모트컨트롤, 모바일, 수동	농자재 운반차량
							
[자계기반 6WD 지능형 수송차량 개념도]							
		<input type="checkbox"/> 자계기반 6WD 지능형 수송차량 특징점					
NO	구분	내용					
1	최대적재능력	500kg					
2	주행속도	최대 20km/h					
3	엔진	11HP(가솔린 엔진)					
4	조향장치	유압조이스틱 - 인체공학적 조향시스템					
5	등판능력	20°					
6	주행제어	리모트컨트롤					
7	유압트랜스미션	무한가변용량 피스톤펌프(중립복귀제어)					
8	무인주행 핵심요소부품	자계위치인식센서 : 12V DC, 위치오차 10cm, 정밀도 1mm 무인주행제어기 : 12V DC, DA 10ch, ADC 10ch, DIO 10ch 필드용리모콘 : 5V DC, 사용거리 50m(전후좌우, 출발, 정지, 복귀)					

		9	구동	6륜사용, 수확과일운반시 충격최소화로 과일손상방지 스피턴(제로턴) 회전 방식 회전반경 최적화
		10	리프트원치	리프트 중량 50kg 12V DC모터 워친(230W)
		11	적재함	다목적용도(과실 수확, 농자재 운송)
	전체 내용	<input type="checkbox"/> 거점간 원점복귀 자계기반의 무인주행 원천기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 자계기반 무인주행시스템은 아래 그림에서 보는 바와 같이 순수 자석에서 발생하는 자계만을 사용하기 때문에 유지보수 및 운용비용이 저렴하고 중간에 선이 단락되더라도 자계를 유지하면서 발생하고 있기 때문에 선로의 유지보수가 용이한 장점이 있음. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;">  <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <ul style="list-style-type: none"> - 자계 발생, 전자계 유도방식에서 필요로 하는 전원공급 및 주파수 생성 설비 불필요 - 유지보수가 쉽고 운영비 저가 - 중간에 자석이 단락되더라도 부분보수 가능 - 무인전기작업차주행도로 자유설계가능 - Magnetic wire 설치 및 회수 가능 - 실내외농업현장에 적용가능(가볍고 이동용이) </div> </div> </div> <input type="checkbox"/> 자계기반 무인주행 메커니즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 리모트컨트롤 - 자계기반의 무인주행 - 모바일 제어로 홈 복귀 기능 개발 <input type="checkbox"/> 자계 유무인 주행 알고리즘 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 통합제어기 개발 <input type="checkbox"/> 수송차량 시스템 설계 <ul style="list-style-type: none"> - 유압 가변용량 트랜스미션 개발 - 차체 설계 및 제작 - 구동 플랫폼 개발 		
		목표	<p>[주관연구개발기관](주)그린맥스</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 주요부품 구도해석 및 최적화 설계 2. 최적의 운반차 플랫폼의 시작품 제작 <p>[공동연구개발기관1]군산대학교 산학협력단</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 액셀 구동축과 입력축의 기계적 물성시험 진행 2. 적재함 프레임 구조해석(CAE) 및 취약부 보강 3. 보강된 적재함 프레임의 강성 내구시험 실시 <p>[공동연구개발기관2]한국생산기술연구원</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 주변환경 변화에 대한 자계분포 분석 및 해석 2. 자계위치 인식센서 설계 및 개발 3. 무인자율주행 차량 탑재용 제어기 설계 및 개발 	
	1년차	내용	<p>[주관연구개발기관](주)그린맥스</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 새시 및 엔진 모듈 <ul style="list-style-type: none"> (가) ICT융합 무인운반차 플랫폼 concept 설계 (나) 엔진 및 미션시스템 선정 및 적용 (다) 구동부 액셀 및 허브 개발 2. 적재함 모듈 <ul style="list-style-type: none"> (가) 과수원 수확과일 및 농산물 상하역 소형리프트 설계 및 개발 (나) 스펙에 부합하는 리프트 원치 선정 <p>[공동연구개발기관1]군산대학교 산학협력단</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 주요부품 신뢰성 평가 및 시험 <ul style="list-style-type: none"> (가) 부품 신뢰성 평가 - 입력축 및 액셀 구동축 인장강도 시험평가 (나) 메인프레임 구조해석 (다) 메인프레임 강성내구시험 <p>[공동연구개발기관2]한국생산기술연구원</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 무인주행 시스템 및 자계시스템 설계 및 개발 <ul style="list-style-type: none"> (가) 무인자율주행에 필요한 핵심요소기술 개발 	

	2년차	<p>목표</p> <p>[주관연구개발기관](주)그린맥스</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 조이스틱 주행시스템 개발 2. 윈치리프트 개발 3. 유압 무단변속기 적용 4. 진동감소를 위한 스프링속업쇼버 개발 <p>[공동연구개발기관1]군산대학교 산학협력단</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 적재함 프레임 구조해석(CAE) 및 취약부 보강 2. 보강된 적재함 프레임의 강성 내구시험 실시 3. 1차 시작품 핵심부품 시험 및 실차 테스트 4. 1차 시작품 최대 적재중량 시험 <p>[공동연구개발기관2]한국생산기술연구원</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 차량제어용 리모트컨트롤 설계 및 개발 2. 핵심요소부품 통합시스템 설계 및 개발 3. 무인자율주행 핵심요소부품 신뢰성 평가 수행
		<p>내용</p> <p>[주관연구개발기관](주)그린맥스</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 제어모듈의 세부화 개발 및 제작 (가) 조이스틱 주행시스템 적용 2. 적재함 모듈 세부화 개발 및 제작 3. 1차 시작품 제작 및 성능평가 필드테스트 (가) 1차 시작품 제작 (나) 1차 시작품 필드테스트 4. 진동감소를 위한 스프링속업쇼버 개발 (가) 스프링속업쇼버 개발 (나) 장착 메커니즘 개발 및 적용 <p>[공동연구개발기관1]군산대학교 산학협력단</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 다목적 농업용 운반차 핵심부품 시험 및 실차테스트 (가) 적재함 리프팅 거리 측정 (나) 최대 적재중량 시험 <p>[공동연구개발기관2]한국생산기술연구원</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 자계도록 인식을 위한 자계 안내센서 설계 및 개발 2. 리모트컨트롤러 제어로 운반차 호출 및 홈 위치 및 작업지 원점복귀 무인주행 개발 3. 제어기 방진·방수 시험
3년차	<p>목표</p> <p>[주관연구개발기관](주)그린맥스</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 1차 시작품 필드테스트 문제점 분석 및 개선 2. 무인자율주행용 시스템 적용 3. 최종 시작품 완성 <p>[공동연구개발기관1]군산대학교 산학협력단</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 1차 시작품 시험평가 멘토링 실시 2. 내구성 부족분 보완 및 과설계부분 경량화를 통한 최적설계 3. 최종 시작품 완성 <p>[공동연구개발기관2]한국생산기술연구원</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 차량제어용 리모트컨트롤 및 무인자율주행 핵심요소부품을 최종시작품에 적용 2. 무인자율주행 필드테스트 및 문제점 수적보완 3. 사고예방시스템 연구개발 4. 최종시작품 완성 	
	<p>내용</p> <p>[주관연구개발기관](주)그린맥스</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ICT유무인 지능형 다목적 운반차 최종 시작품 개발 (가) ICT 유무인 지능형 다목적 운반차 최종 시작품 개발 (나) 무인자율주행 필드테스트 및 문제점 수정보완 (다) 주요 ICT 핵심요소 부품 내구성 시험 <p>[공동연구개발기관1]군산대학교 산학협력단</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 다목적 농업용 운반차 핵심부품 시험 및 실차 테스트 (가) 리모트컨트롤 제어 가능거리 (나) 주요 ICT 핵심요소 부품 내구성 시험 <p>[공동연구개발기관2]한국생산기술연구원</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 무인주행시스템 및 자계시스템 설계 및 개발 (가) 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기 설계 및 개발 	

			2. 엔진 및 새시모들의 종합 제어시스템 개발 (가) 무인자율주행 핵심요소부품 필드 실증 및 신뢰성 평가 (나) 무인자율주행 필드테스트 및 문제점 수정보완 (다) 사고예방시스템 연구개발
--	--	--	--

연구개발성과	구분	논문 비SCI	학술 발표	특허 출원	보고서 원문	홍보 전시	신규 고용	제품화	시작품
	Y	1	1	2	1	1	10	1	1

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<input type="checkbox"/> 활용계획 - 자계기반 원천기술 확보 후 자율주행 수송차 개발에 활용 - 4차산업의 제품개발로 글로벌 시장 경쟁력 확보에 활용
	<input type="checkbox"/> 기술적 측면 - 중소기업 수송차 관련 ICT 부품산업 국산화 추진 - 통합제어 ECU S/W 관련 원천기술 확보 - 관련기술 지식재산권 확보로 글로벌 기수루위 선점 - 참여연구원 S/W 연구역량 향상
	<input type="checkbox"/> 경제적 측면 - 주관기업 매출증가 : 과제종료 후 50억 매출 예상 - 청년연구원 신규 고용창출 효과 : 주관기업 청년연구원 2명 채용 - 농민 영농비용 및 인건비 절감 - 신산업분야 확대로 정부의 농기계보조사업 활성화 기대

연구개발성과의 비공개여부 및 사유	-
-----------------------	---

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설 ·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설 ·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호
	-	-	-	-	-	-	-	-	-

국문핵심어 (5개 이내)	지능주행	자계차량	ICT운반차	제로턴	자계주행
영문핵심어 (5개 이내)	Intelligent driving	magnetic field vehicle	ICT carriers	Zero turn	Driving a magentric field

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

별첨 자료 (참고 문헌 등)

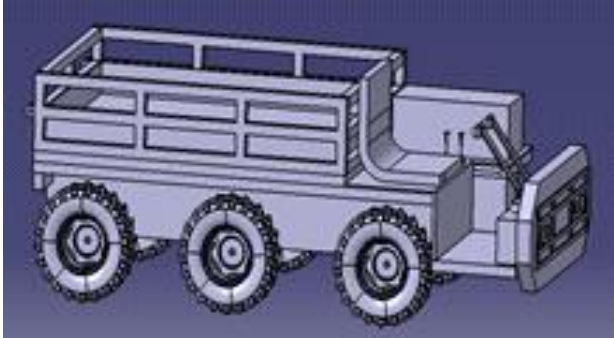

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발의 개요

1) 연구개발의 필요성

(1) 지능형 농용작업기의 고도화 및 4차산업 시대의 기술적인 필요성

- 지속가능한 농업에 대한 시대적 요구에 대한 첨단 농기계의 필요성이 커지고 있으며, 노동력 절감, 생산성 증대 등 효율적인 농업작업을 위해 사물인터넷(IoT), 클라우드(Cloud), 데이터(Big Data), 모바일 기기 서비스(Mobile) 기술을 이용한 농작업기 등의 작업성 향상을 위한 지능형 기술에 대한 연구 및 상용화에 대한 필요성이 커지고 있음

ICT 연구개발 운반차	국내 궤도형 운반차
	

(2) 농업 운반작업의 유무인 주행운반차 필요성

- 국내 노지 채소 및 과수원의 재배면적은 약 40,000ha로 광범위한 농경지에서 다양한 품종의 채소 및 과수들이 재배되고 있고, 국내 과수원 중 60% 정도가 경사지에 위치하고 있어 농산물의 운송 및 수확작업에 어려움이 있음
- 농산물 운송의 어려움으로 인한 농산물의 생산성 저하와 반복적인 농산물의 상하차 및 농산물 운송작업에 의한 육체 피로도가 높고, 안전사고 등의 위험에 노출되어 있어 농림업의 경쟁력 저하를 야기하고 있음. 따라서 농산물의 수확, 운송작업에 소요되는 노동력을 대신하여 작업이 가능한 무인주행기반의 운반차가 필요한 실정임
- 무인주행기반의 운반차는 근거리 작업지역에서는 사용자가 리모트 컨트롤을 통해 운반차를 주행제어하며, 자계기반의 무인주행으로 농산물의 수확, 중거리 운송작업 등이 가능하며, 노동력을 대체할 수 있고, 이로 인해 농산물 생산성의 향상과 비용절감을 기대할 수 있음
- 장거리 이동 및 과수원, 밭, 경사지 등의 다양한 작업환경에서 주행이 가능하고, 필요시 작업자가 운반차를 직접 운전할 수 있는, 농업생산현장의 다양한 작업환경에 최적화된 운반차가 필요한 실정임
- 인체공학적 조이스틱시스템으로 단순화하여 여성농민, 농업초보자도 쉽게 조작이 가능하면서 안전성과 작업효율이 높은 스마트한 운반차가 필요함

(3) 농촌인구의 지속적 감소, 노령화 및 부녀화 가속

- 생산비를 줄이고 효율적인 기계화 영농을 실현하기 위하여 기계화가 시급한 농작업 중심으로 우량 농업기계를 개발하여 보급해야 함. 국제적으로 FTA 및 DDA 체결 등 시장개방이 확대됨에 따라 농기계산업도 경쟁이 심화되어 독창적인 기술개발 없이는 기술종속국이 되는 시대가 도래할 것으로 판단됨. 따라서 제한된 국내 농기계시장에서 외국산 농기계와

의 경쟁이 가속화될 전망이므로 품질향상 및 신기술 개발을 통한 국내 및 수출 농기계산업의 경쟁력 강화가 시급함

(4) ICT융복합 무인주행운반차 생산성 향상 및 영농비용 절감

- 현재 국내에서 개발된 운반차는 주로 궤도형이지만, 작업자가 작업기 옆에서 보행하면서 운전하여 면적이 넓은 농지나 과수원에서 작업자의 피로도가 높고, 과수수확물 운반 시에 불규칙한 농로 노면의 충격방지장치가 없어 수확과실에 손상을 주어 경제성이 낮음. 현재 일반 바퀴형도 보급이 되고는 있으나, 단순 회전반경이 커 협소한 농지나 과수원에서 작업성이 낮으며, 다목적용으로 다양한 작업이 부족함. 현재 국내에는 리모트 컨트롤 제어장치나 조이스틱으로 운전하는 스마트 ICT 유무인 주행농업용 겸용 운반차의 생산이 없음

(5) 수출 주도형 농업기계 개발 필요성

- 국내 농기계 제품은 선진국 제품에 비해서는 80% 정도로 기술수준이 낮고, 중국제품에 비해서는 가격경쟁력이 뒤떨어지는 것으로 평가되고 있음. 따라서 국내 농기계산업이 선진국과의 경쟁에서 기술적 우위를 점하고 세계시장 점유율을 높이기 위해서는 현재 세계적으로 경쟁력있는 국내 첨단 IT기술을 융합한 특화된 제품개발 및 수출주도적인 전략이 필요함

2) 연구제품의 개요

자계기반의 지능형 고효율 6WD 농자재 수송차량	
연구대상제품 개념도	제원
	<ol style="list-style-type: none"> 1. 농업전용 수송차 최대 적재능력 : 500kg 2. 주행속도 최대 : 20km/h 3. 유압조이스틱 운전장치 <ul style="list-style-type: none"> - 인체공학적 조향시스템 4. 엔진 : 11마력(가솔린 엔진) 5. 등판능력 : 20° 6. 리모트 컨트롤 주행제어장치 7. 유압트랜스미션 <ul style="list-style-type: none"> - 무한가변용량 피스톤펌프(중립복귀 제어) 8. 무인주행 핵심요소부품 <ul style="list-style-type: none"> - 자계위치 인식센서 - 무인주행 주제어기 - 필드용 리모트 컨트롤러 9. 6륜 타이어 <ul style="list-style-type: none"> - 수확과일 운반시 충격 최소화로 수확물의 손상방지 - 회전반경 최적화 10. 농산물 적재용 리프트 윈치 <ul style="list-style-type: none"> - 리프트 중량 : 50kg - 12V DC모터 윈치(230W) 11. 적재함 리프트 및 덤프장치 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 다목적용(과실수확, 농자재 운송 등)

3) 연구제품 용도(적용분야)

(1) 농자재 및 수확물 운반 기능

- 농자재, 비료, 퇴비, 종자 운반
- 과수원 수확물(사과, 배, 귤, 딸기 등) 운반 작업
- 밭작물 수확(배추, 무, 양파, 감자, 오이 등) 운반 작업
- 농업현장에서 다용도로 사용이 가능한 운반차

(2) 다목적 농업작업기로 사용

- 덤프 기능(퇴비, 객토용 흙운반)
- 1.2m 이상 적재함 리프팅(전지작업, 수확작업)
- 실내외 농업생산현장 수확, 수송, 방재작업 등 다양한 분야에서 유무인 작업기로 사용

4) 연구제품의 주요기술

○ 지속가능한 농업에 대한 시대적 요구에 의해서 첨단 농기계 필요성이 커졌으며, 노동력절감 및 생산성 증대 등 효율적인 노지의 운반작업을 위해 지능형 ICT융복합 운반차 개발은 4차 산업시대적인 수요기술이며, 신산업 창출로 글로벌시장에서 경쟁력 확보 및 시장선점에 필요한 ICT 기반의 기술임

(1) 모바일기기 서비스 기반의 무인 지능형 운반차

- 가) 핸드폰 이용 운반차 원점 홈 위치 복귀 명령
- 나) 동일작업장 다수 사용자가 운반차 호출 및 원점 복귀 기술



(2) 자계기반 유무인 자율주행 농업용 차량

- 자계기반 무인주행시스템은 아래 그림과 같이 순수 자석에서 발생하는 자계만을 이용하기 때문에 유지보수 및 운용비용이 저렴하고, 중간에 선이 단락되더라도 자계를 유지하면서 발생하고 있기 때문에 선로의 유지보수가 용이한 장점이 있음

자계기반 주행 시스템 장점	
	<ul style="list-style-type: none"> - 자계가 발생되어, 전자계 유도반식에 필요한 전원공급 및 주파수 생성 설비 불필요 - 유지보수가 쉽고 운영비 저가 - 중간에 자석이 단락되더라도 부분보수 가능 - 무인전기작업차 주행도로 자유설계 가능 - Magnetic Wire 설치 및 회수 가능 - 실내외 농산업현장에 적용가능(가볍고 이동 용이)

(3) 작업 환경별 최적 신개념 복합 주행시스템 기술

- 작업환경조건에 대한 작업성 향상을 위한 지능기술의 융합통합제어시스템 연구 및 개발. 농산물의 단위면적당 생산량 증가, 친환경 농업 및 영농비용 절감을 위한 작업환경 조건을 완전자율수준으로 인지 및 통합제어 가능한 신개념 주행시스템 개발

가) 다수의 작업자가 운반차 한 대로 작업효율화를 높여 생산성 증가(인건비, 영농비 절감)

나) 다양한 농업작업환경에 적용 가능한 최적화 시스템

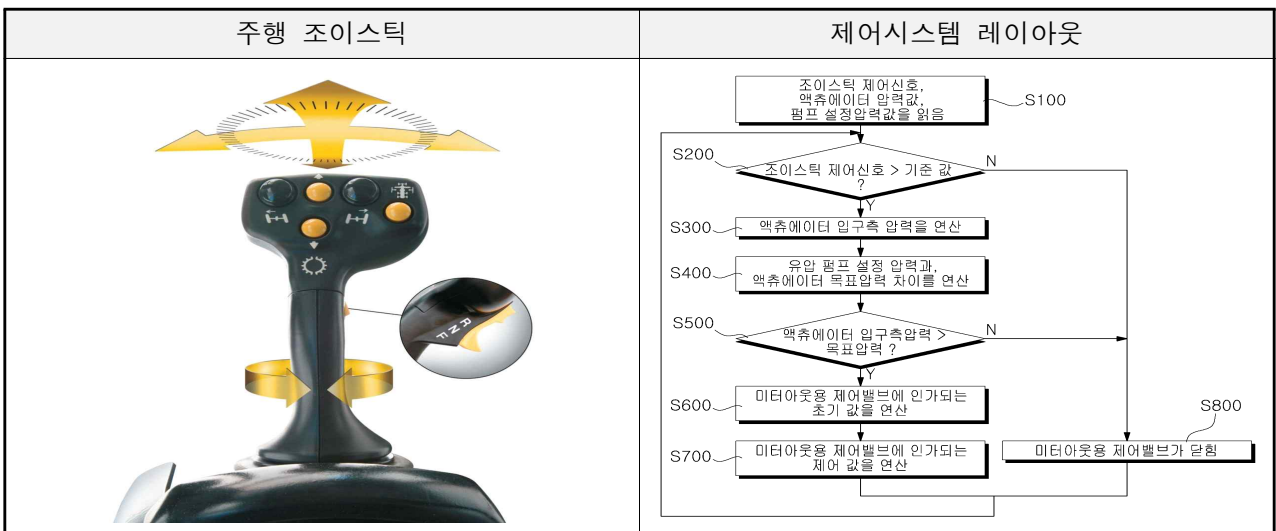
작업조건	주행형태	제어	경로
농로, 경사지, 장거리	유인주행	조이스틱	작업자 운전
근거리	무인주행	리모트 컨트롤	자게유도시스템
집중반복작업	무인주행	리모트 컨트롤	자게유도시스템
다수 작업자 사용	무인주행	모바일 기기	자게유도시스템

(4) 인체공학적인 유압제어 조이스틱 기반의 주행시스템

- 농촌의 고령화 및 여성농민 증가로 인한 귀농, 귀촌, 영농초보자가 사용하기 편리한 인체공학적인 유압제어 조이스틱으로, 작업의 편리성이 증가된 주행시스템 연구개발

가) 유압제어 최적 내구성의 메커니즘 시스템 개발

나) 유압제어 메카트로닉스 시스템 개발



(5) 리모트컨트롤러 제어로 운반차 호출 및 홈위치와 작업지 원점복귀 무인주행



- (6) 유압트랜스미션 시스템 최적화 설계 및 응용기술 개발
 - 중립복귀 제어가 가능한 무한가변용량 피스톤 펌프 적용

유압 트랜스미션 시스템	
	
	<ul style="list-style-type: none"> - 펌프와 모터, 감속기 일체형 - 무한 가변 speed - foot control을 위한 중립 복귀 장치

- (7) 과수원 수확물 상하역 소형리프트원치 시스템
 - 과수원에서 수확한 과일 및 농산물을 최대중량 60kg까지 전동원치를 이용하여 작업자 혼자 손쉽게 화물차나 운반차로 상하차가 가능하며, DC 12V로 제어가 가능한 초소형 원치 시스템 제품으로 수확과일, 농산물 등 30~50kg 내외 제품의 반복적인 수작업 상하차 작업은 고령농민과 여성농업인에게 피로도를 증가시켜 안전사고 빈도가 높아, 고령농업인과 여성인력의 안전성과 편리성을 증가시킨 소형 농업 작업기

- 가) 제품의 용도 : 과수원 수확과일 및 농산물 상하차 소형리프트원치
 나) 리프트 허용중량 : 60kg(48리터용 플라스틱 사과박스 2개 동시 리프팅 가능)
 다) DC Motor 12V 230W(소형차량 배터리 전원 사용)
 라) 와이어로프 4파이 6m(재질 : 스테인레스)
 마) 원치감속비 : 56:1
 바) 작업반경 : 2.6m
 사) 중량 : 원치중량 10kg, 전체중량 110kg
 아) 원치작업속도 : 16m/min

상하역 소형 리프트 원치시스템	
	

- (8) 6륜 바퀴 동기구동 적용 주행진동 최소화로 험로 운행 시 적재농산물 손상 최소화
 가) 회전반경 최적화 메커니즘 연구개발(스핀턴)
 나) 스펀턴은 협소한 농경지 및 소형 과수원 최적운반작업조건 실현

5) 기존기술의 문제점 및 개선방안

(1) 작업자가 직접 주행 시스템의 문제점

- 가) 농번기 수확 시 동시반복적인 운반작업으로 작업자 피로도 증가
- 나) 수확지에서 집하장소까지 여러 번 운전자 직접 운전 주행으로 인력난 가중
- 다) 다목적 용도가 아닌 운반차로 영농비용 상승요인
- 라) 주행시스템이 복잡하고 기계식으로 고령자, 여성, 귀농, 귀촌농민의 사용 어려움
- 마) 운전자 탑승으로 전복사고시 안전사고 우려

해외시판 운반차	국내시판 운반차	기존 문제점
		<ul style="list-style-type: none"> - 대부분 작업자 직접 운전 주행 - 매뉴얼 조향 시스템 - 기계식 트랜스미션 - 기구적인 조향시스템 안전 사고 우려

(2) 6륜의 필요성

- 가) 기존 운반차량의 작업시 문제점

기존제품 문제점		연구과제 제품
		
<ul style="list-style-type: none"> - 4륜 운반차 웅덩이, 잡초 조건 주행 장애 발생 	<ul style="list-style-type: none"> - 요철도로 주행 시 충격에 의한 적재수확물 전도손상 	
		<ul style="list-style-type: none"> - 6륜 구동형 험로주행 가능 - 농지, 웅덩이, 잡초구간 주행 용이 - 6륜 바퀴 접지방식으로 요철주행 충격 최소화 실현 - 경사지 및 험로주행 시 리모콘 조작으로 안전성 확보
<ul style="list-style-type: none"> - 구릉지 및 경사지 험로주행 시 안전성 부족 	<ul style="list-style-type: none"> - 궤도형 운반차 험로 주행 시 전복위험 상존 	

나) 상하역 작업시 문제점

기존 운반차	연구과제 제품
	
<ul style="list-style-type: none"> - 20~30kg 박스 수작업으로 1박스씩 상하차 - 농민 작업 육체 피로도 증가 - 노령자, 여성농민의 허리, 팔, 다리 골절 위험 	<ul style="list-style-type: none"> - 20~30kg 2박스씩 상하차 가능 - 소형리프트 이용 상하차 생산성 향상 - 작업자 안전성 향상 및 인건비 절감

(3) 농업용 운반차의 기존기술과 연구제품 차별화 기술 비교

주요기술	기존제품기술	연구제품 개선
주행	작업자 직접 운전	<ul style="list-style-type: none"> - 작업자 직접 운전 - 무인자율주행 - 리모컨 컨트롤
상차지, 하역지 반복주행	작업자 직접 운전	<ul style="list-style-type: none"> - 유무인 자율주행 - 리모컨 컨트롤 - 모바일 기기
사용자	주 작업자만 사용	<ul style="list-style-type: none"> - 모바일 기기 및 리모컨 이용 - 다수 작업자가 운반차 호출 및 복귀 기능
리프트 상하차	없음	<ul style="list-style-type: none"> - DC 12V 원치리프트
회전반경	3~4m	<ul style="list-style-type: none"> - 스피너(회전반경 제로)
타이어	4륜 궤도형	<ul style="list-style-type: none"> - 6륜(수확물 손상방지) - 요철부 주행 시 최적의 안전성 보장
트랜스미션	기계식	<ul style="list-style-type: none"> - 무한가변용량 피스톤 펌프
조향장치	기계식	<ul style="list-style-type: none"> - 유압조이스틱
기술 진보성	관행적 기술	<ul style="list-style-type: none"> - 4차 산업시대 대응 전력 농업기계 제품
사업화	국내외 레드오션 시장	<ul style="list-style-type: none"> - ICT융복합 제품 신시장 창출 제품 - 수출 주도형 제품
진동저감 기술	농업차량 장착 무	<ul style="list-style-type: none"> - 스프링 속업쇼버 헨가장치 적용 - 불규칙한 노면 주행 시 수확물 손상 방지
사고예방기술	없음	<ul style="list-style-type: none"> - 무인자율주행 중 전후방 장애물 발견 시 경보 및 정지 - 무인자율주행 모드일 경우 주행 중 경보 상시 발생 - 무인자율주행 중 응급상황 발생 시 차량 동작 정지할 수 있는 버튼 배치 - 경과등 및 경보기 설치

(4) 기존 상용화 기술 및 참여기관 수행(실적)과의 차별성(창의성) 비교

기존 상용화 기술	참여기관 수행 실적	차별성
<ul style="list-style-type: none"> - 공장 물류이동 자계기반 운반차 - 레일 주행 기반 수송차 - 자계 인식높이 100mm 미만 - 농업 노지용 자계기반기술 전무 	<ul style="list-style-type: none"> - 자계안내시스템 - 자계위치인식센서의 성능 	<ul style="list-style-type: none"> - RFID 칩 이용 원점복귀 기술 - 모바일기기로 주행제어 - 리모컨 컨트롤 제어기능 - 자계 인식높이 200mm

1-2. 연구개발 대상의 국내외 현황

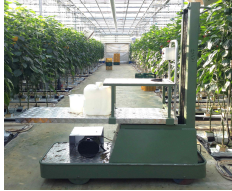

1) 국내외 기술수준 및 시장현황

(1) 국내 기술현황



가) "자계기반의 지능형 고효율 6WD 농자재 수송차량 개발" 사업화 전무

기술	국내
무인자율주행운반차	<ul style="list-style-type: none"> - 일반산업용 무인운반차는 활성화됨 - 그러나 농업용운반차 무인자율주행 기술개발 및 사업화가 전무함 - 방제기 주행 관련 초보연구 단계임 - 주로 원예시설관련 연구기반임
자계기반안내시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 반도체, 의약품 생산라인에 사용하는 자계안내시스템기술 적용사례 있음 - 그러나 농업용자계기반 안내시스템 기술개발 및 사업화 전무
방제용운반차 플랫폼	<ul style="list-style-type: none"> - 레일을 따라 주행하면서 방제가 가능한 시설원예용 레일방제로봇기술개발 - 방제로봇은 레일에서만 동작이 가능하고, 매우고가(대당 9천만원)로 현재 사업화에 어려움이 있음
센서기술	<ul style="list-style-type: none"> - 전자계방식 및 자계방식 위치인식센서 기술개발 완료 - 대부분 Hall Effect를 이용하며 이는 자계를 계측하는데 정밀도가 낮음 - 그러나 정밀도 및 신뢰성 저하로 대부분 일본의 제품을 사용하고 있는 실정
ICT 기술	<ul style="list-style-type: none"> - IoT, 클라우드, 빅데이터, 모바일 기기를 이용한 일반기계산업군에서 활발한 연구 진행 중 - 과수원 맵지원 농업정보지원 빅데이터를 활용한 연구는 초보단계로 상용화를 위한 응용연구는 부재함 - ICBM 기술을 농용운반차 작용기술은 전무한 실정

나) 온실 내에서 물류를 수송, 방제, 온실 유지보수 등 복합작업이 가능한 무인자율주행 제품은 없지만, 비닐하우스 안에 레일이 설치된 장소에 레일을 따라 움직이면서 방제, 운반하는 제품은 일부 개발되어 시범 보급됨

구분	국내시설원예용 운반차 제품		
사진			
기업	현대산업기계	(주)쓰리제이테크	성일산업
기능	<ul style="list-style-type: none"> - 유압전동리프트 - 전기구동 - 레일작업(수확 및 관리) 	<ul style="list-style-type: none"> - 유압전동리프트 - 전기구동 - 레일작업(수확 및 관리) 	<ul style="list-style-type: none"> - 유압전동리프트 - 전기구동 - 레일작업(수확 및 관리)

다) 국내 노지 농업용 운반차는 주로 조이스틱 주행으로, 리모컨 컨트롤 주행 제어기능은 전무

구분	국내 노지농업용 운반차 제품		
사진			
기업	(주)한아에스에스	나이스위드	그린농기계
기능	<ul style="list-style-type: none"> - 유인 핸들 조작 운전 - 기계식 트랜스미션 - 궤도형 타이어 - 적재능력 500~600kg 	<ul style="list-style-type: none"> - 유인 보행 주행 - 기계식 트랜스미션 - 궤도형 타이어 - 적재능력 500kg 	<ul style="list-style-type: none"> - 유인 핸들 조작 운전 - 기계식 트랜스미션 - 3륜 타이어 - 적재능력 300kg

(2) 국외 기술현황

가) 국외의 경우 시설원예에 고부가가치의 작물을 재배하고 AGV라는 자동물류운송시스템을 적용하여 농업에 첨단생산화를 통해 생산에 들어가는 비용은 줄이면서 생산량은 상승하는 효과를 통해 수익을 창출하고 있음

기술	국내
무인자율주행운반차	- 선진국인 네덜란드, 벨기에에서는 무인운반차를 활용한 시설원예첨단기술을 적용하여 생산비용은 낮추면서 생산량은 증가하는 효과를 누리고 있음
자계기반안내시스템	- 대부분 유도선로안내시스템을 사용하고 있음 - 자계기반 안내시스템은 전무한 상태임
방제용운반차 플랫폼	- 국내 레일방제로봇과 비슷한 레일을 따라 주행하면서 방제가 가능한 레일방제기 기술개발 및 사업화 완료 - 토경재배에서 사용이 불가능하고 레일에서만 주행이 가능함
센서기술	- 농업용에 적용된 기술이 전자계유도방식이기 때문에 전자유도센서만 활용하고 있는 실정임
ICT 기술	- 관리시스템이 관리자의 컴퓨터에서 관리가 가능한 시스템임 - 국내처럼 스마트폰이나 ICT통신을 활용한 기술개발은 극히 일부분에서 적용되고 있음 - 그러나 ICT 기술 응용기술 개발은 어렵지 않아 필요 시 기술개발 가능하며 현재도 기술개발 진행 중

(3) 국내외 시장현황

가) 목표시장의 경쟁상황

강점(Strengths)	약점(Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none"> - 신개념 제품개발 기술력 홍보 - 다기능 수행 노동, 영농비 절감 - ICT 융복합 제품개발로 경쟁우위 	<ul style="list-style-type: none"> - 보행형 대비 승용형으로 판매가 고가 - 신제품 인식부족 시장진입 장벽 존재 - 제품신뢰도 평가까지 시간 소요
기회(Opportunities)	위험(Threats)
<ul style="list-style-type: none"> - 국내 동일제품 없음 - 농업선진국과 대등한 기술 - 수확, 운반 일손부족, 정부보조사업 확대 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 개발 경쟁 우려 - 저가 수입품 경쟁 우려 - 소비자 ICT 작업기 인식 부족

나) 국내외 시장규모

구분	현재의 시장규모(2016)	예상 시장규모(2020)
세계 시장 규모	1,000억	2,000억
국내 시장 규모	400억	500억

* 산출방법 및 근거

- 중소기업기술정보진흥원 중소기업부 2016년 기술로드맵 자료
 - 국내 총 시장 규모 : 400억
 - 연간 신규구입 및 교체 시장 예상 규모 : 60억
 - 시장 성장 규모 : 연평균 4~5% 성장(보급율 70%까지 확장)
 - 향후 시장 규모 : 570억(이후 성장 하락 예상됨)
- 세계 시장 규모 : 우리나라 시장 15배로 추정
 - 가중치 산정법
 - . 농업 특색 고려 : 일본 1.5, 중국 3.2, 아시아 2.0, 북남미 5.5, 유럽 3.0
 - . 농업기계화 연구소 기준

(4) 국내외 경쟁기관 현황

가) 국내외 주요시장 경쟁사

NO	경쟁사명	제품명	판매가격(천원)	연판매액(천원)
1	한성T&A	4륜구동 승용운반차	19,000	6,000,000
2	한아에스에스	궤도형 승용운반차	21,500	7,000,000
3	바우컴퍼니	4륜구동 승용운반차	22,000	5,000,000

나) 관련제품 시장조사

NO	경쟁사명	제품명	판매가격(천원)	연판매액(천원)
1	현대산업기계	레일작업기	3300	500000
2	쓰리제이테크	레일작업기	8000	800000
3	성일산업	레일작업기	6000	600000
4	Bogaert(Belgium)	AGV	3000~3500	-
5	Berg(Netherlands)	AGV	3200~3800	-
6	Steenks(Netherlands)	AGV	3000~42000	-

다) 국외 주요 경쟁사

- 유럽의 경우 많은 회사들이 전자유도방식의 AGV를 개발하여 공급하고 있으며, 이외 자동화에 필요한 장비를 개발하여 공급하고 있음

Bogaert(Belgium)	Berg(Netherlands)	Steenks(Netherlands)
		

2) 지식재산권 현황

(1) 국내외 주요 관련 지식재산권 현황

개발기술명	시설원예 AGV	자계기잡유도시스템	시설원예방제기	
keyword	AGV	Magnetic, AGV	Greenhouse Spray	
검색건수	600	110	200	
유효특허건수	10	3	10	
핵심특허 및 관련성	특허명	Automatic guided Vehicle system and method	Sensor system and Method for use with an automated guided vehicle(AGV)	Agricultural robot for pest control, and agricultural robot system for pest control
	보유국	미국	미국	한국
	등록년도	2014	2013	2014.03.06. 공개
	유사점	자계안내 AGV	자계유도시스템	레일방제
	차이점	- 일반산업용으로 시설원예 및 노지사용 부적합	- 자계인식높이 40mm 이하, 본 과제 연구기술은 인식높이 200mm - 센서인식기반과 자계인식기반기술과는 제어방식의 기술이 차별성이 있음	- 레일기반의 무인주행으로 자계기반 본 과제의 기술 차별성이 있음

(2) 관련특허 회피방안

기술	기술내용	회피방법	기타
무인운반차	- 무인운반차의 경우 다른 장비와 함께 사용할 수 없는 구조	- 무인운반차를 다목적으로 사용할 수 있도록 슬라이딩방식으로 장비교체가 가능하도록 하고 진동최소화를 위하여 스프링 속업쇼버를 개발하여 토경재배에서 균형을 잃지 않고 주행이 가능하도록 할 예정	특허출원예정
유도	- 시설원예 적용된 유도방식은	- 플렉서블하면서 가볍고 원하는 형태	논문예정

시스템	전자유도방식으로 토경재배에 서는 사용할 수 없음	로 길을 만들 수 있고 유지보수가 쉬 운 자계기반의 유도시스템을 센서와 함께 개발할 예정	
조향 시스템	- 리모컨 컨트롤과 모바일기기 주행제어는 기존기술 없음	- 자계유도 무인주행 시스템, 리모컨 컨 트롤과 작업자 직접 운전 주행 및 원 점 복귀 제어 알고리즘과 메커니즘 개 발	특허출원예정
원점복귀 시스템	- RFID 태그 장착된 통합제어 시스템	- 리모컨 컨트롤과 모바일기기를 이용 한 원전복귀 제어시스템을 적용한 수 송차량 개발로 차별화 및 기존특허를 회피 - 자계기반회로 자율설계가능기술 개발	특허출원예정
안전사고 예방	- 안전사고예방 시스템	- 센서로 전방사고 우려 장애물 발견 시 주행정지 및 경보로 알람 가능 - 응급상황 발생 시 차량정지 버튼 배치 기술	

(3) 국내외 관련특허 조사

NO	특허명	출원/등록번호	출원/등록일	출원인
1	자계기반 무인주행차량의 주행 위치 검출 장치 및 도로정보제공 장치	1020160070358	2016.06.07.	한국생산기술연구원
2	자계표식기반에 의한 차량의 무인주행시스템과 방법	2020080005790	2008.04.30.	유영재 (주)아성전기 (주)로보센스
3	자율주행차량의 전원 제어 장치 및 방법	1020170156835	2017.11.22.	(주)경신
4	자기장을 이용한 궤도차량의 자율주행시스템 및 주행방법	1020040017263	2004.03.15.	한국철도기술연구원
5	농기계 무인 작업 제어 장치	1019990033405	1999.08.13.	대한민국 (농촌진흥청)
6	농업용 트랙터의 자율주행 제어 시스템	1020120062065	2012.06.11.	(주)엔맨드솔루션
7	GPS, UWB 및 V2X를 접목하여 차량의 위치를 결정하는 자율 주행 방법 및 시스템	1020150179259	2015.12.15.	한양대학교 산학협력단
8	CDGPS를 이용한 자율 이동 차량의 위치 추정 시스템, 이를 구비한 자율 이동 차량 및 자율 이동 차량의 위치 추정 방법	1020110109584	2011.10.25.	국방과학연구소
9	다중 저가형 GPS를 이용한 농업용 무인 트랙터의 자율주행용 위치 추정방법 및 시스템	1020150136975	2015.09.25.	서울대학교 산학협력단
10	자율주행 콤바인	1020180000382	2018.01.03.	(주)동양물산기업
11	위치 기반 완전 자동 농지 경작 시스템	1020070074965	2007.07.26.	순천대학교 산학협력단

12	지능형 무인 제초 로봇	1020130129759	2013.10.30.	(주)드림씨엔지
13	[일본]농업용 작업차	04088107	2008.02.29.	ヤンマー農機株式会社 , ヤンマー株式会社
14	[일본]농업용 작업차	17176622	2005.07.07.	YANMAR CO.LTD
15	[일본]자율 주행(autonomous travel) 차의 주행 제어장치 VEHICLE	08249061	1996.09.27	FUJI HEAVY IND.LTD
16	[일본]무인 주행 차량의 유도 장치(guide) 및 무인 주행 차량의 유도 방법	05610870	2014.09.12.	三菱重工業株式会社
17	[일본]콤바인	29195804	2017.11.02.	ヤンマー株式会社
18	자율주행 이동물체 및 목표 항로 추적 방법	1020060020127	2006.03.02.	김진완
19	자동운송차량 자계안내 시스템의 지자계 제거 방법 및 장치	1020060022149	2006.03.09.	임대영, 유영재, 정영운
20	자계위치인식센서의 성능 향상 및 그 방법	202008005757	2008.04.30.	유영재, 임대영, 김정환, 주철관 (주)아성전기 (주)로보센스

대상국가	대한민국, 미국, 일본, 중국, 유럽
특허DB	특허정보원 DB(http://www.kipric.or.kr)
검색건수	대한민국 163건, 미국 238 건, 유럽 143건, 일본 79건, 중국 2건
검색범위	<ul style="list-style-type: none"> - keyword 검색으로 수행함 ▪ ICBM 자율주행, 자동제어주행, 유무인 복합운반차 조이스틱컨트롤, 멀티작업운반차, ICBM self driving, auto control running, Unmanned trance, Joystick control drive, Multitasking carrier
핵심특허 관련성	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 수요자 중심의 ICT 자계유도살포기는 과제와 관련한 유사선행기술 없음 - 국외는 유사한 선행기술은 존재하나 본과제와 유사성 없음

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

2-1. 1차년도 수행과정 및 수행내용

1) 주관연구개발기관 : (주)그린맥스

○ 연구개발 목표

- (1) 계획수립 및 자료조사
- (2) 운반차 전체시스템 레이아웃 설계
- (3) 주요부품 최적설계
- (4) 1차 주요부품 개발 및 제작

○ 수행내용 및 범위

(1) 계획수립 및 자료조사

가) 국내 시장 자료 조사

- 국내 ICT융복합 운반차 전무
 - 농업용 무인자율주행/자계기반 운반차 없음
 - 주로 원예시설 관련 연구기반
 - 리모컨 컨트롤 주행 없음
- 센서 기술
 - 전자계방식/자계방식 위치인식센서 기술개발 완료
 - 정밀도/신뢰성 낮음
- ICT 기술응용 상황
 - IoT, 클라우드, 빅데이터, 모바일폰 활발한 연구 진행 중
 - 과수원맵 지원 응용연구 부진
 - ICBM 적용기술 전무

나) 국외 시장 자료 조사

- 시설원에 AGV 적용 활용
 - 생산비감소 및 생산효율성 증가
 - 무인운반차 기술 활용
 - 유도선로 안내시스템 이용
- ICT 기술응용 상황
 - 자계기반 안내 전무
 - 레일에서만 주행 가능
 - 전자유도센서만 활용됨
 - 컴퓨터 관리 가능하나 스마트폰, ICT 통신은 일부만 활용

국내외 무인/자계기반 운반차





다) 국내외 시장현황
- 국내외 시장 규모

구분	현재 규모	예상 규모
세계	1,000억	2,000억
국내	400억	500억

- 국내 시장 SWOT 분석

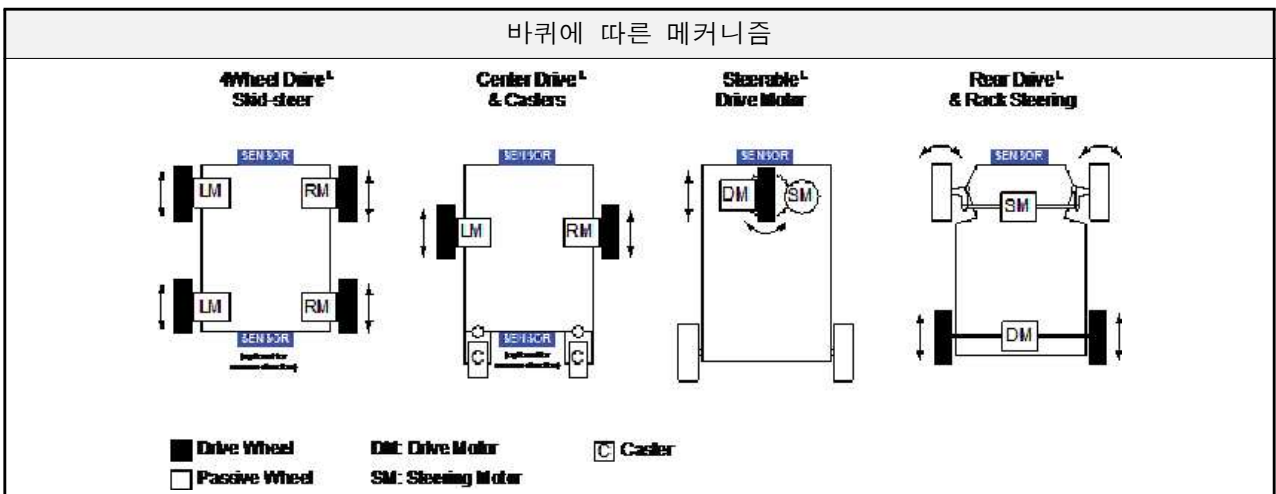
강점(Strengths)	약점(Weaknesses)
<ul style="list-style-type: none"> - 신개념 제품개발 기술력 홍보 - 다기능 수행 노동, 영농비 절감 - ICT 융복합 제품개발로 경쟁우위 	<ul style="list-style-type: none"> - 보행형 대비 승용형으로 판매가 고가 - 신제품 인식부족 시장진입 장벽 존재 - 제품신뢰도 평가까지 시간 소요
기회(Opportunities)	위험(Threats)
<ul style="list-style-type: none"> - 국내 동일제품 없음 - 농업선진국과 대등한 기술 - 수확, 운반 일손부족, 정부보조사업 확대 	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 개발 경쟁 우려 - 저가 수입품 경쟁 우려 - 소비자 ICT 작업기 인식 부족

라) 기존제품 분석
- 자계기반/전자계기반 무인 주행

자계기반	전자계기반
	
<ul style="list-style-type: none"> - 부대시설 필요 - 저가 운영비 - 부분 보수 가능 - AGV 주행도로 자유설계 가능 - 유리온실+비닐온실 적용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 부대설비 불필요 - 고가 운영비 - 부분 보수 불가 - AGV 주행도로 전자계 고정 - 비닐온실 적용 불가

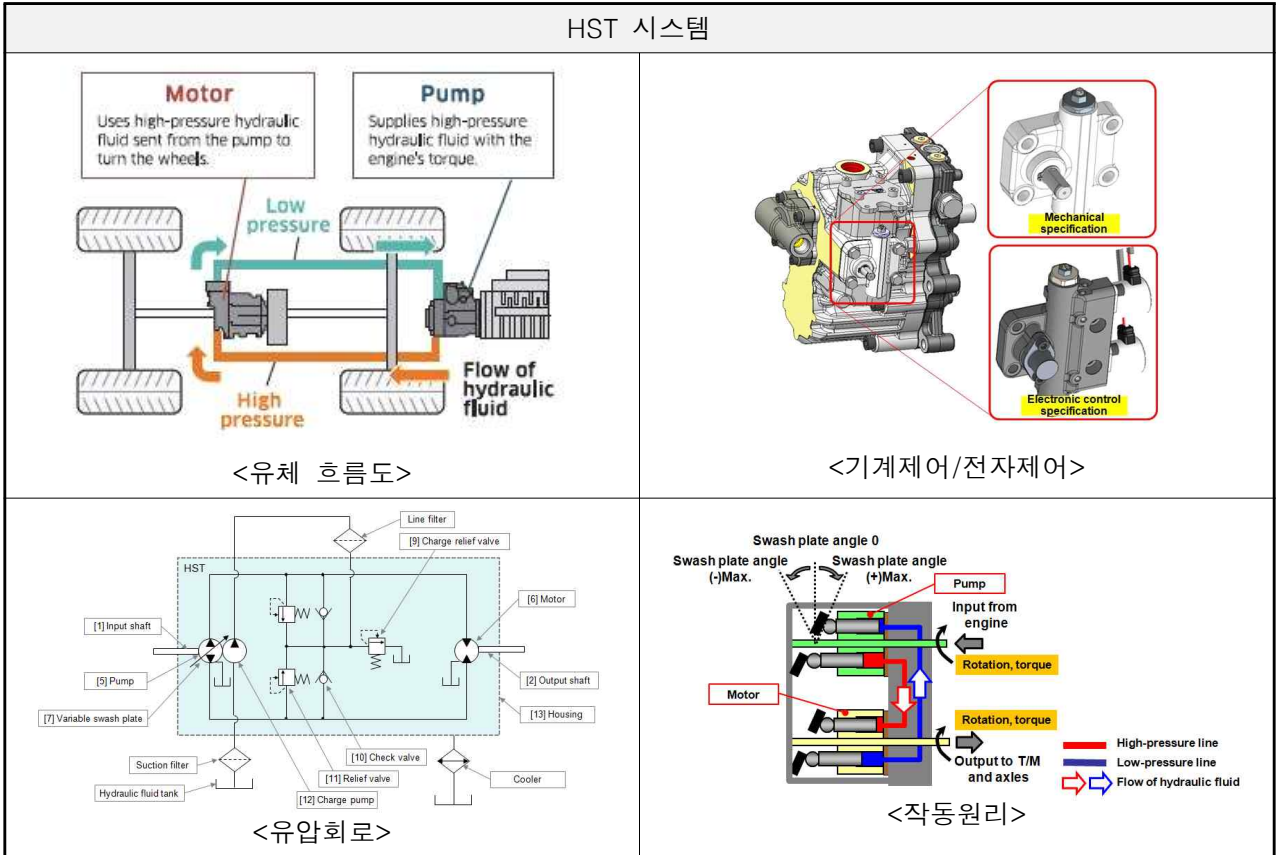
- 조향에 대한 바퀴 조사

- 제자리 회전 최적화 알고리즘을 통한 최소의 슬립각을 설계해야 함
- 타이어 회전 저항 모멘트 등의 식을 이용하여 최적화 값을 도출할 수 있음



- HST 자료 조사

- 피스톤/모의 폐 회로 동력전달
- 펌프/모터 유압유체 순환
- 기계식 레버 → 전자제어 어셈블리 대체하여 전자제어 가능



마) 개발제품 concept 설정



- 구성

- 하부프레임, 적재함, 리프트원치, 유압실린더, 6륜 구동, 조이스틱, 스프링속업쇼버

- ICT 기능

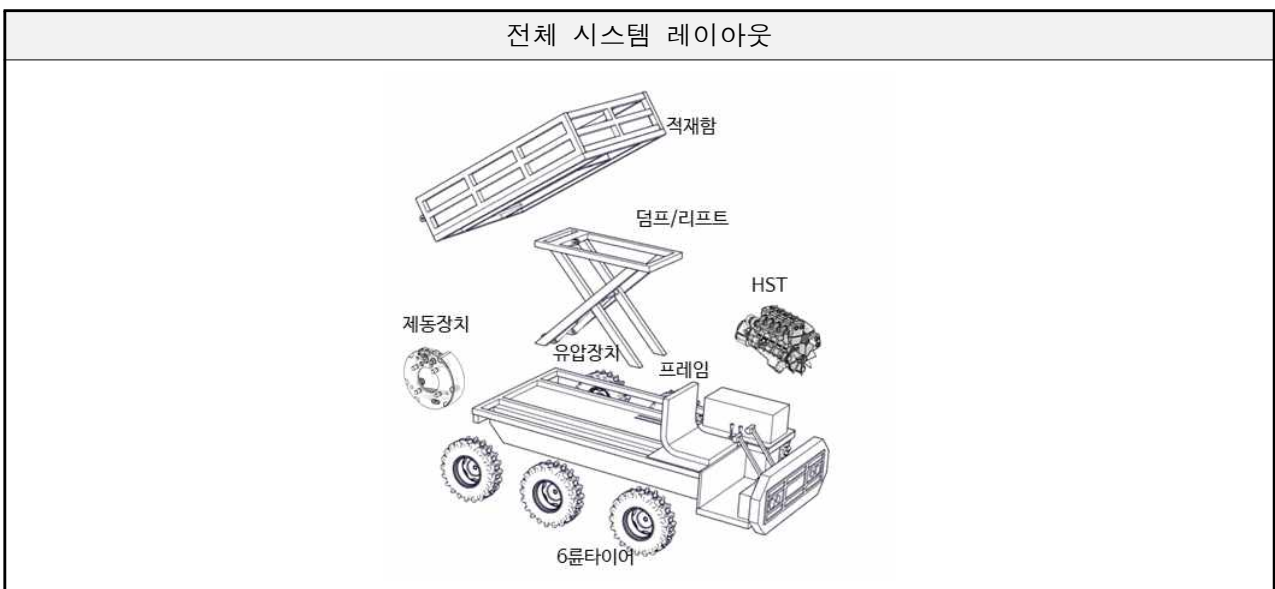
- 핵심부품 : 제어기, 리모컨, 센서, Magnetic wire

- 거점원점복귀, 자계기반, 무인주행, 리모컨 컨트롤, 사고예방
- 핵심기술
 - 모바일/리모컨 컨트롤 제어로 홈위치/작업지 왕복무인주행
 - 자계 wire 내 RFID 태그 적용
 - 리프트원치 부착 상하차 문제 해소
 - 다기능 수행 적재함(리프트/덤프)
 - 서스펜션 장착 6륜 구동 시스템

(2) 운반차 전체시스템 레이아웃 설계

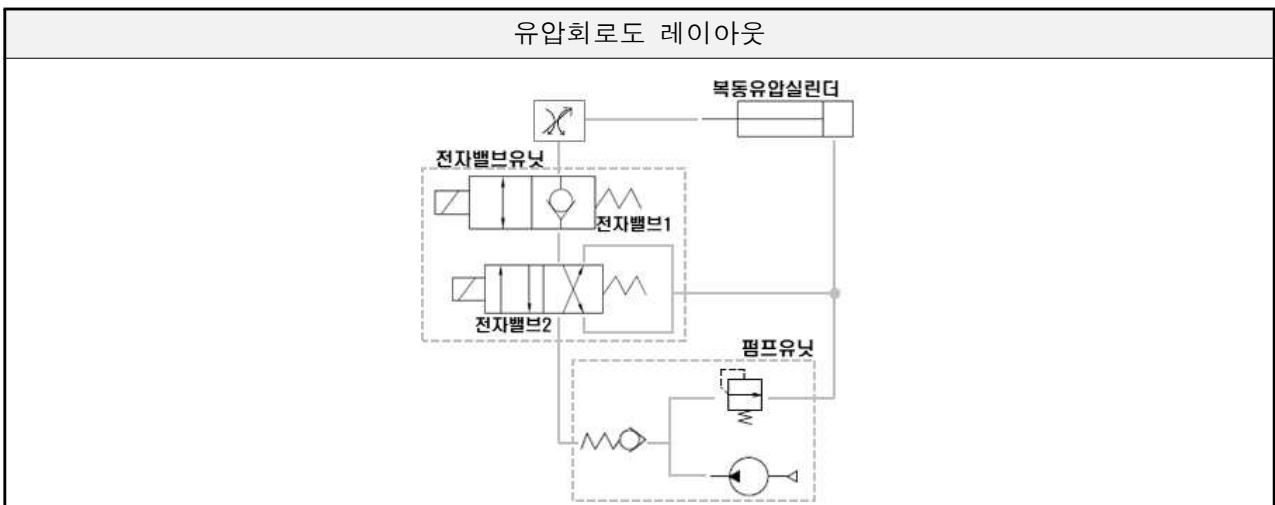
가) 전체 메커니즘 레이아웃 설계

- HST 시스템(엔진/피스톤펌프/엑셀), 조향장치(레버/리모컨), 제동장치, 유압장치, 적재함(리프트/덤프), 프레임, 6륜 타이어, 리프트원치
- 자계위치인식센서, 무인주행 주제어기, 필드용리모컨



나) 유압회로도 레이아웃 설계

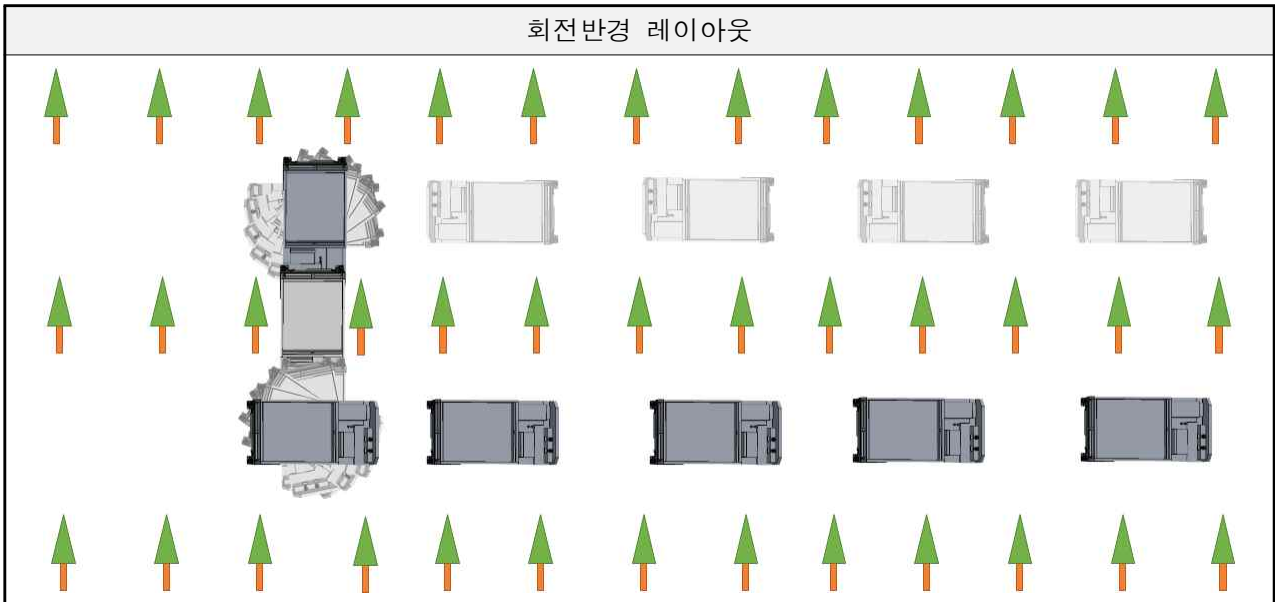
- 복동형 유압실린더 전자제어 방식
 - 복동 유압실린더/전자밸브/펌프
- 유압실린더 상승 : 전자밸브1 ON
- 유압실린더 하강 : 전자밸브2 ON



(3) 주요부품 최적설계 및 제작

가) 구동부(6륜 구동축)

- 컨셉/제원 설정
 - 6륜 구동 시스템
 - 회전반경 최소화(스핀턴)

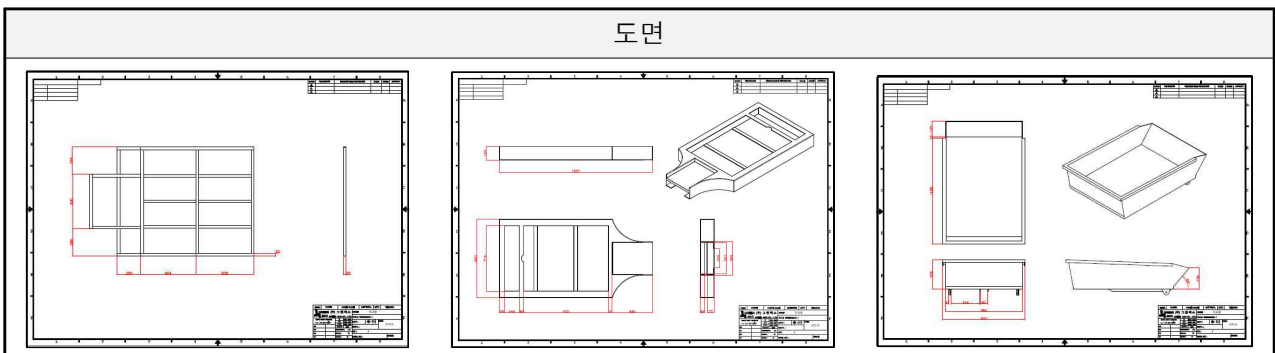


- 설계
 - 6륜 구동시스템 제작을 위한 6륜 구동축 설계하였음
 - 2차년도에 취약부 개선방안을 도출하여 보완할 예정

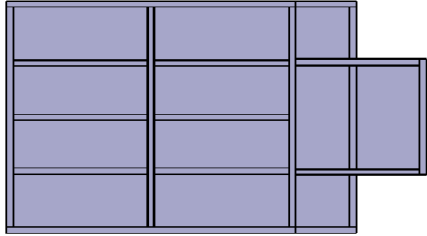
나) 운반차 플랫폼(메인 및 샤페 프레임, 적재함)

- 컨셉/제원 설정
 - 용도 : 농업용 운반
 - 기능 : 리프트/덤프(유압실린더)
 - 운전방식 : 자계기반, 운전자 탑승, 조이스틱, 리모컨 컨트롤
 - 하부프레임 : 6륜 구동 프레임

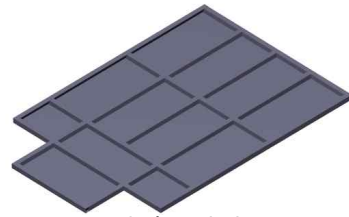
- 설계
 - 하부프레임(메인 및 샤페)는 공동연구개발기관과 협의 1600x1800mm로 결정, 군산대학교산학협력단의 구조해석결과를 바탕으로 제작. 2차년도에는 1차 시작품을 토대로 강도해석 결과를 분석하여 취약부분을 보완할 예정
 - 적재함은 리프팅 및 덤프를 통한 운반물 상하차가 가능해야 하기 때문에 후부를 낮게 설계하여 덤프 시 운반물이 적절하게 이동되도록 설계. 2차년도에는 리프팅 시험 및 적재중량 시험 등을 토대로 적합한 강도와 구조를 분석하여 개선할 예정



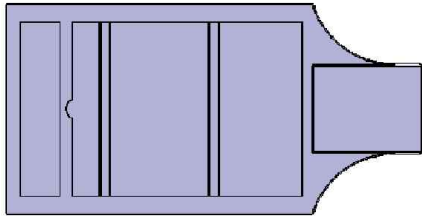
모델링



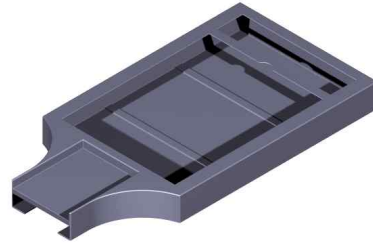
<메인프레임>



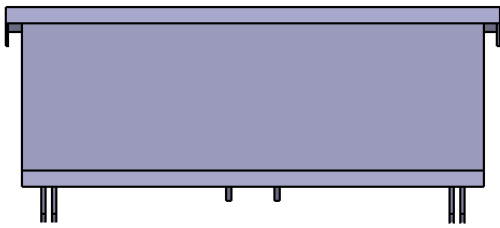
<메인프레임>



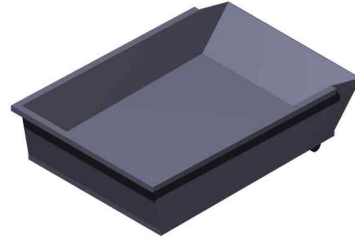
<샴시프레임>



<샴시프레임>



<적재함>



<적재함>

다) 리프트윈치

- 컨셉/제원 설정

- 용도 : 수확과일, 농산물 상하차
- 작업속도 : 16m/min
- 작업반경 : 2.6m
- 허용중량 : 60kg

- 설계

- 원치계산시트를 작성하여 원치 모터감속비 확인 및 배터리 선정

원치계산시트

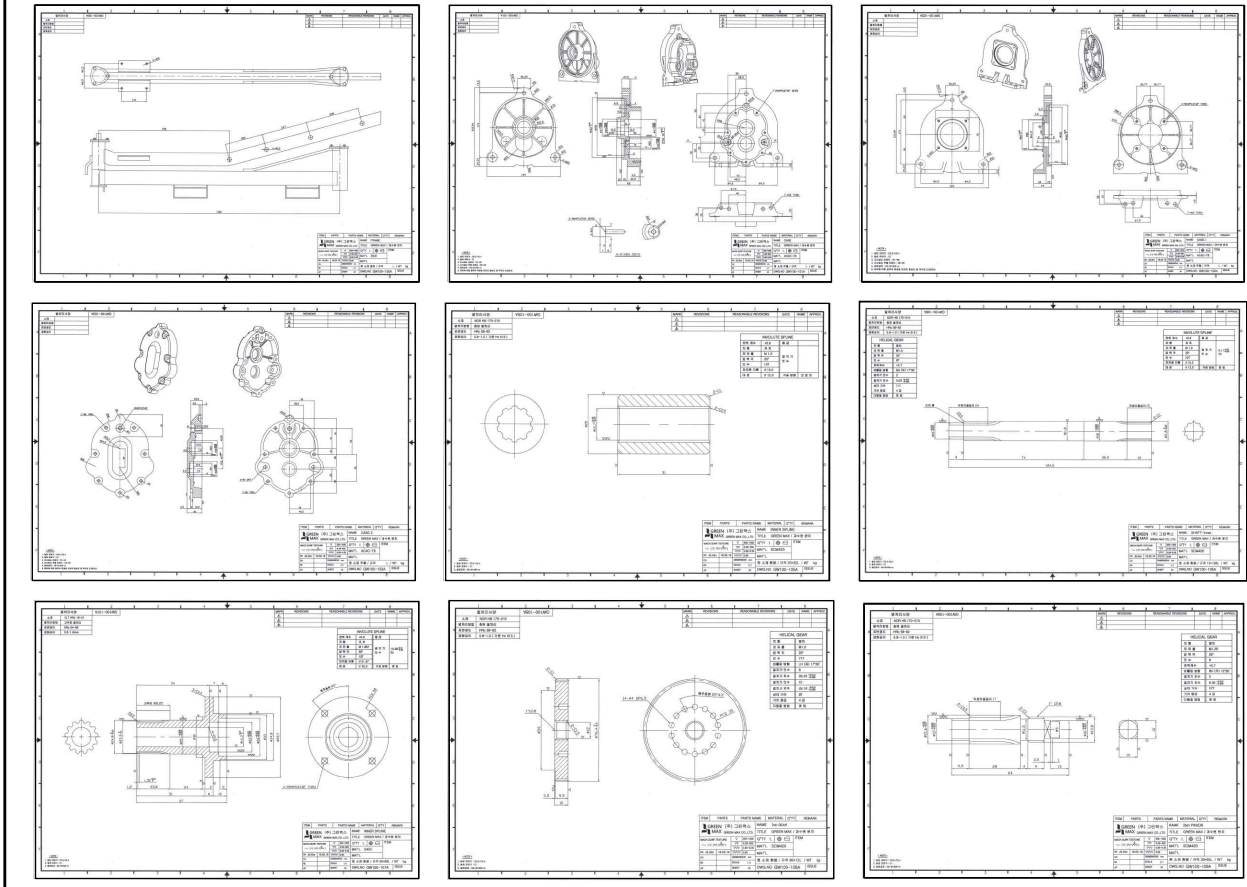
CALCULATION SHEET FOR WINCH DRIVE				
번호	항목	단위	값	비고
1	Rated load	kg	235	value
2	Lifting load	kg	235	235 kg
3	Load	kg	235	kg
4	Lifting speed	m/min	16	16m/min
5	Motor winding speed	rpm	300	rpm
6	Motor shaft load	kg	235	kg
7	Motor motor power	kw	2.770	value
8	Motor speed	rpm	3000	3000 rpm
9	Motor shaft of rope	mm	20	20mm
10	Load factor	-	1.2	1.2
11	Actual load of rope	kg	282	282 kg
12	Actual load of rope	kg	282	282 kg
13	Actual load of rope	kg	282	282 kg
14	Actual load of rope	kg	282	282 kg
15	Actual load of rope	kg	282	282 kg
16	Actual load of rope	kg	282	282 kg
17	Actual load of rope	kg	282	282 kg
18	Actual load of rope	kg	282	282 kg
19	Actual load of rope	kg	282	282 kg
20	Actual load of rope	kg	282	282 kg
21	Actual load of rope	kg	282	282 kg
22	Actual load of rope	kg	282	282 kg
23	Actual load of rope	kg	282	282 kg
24	Actual load of rope	kg	282	282 kg
25	Actual load of rope	kg	282	282 kg
26	Actual load of rope	kg	282	282 kg
27	Actual load of rope	kg	282	282 kg
28	Actual load of rope	kg	282	282 kg
29	Actual load of rope	kg	282	282 kg
30	Actual load of rope	kg	282	282 kg
31	Actual load of rope	kg	282	282 kg
32	Actual load of rope	kg	282	282 kg
33	Actual load of rope	kg	282	282 kg
34	Actual load of rope	kg	282	282 kg
35	Actual load of rope	kg	282	282 kg
36	Actual load of rope	kg	282	282 kg
37	Actual load of rope	kg	282	282 kg
38	Actual load of rope	kg	282	282 kg
39	Actual load of rope	kg	282	282 kg
40	Actual load of rope	kg	282	282 kg
41	Actual load of rope	kg	282	282 kg
42	Actual load of rope	kg	282	282 kg
43	Actual load of rope	kg	282	282 kg
44	Actual load of rope	kg	282	282 kg
45	Actual load of rope	kg	282	282 kg
46	Actual load of rope	kg	282	282 kg
47	Actual load of rope	kg	282	282 kg
48	Actual load of rope	kg	282	282 kg
49	Actual load of rope	kg	282	282 kg
50	Actual load of rope	kg	282	282 kg
51	Actual load of rope	kg	282	282 kg
52	Actual load of rope	kg	282	282 kg
53	Actual load of rope	kg	282	282 kg
54	Actual load of rope	kg	282	282 kg
55	Actual load of rope	kg	282	282 kg
56	Actual load of rope	kg	282	282 kg
57	Actual load of rope	kg	282	282 kg
58	Actual load of rope	kg	282	282 kg
59	Actual load of rope	kg	282	282 kg
60	Actual load of rope	kg	282	282 kg
61	Actual load of rope	kg	282	282 kg
62	Actual load of rope	kg	282	282 kg
63	Actual load of rope	kg	282	282 kg
64	Actual load of rope	kg	282	282 kg
65	Actual load of rope	kg	282	282 kg
66	Actual load of rope	kg	282	282 kg
67	Actual load of rope	kg	282	282 kg
68	Actual load of rope	kg	282	282 kg
69	Actual load of rope	kg	282	282 kg
70	Actual load of rope	kg	282	282 kg
71	Actual load of rope	kg	282	282 kg
72	Actual load of rope	kg	282	282 kg
73	Actual load of rope	kg	282	282 kg
74	Actual load of rope	kg	282	282 kg
75	Actual load of rope	kg	282	282 kg
76	Actual load of rope	kg	282	282 kg
77	Actual load of rope	kg	282	282 kg
78	Actual load of rope	kg	282	282 kg
79	Actual load of rope	kg	282	282 kg
80	Actual load of rope	kg	282	282 kg
81	Actual load of rope	kg	282	282 kg
82	Actual load of rope	kg	282	282 kg
83	Actual load of rope	kg	282	282 kg
84	Actual load of rope	kg	282	282 kg
85	Actual load of rope	kg	282	282 kg
86	Actual load of rope	kg	282	282 kg
87	Actual load of rope	kg	282	282 kg
88	Actual load of rope	kg	282	282 kg
89	Actual load of rope	kg	282	282 kg
90	Actual load of rope	kg	282	282 kg
91	Actual load of rope	kg	282	282 kg
92	Actual load of rope	kg	282	282 kg
93	Actual load of rope	kg	282	282 kg
94	Actual load of rope	kg	282	282 kg
95	Actual load of rope	kg	282	282 kg
96	Actual load of rope	kg	282	282 kg
97	Actual load of rope	kg	282	282 kg
98	Actual load of rope	kg	282	282 kg
99	Actual load of rope	kg	282	282 kg
100	Actual load of rope	kg	282	282 kg

CALCULATION SHEET FOR WINCH DRIVE				
번호	항목	단위	값	비고
1	Rated load of winch rope	kg	235	value
2	Lifting load	kg	235	235 kg
3	Load	kg	235	kg
4	Lifting speed	m/min	16	16m/min
5	Motor winding speed	rpm	300	rpm
6	Motor shaft load	kg	235	kg
7	Motor motor power	kw	2.770	value
8	Motor speed	rpm	3000	3000 rpm
9	Motor shaft of rope	mm	20	20mm
10	Load factor	-	1.2	1.2
11	Actual load of rope	kg	282	282 kg
12	Actual load of rope	kg	282	282 kg
13	Actual load of rope	kg	282	282 kg
14	Actual load of rope	kg	282	282 kg
15	Actual load of rope	kg	282	282 kg
16	Actual load of rope	kg	282	282 kg
17	Actual load of rope	kg	282	282 kg
18	Actual load of rope	kg	282	282 kg
19	Actual load of rope	kg	282	282 kg
20	Actual load of rope	kg	282	282 kg
21	Actual load of rope	kg	282	282 kg
22	Actual load of rope	kg	282	282 kg
23	Actual load of rope	kg	282	282 kg
24	Actual load of rope	kg	282	282 kg
25	Actual load of rope	kg	282	282 kg
26	Actual load of rope	kg	282	282 kg
27	Actual load of rope	kg	282	282 kg
28	Actual load of rope	kg	282	282 kg
29	Actual load of rope	kg	282	282 kg
30	Actual load of rope	kg	282	282 kg
31	Actual load of rope	kg	282	282 kg
32	Actual load of rope	kg	282	282 kg
33	Actual load of rope	kg	282	282 kg
34	Actual load of rope	kg	282	282 kg
35	Actual load of rope	kg	282	282 kg
36	Actual load of rope	kg	282	282 kg
37	Actual load of rope	kg	282	282 kg
38	Actual load of rope	kg	282	282 kg
39	Actual load of rope	kg	282	282 kg
40	Actual load of rope	kg	282	282 kg
41	Actual load of rope	kg	282	282 kg
42	Actual load of rope	kg	282	282 kg
43	Actual load of rope	kg	282	282 kg
44	Actual load of rope	kg	282	282 kg
45	Actual load of rope	kg	282	282 kg
46	Actual load of rope	kg	282	282 kg
47	Actual load of rope	kg	282	282 kg
48	Actual load of rope	kg	282	282 kg
49	Actual load of rope	kg	282	282 kg
50	Actual load of rope	kg	282	282 kg
51	Actual load of rope	kg	282	282 kg
52	Actual load of rope	kg	282	282 kg
53	Actual load of rope	kg	282	282 kg
54	Actual load of rope	kg	282	282 kg
55	Actual load of rope	kg	282	282 kg
56	Actual load of rope	kg	282	282 kg
57	Actual load of rope	kg	282	282 kg
58	Actual load of rope	kg	282	282 kg
59	Actual load of rope	kg	282	282 kg
60	Actual load of rope	kg	282	282 kg
61	Actual load of rope	kg	282	282 kg
62	Actual load of rope	kg	282	282 kg
63	Actual load of rope	kg	282	282 kg
64	Actual load of rope	kg	282	282 kg
65	Actual load of rope	kg	282	282 kg
66	Actual load of rope	kg	282	282 kg
67	Actual load of rope	kg	282	282 kg
68	Actual load of rope	kg	282	282 kg
69	Actual load of rope	kg	282	282 kg
70	Actual load of rope	kg	282	282 kg
71	Actual load of rope	kg	282	282 kg
72	Actual load of rope	kg	282	282 kg
73	Actual load of rope	kg	282	282 kg
74	Actual load of rope	kg	282	282 kg
75	Actual load of rope	kg	282	282 kg
76	Actual load of rope	kg	282	282 kg
77	Actual load of rope	kg	282	282 kg
78	Actual load of rope	kg	282	282 kg
79	Actual load of rope	kg	282	282 kg
80	Actual load of rope	kg	282	282 kg
81	Actual load of rope	kg	282	282 kg
82	Actual load of rope	kg	282	282 kg
83	Actual load of rope	kg	282	282 kg
84	Actual load of rope	kg	282	282 kg
85	Actual load of rope	kg	282	282 kg
86	Actual load of rope	kg	282	282 kg
87	Actual load of rope	kg	282	282 kg
88	Actual load of rope	kg	282	282 kg
89	Actual load of rope	kg	282	282 kg
90	Actual load of rope	kg	282	282 kg
91	Actual load of rope	kg	282	282 kg
92	Actual load of rope	kg	282	282 kg
93	Actual load of rope	kg	282	282 kg
94	Actual load of rope	kg	282	282 kg
95	Actual load of rope	kg	282	282 kg
96	Actual load of rope	kg	282	282 kg
97	Actual load of rope	kg	282	282 kg
98	Actual load of rope	kg	282	282 kg
99	Actual load of rope	kg	282	282 kg
100	Actual load of rope	kg	282	282 kg

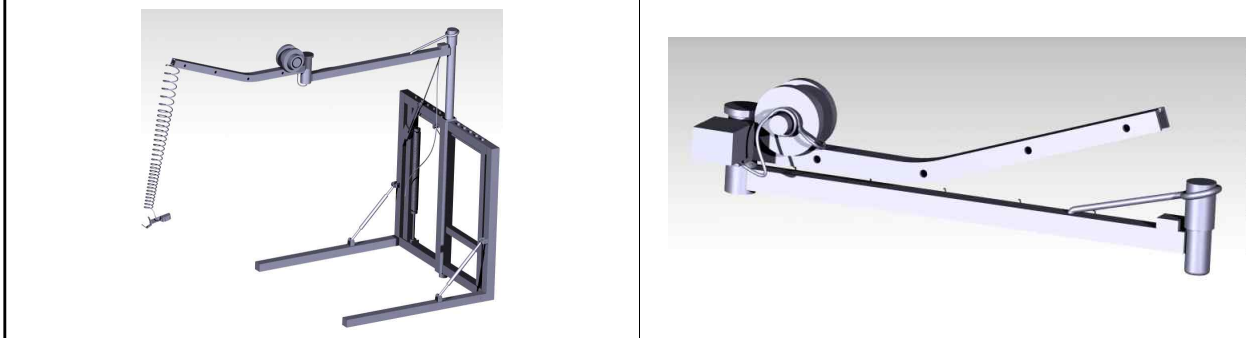
- 원치중량 : 10kg
- 감속비 : 56:1
- 와이어 : 4파이 6m
- DC 12V 230W

리프트윈치는 운반차 후부에 부착하여 운반물을 상하차할 수 있도록 운반차 크기와 비슷한 지지대를 제작하여 지지대에 윈치를 부착할 수 있도록 하였고, 2단 접이식 ARM으로 설계하여 다양한 방향으로 운반이 가능한 구조로 설계하였음. 또한 ARM의 상하는 스프링구동방식으로 설계하였고, 와이어는 스테인레스로 제작하여 내구성을 높였음

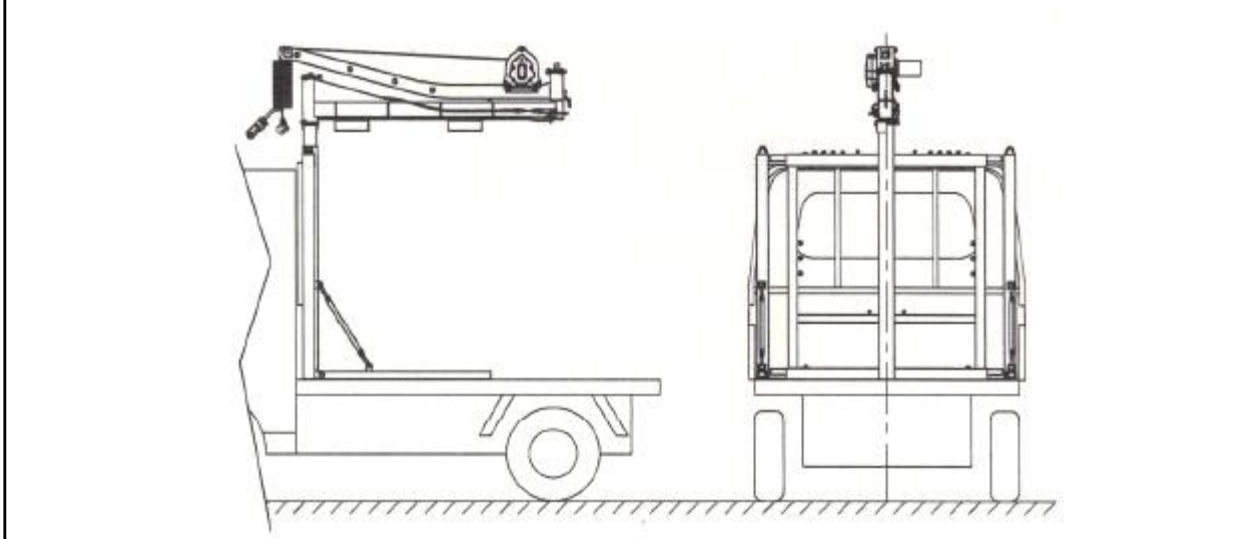
도면



모델링



장착 예상도



(4) 1차 주요부품 개발 및 제작

가) 구동부

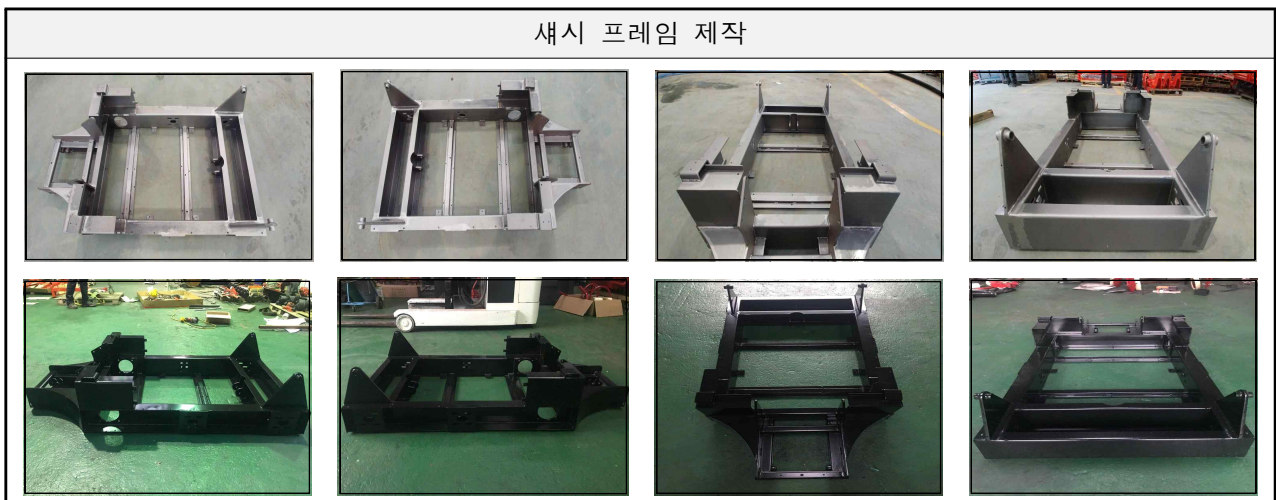
- 6륜 구동 축



나) 하부프레임

- 샐시 프레임

▪ 도장/도색 완료



- 메인 프레임

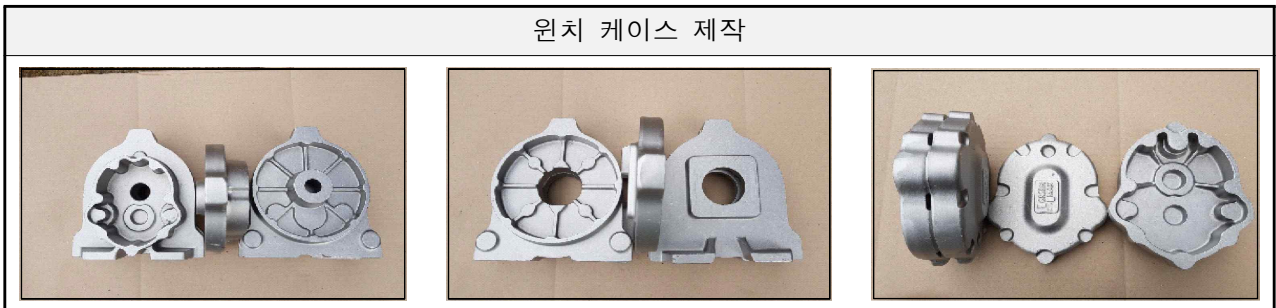
▪ 도장/도색 완료



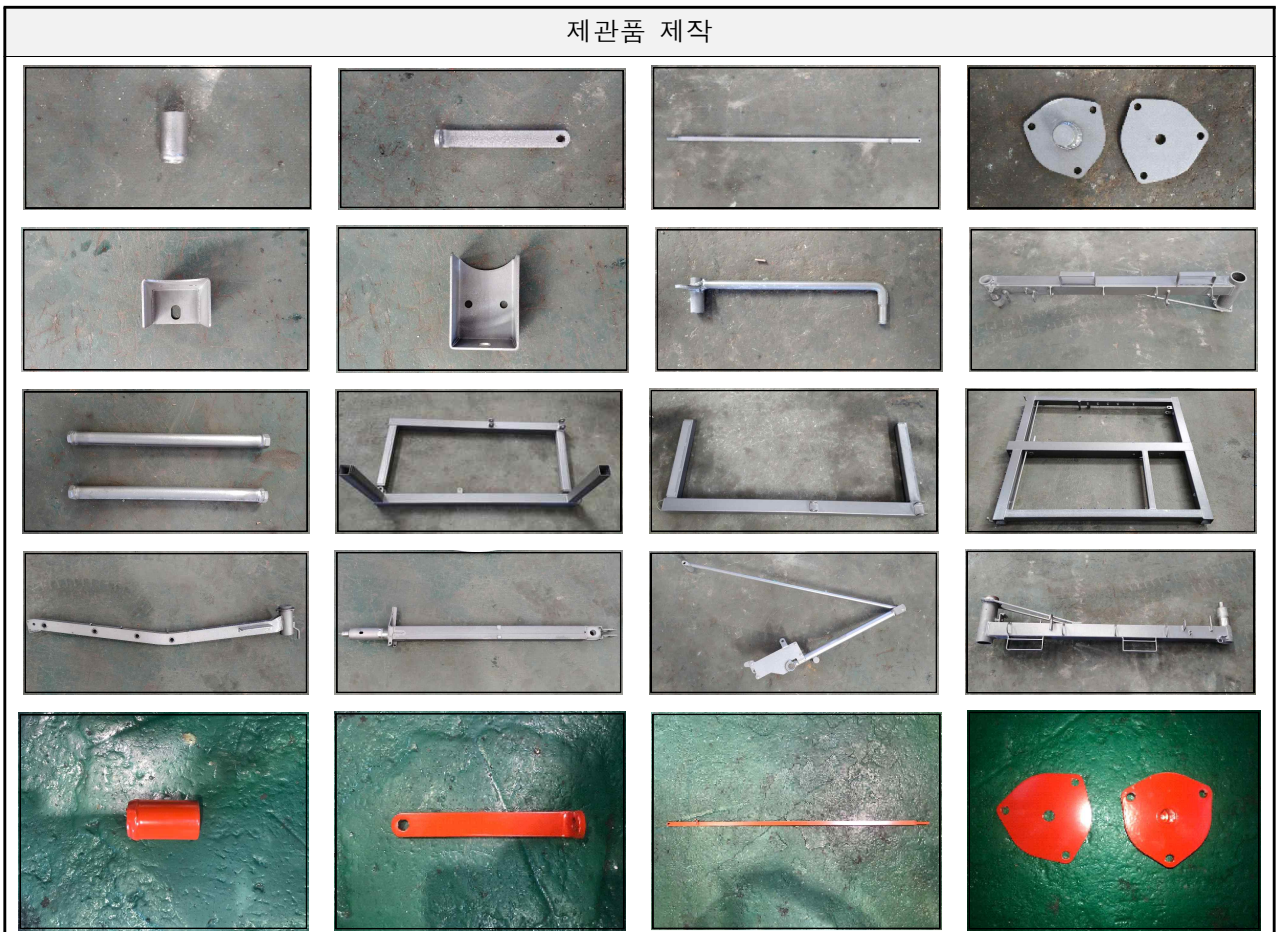
- 적재함
 - 도장/도색 완료

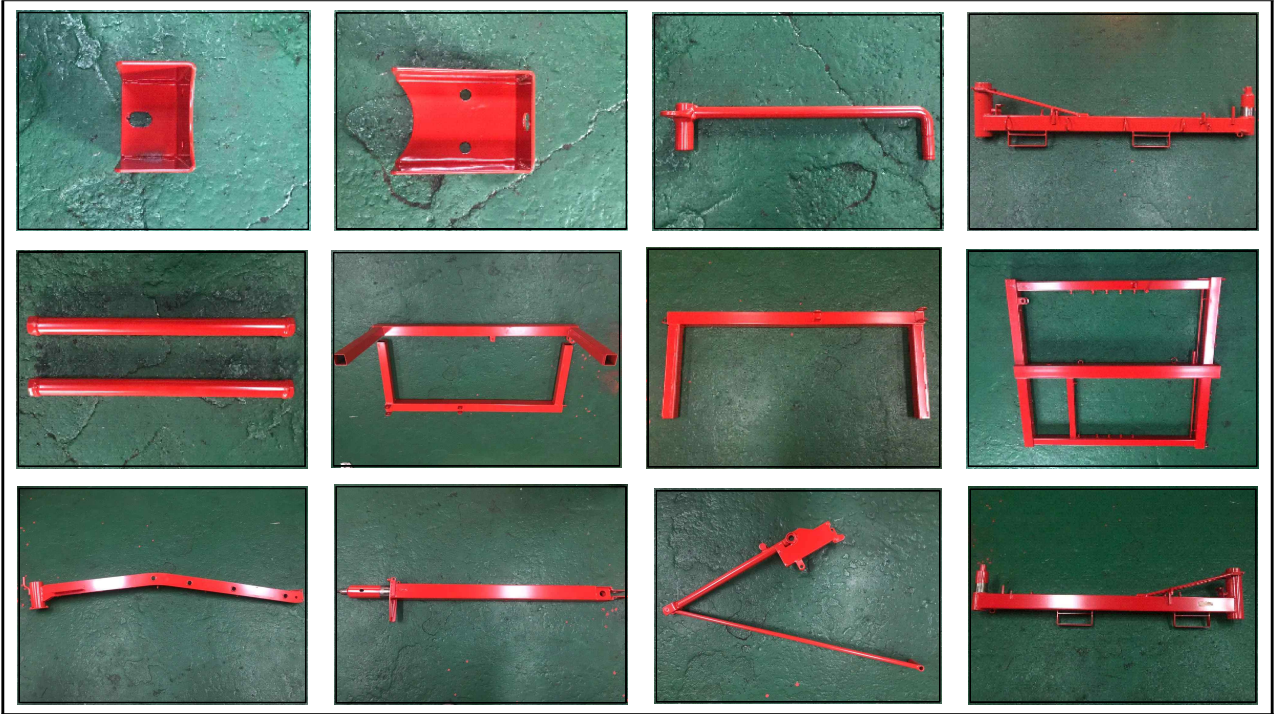


- 다) 리프트원치
 - 원치케이스



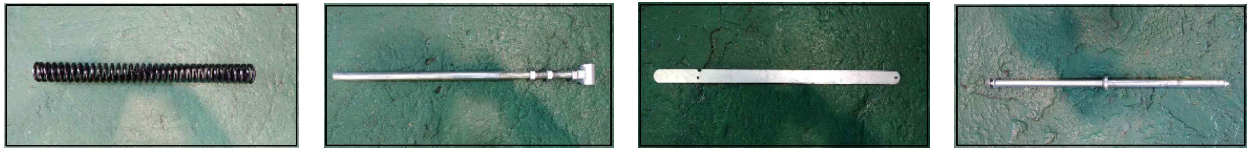
- 제관품
 - 도장/도색 완료





- 부품

부품 제작



- 부착 및 작동 테스트

- 일반트럭에 장착 후 테스트

동작 테스트



<상하 작동>

<상하 작동>



2) 공동연구개발기관1 : 군산대학교 산학협력단

○ 연구개발 목표

- (1) Axle 구동축과 입력축의 기계적 물성 시험
- (2) 적재함 프레임 구조해석(CAE)
- (3) 적재함 프레임 내구시험

○ 수행내용 및 범위

(1) Axle 구동축과 입력축의 기계적 물성 시험

가) 시험목적

- 농업용 운반차의 주요부품 중 엔진에 동력을 전달해 주는 입력축과 엑셀 축의 인장강도 시험을 통하여 제품에 적용된 재료의 신뢰성 검증을 위한

나) 시험규격

- 금속재료 인장시험방법 'KS B 0801'에 준하여 진행함

다) 시험목표

- 입력축과 엑셀 구동축의 인장강도를 현재 기술수준인 820MPa 이상으로 설정

인장강도 시험장비 및 시험

지름 D	표점 거리 L	평행부의 길이 P	어깨부의 반지름 R
14	50	약 60	15 이상

단위 : mm

비고 1 이 시험편은 평행부를 기계 다듬질한다. 다만, 가단 주철봉에 사용할 때에는 원칙적으로 다듬질해서는 안 된다.

비고 2 이 시험편은 그림 3의 치수를 따를 수 없을 경우 $L=4\sqrt{A}$ 에 따라서 평행부의 지름과 표점 거리를 정하여도 무방하다. 여기서 A는 시험편 평행부의 단면적이다.

라) 인장시험편 제작

- 개발제품에 사용되는 입력축, 엑셀축의 인장강도 시험을 위해 각 부위와 동일한 재료인 SCM440으로 제작, 시험편 규격은 'KS B 0801'의 시험편 4호에 맞추어 제작

KS B 0801 시험편 규격

c) 4호 시험편 이 시험편의 모양 및 치수는 그림 3에 따른다.

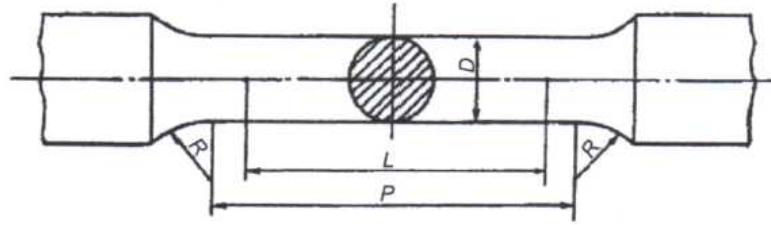


그림 3

단위 : mm

지름 D	표점 거리 L	평행부의 길이 P	어깨부의 반지름 R
14	50	약 60	15 이상

비고 1 이 시험편은 평행부를 기계 다듬질한다. 다만, 가단 주철품에 사용할 때에는 원칙적으로 다듬질해서는 안 된다.
비고 2 이 시험편은 그림 3의 치수를 따를 수 없을 경우 $L=4\sqrt{A}$ 에 따라서 평행부의 지름과 표점 거리를 정하여도 무방하다. 여기서 A는 시험편 평행부의 단면적이다.

마) 인장강도 시험결과

- 제작된 인장시험편을 한국화학융합시험연구원에서 시험 진행

각 부위별 인장강도 시험편



입력축(재질 : SCM440)



엑셀축(재질 : SCM440)

- 입력축 및 엑셀축 인장강도 시험 결과값

[표]입력축 인장강도 측정값

시험항목	단위	결과치
인장강도	N/m ² (MPa)	1108
		999
		1010
		1018
		974

[표]엑셀축 인장강도 측정값

시험항목	단위	결과치
인장강도	N/m ² (MPa)	973
		1011
		1016
		1012
		1006

▪ 입력축 인장강도 측정결과 최고최저를 제외한 평균인장강도는 1009MPa로 목표로

한 820MPa를 상회하는 인장강도가 나타남

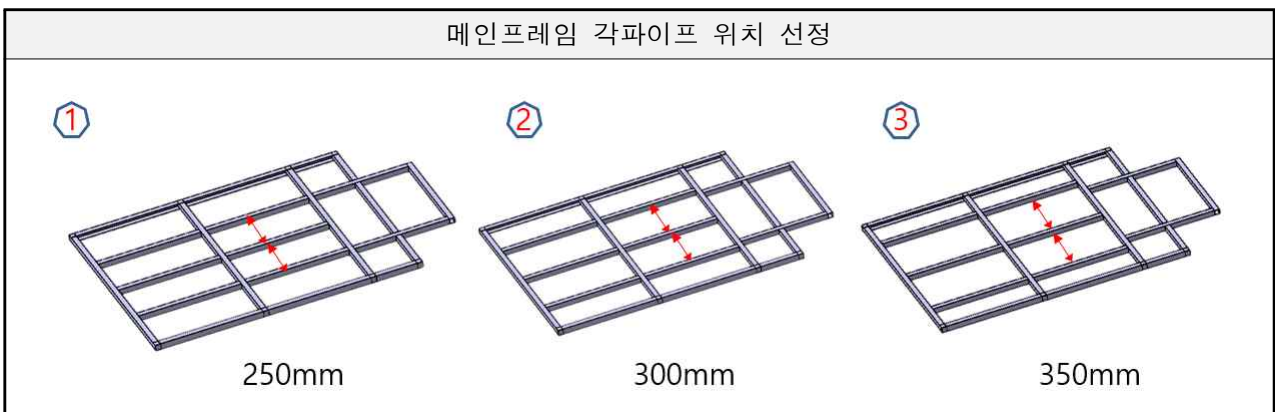
- 엑셀축 인장강도 측정결과 최고최저를 제외한 평균인장강도는 1009MPa로 목표로 한 820MPa를 상회하는 인장강도가 나타남

[표]각 부위별 인장강도 측정결과

시험항목	목표치	시험결과	최종결과
입력축 인장강도	820MPa	999MPa	PASS
엑셀축 인장강도	820MPa	1006MPa	PASS

(2) 적재함 프레임 구조해석(CAE)

- 구조 강도해석을 통한 구조의 신뢰성 향상 및 검증을 위한 구조해석 진행
- 메인프레임의 각파이프 위치 변경을 통하여 변위와 하중이 가장 적은 CASE를 정하여 구조적 위치 선정



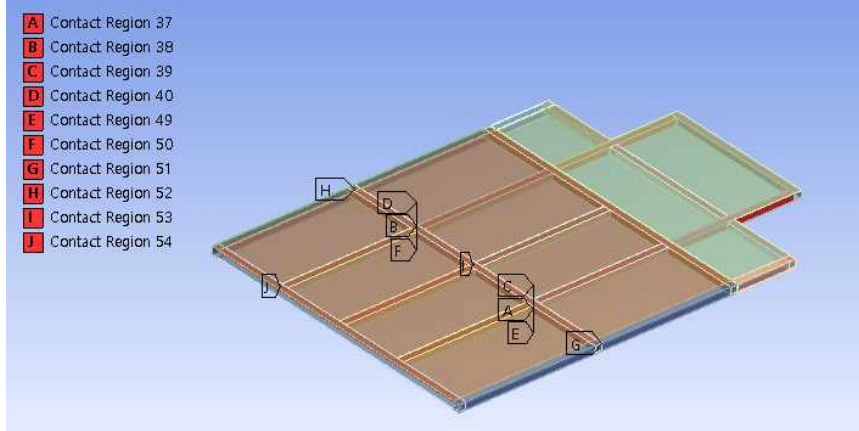
가) 프레임 기계적 물성치

NO	부품	소재	인장강도	항복강도	포와송비	비고
1	프레임 상판	SS440	510MPa	245MPa	0.3	
2	프레임 각관	SS440	510MPa	245MPa	0.3	

나) 해석 경계조건

- 경계조건
 - 각파이프를 용접하는 제품으로 경계조건을 Bonded로 설정

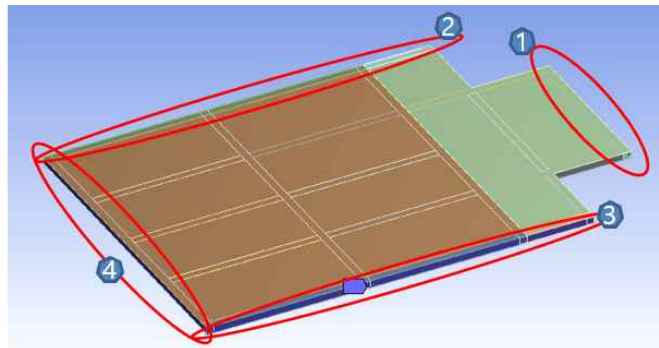
프레임 경계 조건



- 구속조건

- 하중이 주어질 부분을 제외한 프레임의 측면부 ①~④까지 Fixed support로 설정

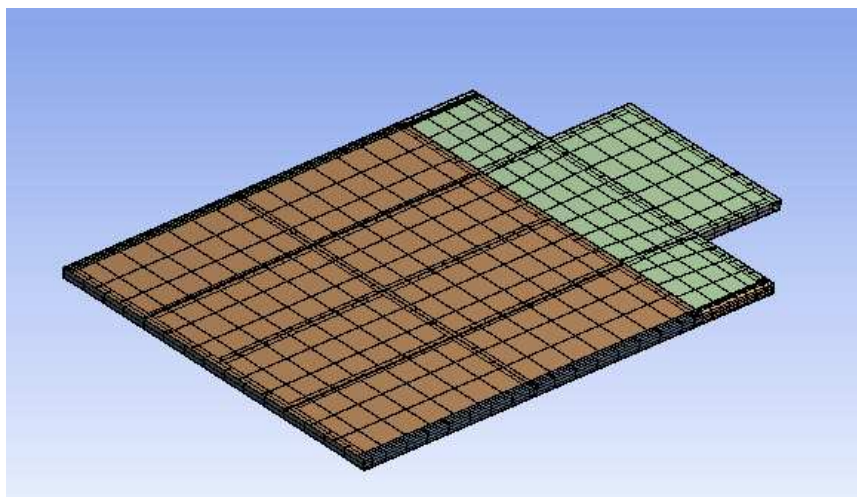
프레임 구속조건



- Mesh

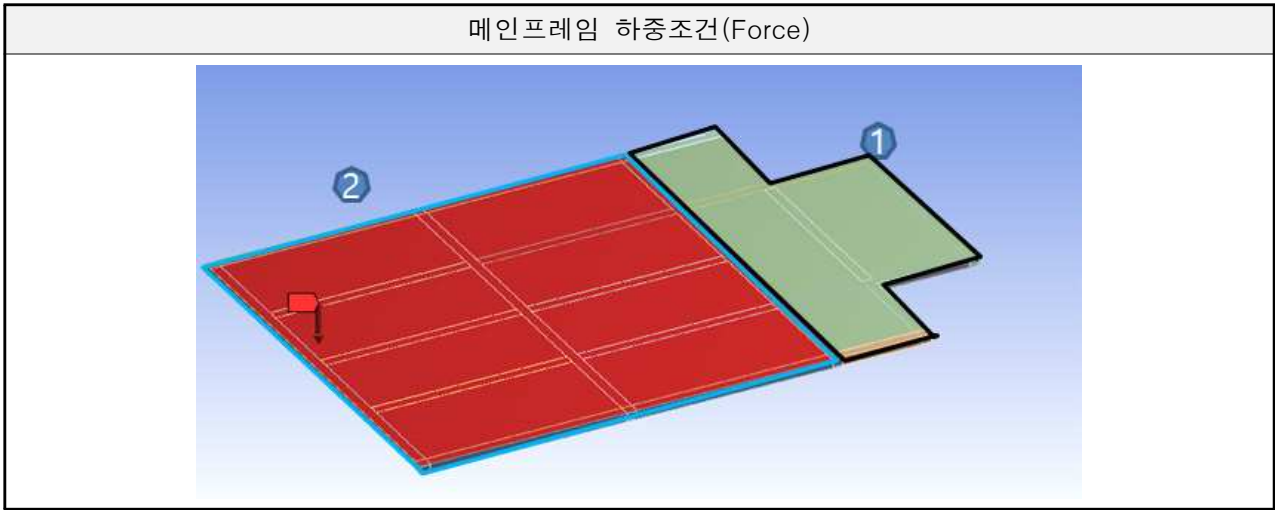
- Mesh elements 3504, Mesh elements nodes 17011로 설정

Mesh



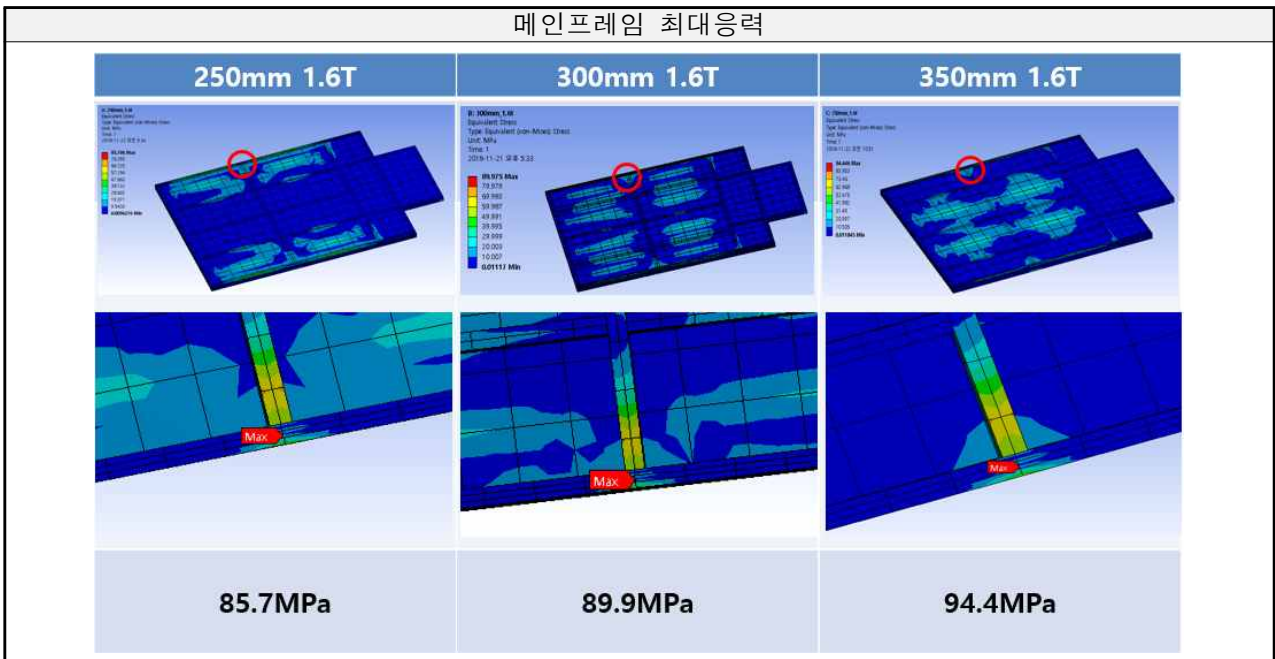
(다) 프레임 하중조건

- ①번 구간은 운전자 탑승구간으로 하중조건에서 제외
- ②번 구간은 적재구간으로 적재하중 500kgx1.25(안전율) 적용



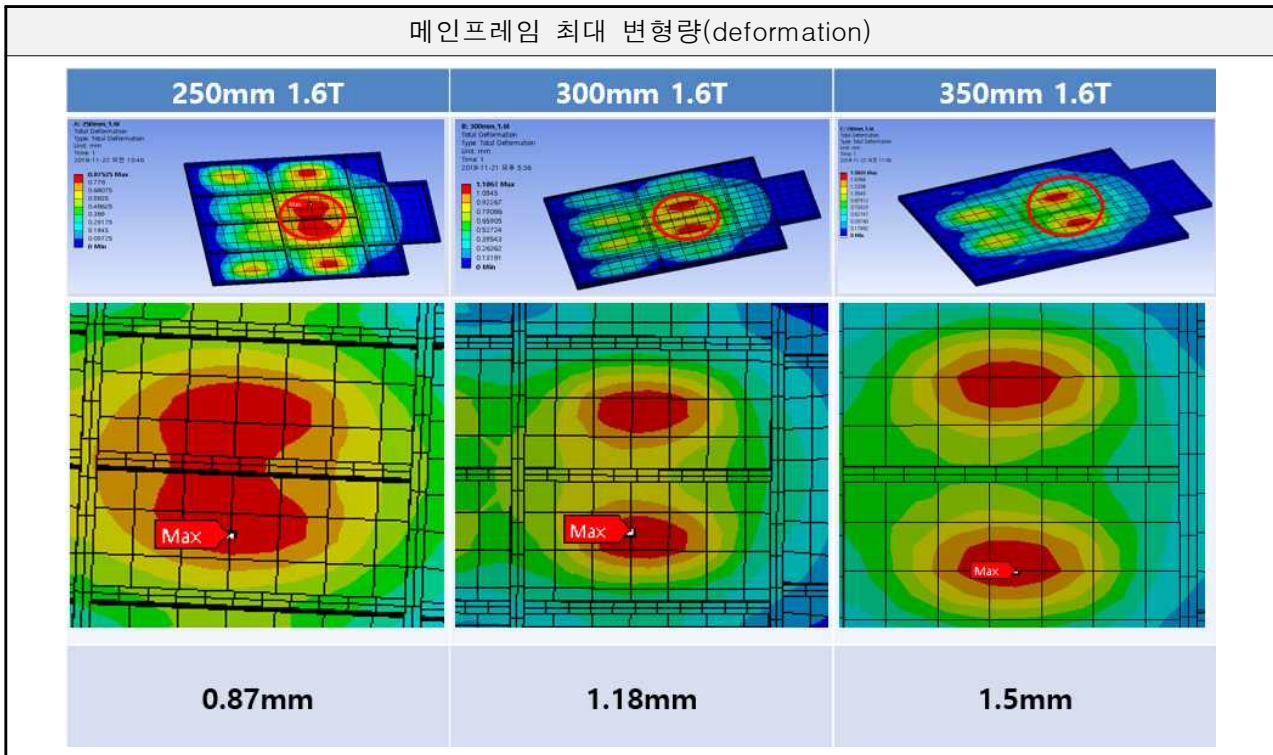
(라) 프레임 구조해석 결과

- 최대 응력 확인
 - 3 CASE 왼쪽 지점에서 최대응력이 발생하였고, 최대응력값은 85.7MPa, 89.9MPa, 94.4MPa임
 - 250mm 16T가 가장 적은 최대응력값을 가짐



- 최대 변형량

- 3 CASE 모두 가운데 지점에서 최대 변형량이 나타났고, 최대 변형량은 각각 0.87 mm, 1.18mm, 1.5mm임
- 250mm 1.6T가 가장 적은 최대변형량이 확인됨



(마) 프레임 구조해석 결론

- 구조해석을 진행한 최대응력을 확인한 결과 250mm 1.6T가 3가지 CASE 중 가장 이상적인 값인 85MPa의 응력이 나타났으며, 이는 프레임의 각관의 위치는 양쪽 균일한 배치가 가장 안전함
- 최대 변형량은 250mm 1.6T가 3가지 CASE 중 가장 적은 값인 0.87mm로 확인됨
- 250mm 1.6T의 프레임이 각관 배치가 균일하여 좋은 성능을 얻었다고 판단되며, 3가지 CASE 모두 Safety Factor가 3 이상으로 안전하다고 판단됨



(3) 적재함 프레임 내구시험(2차년도 진행 예정)

3) 공동연구개발기관2 : 한국생산기술연구원

○ 연구개발 목표

- (1) 자계위치 인식센서 설계 및 개발
- (2) 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기 설계 및 개발

(3) 주변 환경변화에 대한 자계 분포분석 및 해석

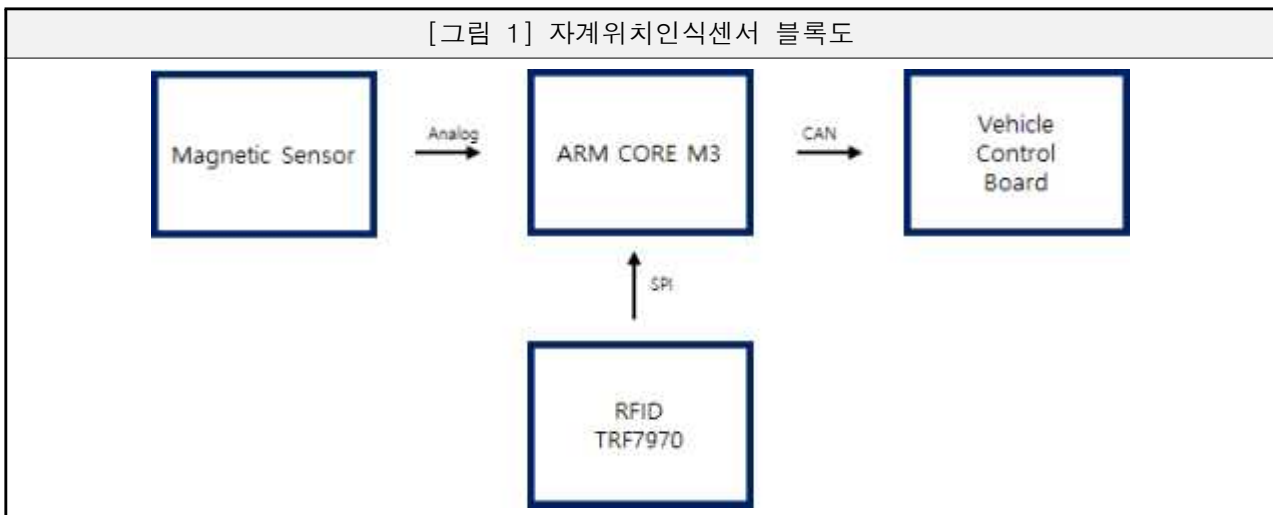
○ 수행내용 및 범위

(1) 자계위치 인식센서 설계 및 개발

가) 자계위치 인식센서 설계

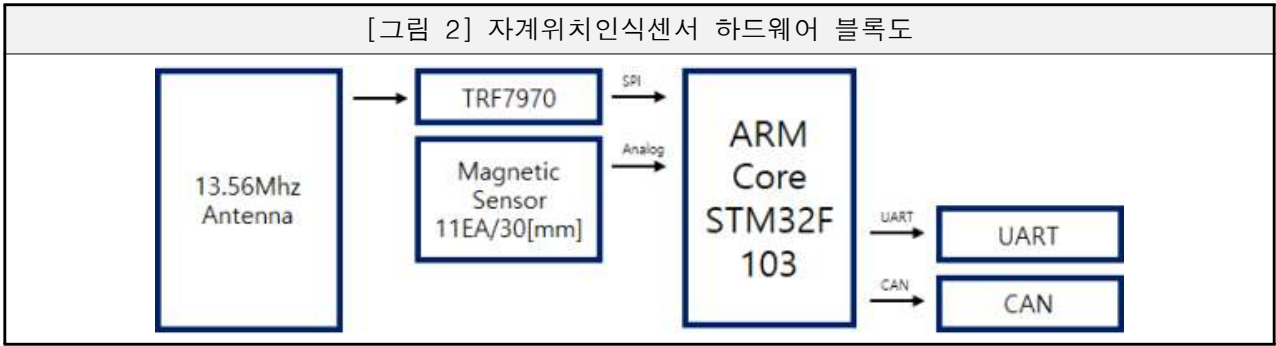
- 무인전기차량을 사용자의 의도에 따라 운행하기 위해서는 자계도로 인식과 효율적인 차량 조작성이 필요하다. 이러한 조건을 만족하기 위해서 자계위치인식센서는 마그네틱 자석을 인식하여 운행할 수 있어야 하며 RFID 무선통신을 이용해 RFID 태그 정보를 획득하여 주어진 정보에 따라 운행되어야 한다. 이러한 목적으로 개발된 자계위치인식센서는 사용자의 조작없이 지정된 위치로 운행 가능하며, 차량의 효율적인 운행을 위하여 RFID 태그를 인식하여 무인전기차량의 속도, 방향 등 구간별 운행모드를 정할 수 있도록 하였다.
- 개발된 자계위치인식센서의 구성은 자계센서 11개와 RFID 안테나를 하나의 보드로 통합하였으며 기존에 개발된 자계위치인식센서보다 적은 자계센서를 사용하였으며 RFID를 적용해 높은 인식률과 효율적인 운행을 할 수 있도록 개선하였다.

가-1) 자계위치인식센서 하드웨어 설계



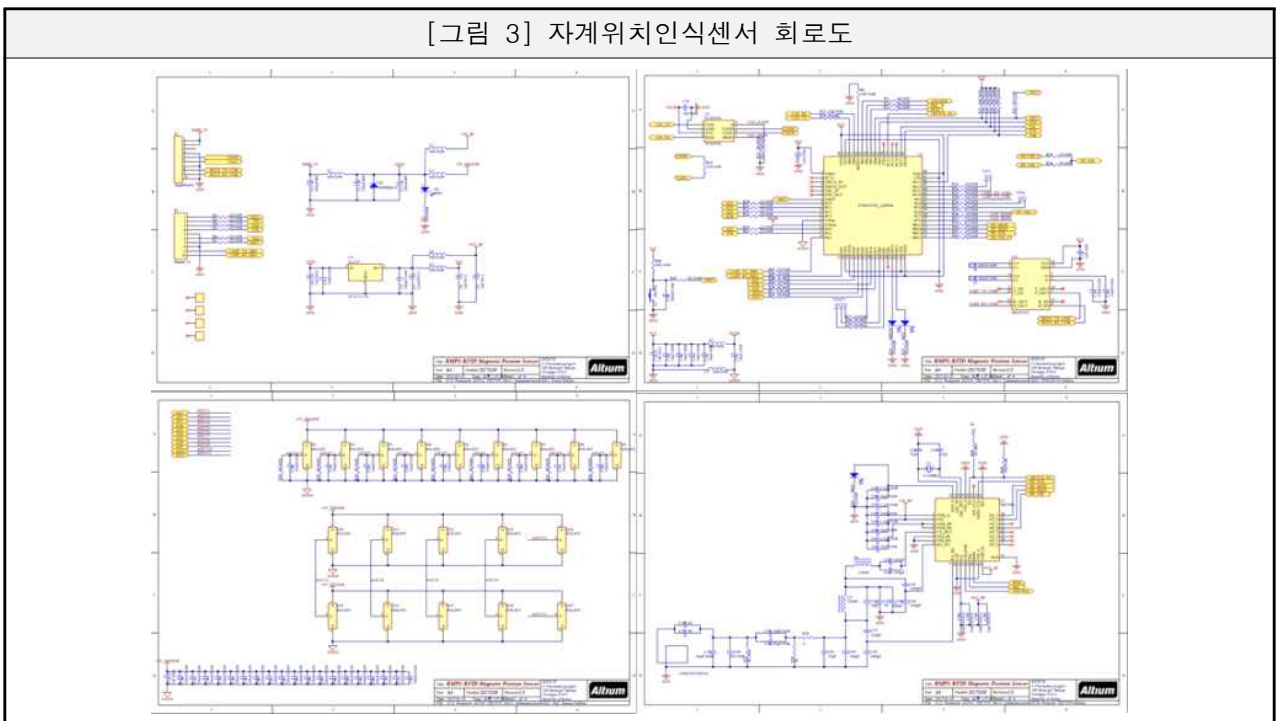
- 자계위치인식센서 블록도는 [그림 1]과 같다. Magnetic Sensor에서 Analog Data를 출력하여 ARM-Core-M3 MPU에 입력하여 무인전기차량이 운행할 자계도로의 위치를 추적한다. RFID는 태그를 인식하고 태그 안의 정보를 SPI 통신을 이용하여 MPU에 전송하고, 획득한 태그의 정보를 이용하여 차량의 속도, 방향, 동작상태 등의 차량 운행 방법을 설정할 수 있다. 이렇게 MPU에 수집된 자계도로 위치 및 RFID 태그 정보를 CAN 통신을 이용해 차량제어시스템에 전송하게 된다.

[그림 2] 자계위치인식센서 하드웨어 블록도



- 자계위치인식센서의 하드웨어 블록도는 [그림 2]와 같다. Magnetic Sensor는 Micronas社의 HAL835 자계센서 11개를 30mm 간격으로 전체 검출 길이 300mm 내에서 마그네틱이 감지될 수 있도록 설계하였다. 이 센서는 업체에서 제공하는 Firmware를 이용해 센서의 감도, 내부필터, 출력포맷, Magnetic Range를 설정할 수 있다. Magnetic Sensor의 출력은 Analog로 설정되어 있으며 자계검출거리에 따라 Analog 출력 크기가 다르게 나타난다.
- RFID는 Ti社의 TRF7970을 사용하며 ARM Core와의 통신방식은 SPI를 사용하고 있다. 이 센서는 13.56MHz 주파수 대역을 사용하며 지원포맷은 ISO/IEC15693, ISO/IEC14443B, FeliCa가 있다. 현재 시스템에 적용한 포맷은 ISO/IEC15693이다. 이 포맷은 근방통신이 가능하며 최대 1m 이하까지 인식할 수 있다. UART 통신과 CAN 통신은 차량제어시스템에 자계위치인식센서에서 검출한 위치 데이터를 전송하는 용도로 사용한다.

[그림 3] 자계위치인식센서 회로도

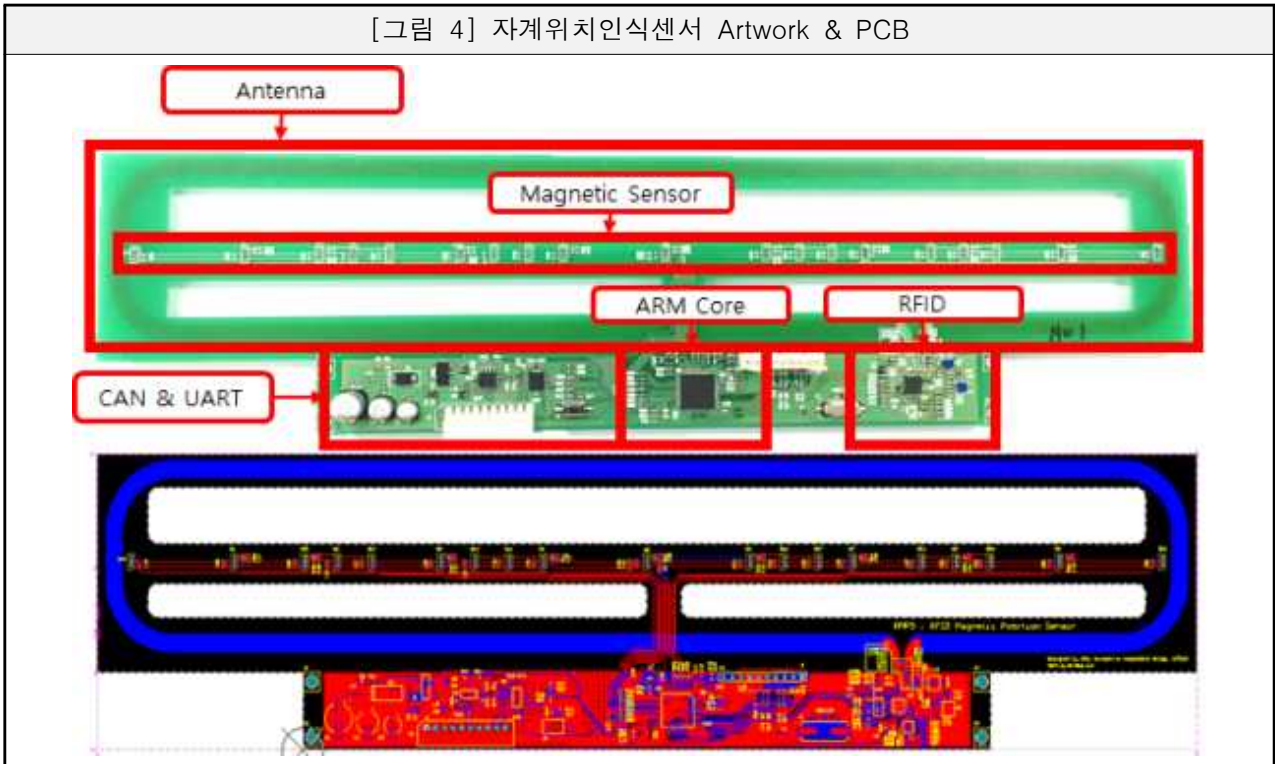


나) 자계위치인식센서 개발

[표 1] 자계위치인식센서 입출력 포트

NO	목록	포트 수	용도
1	Analog	11	HAL835 x 11
2	SPI	1	TRF7970 x 1
3	CAN	1	제어보드통신 x 1
4	UART	2	제어보드통신 x 1, Debug x 1

[그림 4] 자계위치인식센서 Artwork & PCB



[표 2] 개발된 자계위치인식센서 PCB 사양

NO	PCB 사양	사이즈 및 재질
1	Type	FR-4
2	Size[mm]	80 x 330
3	PCB Thickness[T]	1.6

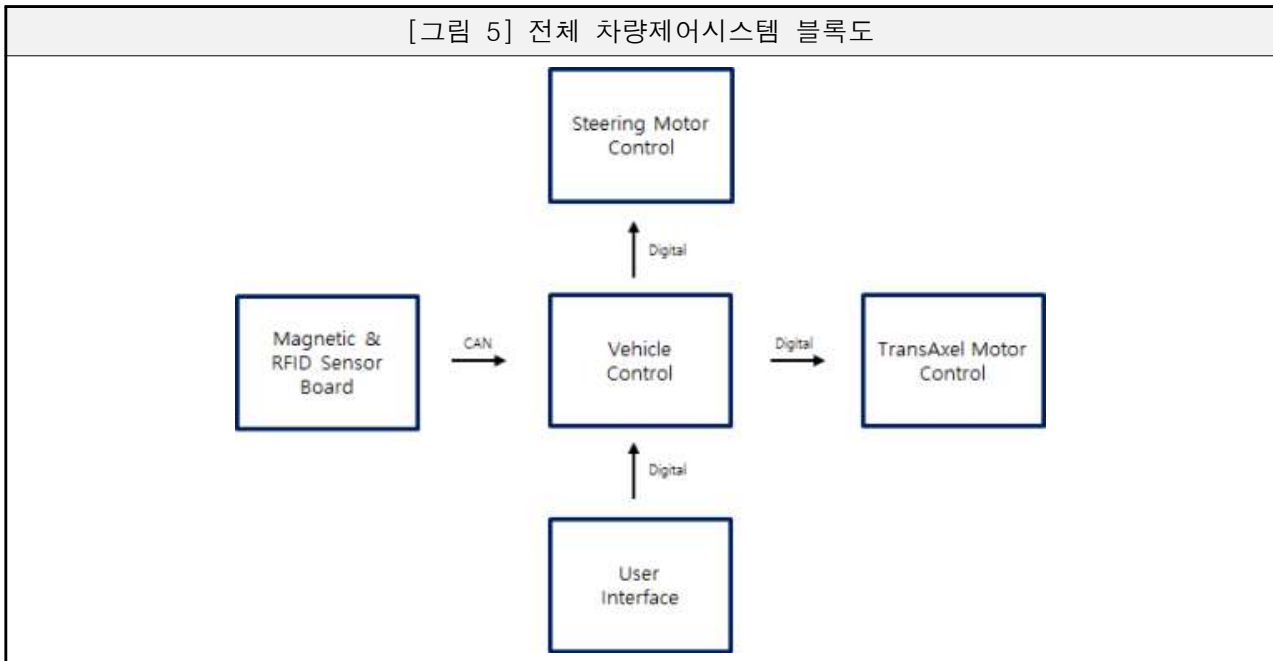
- 자계위치인식센서는 FR-4 Type의 PCB와 전체 크기 80mm x 330mmdlek. 여기에서 사용되는 자계센서 HAL835는 아래 그림의 프로그램을 이용하여 내부 레지스터 값을 설정한다. 설정된 값은 감도 3.5dB, 주파수 50Hz이고, 출력모드는 Analog Output 12bit 모드이다. Magnetic Range는 ±15mT이며 구동전압은 5V이다.

(2) 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기 설계 및 개발

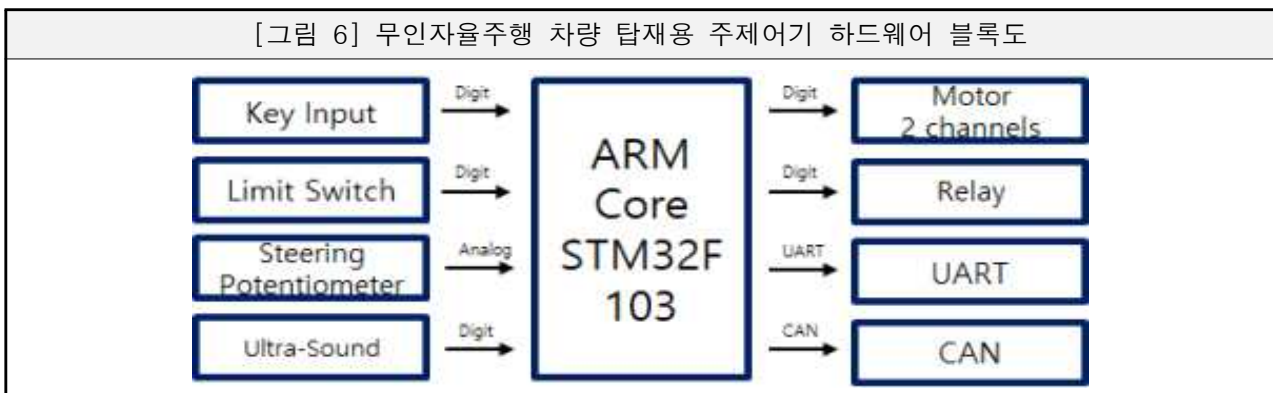
- 무인전기작업차가 사용자의 조작에 의해 동작 또는 무인주행을 원활하게 하려면 차량제어시스템을 설계하여 다음과 같은 기능들을 설정할 필요가 있다. 자계위치인식센서에서 입력되는 위치정보를 이용하여 Steering Monitor를 컨트롤하고 Steering 각에 따라 TransAxel Motor의 속도 조절이 필요하다. 또한 갑작스러운 응급상황이 발생했을 경우나

운행 중 장애물이 차량 전방에 있을 경우 운행 중인 차량을 정지할 필요가 있다. 또한 사용자의 조작이 필요할 경우 차량의 모드 변경으로 운행해야 한다.

가) 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기 설계



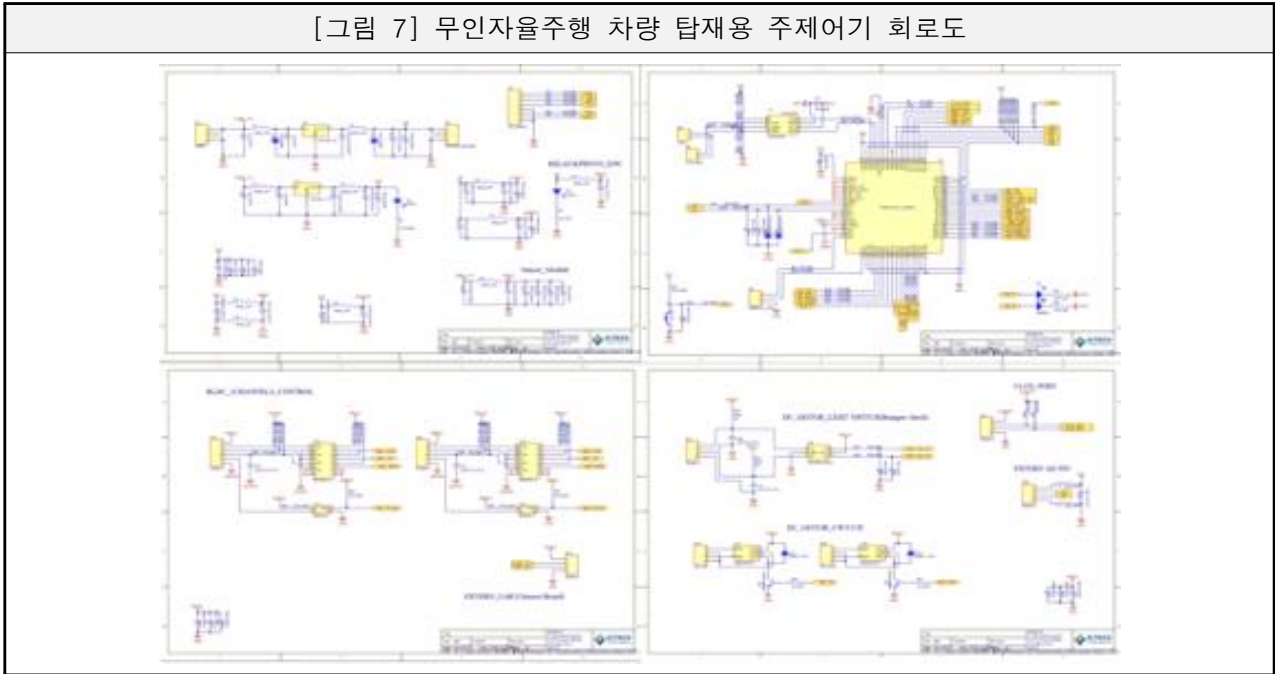
- 차량제어시스템은 Vehicle Control, Magnetic & RFID Sensor Board, Steering Motor Control, TransAxel Motor Control, User Interface로 나누어져 있다. Magnetic & RFID Board는 자계도로를 인식하여 차량이 운행하여야 할 방향을 알려주는 역할을 하며 RFID는 운행속도, 방향 등의 정보를 차량에 알려주는 역할을 한다. Steering Motor Control은 Sensor Board에서 얻어진 자계도로의 데이터를 실시간으로 계산하여 Steering을 조정하여 차량이 운행해야 할 방향을 설정한다. TransAxel Motor Control은 차량의 운행속도를 지정하며 User Interface는 사용자에게 운행정보, 배터리량, 차량을 운행할 수 있도록 각종 키 입력과 조이스틱을 가지고 있다. User Interface 부분에서 수동모드와 자동모드를 선택할 수 있으며, Vehicle Controller에서는 이러한 사용자의 의도에 맞추어 주변센서 및 센서보드, Motor를 제어하는 기능을 한다.



- 차량제어시스템의 하드웨어 블록도는 [그림 6]과 같이 사용자가 차량을 조작하기 위한 Key Input 회로와 차량이 운행 중 충돌을 회피하기 위한 Limit Switch, Ultra-Sound Sensor 입력과 정확한 차량의 조향이 가능하도록 Potentionmeter 입력을 받고 있다. 자계위치인식센서에서 위치데이터의 입력을 받기 위하여 CAN 통신이 가능하도록 하였으

며, Steering & TransAxel Motor Control을 하기 위하여 2 channels의 Photocoupler Output과 주변의 경광등, 부저 등을 사용하기 위하여 realy를 적용하였다. 시스템의 메인칩은 STMicroelectronics社의 STM32F103을 사용하였다.

[그림 7] 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기 회로도

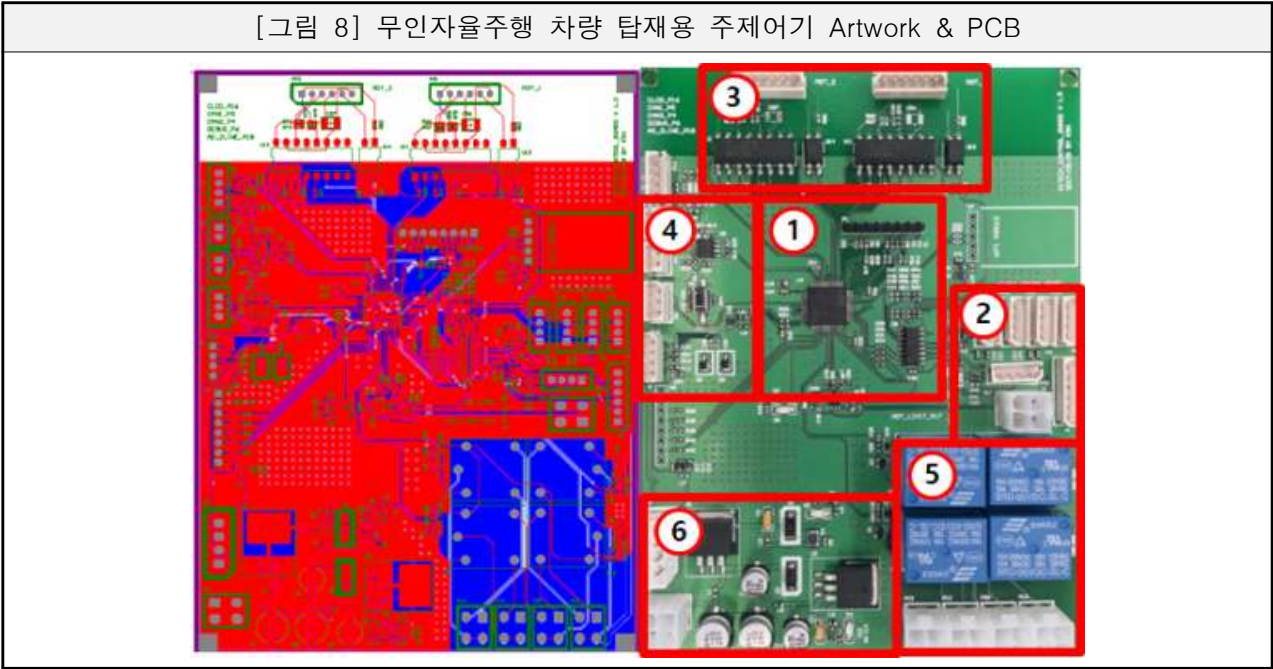


나) 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기 개발

[표 3] 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기 입출력 포트

NO	목록	포트 수	용도
1	Digital Input	6	Key x 4, Motor Pulse x 2
2	Digital Output	4	Motor CW/CCW x 4
3	Analog	2	Potionmeter x 1, Thumb Axel x 1
4	PWM Output	2	Motor PWM x 2
5	Realy Output	4	Buzzer, Light x 4
6	Ultra-Sound	4	Ultra Sound x 4
7	Limit Sensor	2	Limit Sensor x 4
8	UART	3	Debug, Magnetic Sensor, WIFI
9	CAN	1	magnetic Sensor
10	SPI	1	-
11	12C	1	-
12	LED	2	Debug

[그림 8] 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기 Artwork & PCB



- 차량제어시스템의 도면은 전원, MPU, Ksy & Sensor 입력, 모터제어로 나누어져 있으며 입력전원은 12V이고 동작전류는 70mA이다. [표 3]에서 입출력포트는 사용자의 키 입력 및 주변센서들을 입력받으며 UART는 프로그램 디버깅과 WIFI를 이용해 차량을 조작하기 위해서 확장포트로 제작했다. CAN 통신은 자계위치인식센서의 위치데이터를 받기 위함이고, SPI, I2C 통신은 다른 장치를 연결하기 위한 확장포트로 만들어 놓았다.

[표 4] 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기 PCB 사양

NO	PCB 사양	사이즈 및 재질
1	Type	FR-4
2	Size[mm]	110 x 150
3	PCB Thickness[T]	1.6

- 위와 같이 설계된 블록도와 회로도를 이용하여 차량제어시스템의 PCB를 제작하였다. PCB 타입은 FR-4이고 사이즈는 110mm x 150mm이며 PCB 두께는 1.6T이다. 각각의 기능 설명은 다음과 같다. 블록 ①은 ARM 32bit Cortex-M3 STM32F103 MPU이고 최대 클럭 주파수는 72MHz이다. 블록 ②는 Key 및 Ultra -Sound 입력부분이며 블록 ③은 Steering & TransAxel Motor Control 부분이고, 블록 ④는 CAN, UART, I2C 통신포트 부분이다. CAN 통신은 최대 1Mbps 속도로 통신이 가능하며, UART는 115200bps로 통신이 가능하다. 블록 ⑤는 경광등 및 부저를 설치할 수 있는 Relay 부분이며 용량은 30VDC/10A이다. 블록 ⑥은 메인전원을 입력할 수 있는 12V 전원 부분이고 최대 3A 까지 견딜 수 있도록 설계하였다. 차량제어보드에서 사용하는 전원은 1.5m 정도 위치에 있는 자계위치인식센서에서 사용하고 있어 충분한 용량을 필요로 하였다.

- (3) 주변 환경변화에 대한 자계 분포분석 및 해석
 - 가) 표면 자계 세기 측정 실험 장비

[그림 9] 휴대용 자계 측정기 (FW BELL 5180 Gauss/Telsa Meter)



[표 5] 휴대용 자계 측정기 사양

NO	목록		측정범위
1	Basic DC Accuracy		1.1%
2	Frequency Bandwidth		25kHz
3	Update Rate	Display	4 Readings/sec
		Analog Output	100k samples/sec
4	Range	Ultra Low Range	1G
		Low Range	300G
		Mid Range	3kG
		High Range	30kG
5	Resolution	Ultra Low Range	1mG
		Low Range	0.1G
		Mid Range	1.0G
		High Range	10G

- Magnet 종류별 자계분포분석을 위해 [그림 9]의 휴대용 자계 측정기를 사용하여 자계 세기를 측정하였다. [표 5]와 같이 휴대용 자계 측정기의 측정 범위는 1G~3000G(3kG)까지 측정이 가능하며, 분해능은 0.01G(1mG)~10G까지, 샘플링 속도는 100,000sample/sec이다.

나) 자계 측정 실험 장비를 이용한 실험 환경 구성

[그림 10] 1kG 표준 자석



[그림 11] 자계 측정 실험 환경 구성



- 자계 측정 실험 환경 구성을 위해 [그림 10]과 같이 1kG 표준 자석(오차율 $\pm 1.5\%$)을 준비하고, FW BELL 5180 실험장비의 초기화를 위해 [그림 11]과 같이 FW BELL 5180 실험장비와 제로 플럭스 챔버, 표준 자석을 준비하여 실험장비의 영점을 설정한다.

[그림 12] 제로 플럭스 챔버를 이용하여 실험장비의 영점 설정



- [그림 12]와 같이 실험장비의 영점을 초기화한다. 이후 표준 자석을 이용하여 표준 자석의 자계 세기를 측정하고 1kG, $\pm 1.5\%$ 이내의 오차율을 갖는지 확인한다.

1kG 표준 자석을 이용한 자계 세기 측정



다) Magnet 종류별 표면 자계 세기 측정

[표 6] Magnet Wire 종류별 표면 자계 세기 측정 결과

시료1		시료2		시료3		시료4	
재질	페라이트	재질	페라이트	재질	페라이트	재질	페라이트
크기	8.9x2.5mm	크기	11.7x2mm	크기	14.3x2.8mm	크기	14.9x3mm
표면자계세기 : 310G		표면자계세기 : 210G		표면자계세기 : 230G		표면자계세기 : 210G	
							
시료5		시료6		시료7			
재질	페라이트	재질	페라이트	재질	페라이트		
크기	8.9x2.5mm	크기	11.7x2mm	크기	14.3x2.8mm		
표면자계세기 : 230G		표면자계세기 : 510G		표면자계세기 : 650G			
							

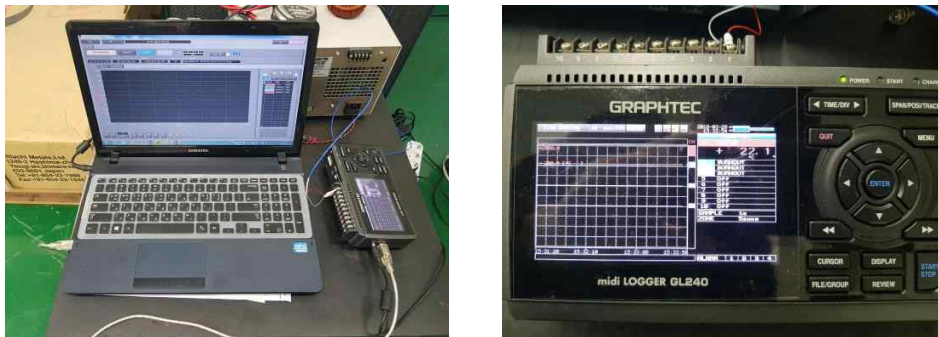
- 총 7가지의 Magnet Wire 시료와 휴대용 자계 측정 장비를 이용하여, 표면 자계 세기를 측정하였다. 실험은 실온에서 진행하였으며, 표면 자계 세기 측정 결과는 [표 6]과 같다.
- 실온에서 준비된 페라이트 및 네오디움 자석을 이용해 실험을 진행하였다. 총 7개의 자석을 사용하였으며, 5개의 페라이트 자석은 시중에서 구매하여 시료를 준비하였으며, 2개의 네오디움 자석은 한국생산기술연구원이 분말을 조절하여 개발의뢰한 네오디움 자석이다.
- 실험 결과와 같이 페라이트 자석의 표면 자계 세기는 210G~310G까지 나타났으며, 네오디움 자석의 표면 자계 세기는 510G~650G까지 나타났다. 표면 자계 세기가 클수록 자계 안내 센서는 지면에서 높은 위치에서 자석을 감지할 수 있으며 지자계 영향에 민감하게 반응하지 않는다.

라) 환경 챔버 실험 장비를 이용한 주변 환경에 대한 자계 분석

[그림 14] 환경 챔버 실험 장비(V-600C, VVUS CO. LTD) 및 온도 센서 설치



[그림 15] 데이터 로거(GL240, GRAPHTEC, MIDI LOGGER)

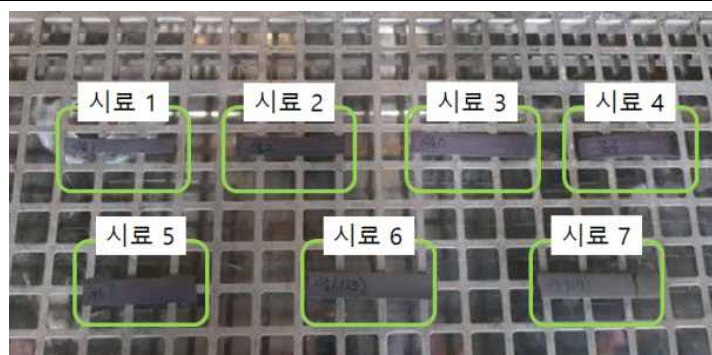


- 상기의 표면 자계 세기 측정 실험에서 사용한 7개의 자석 샘플과 동일한 magnet Wire 시료를 준비하여, 농업생산현장의 주변 환경의 온도 변화에 따른 표면 자계 세기의 변화를 실험 및 분석하였다.
- [그림 14]와 같이 환경 챔버 실험 장비 내부에 온도 센서를 설치하고, 온도 데이터를 저장하기 위한 데이터 로거 실험 장비를 [그림 15]와 같이 구성하여 실험하였다.

마) 농업생산현장의 주변 환경의 온도 변화에 따른 표면 자계 세기 변화 실험

마-1) Magnet Wire 시료 그룹 1 : 영상 80℃ 온도 변화 후, 1시간 유지

[그림 16] Magnet Wire 시료 그룹 1

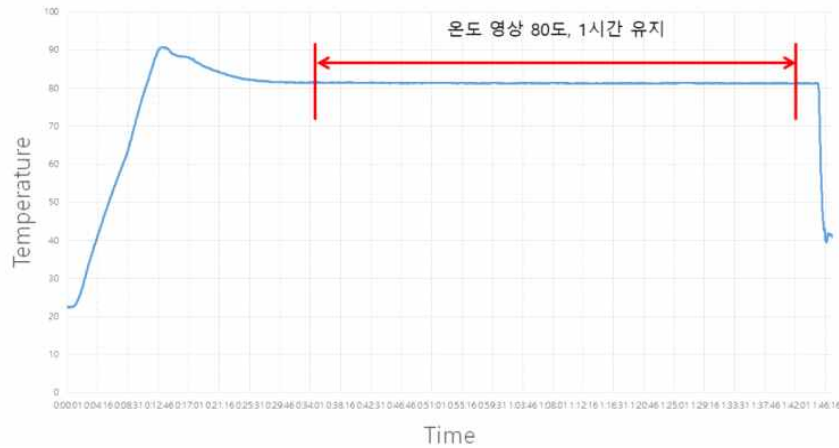


- [그림 16]과 같이 Magnet Wire 시료를 준비하여, 환경 챔버 실험 장비를 이용하여, 영상 80℃ 조건을 1시간 유지한 후 표면 자계 세기의 변화를 확인하였다.

[그림 17] 환경 챔버 실험 장비의 내부 온도 변화 : 영상 80℃



환경 챔버_상온 실험_영상 80도, 1시간 유지



- Magnet Wire 시료 그룹 1을 환경 챔버 실험 장비에 넣고, 주변 환경 온도 변화 실험 시작 시간은 15시 35분, 종료 시간은 17시 23분으로 1시간 48분 동안 실험을 진행하였으며, [그림 17]과 같이 약 35분 경과부터 환경 챔버의 내부 온도는 영상 80℃의 환경 조건을 만족하였으며, 이후 1시간 이상 영상 80℃ 환경조건을 유지한 후 정지하여 실험을 종료하였다.

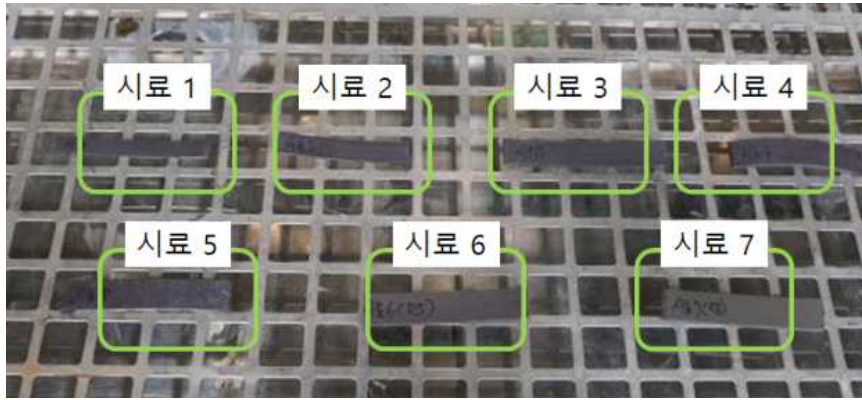
[표 7] Magnet Wire의 주변 환경 온도 변화에 따른 자계 세기 변화 실험 결과

구분	시료1	시료2	시료3	시료4	시료5	시료6	시료7
재질	페라이트	페라이트	페라이트	페라이트	페라이트	네오디움	네오디움
크기(mm)	8.9x2.5	11.7x2	14.3x2.8	14.9x3	15x3	15x4	15x4
실험전[G]	310	210	230	210	230	510	650
실험후[G]	284	186	219	207	215	480	624
차이[G]	26	24	11	3	15	30	26
백분율(%)	9	13	5	1	7	6	4

* 조건 : 영상 80℃ 온도 변화 후 1시간 유지

- [표 7]과 같이 실험 환경 조건을 만족하는 실험을 진행한 결과, Magnet Wire 시료 1~7 모두 표면 자계 세기가 감자하였고, 평균 6%가 감자되었다. 실험 결과에 따르면 Magnet Wire 시료 4의 표면 자계 세기가 가장 적게 변화하였다.
- 마-2) Magnet Wire 시료 그룹 2 : 영하 20℃ 온도 변화 후, 1시간 유지

[그림 18] Magnet Wire 시료 그룹 2

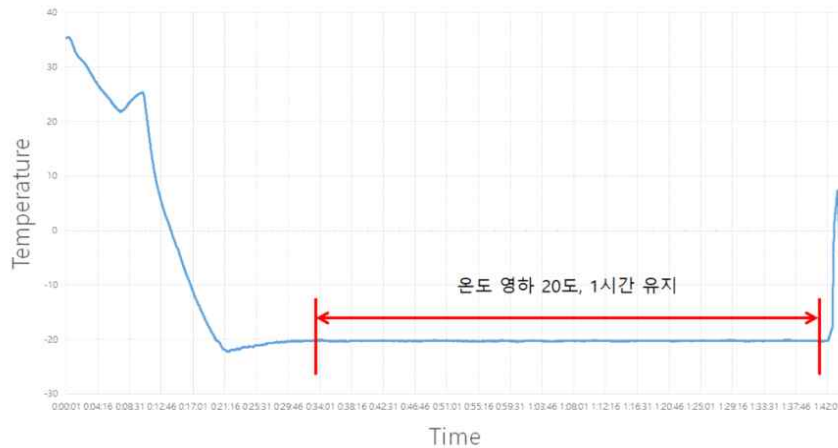


- Magnet Wire 시료 그룹 2를 [그림 18]과 같이 준비하여 영하 20℃ 온도 변화 후, 1시간 유지하여 Magnet Wire의 표면 자계 세기의 변화를 확인하였다.

[그림 19] 환경 챔버 실험 장비의 내부 온도 변화 : 영하 20℃



환경 챔버_저온 실험_영하 20도, 1시간 유지



- Magnet Wire 시료 그룹 2를 환경 챔버 실험 장비에 넣고, 주변 환경 온도 변화 실험 시작 시간은 17시 43분, 종료 시간은 19시 27분으로 1시간 42분 동안 실험을 진행하였으며, [그림 17]과 같이 약 34분 경과부터 환경 챔버의 내부 온도는 영하 20℃의 환경 조건을 만족하였으며, 이후 1시간 이상 영상 20℃ 환경조건을 유지한 후 정지하여 실험을 종료하였다.

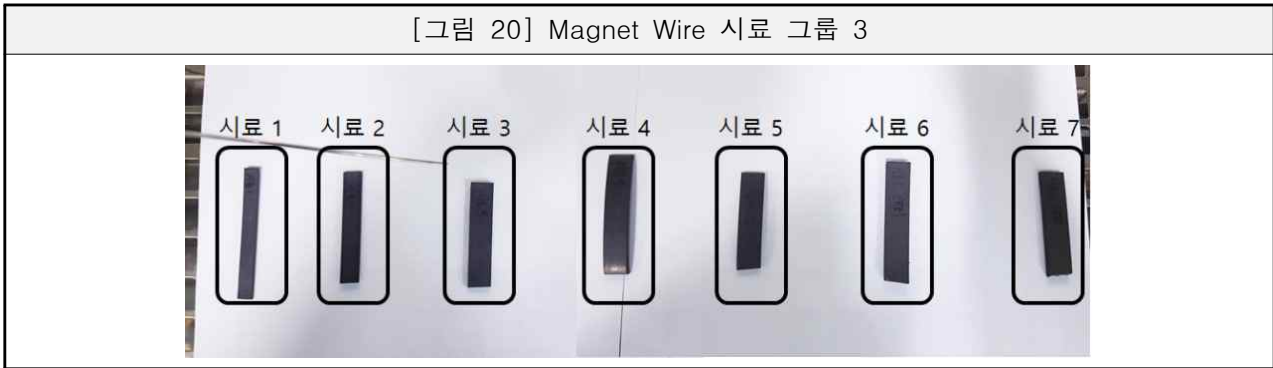
[표 8] Magnet Wire의 주변 환경 온도 변화에 따른 자계 세기 변화 실험 결과

구분	시료1	시료2	시료3	시료4	시료5	시료6	시료7
재질	페라이트	페라이트	페라이트	페라이트	페라이트	네오디움	네오디움
크기(mm)	8.9x2.5	11.7x2	14.3x2.8	14.9x3	15x3	15x4	15x4
실험전[G]	310	210	230	210	230	510	650
실험후[G]	275	159	211	216	200	492	618
차이[G]	35	51	19	-6	30	18	32
백분율(%)	13	32	9	-3	15	4	5

* 조건 : 영하 20℃ 온도 변화 후 1시간 유지

- [표 8]과 같이 실험 환경 조건을 만족하는 실험을 진행한 결과, Magnet Wire 시료 1~7 모두 표면 자계 세기가 감소하였거, 평균 11%가 감소되었다. 실험 결과에 따르면 시료 4의 마그네틱 와이어의 표면 자계 세기가 가장 적게 변화하였다.

마-3) Magnet Wire 시료 그룹 3 : 영상 40℃, 습도 80% 환경 변화 후, 1시간 유지

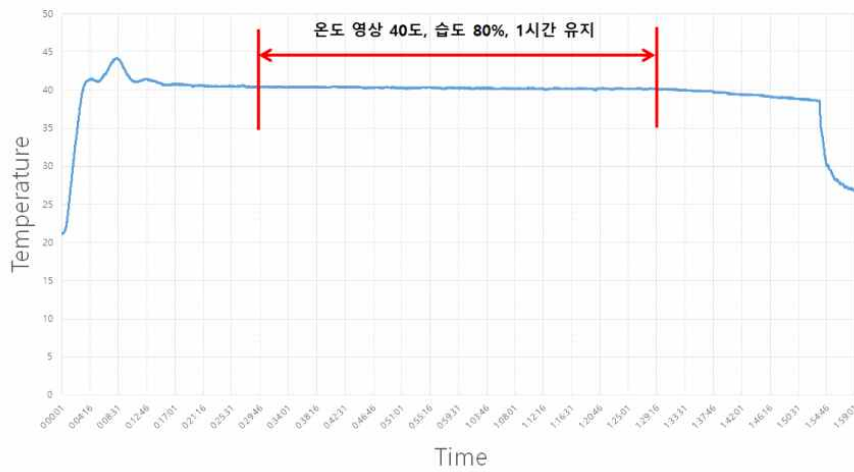


- Magnet Wire 시료 그룹 3을 [그림 20]과 같이 준비하여, 영상 40℃, 습도 80% 환경 변화 후, 1시간 유지하여 Magnet Wire의 표면 자계 세기의 변화를 확인하였다.

[그림 21] 환경 챔버 실험 장비의 내부 환경 변화 : 영상 40℃, 습도 80%



환경챔버_항온항습 실험_ 영상 40도, 습도 80%, 1시간 유지



[표 9] Magnet Wire의 주변 환경 온도 변화에 따른 자계 세기 변화 실험 결과

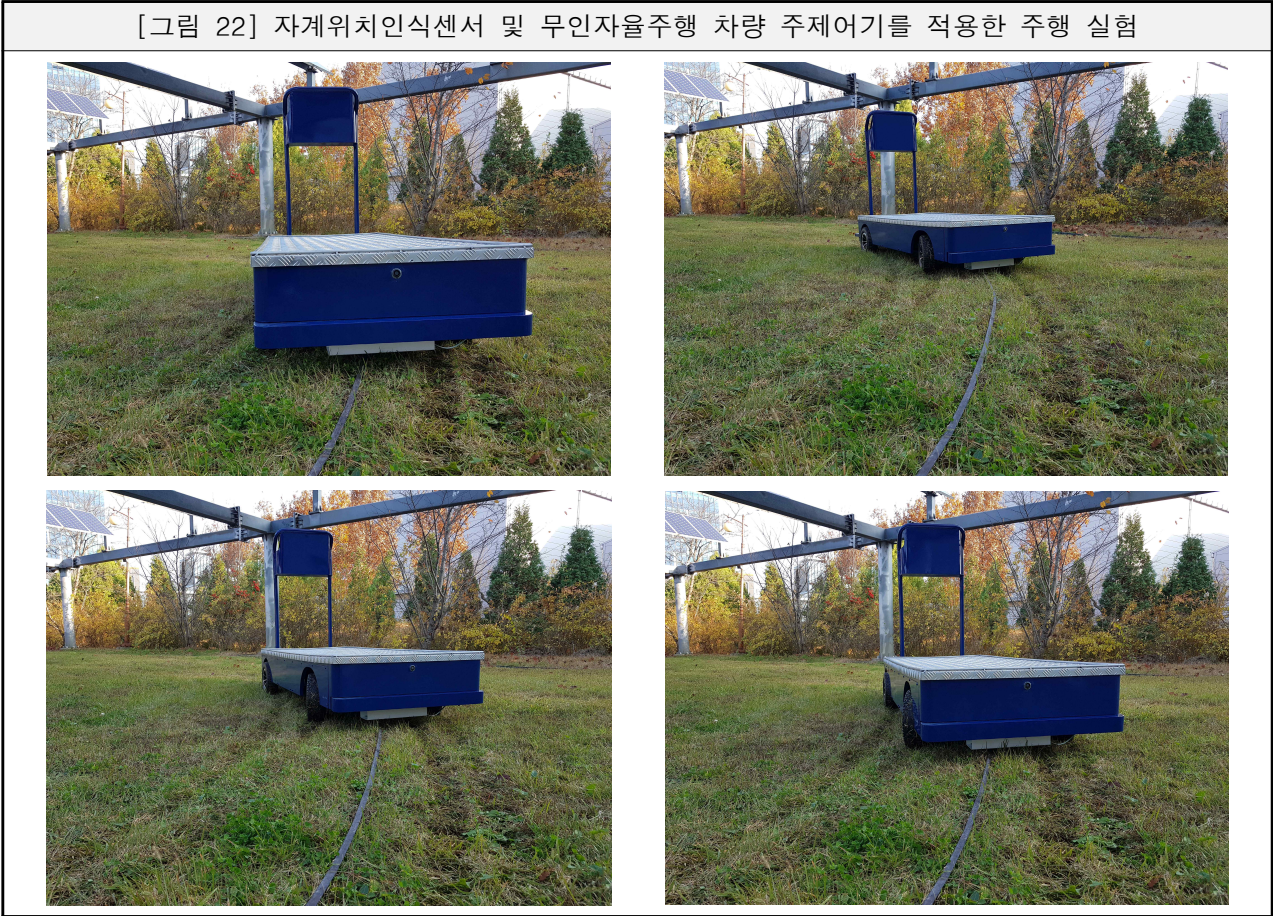
구분	시료1	시료2	시료3	시료4	시료5	시료6	시료7
재질	페라이트	페라이트	페라이트	페라이트	페라이트	네오디움	네오디움
크기(mm)	8.9x2.5	11.7x2	14.3x2.8	14.9x3	15x3	15x4	15x4
실험전[G]	310	210	230	210	230	510	650
실험후[G]	319	212	235	211	230	510	652
차이[G]	9	2	5	1	0	0	2
백분율(%)	3	1	3	0.5	0	0	0.4

* 조건 : 영상 40℃, 습도 80% 환경 변화 후 1시간 유지

- [표 9]와 같이 환경 조건을 만족하는 실험을 진행한 결과, Magnet Wrie 시료 1~7 모두 표면 자계 세기는 변화가 없음을 확인하였다.

(4) 작업 환경에 따른 자계 분석

[그림 22] 자계위치인식센서 및 무인자율주행 차량 주제어기를 적용한 주행 실험



- 약 40m의 타원형 자계도로를 잔디밭에 설치하고, [그림 22]와 같이 개발한 자계위치인식센서 및 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기를 다른 차량에 적용하여 주행실험을 진행하였다. 실험을 통해 개발한 자계위치인식센서 및 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기가 작업환경(잔디밭)에서 주행 가능함을 확인하였다.

[그림 23] 모래, 낙엽이 설치된 자계도로 무인주행 실험



- [그림 23]은 잔디밭에 약 10m의 직선 자계도로 위에 모래, 낙엽과 같은 장애물을 설치하여, 무인 주행 실험을 진행하였다. 개발한 자계 위치인식센서 및 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기를 적용하여, 다양한 작업환경(모래, 낙엽 등의 장애물이 있는 자계도록)에서 차량의 주행이 가능함을 확인하였다.

2-2. 2차년도 수행과정 및 수행내용

1) 주관연구개발기관 : (주)그린맥스

○ 연구개발 목표

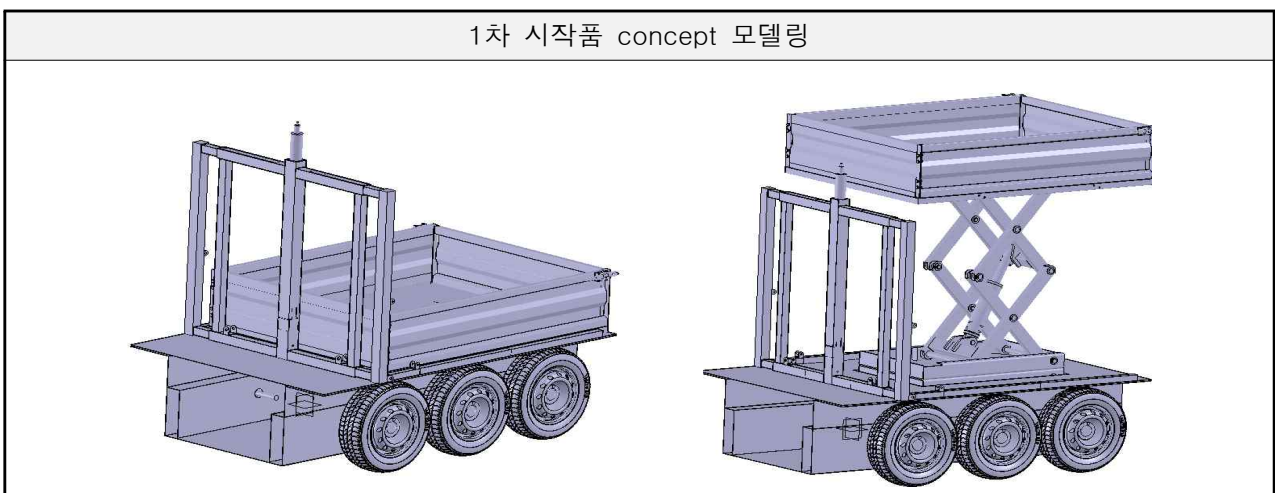
- (1) 1차 시작품 제작
- (2) 조이스틱 주행 시스템 개발
- (3) 원치리프트 개발
- (4) 유압 무단 변속기 적용
- (5) 진동감소를 위한 스프링 속업 쇼버 개발

○ 수행내용 및 범위

(1) 1차 시작품 제작

가) 1차 시작품 컨셉 설정

- 1차년도에 제작한 하부프레임 분석 결과, 정량성 목표인 1300mm의 리프트 높이에 적용이 어렵고 차량내구평가 시 프레임 변형이 우려되어, 참여기관과 협의 후 4.5T 사각파이프로 하부프레임을 수정하였음
- 자계센서 인식높이가 100mm로, 하부 프레임 하단부에 자계 센서 장착을 위한 프레임을 추가로 구성하였으며 엔진 위치를 프레임 부 우측으로 1차 결정하였음
- 차후, 하부 프레임 내구 평가 후 결과에 따라 취약부를 분석하여 최종 시작품에 적용할 예정임

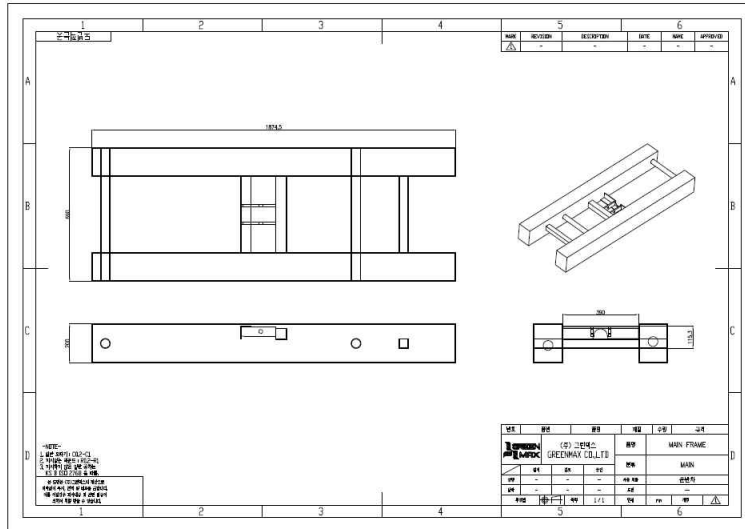


나) 주요부품 설계

- 하부 프레임

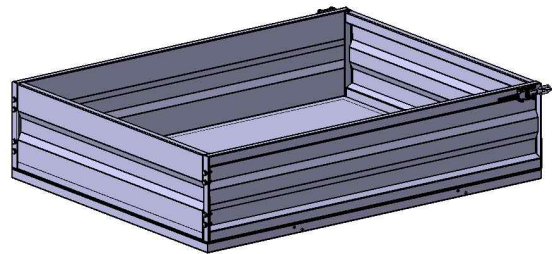
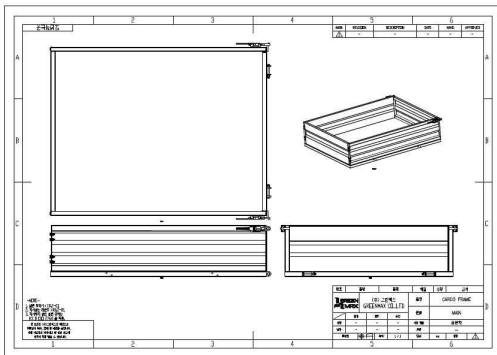
- 하부 프레임은 차량 내구평가 시 프레임 변형이 우려되어, 공동연구개발기관과 협의 후 4.5T 사각파이프로 구성하였으며, 690x1870x200mm로 제작하였음

2차년도 하부 프레임 도면



- 1차 시작품의 적재함은 정량적 목표인 적재중량 500kg의 120%인 600kg을 적재중량으로 설정하고, 과수원 사과박스 운반 시 사과박스 12개 적재 가능하도록 적재함의 폭과 높이를 선정 후 설계를 진행하였음. 3차년도에 제품 경량화를 위해 두께 및 폭, 높이를 보완할 예정임

2차년도 적재함 도면 및 모델링



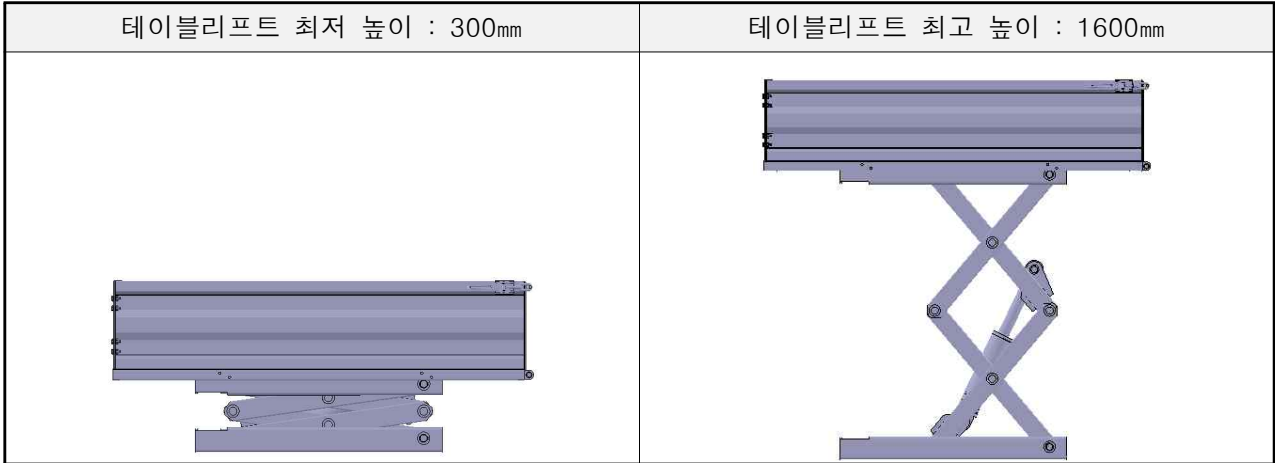
- 리프트 시스템

- 테이블리프트 1차 제작 시, 정량적 목표인 리프팅 높이 1300mm보다 낮은 800mm의 리프팅만 가능하여, 2단 리프트로 재수정하여 설계 제작 진행

1차 제작 리프팅 높이 : 800mm



- 테이블 리프트 높이 1300mm 적용을 위한 안전규격 검토 결과, 최대 리프팅 시 리프트 암이 리프트의 2/3 내에 위치, 45° 각도 이하로 제작되어야 하므로, 하부 프레임 치수 1820mm, 적재함 치수 1670mm에 맞춰 2단 테이블리프트로 결정함
- 최고 테비르 높이 1600mm, 최저 테이블 높이 300mm, 리프트 적용하중은 700kg으로 설정하여 유압실린더 사양을 검토하였으며, 유압실린더 힘이 2748kgf/cm²로 계산되어 실린더 내경 50mm, 피스톤 로드경 28mm의 유압 실린더 선정
- 3차년도 덤핑기능 추가 시, 덤프/리프트 겸용으로 유압실린더를 활용 가능하도록 구조를 검토할 예정



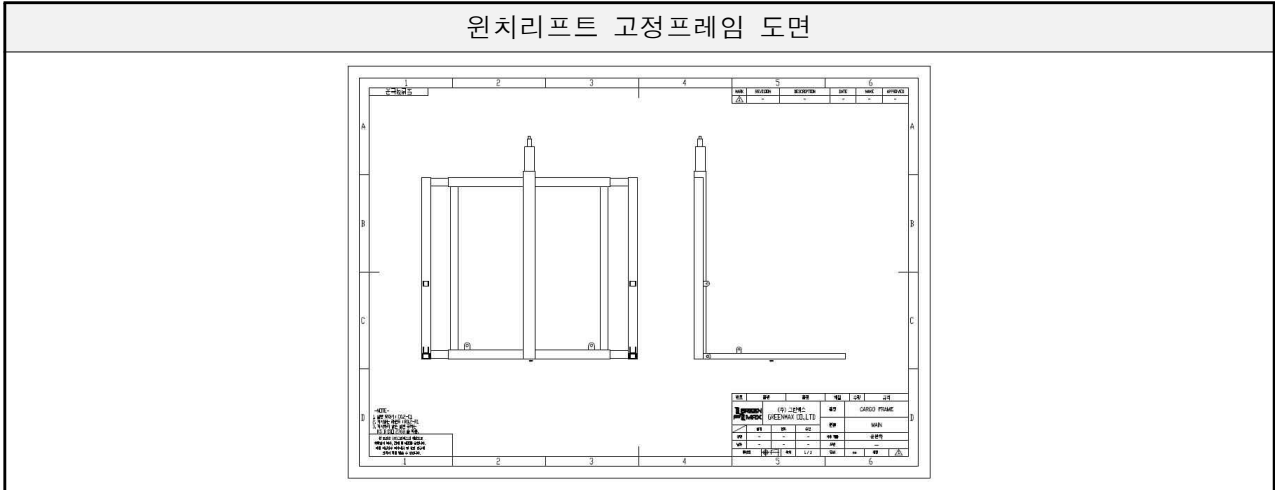
다) 1차 시작품 제작
- 하부 프레임



(2) 원치리프트 개발

가) 원치리프트 구조 수정 개발

- 하부 프레임 치수 변경에 따라 기존 원치리프트 고정부의 치수변경이 필요하여 원치리프트 프레임을 기존 700X750X750mm에서 1400X100X1200mm로 변경하였음
- 테이블리프트의 최대리프트높이가 1300mm로 원치리프트 상승높이를 변경하여 모듈간 간섭이 없도록 재설계하였음
- 원치리프트는 적재함 상단에 부착되고, 2단 접이식으로 180° 회전이 가능하도록 제작하였음



나) 원치리프트 작동 테스트 수행

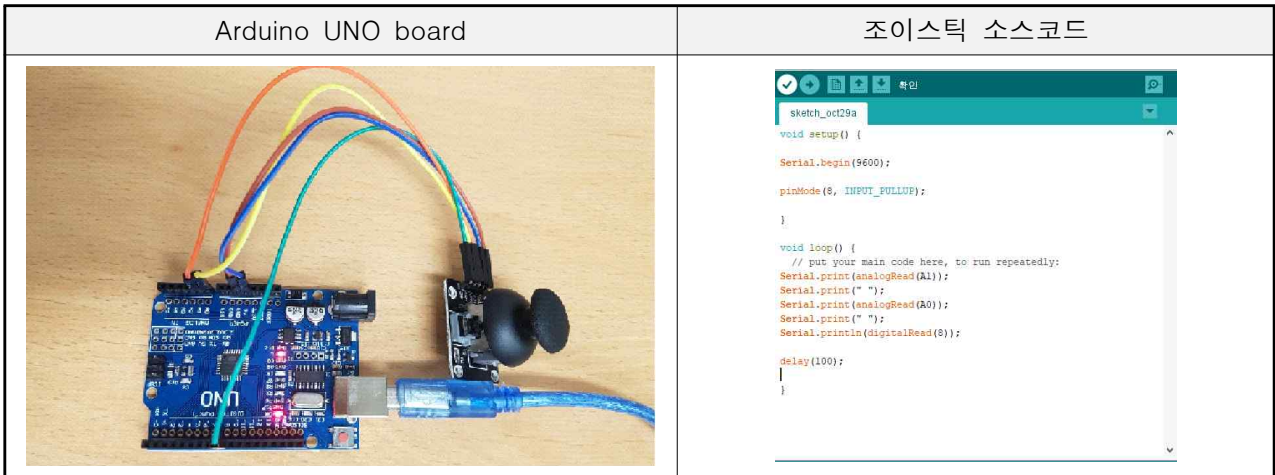
- 원치리프트를 1차 시작품에 고정하여 작동 시, 리프팅 시 적재함 간섭 여부를 확인한 결과, 문제없이 작동됨



(3) 조이스틱 주행시스템 개발

가) 조이스틱 구동을 위한 적용기술 연구

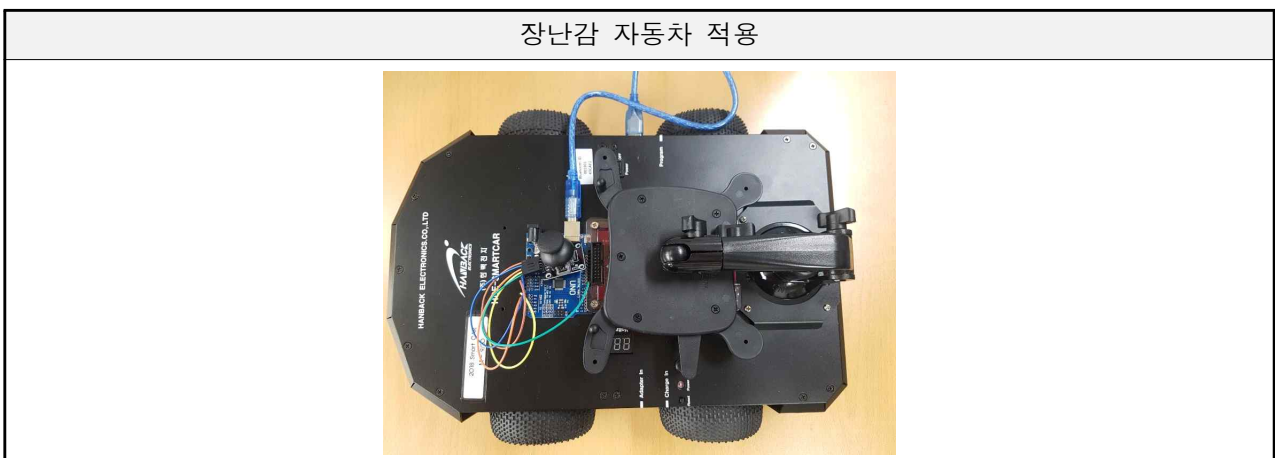
- Arduino UNO board를 활용하여, Arduino 프로그램에 조이스틱 작동 소스코드를 업로딩한 후, 조이스틱 사용 시 저항값 데이터 송수신 값을 확인하고, 장난감 자동차에 보드를 포팅하여 작동테스트를 수행, 조이스틱 응용연구를 수행하였음



- Arduino 프로그램의 시리얼 모니터에서 x-y축에 따라 조이스틱 작동 시, 저항값이 x축 0~1023, y축 0~1023 사이로 저항값이 변화하는 것을 확인함

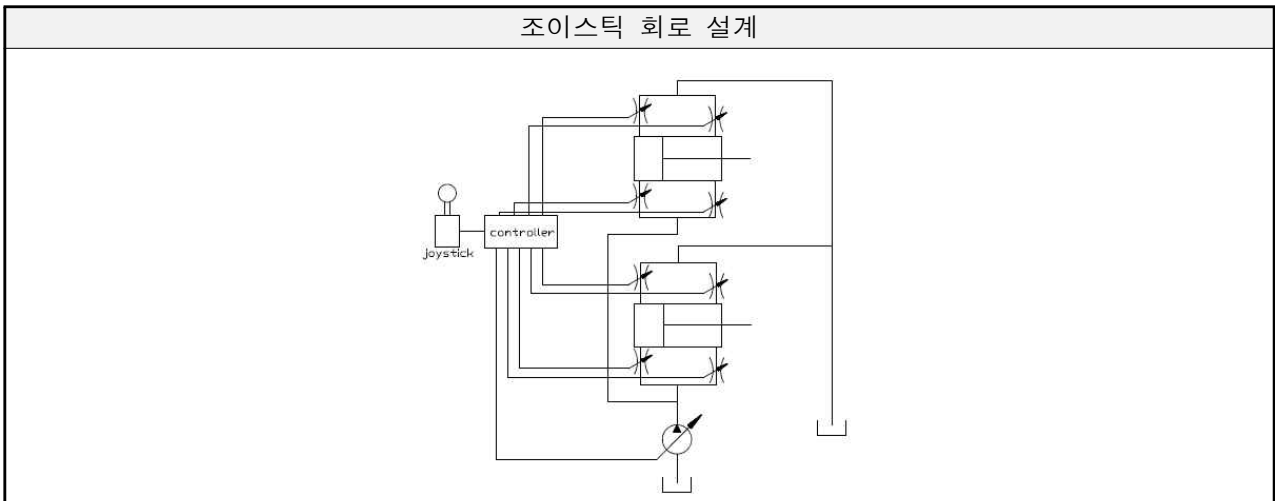


- Arduino UNO board에 조이스틱 소스코드를 업로딩하고 장난감 자동차에 보드를 연결하여 조이스틱으로 주행테스트를 수행하였음



나) 조이스틱 회로 레이아웃 설계

- 운반차에 장착될 유압조이스틱 레이아웃을 설계하여, 컨트롤러를 통해 유압모터가 좌우 유압실린더로 유압을 전송하여 운반차 방향전환이 가능한 회로를 설계하였음



다) 조이스틱 모델링

- 타 제품을 참고하여 조이스틱 concept 모델링을 설계하여 운반차 모델링에 assembly하여 운반차에 배치하고, 조이스틱에 좌우방향 전환 기능을 넣어 운반차 주행 시 활용할 계획임



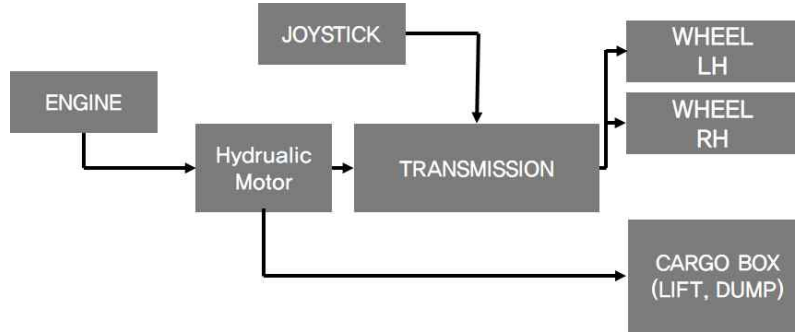
- 조이스틱 조향장치는 3차년도 최종시작품 메인프레임이 완성되면 덤핑, 리프팅 시 사용되는 유압모터와 동시활용 가능하고, 트랜스미션 구조 및 슬레노이드 유압밸브의 최종사양을 검토하여 확정할 예정임

(4) 유압 무단 변속기 적용

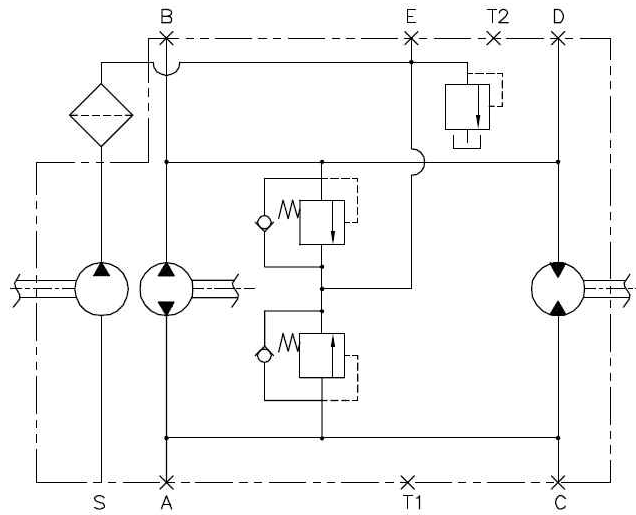
가) 유압 무단변속기 적용 검토

- 운반차 동력 시스템을 분석하여, 엔진사양과 적합한 트랜스미션을 선정하였음

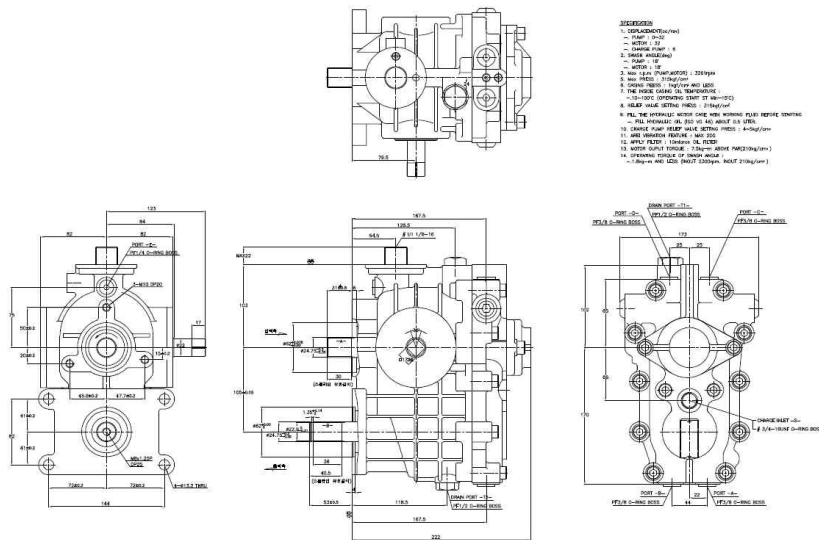
운반차 동력 구조

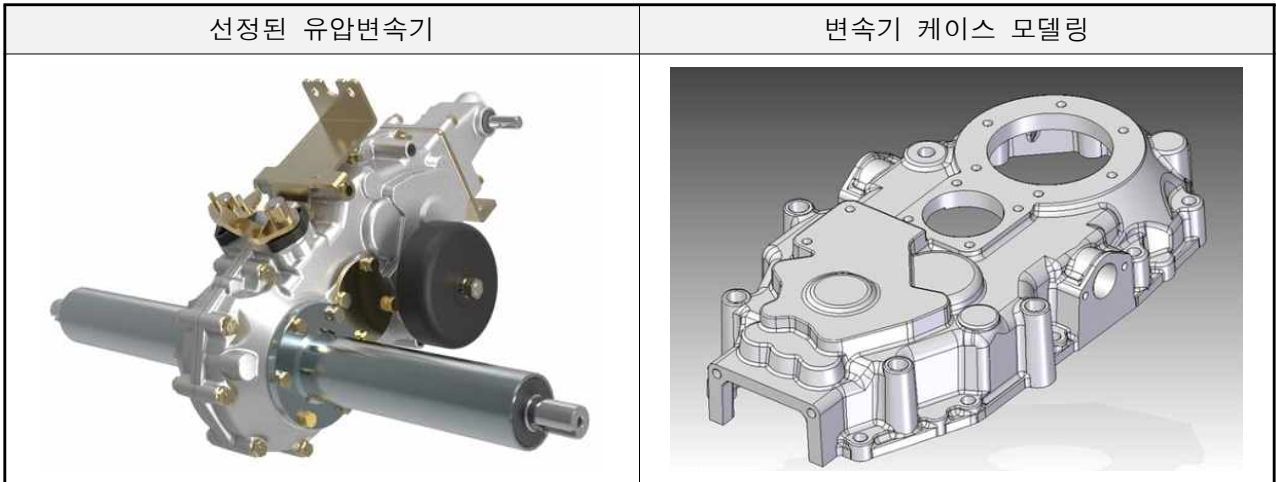


유압변속기 회로



유압변속기 도면 및 사양

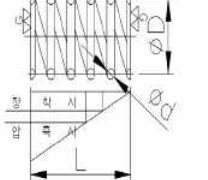




(5) 진동감소를 위한 스프링 속업 쇼버 개발

가) 스프링 속업쇼버 장치 구조 연구

- 6륵차에 적용할 스프링 속업 쇼버 장착을 위한 스프링 상수 계산을 실시하였을 때, 스프링 선경 30, 외경 142, 중심경 112, 스프링 내경 82로 스프링 하중 값을 도출하였음

스프링 상수 계산식																	
운반차 속업쇼버 스프링 하중계산																	
PROJECT	운반차	PARTNAME															
CUSTOMER	광대식	DWG NO															
DESIGN		DATE	2019. 04. 10														
		<p>☐ 도면작성시 명시항목 ☐</p> <p>재질, 선경, 내경, 외경, 유효권수, 총권수, 자유장, 후처리, 1차하중</p> <p>2차하중, 밀착장</p>															
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>회탄성계수 G</td> <td>피아노선</td> <td>8200</td> </tr> <tr> <td></td> <td>SMP</td> <td>8000</td> </tr> <tr> <td></td> <td>SUS</td> <td>7200</td> </tr> <tr> <td></td> <td>인정동</td> <td>450</td> </tr> </table>	회탄성계수 G	피아노선	8200		SMP	8000		SUS	7200		인정동	450			
회탄성계수 G	피아노선		8200														
	SMP		8000														
	SUS		7200														
	인정동	450															
①선 경(d)	30	①자 유효장(L)	225														
외 경(D2)	142	밀 착 장(Hs)	240														
중 심 경(D)	112	연 마 후	210														
②내 경(D1)	82	⑤회탄성계수(G)	8000														
총 권 수(Nt)	8	스프링정수(K)	96.09033														
③유효권수(Na)	6	④ 재 질	피아노선														
구분	압축길이(mm)	⑥처집량(mm)	하중 (kgf)	공차(+5%) (Kgf)	공차(-5%) (Kgf)												
1차하중	213.88	11.12	1,068.525	1121.951	1015.098												
2차하중	212.34	12.66	1,216.504	1289.494	1143.513												
3차하중	209.94	15.06	1,447.120	1533.948	1360.293												
4차하중	203.76	21.24	2,040.959	2163.416	1918.501												
5차하중	199.43	25.57	2,457.030	2604.452	2309.608												
d	선 경	Nt	총권수	Pmax	2차하중												
D1	내 경	Na	유효권수	K	스프링정수												
D2	외 경	G	회탄성계수	δ	스프링처집량												
D	중 심 경	P	스프링에 작용하는 하중	Ws	밀착장												
<p>☐ P(스프링에 작용하는 하중Kgf) = δ(처집량) x K(스프링정수)</p> <p>☐ K(스프링정수) = G(탄성계수) x d⁴(선경) / 8 x Na(유효권수) x D³(중심경) = P / δ</p> <p>☐ δ(처집량) = 8 x Na(유효권수) x D³(중심경) x P(스프링에 작용하는 하중) / G(탄성계수) x d⁴(선경)</p>																	

- 스프링 속업 쇼버를 구입하여 스프링 속업 쇼버의 구조와 원리를 연구하고, 운반차에 적용 가능한 스프링 강도와 재질을 검토하였음

스프링 속업 쇼버



- 스프링 속업 쇼버는 1차 시작품 프레임의 내구성 안전 결과 확인 후, 최종 시작품 경량화 진행을 통해 적절한 스프링 속업 쇼버 배치 및 치수 검토 후 적합한 구조를 재선정하여 3차년도에 보완 예정

2) 공동연구개발기관1 : 군산대학교 산학협력단

○ 연구개발 목표

- (1) 적재함 프레임 구조해석(CAE) 및 취약부 보강
- (2) 보강된 적재함 프레임의 강성내구시험 실시
- (3) 1차 시작품 핵심 부품 시험 및 실차 테스트
- (4) 1차 시작품 최대 적재 중량 시험

○ 수행내용 및 범위

(1) 메인 프레임 구조해석

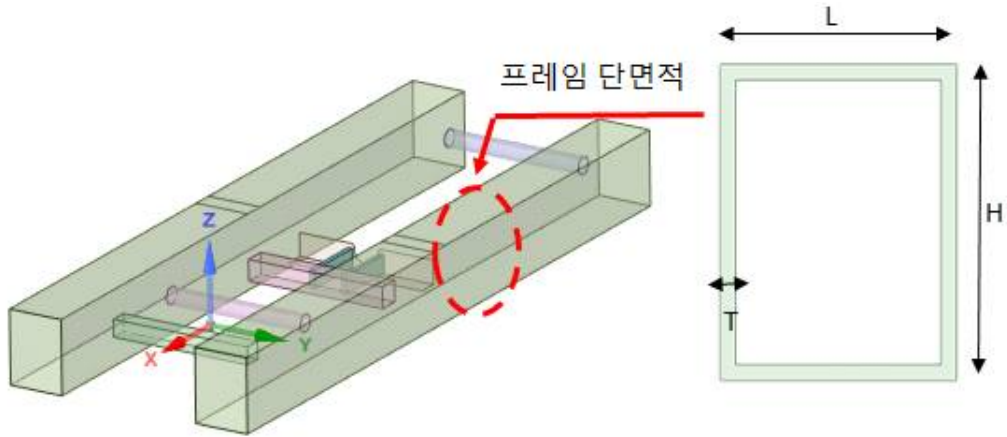
- 농업용 운반차 프레임의 차량 중량 550kg에 대한 설계 목표하중 3g(1650kg)의 설계 안전성 검토
- 추후 개선 및 양산제품에 대한 DB 적용

가) 설계 모델의 간략화 및 해석 모델

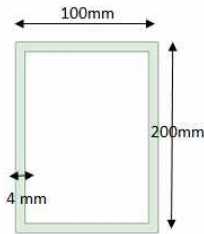
- 해석 시 정확성 향상을 위하여 응력집중(특이해)이 나타나지 않도록 모델링 수정
- 해석 시 불필요 요소 제거 및 간략화
- 각 Part 두께를 고려하여 Surface 해석 모델링 구축
- 프레임의 단면적 길이x높이x두께의 요소를 고려한 3 CASE의 해석 모델 선정
 - CASE1 100x200x4mm, CASE2 100x200x4.2mm, CASE3 150x200x4.5mm

유한요소 해석 모델

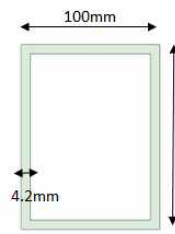
해석 모델



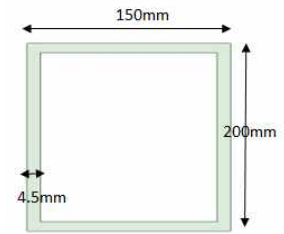
CASE1 100x200x4mm



CASE2 100x200x4.2mm



CASE3 150x200x4.5mm



나) 개발제품 적용 물성치

Material(소재)	탄성계수(GPa)	항복강도(MPa)	포와송비
SS400	192	275	0.3

다) Mesh(각 CASE별 동일 조건부여)

- Mesh Type/Node수/Element수 : Tetra/584,646ea/326,318ea(CASE1 기준)
- 전체 제품에 Mesh Size는 Mesh Quality Average를 기준으로 0.9 이상의 값이 도출되도록 균일하게 조절하여 선정
 - 프레임 20mm, 그 외 5mm

개발제품 유한요소 모델링



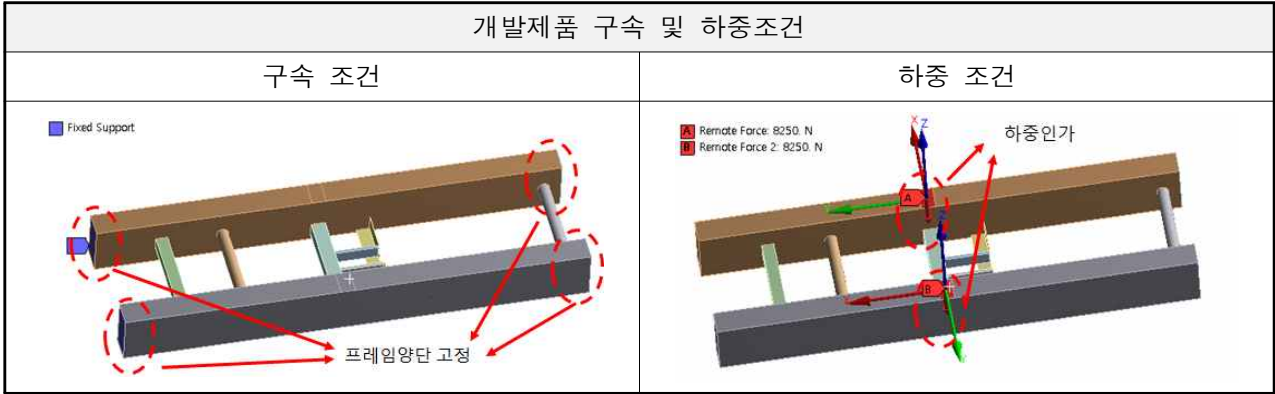
라) 프레임 경계조건 (각 CASE별 동일 조건부여)

- Contact 조건

- 제품의 각 부품들은 해석 시 슬립 및 이탈 등의 변동은 없을 것으로 가정하여 각 부품 간에 6DOF 고정

- 구속 및 하중 고전

- 2개의 프레임 양단 끝단은 완전 구속으로 가정하여 6DOF 소정
- 농업용 운반차의 차중 550kg의 중력방향 3g(1650kg) 하중 인가
- 하중은 프레임의 최약지점을 고려하여 중앙지점에 1.5g(825kg)씩 양 프레임에 인가



마) 해석결과 검토

- 파손 이론(Failure criterion)

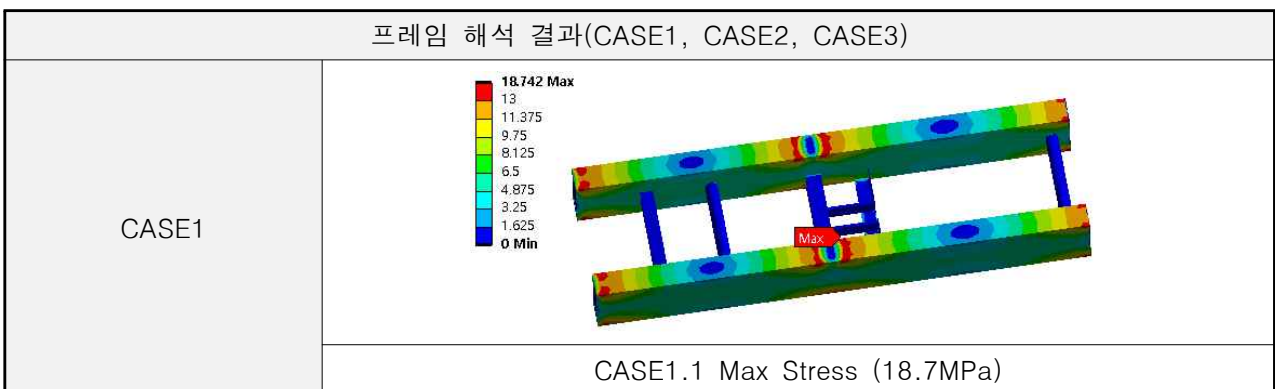
- 인장응력 또는 전단응력 등의 다축응력상태에서의 탄성변형의 한계, 즉 항복개시에 관한 가설을 항복조건(Yielding criterion) 또는 파손이론(Failure criterion)이라고 정의함
- 따라서 파손이론은 소성변형이 발생 여부에 관한 판정식으로 이를 이용하여 등방성 구조물의 구조안전도를 평가 및 예측에 주로 사용되어지고 있음
- 전단변형 에너지가 일정치에 달하면 항복이 발생한다는 전단변형률 에너지설 (Shearing strain energy theory)에 근거하여 von Mises는 다음과 같은 파손이론을 제안함

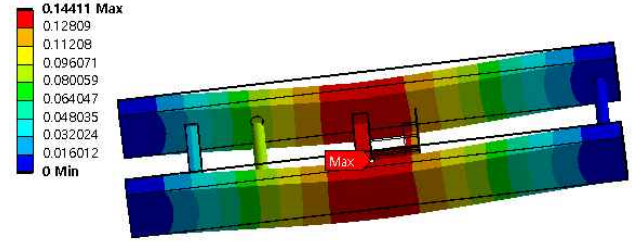
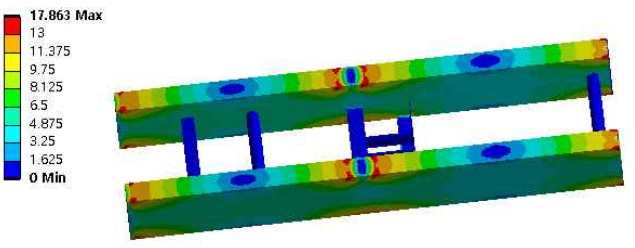
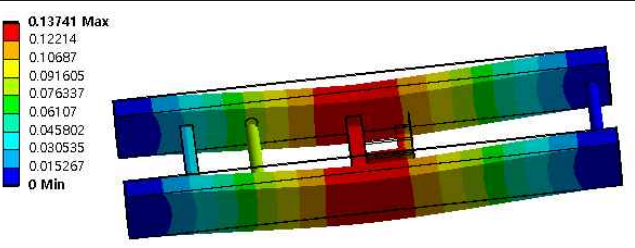
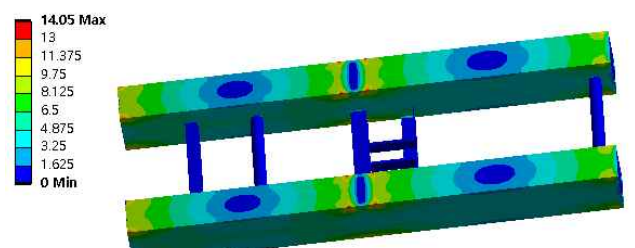
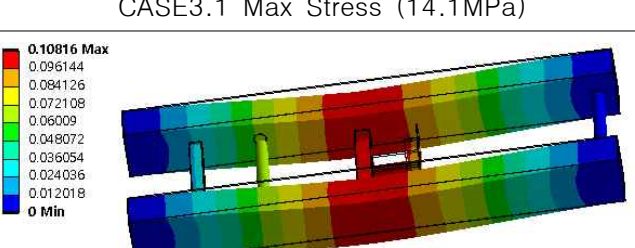
$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{2} \{ (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \}}$$

- 여기서 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 는 주응력값들이다. 먼저 $\bar{\sigma}$ 라는 상당응력(Equivalent stress)으로 정의되며, 상당응력이 재료의 단축인장 항복응력 Y에 도달하면 항복, 즉 파손이 일어난다고 가정함. 이로인한 안전계수 S_f 는 다음과 같이 정의됨

$$S_f = \frac{Y}{\bar{\sigma}}$$

- 프레임 해석 결과



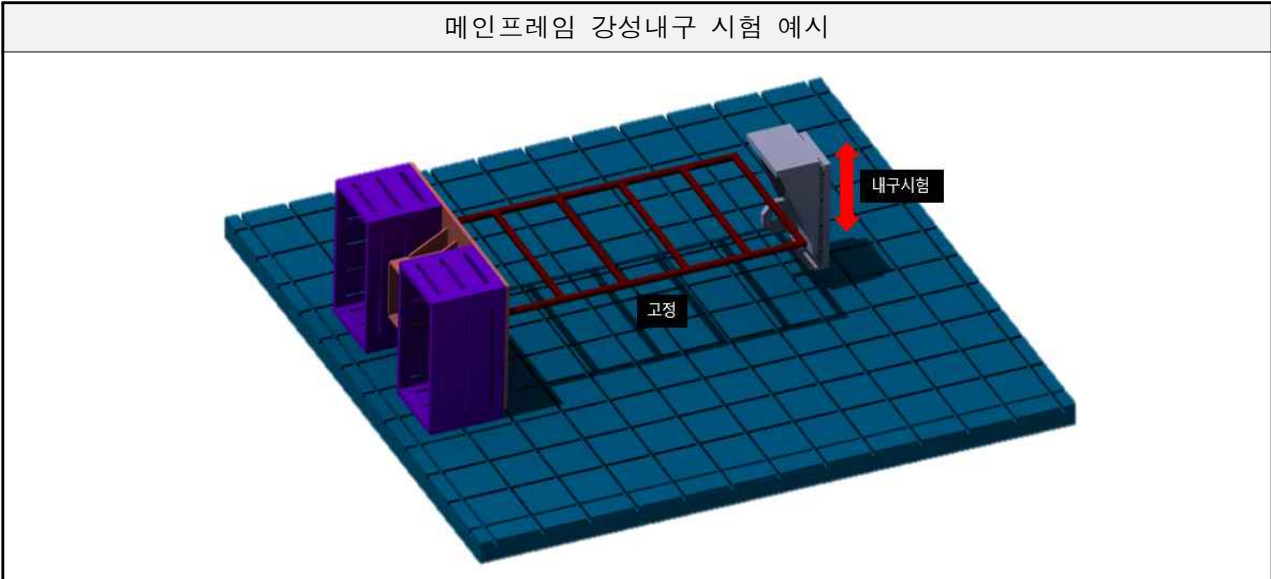
	
	CASE1.2 Max Deformation (0.144mm)
CASE2	
	CASE2.1 Max Stress (17.8MPa)
CASE2	
	CASE2.2 Max Deformation (0.137mm)
CASE3	
	CASE3.1 Max Stress (14.1MPa)
CASE3	
	CASE1.2 Max Deformation (0.187mm)

- 농업용 운반차 프레임의 설계검증을 위하여 차중무게 550kg을 적용하여 설계목표하중 3g(1650kg)dp 대한 선형정적 구조해석을 수행하였음
- 설계의 변수로는 제품의 프레임 단면적 조건에 대하여 3 CASE에 대한 제품의 해석모델을 선정하였으며, 프레임의 두께를 고려하여 Surface 해석 모델을 구축하였음
- 해석 결과 단면적이 클수록 제품의 도출되는 응력 및 변형이 감소되는 경향이 나타났으며, 최대응력은 CASE1에서 18.7MPa, 최대변형량은 4mm, 최대변형량은 0.144mm로 산출됨
- 각 CASE 모두 단면적이 클수록 제품의 최대응력이 제품의 항복강도 275MPa 이하로,

파손이론에 근거하여 제품에 대한 연구변형 및 파손은 없을 것으로 예상되며, 추후 주
 관연구개발기관과 함께 타 부품 간의 결합 등을 고려하여 적절한 CASE를 선정할 예
 정

(2) 메인프레임 강성내구 시험

- 메인프레임 강성내구시험을 위한 지그 설계 및 제작
- 하중부여 및 시험조건에 대한 검토 및 수립
- 시험결과 : PASS(정량적 목표 : 40,000cycle)



메인프레임 강성내구시험 결과보고서



자동차융합기술원 54158 전라북도 군산시 동정신5길 6 Tel. 063-472-2300
 Fax. 063-472-2303 E-mail. jiat@jia.kr https://www.jia.kr

결과 보고서

제 목	농자재 수송차량 프레임 강성내구평가 입회시험		
회사명	군산대학교 기술혁신센터	의뢰일자	2019. 11. 07
주 소	전북 군산시 산단남북로 177-1	기 간	2019. 11. 07
담당자	하 만 호	대 상 품	농자재 수송차량 프레임

1. 시험 개요

- 시험대상 : 농자재 수송차량 프레임
- 시험 일 : 2019년 11월 7일
- 시험장소 : 군산대학교 기술혁신센터 시험동
- 시험 자 : 군산대학교 하만호 팀장, 조재현 선임
- 확인 자 : 자동차융합기술원 양동욱 선임연구원

2. 시험 목적

- 농자재 수송차량 프레임 강성내구평가를 확인함

3. 시험 방법 및 결과

시험항목	시험 조건 및 방법	결과
프레임 강성내구평가	40,000cycle 강성내구 시험 후 변형, 크랙, 파손 여부를 육안으로 확인함	이상없음

* 시험 조건 및 방법은 의뢰자가 제시한 조건에 따름

[붙임] 1. 가이드링 공정장비 성능평가 입회시험 결과보고서(R19-0500). pdf

작성 일자	양동욱 2019.11.00	확인 일자	노윤식 2019.11.00
보고서발행번호	JIAAT-19-0000	의뢰서접수번호	R19-0509

상기와 같이 결과 보고서를 제출합니다.
 2019.11.00



자동차융합기술원장

본 결과보고서는 의뢰인이 제공한 시료/조건/방법 등에 대한 결과물이며, 기술원의 정식 승인 없이 수정 또는 일부를 복사하여 사용될 수 없습니다.
 This report is limited to test results for samples, conditions and test procedures provided by the customer and shall not be revised and copied except in full, without the formal written approval of JIAT.




[시험용 셋업 조건 및 가이드부 사진]



[지치부 및 시험기 S/W 설정 사진]

4. 시험결과

가. 시험 결과

- 목표 수명 : 40,000cycle, 진행 수명 : 40,000cycle
- 시험 완료 후 육안검사결과 이상없음



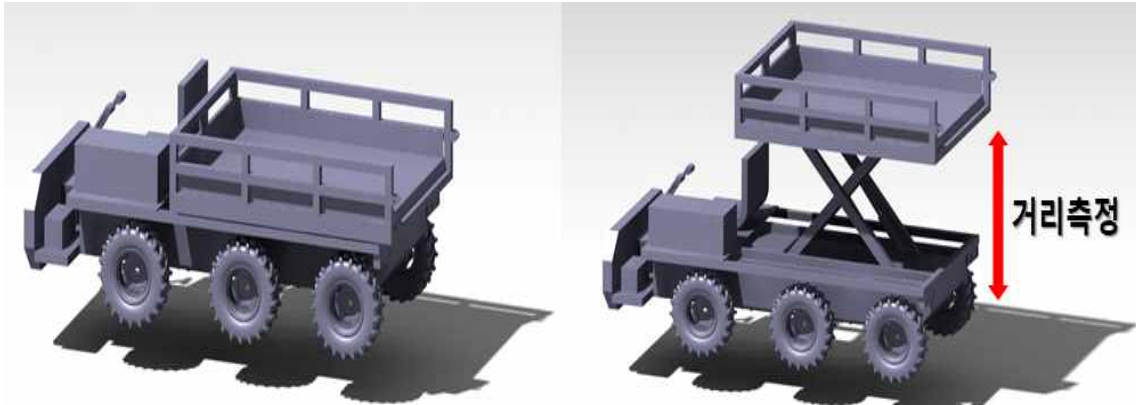

[시험 종료 후 시험품 육안검사 사진]

접수번호 R19-0590 자동차융합기술원 - 2 / 4 -

(3) 적재함 리프팅 거리 측정

- 적재함 거리 측정 장소 및 시험조건에 대한 검토
- 리프팅 초기 위치에서 최대 위치 확인 후 거리 측정
- 시험 결과 : 1.407m, PASS(정량적 목표 : 1.3m 이상)

적재함 리프팅 거리 측정 시험의 예시



적재함 리프팅 거리 측정 결과보고서

JIAT 자동차융합기술원 54158 진라북도 군산시 동정산2길6 Tel. 063-472-2300
 Fax. 063-472-2300 E-mail. jiat@jiat.re.kr http://www.jiat.re.kr

결과 보고서

제 목	농자재 수송차량 성능평가 임회시험		
의뢰인	회사명	의뢰일자	2019. 11. 07
	주 소	기 간	2019. 11. 11
	담당자	대 상 품	농자재 수송차량

1. 시험 개요

- 시험대상 : 농자재 수송차량
- 시 행 일 : 2019년 11월 11일
- 시험장소 : 군산대학교 기술혁신센터 시험센터 내외
- 시 행 자 : 그린텍스 김승원 외 1인, 군산대학교 하만호 팀장
- 확 인 자 : 자동차융합기술원 양동욱 선임연구원

2. 시험 목적

- 농자재 수송차량의 성능을 확인함

3. 시험 방법 및 결과

시험항목	시험 조건 및 방법	결과
1. 최대적재중량	500kg 적재 후 100m 이동 가능여부 확인함	507kg, 이상완료
2. 원거리리프트 허용중량	원거리리프트 60kg 적중 여부 확인함	63kg, 이상완료
3. 적재함 리프팅 거리	적재함 리프팅시 거리를 측정함	1.407m

* 시험 조건 및 방법은 의뢰자가 제시한 조건에 따름

[붙임] 1. 농자재 수송차량 성능평가 임회시험 결과보고서(R19-0501). 공.

작 성 자	양동욱	2019.11.00	확 인 자	노환식	2019.11.00
보고서발행번호	JIAT-19-0000		의뢰서접수번호	R19-0509	
상기와 같이 결과 보고서를 제출함 2019.11.00 자동차융합기술원장					

본 결과보고서는 의뢰인이 제공한 시료(시험대상) 등에 대한 결과물이며, 기술원의 명시 승인 없이 수정 또는 일부용 복사하여 사용을 할 수 없음.
 This report is limited to test results for samples, conditions and test procedures provided by the customer and shall not be revised and copied except in full, without the formal written approval of JIAT.

다. 적재함 리프팅 거리

- 적재함 최대 상승시 리프팅 거리를 측정함
- > 적재함 리프팅 거리 : 1.407m



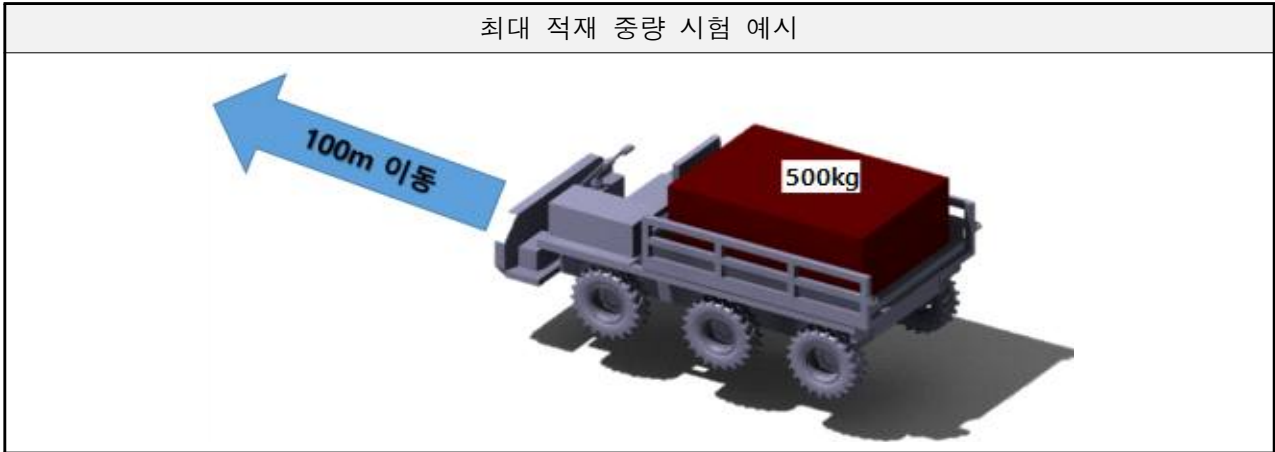
[농자재 수송차량 적재함 상승 전/후 사진]



[적재함 리프팅 거리 : 1.407m]

(4) 최대 적재중량 시험

- 개발목표인 최대 적재하중 500kg 적재 후 100m를 이동하여 농업용 운반차의 최대 적재 시 안전성 검증
- 시험 결과 : 507kg, PASS(정량적 목표 : 500kg)



최대 적재중량 측정 결과보고서

JIAT 자동차융합기술원 54158 전라북도 군산시 동정신2길 6 Tel. 063-472-2300
 Fax. 063-472-2399 E-mail. jiat@jiat.re.kr http://www.jiat.re.kr

결과 보고서

농자재 수송차량 성능평가 입회시험			
회사명	㈜그린맥스	의뢰일자	2019. 11. 07
주소	전북 익산시 황령면 후정4길 68-34	기간	2019. 11. 11
담당자	김승환	대상품	농자재 수송차량

1. 시험 개요

- 시험대상 : 농자재 수송차량
- 시험일 : 2019년 11월 11일
- 시험장소 : 군산대학교 기술혁신센터 시험센터 내외
- 시험자 : 그린맥스 김승환 외 1인, 군산대학교 하만호 팀장
- 확인자 : 자동차융합기술원 양동욱 선임연구원

2. 시험 목적

- 농자재 수송차량의 성능을 확인함

3. 시험 방법 및 결과

시험항목	시험 조건 및 방법	결과
1. 최대적재중량	500kg 적재 후 100m 이동 가능여부 확인함	507kg, 이상없음
2. 윈치리프트 허용중량	윈치리프트 60kg 작동 여부 확인함	63kg, 이상없음
3. 적재함 리프팅 거리	적재함 리프팅시 거리를 측정함	1.407m

* 시험 조건 및 방법은 의뢰자가 제시한 조건에 따름

[붙임] 1. 농자재 수송차량 성능평가 입회시험 결과보고서(R19-0591). 곽.

작성일자	양동욱	2019.11.00	확인일자	노완식	2019.11.00
보고서발행번호	JIAT-19-0000		의뢰서접수번호	R19-0509	
상기와 같이 결과 보고서를 제출함					
2019.11.00					

본 결과보고서는 의뢰인이 제공한 시료조건방법 등에 대한 밀폐물이며, 기술원의 명식 승인 없이 수정 또는 일부를 복사하여 사용을 할 수 없음.
 This report is limited of test results for samples, conditions and test procedures provided by the customer and shall not be revised and copied except in full, without the formal written approval of JIAT.

4. 시험결과

가. 최대적재중량

- 농자재 수송차량에 중량물(500kg 이상) 적재 후 100m 거리 이동 가능여부 확인함
- > 중량물 무게 확인함 : 507kg
- > 100m 주행 장소 선정(군산대학교 기술혁신센터 시험동 앞 공도) 및 거리 확인함
- > 100m 거리 왕복 후 정상작동 및 이상여부 확인함 : 정상작동 및 이상없음



[저울 0점 세팅 및 농자재 수송차량에 적재할 중량물(507kg)]



[농자재 수송차량 적재함에 중량물 적재]

(5) 원치리프트 허용중량 시험

- 60kg 더미를 지면에서 30cm 이상 들어올린 지면으로 원복하는 시험
- 시험 결과 : 63kg, PASS(정량적 목표 : 60kg 이하)

원치리프트 허용중량 측정 결과보고서



JIAT 자동차용합기술원 54158 전라북도 군산시 동정산2길6 Tel. 063-472-2300
 Fax. 063-472-2399 E-mail. jiat@jiat.co.kr http://www.jiat.co.kr

결과 보고서				
농자재 수송차량 성능평가 입회시험				
제 목	농자재 수송차량 성능평가 입회시험			
회사명	㈜그린맥스	의뢰일자	2019. 11. 07	
주 소	전북 익산시 황등면 후정4길 58-34	기 간	2019. 11. 11	
담당자	김승환	대 상 품	농자재 수송차량	

1. 시험 개요

- 시험대상 : 농자재 수송차량
- 시험일 : 2019년 11월 11일
- 시험장소 : 군산대학교 기술혁신센터 시험센터 내외
- 시험자 : 그린맥스 김승환 외 1인, 군산대학교 하만호 팀장
- 확인자 : 자동차용합기술원 양동욱 선임연구원

2. 시험 목적

- 농자재 수송차량의 성능을 확인함

3. 시험 방법 및 결과

시험항목	시험 조건 및 방법	결과
1. 최대적재중량	500kg 적재 후 100cm 이동 가능여부 확인함	507kg, 이상없음
2. 원치리프트 허용중량	원치리프트 60kg 적동 여부 확인함	63kg, 이상없음
3. 적재할 리프팅 거리	적재할 리프팅시 거리를 측정함	1.407m

※ 시험 조건 및 방법은 의뢰자가 제시한 조건에 따름

[붙임] 1. 농자재 수송차량 성능평가 입회시험 결과보고서(R19-0501). 공.

작성일자	양동욱	2019.11.00	확인일자	노광석	2019.11.00
보고서발행번호	JIAT-19-0000		의뢰서접수번호	R19-0509	

2019.11.00

자동차용합기술원장

본 결과보고서는 의뢰인이 제공한 시료조건방법 등에 대한 일차물이며, 기술원의 정식 승인 없이 수정 또는 일부만 복사하여 사용을 할 수 없음.
 This report is limited to test results for samples, conditions and test procedures provided by the customer and shall not be revised and copied except in full, without the formal written approval of JIAT.

나. 원치리프트 허용중량

- 원치 리프트 중량물(60kg 이상) 들어 올릴 및 이상여부 확인함(이상없음)
- > 중량물 무게 확인함 : 63kg



[원치 리프트에 사용할 중량물(63kg)]



[원치 리프트 중량물(63kg) 들어 올림 확인 : 이상없음]

접수번호 R19-0581
자동차용합기술원
- 4 / 5 -

3) 공동연구개발기관2 : 한국생산기술연구원

○ 연구개발 목표

- (1) 차량제어용 리모컨 설계 및 개발
- (2) 핵심요소부품 통합시스템 설계 및 개발
- (3) 무인자율주행 핵심 요소부품 신뢰성 평가 수행

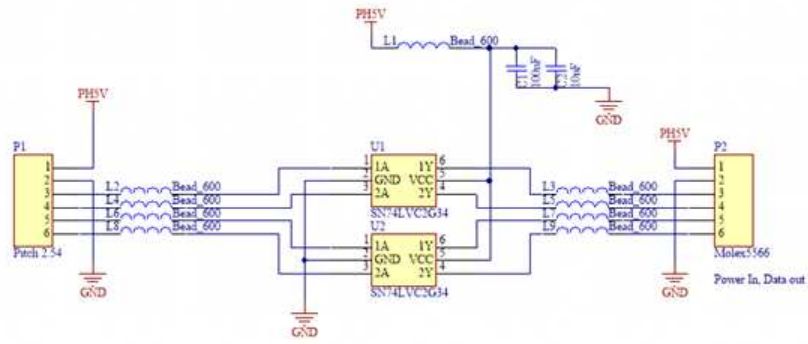
○ 수행내용 및 범위

(1) 차량제어용 리모컨 설계 및 개발

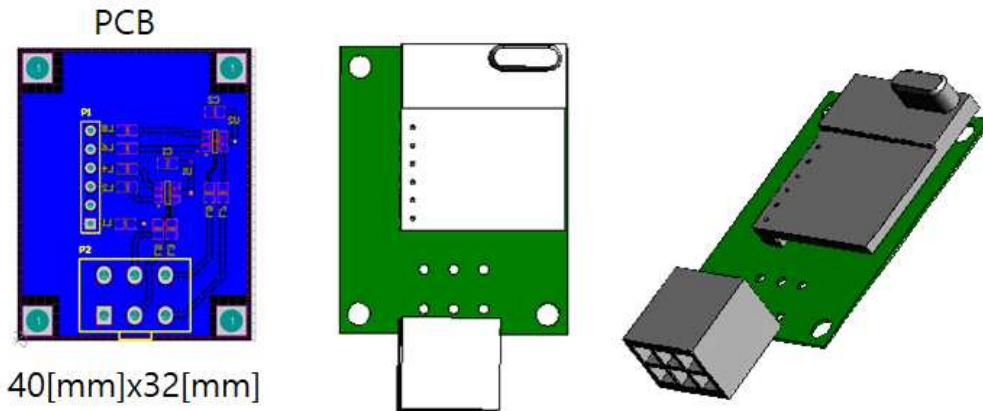
가) 리모컨 설계

- 안정된 리모컨 수신부의 위치를 선정하기 위해 [그림 1]과 같이 수신부에 버퍼회로를 구성
- 통합제어기와 수신기 간에 주변잡음에 의한 신호 왜곡을 방지하기 위함
- SN74LVC2G34의 버퍼를 사용하여 통합제어기와 수신기 이격거리 300mm 유지

[그림 1] 리모컨 수신기 확장 회로도

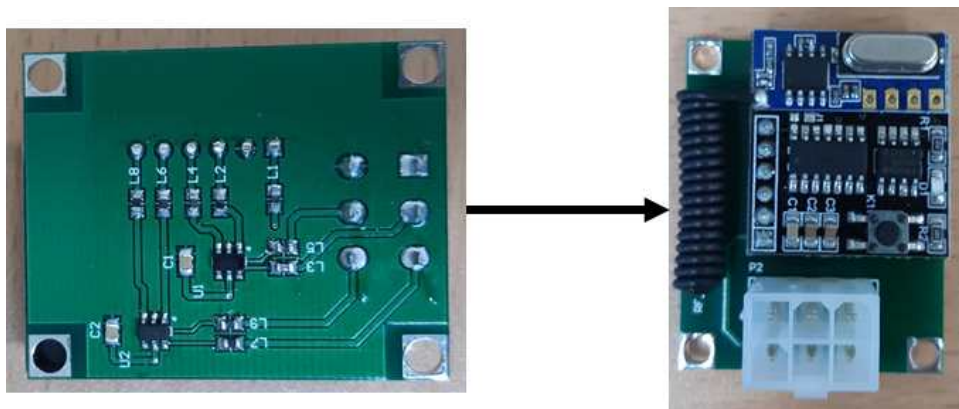


[그림 2] 리모컨 수신기 형상



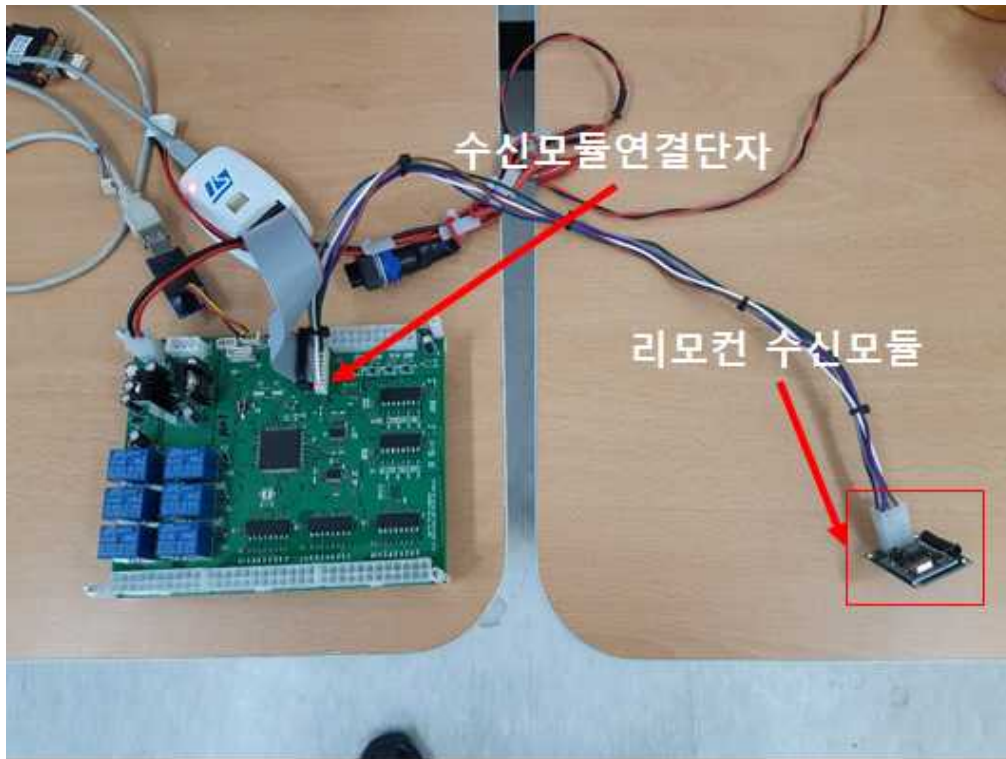
- 리모컨 수신기의 크기는 40x32mm의 크기로 제작
- 리모컨 수신기에 사용된 연결 커넥터는 현장에서 사용하기 편리하도록 5566 타입을 사용하였으며 조립이 수월함

[그림 3] 리모컨 수신기 PCB 및 조립 형상



- 리모컨 수신기의 조립 형상은 [그림 3]과 같음
- 수신기의 안테나는 [그림 3]과 같이 헬리컬 안테나로 되어 있으며 리모컨 수신부와 버퍼 PCB와 같이 조립되어 있음

[그림 4] 리모컨 수신기와 통합제어기 간의 조립



*제어보드와 수신모듈간 연결선 길이 300[mm]

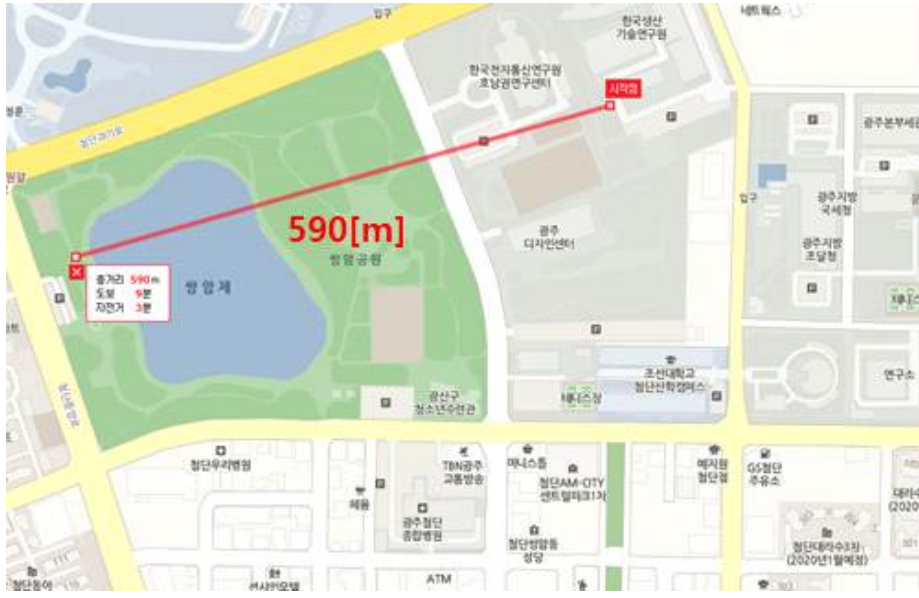
- 통합제어기와 리모컨 수신기 간의 연결 형상은 [그림 4]에 나타냄
- 300mm 케이블을 이용해 통합제어기와 수신기를 연결하여 정상적으로 동작하는지 테스트를 진행함

[그림 5] 리모컨과 수신기 통신 실험



- 리모컨 형상을 [그림 5]에 나타내었으며 컴퓨터 모니터에는 수신여부를 확인할 수 있도록 표시하고 있음
- 리모컨의 'A', 'B', 'C', 'D' 버튼을 누르면 통합제어기에서 수신된 버튼의 알파벳을 모니터를 통하여 표시하도록 실험 진행

[그림 6] 리모컨과 수신기 간의 통신 거리 실험

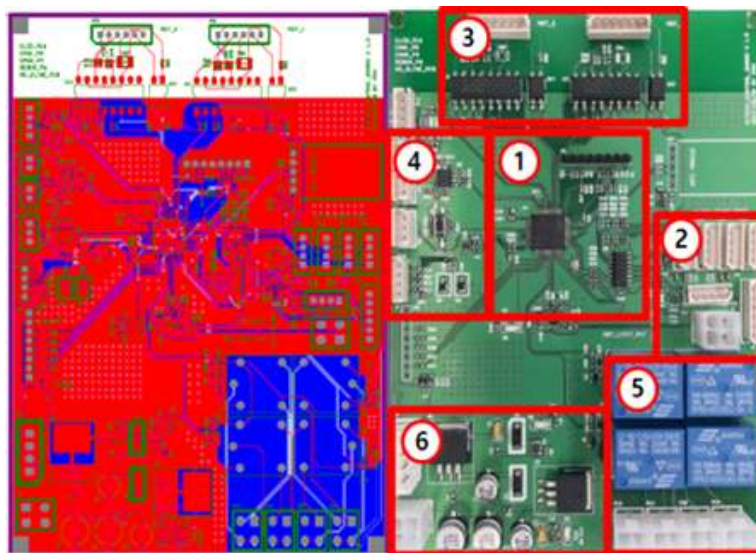


- 리모컨과 수신기 간의 통신 실험을 진행함
- [그림 5]와 같은 환경을 구성하여 실험을 진행함
- 송수신 거리는 [그림 6]에 나타내었으며 송수신 사이에 5층 건물이 존재함
- 실험은 도보로 이동하며 송수신 상태를 확인함
- 실험 결과 송수신 거리는 약 590m로 확인됨

(2) 핵심요소부품 통합시스템 설계 및 개발

가) 기존 통합 시스템

[그림 7] 기존 통합제어기 형상



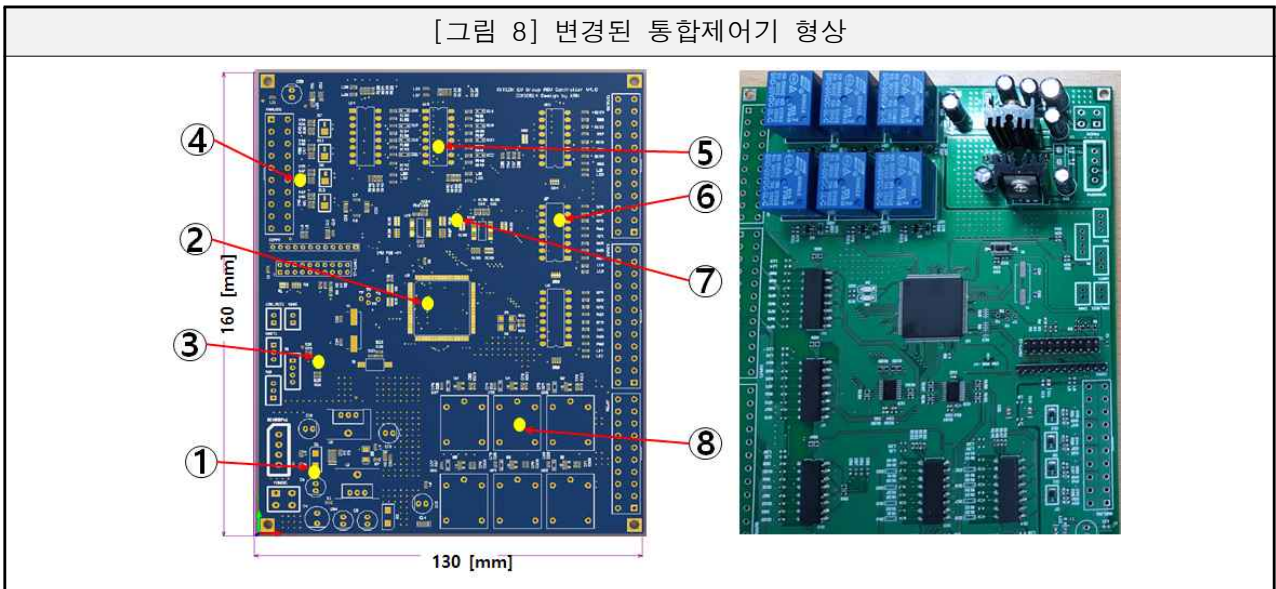
[표 1] 기존 통합 제어기 사양

NO	목록	포트 수	용도
1	Digital Input	6	Key x 4, Motor Pulse x 2
2	Digital Output	4	Motor CW/CCW x 4
3	Analog	2	Potionmeter x 1, Thumb Axel x 1
4	PWM Output	2	Motor PWM x 2
5	Realy Output	4	Buzzer, Light x 4
6	Ultra-Sound	4	Ultra Sound x 4
7	Limit Sensor	2	Limit Sensor x 4
8	UART	3	Debug, Magnetic Sensor, WIFI
9	CAN	1	magnetic Sensor
10	SPI	1	-
11	12C	1	-
12	LED	2	Debug

- [그림 7]과 [표 1]은 기존 1차년도에 구성한 통합제어기 사양을 나타냄
- 기존 통합제어기를 이용하여 스위치류 및 주변장치 제어용 연결단자 확장으로 PCB를 다시 제작함
- 차량 무인주행 중 운행상태를 확인하기 위해 IMU 센서를 추가함

나) 변경 통합시스템

[그림 8] 변경된 통합제어기 형상



- [그림 8]은 변경된 통합제어기 형상을 보임
- ①은 전원부, ②는 MPU를 위치하였으며, ③은 CAN과 UART 통신을 할 수 있도록 함
- ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧은 아날로그 입력 및 디지털 입출력과 릴레이 수를 확장하여 변경
- 아날로그 최대 입력전압 3.3V로 설정하였으며 그 이상의 전원이 입력되었을 경우 설계된 회로에 의하여 클리핑 됨
- 포토커플러가 정상적으로 동작하기 위해 필요한 전류는 5~20mA이므로 버퍼를 적용하여 설계
- 기존에 4개의 릴레이를 제어하였으나 외부 입출력단자의 확장으로 6개로 릴레이 수량을 늘림

[표 2] 개선된 제어기 사양



NO	목록	포트 수	용도
1	Digital Input	20	Key x 4, Motor Pulse x 2
2	Digital Output	20	Motor CW/CCW x 4
3	Analog	8	Potentionmeter x 1, Thumb Axel x 1
4	UART	6	Debug, Magnetic Sensor, WIFI, RF Remot
5	CAN	1	magnetic Sensor
6	SPI	1	-
7	I2C	1	-
8	LED	2	Debug



- [표 2]는 변경된 통합제어기의 사양을 보이고 있음
- 디지털 입출력포트 40개 설정
- 아날로그 입력포트 8개 설정
- 릴레이 포트 6개 설정
- 통신포트는 UART, CAN,SPI, I2C를 적용하였으며 총 6개를 설정



[표 3] 기존제어기와 변경제어기 사양 비교

NO	목록	단위	기존제어기	변경제어기
1	디지털 입출력	ea	10	40
2	아날로그 입력		2	8
3	릴레이		4	6
4	통신포트		6	6

제어기 방수방진 공인시험 성적서

		시험성적서 (TEST REPORT)			
성적서 번호(Report No.): OT-19N-RRK-010 페이지(Page of): 1 (총 10)					
1. 의뢰자 (Client) ○ 기관명 (Name) : 한국생산기술연구원 ○ 주소 (Address) : 광주광역시 북구 원단과기로 208번길 6 ○ 계약번호 (AGR No.) : A19NA-044					
2. 시험대상품목 (Product) ○ 기기명 (Description) : 자계기반 지능형 6WD차량의 메인제어기 ○ 모델명 (Model Name) : 자계기반 지능형 6WD차량의 메인제어기 ○ 제조번호 (Serial No.) : 해당없음					
3. 의뢰일자 (Date of Receipt) : 2019. 11. 04					
4. 시험기간 (Date of Test) : 2019. 11. 13 ~ 11. 15					
5. 시험장소 (Location of Test) : <input checked="" type="checkbox"/> 고정시험실(Permanent Testing Lab) <input type="checkbox"/> 현장시험 (On Site Testing) [주소(Address): 경기도 광주시 경흥대로 1882-6]					
6. 시험방법 (Test Method Used) : IEC 60529:1989 + A1:1999 + A2:2013					
7. 시험결과 (Test Results) : 시험 성적서 참조					
이 성적서는 의뢰자가 제시한 시료 및 시료명에만 한정됩니다. The results shown in this test report refer only to the sample(s) tested and otherwise stated. * 표시된 시험결과는 시험기관의 인정범위 밖의 것임을 밝힙니다. This laboratory is not accredited for the test results marked.* ○ 표시된 시험결과는 위탁 시험기관의 결과임을 밝힙니다. The subcontract laboratory test results mark ○.					
확인 (Affirmation)		시험자(Tested by)		승인자(Approved by) / 기술책임자(Technical Manager)	
성명 (Name) : 박경분		성명 (Name) : 서진용		서명 (Signature):	
위 성적서는 국제시험기관인정협력체(International Laboratory Accreditation Cooperation) 상호인정협정(Mutual Recognition Arrangement)에 서명한 한국인정기구(KOLAS)로부터 공인 받은 분야에 대한 시험결과입니다. The above testing certificate is the accredited test result by Korea Laboratory Accreditation Cooperation which signed the ILAC-MRA.					
한국인정기구 인정 (주원택 대표이사) Accredited by KOLAS, Republic of KOREA (The president of ONETECH CO., LTD.)					
경기도 광주시 초월읍 진새골길 43-14 (TEL:031-799-9500 FAX:031-799-9599) ONETECH Corp. 43-14, Jinsae-gil, Chowul-eup, Gwangju-si, Gyeonggi-do 12735 Korea (TEL+82-31-799-9500 FAX+82-31-799-9599)					

		발급번호: OT-19N-RRK-010			
1. 시험장 정보 - 시험장 : 동택 제 3 시험장 - 주소 : 경기도 광주시 경흥대로 1882-5					
2. 의뢰자 및 제조자 - 의뢰사 : 한국생산기술연구원 - 주소 : 광주광역시 북구 원단과기로 208번길 6 - 제조사 : 한국생산기술연구원 - 주소 : 광주광역시 북구 원단과기로 208번길 6					
3. 시험요약					
적용규격		시험항목		시험결과	
IEC 60529:1989 + A1:1999 + A2:2013		위험한 부분으로의 접근에 대한 보호 시험 (IP5X)		5.4 점 참조	
		외부 분진에 대한 보호 시험 (IP5X)		6.4 점 참조	
		방수 시험(IPX5)		7.4 점 참조	
성적서 진위 확인 시 대표번호 [+82-31-799-9500 (만내 0)로 전화하시어 진위여부 확인을 요청하시기 바랍니다.					
4. 시험품 정보					
4.1 시험품 상세정보 - 시험품 : 자계기반 지능형 6WD 차량의 메인제어기 - 모델명 : 자계기반 지능형 6WD 차량의 메인제어기 - 시료수 : 1 EA					

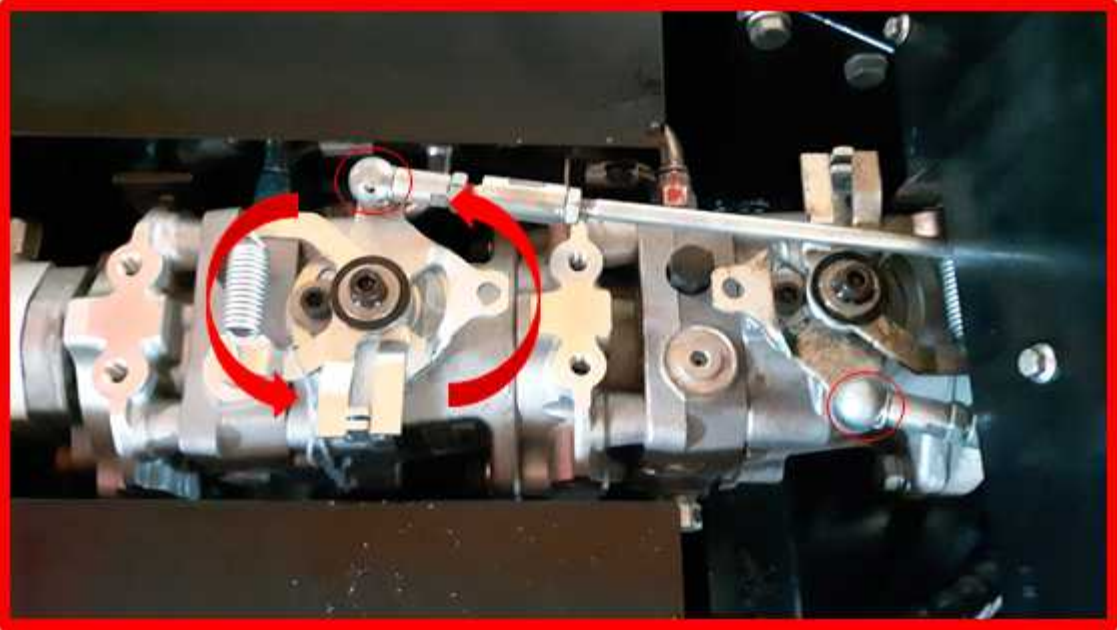
		발급번호: OT-19N-RRK-010			
6. 외부 분진에 대한 보호 시험(IP5X)					
시험일 : 2019. 11. 13 ~ 11. 14					
6.1 시험실환경조건 온도 : (20 ± 2) °C 습도 : (25 ± 3) % R.H. 기압 : 1 010 hPa					
6.2 시험장비					
모델명	제조사	기기명	일련번호	차기교정예정일자	
SOC-300DSEM	SCM Technology	DUST CHAMBER	SOC-11-43-10DSEM	N/A	
KX9N-SENA	HANYOUNG NUX	TEMPERATURE CONTROLLER	826282	2020. 09. 17	
KP-21N	SENSORTEC	PRESSURE TRANSMITTER	1107047	2020. 09. 18	
RMA-13-SSV(T02AD)	Dwyer	Flow Meter(1000mL/min) - IPX	20180308	2020. 09. 18	
6.3 시험조건					
항목	내용				
제1 특성 숫자	5				
외각 카테고리	■ 카테고리 1 □ 카테고리 2 □ 카테고리 1 과 카테고리 2				
시험조건	-시험품 흡착분진의 표준체 직경이 50 μm -시험품 흡착분진의 표준체 직경이 75 μm -단위부피당 흡착분진의 양: 2 kg/m ³				
카테고리 1	□단위 시간당 부피가 40-60인 추출 속도를 얻을 경우, 시험시간은 2시간 동안 계속되어야 함				
시험방법	□최대 강압이 2 kPa(20 mbar)이하에서 추출 속도가 단위 시간당 부피 40보다 작을 경우, 부피 80을 끌어올릴 때까지 또는 8시간 동안 계속되어야 함				
카테고리 2	□시험 중 외각은 시험 챔버 내부의 통상 운전 위치에 두고, 진공 챔버에 연결시키지 않는다. 통상 열려 있는 배수구(drain-hole)는 시험 동안 열린 채 두어야 한다. 시험은 8h 동안 계속되어야 함				
6.4 시험결과					
시료번호	시험기준	시험결과			
1	IP5X	시험품 내부에 먼지 침투 없음			

		발급번호: OT-19N-RRK-010			
7. 방수 시험(IPX5)					
시험일 : 2019. 11. 15					
7.1 시험실환경조건 온도 : (22 ± 2) °C 습도 : (25 ± 3) % R.H. 기압 : 1 010 hPa					
7.2 시험장비					
모델명	제조사	기기명	일련번호	차기교정예정일자	
GA-101	KOMETER	Flow Meter(15 L/min) - IPX	G-2808141-1	2020. 09. 17	
N/A	DAEKYUNG	JET NOZZLE SET (6.3 mm)	N/A	N/A	
HS-3	CASIO	STOP WATCH	N/A	2021. 10. 23	
7.3 시험조건					
항목	내용				
제2 특성 숫자	5				
시험조건	-노즐의 내부직경: 6.3 mm -노즐에서의 유속: 12.5 L/min ± 5 % -노즐과 시료 표면 사이의 거리: 2.5 m & 3 m -최소시험시간: 3 분				
7.4 시험결과					
시료번호	시험기준	시험결과			
1	IPX5	시험품 내부에 물 침투 없음			

다) 유압미션 기구 설계

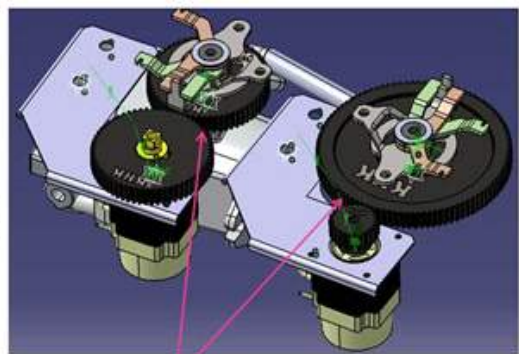
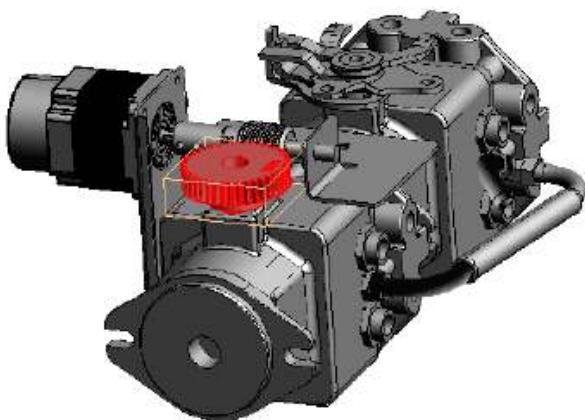
- 주관연구개발기관에서 전달받은 농업용 차량 이용, 유압미션 기구부를 설계함
- 미국 Hydro-Gear社의 P 시리즈 유압미션을 이용함
- 유압미션의 형상은 [그림 9]에 나타내었으며 조향은 그림의 화살표와 같이 좌우로 22° 회전하여 밸브를 개폐하는 방법임

[그림 9] 유압미션 형상



- 통합제어기를 이용해 유압미션 제어를 위해 모터 및 기어를 장착할 수 있는 플레이트 설계가 필요함
- 유압미션 밸브의 토크는 측정결과 120kgf/cm로 확인되었음

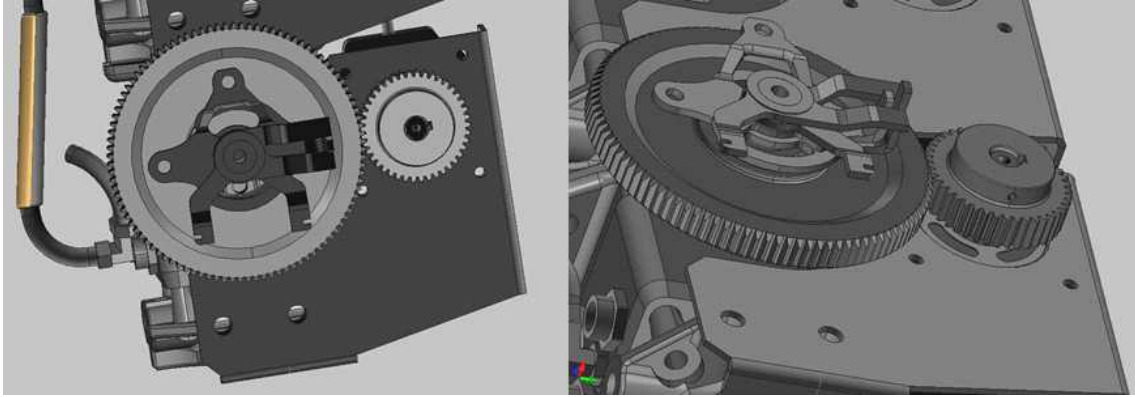
[그림 10] 유압미션의 3D 형상 및 설계



모터의 성능 및 구동각도 등에 대한 테스트를 위해 두가지로 나눠 설계함

- 유압미션의 3D 형상을 Solidworks를 이용하여 설계함
- [그림 9]는 Solidworks를 이용하여 설계된 형상이며 모터 및 기어를 장착할 수 있는 플레이트 형상을 나타냄
- 두 가지 기어를 설계하여 유압미션을 구동할 수 있는 충분한 토크를 출력할 수 있는지 확인함

[그림 11] 기어 설계

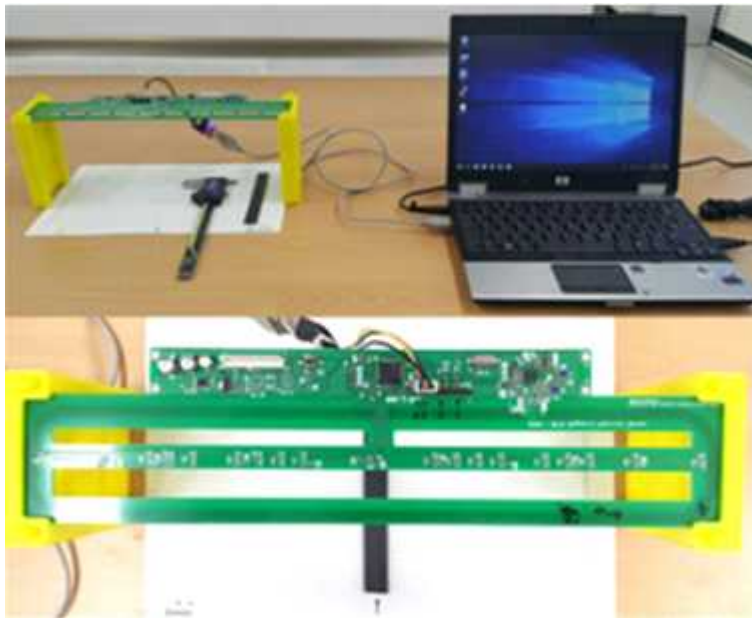


- [그림 11]은 계산된 토크를 고려하여 선정된 모터를 이용해 기구를 설계함
- 설계된 기어비는 2.5:1이며 가공 진행 중

(3) 무인자율주행 핵심 요소부품 신뢰성 평가 수립

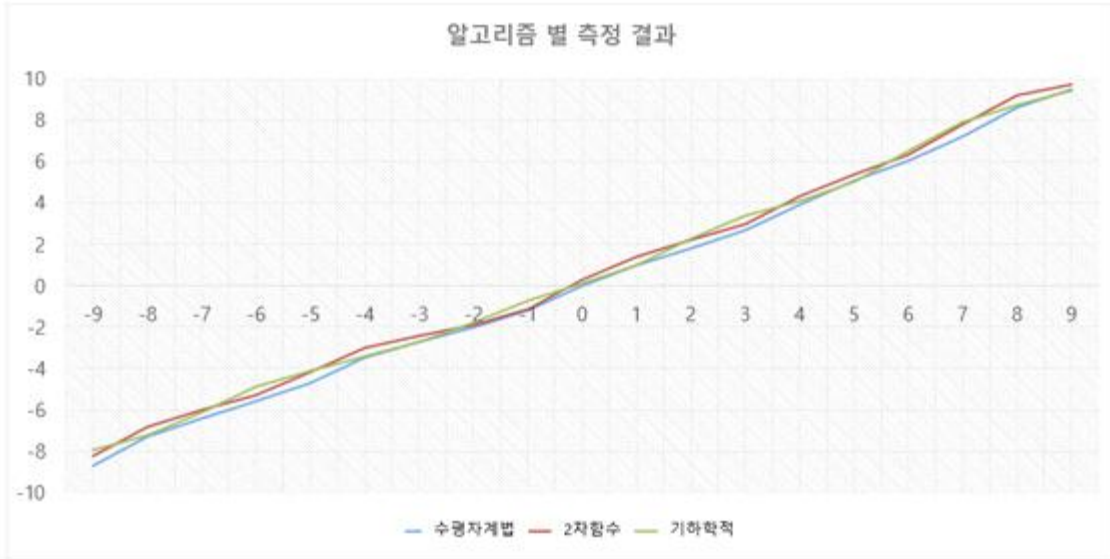
가) 자계센서 검출거리 시험

[그림 12] 자계위치 센서 실험 환경



- 자계위치센서의 선형성을 확인하기 위하여 [그림 12]와 같이 설정함
- 마그네틱 와이어의 이동량을 확인하기 위하여 아래에 모눈종이를 놓고 마그네틱 와이어를 10mm 이동하면서 자계위치 값을 측정함
- 자계위치센서를 100mm 위치에 고정하고 마그네틱 와이어를 이동하여 값을 측정함

[그림 13] 알고리즘별 자계위치센서 선형성 실험 결과



- 자계위치센서에 3가지 알고리즘을 적용하여 선형성 실험 진행
- 수평자계법, 2차함수 근사화, 기하학적 방법을 이용하여 선형성 실험
- [그림 13]은 알고리즘별 자계위치 측정값을 나타냄
- 측정결과 3가지 모두 유사한 선형성을 보였으며 사용된 알고리즘은 수평자계법을 적용함

나) RFID 검출거리 시험

[그림 14] RFID 측정 환경



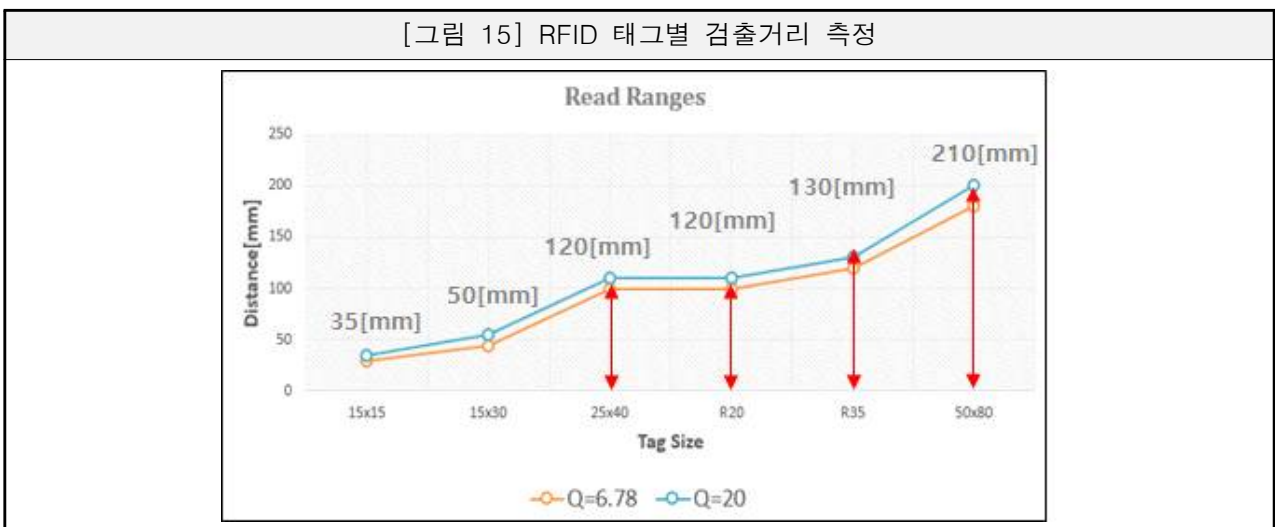
- RFID의 안테나 수신거리 및 범위를 측정하기 위하여 [그림 14]와 같이 실험환경을 구성함
- 자계위치센서를 그림과 같이 설치하여 위아래로 이동하여 RFID 태그별 수신거리를 측정함

[표 4] 실험에 사용된 RFID 태그 종류

Image	Specification
	Type :ISO15693 Size : 15[mm] x 15[mm] Shape : square
	Type :ISO15693 Size : 15[mm] x 30[mm] Shape : square
	Type :ISO15693 Size : 25[mm] x 40[mm] Shape : square
	Type :ISO15693 Size : R 20[mm] Shape : circle
	Type :ISO15693 Size : R 35[mm] Shape : circle
	Type :ISO15693 Size : 50[mm] x 80[mm] Shape : square

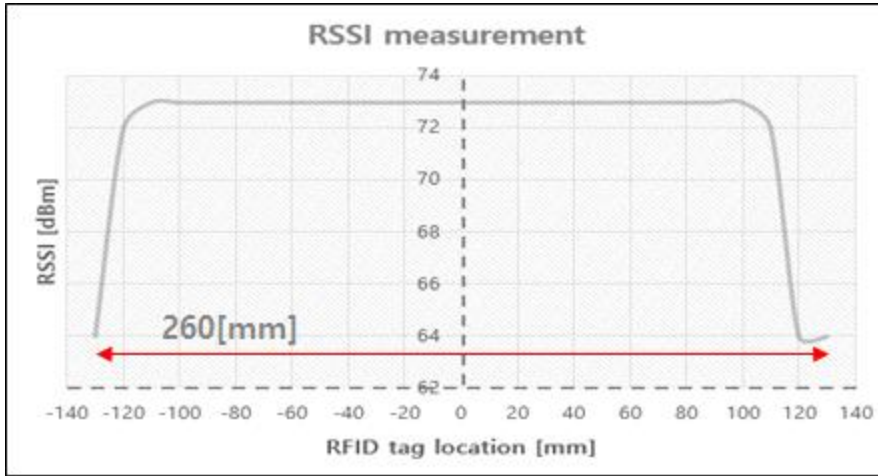
- 실험에 사용된 RFID 태그의 종류는 6가지이며 [표 4]에 나타냄
- 1번은 15x15mm의 크기로 종이재질로 되어 있으며 내부에 안테나가 위치하고 있음
- 2, 3번의 크기는 각각 [표 4]와 같으며 종이재질로 되어 있음
- 4, 5번의 RFID 태그는 플라스틱재질로 되어 있으며 원형 모양으로 되어 있음
- 6번은 일반적으로 사용되고 있는 카드의 크기와 재질로 되어 있음

[그림 15] RFID 태그별 검출거리 측정



- 위의 RFID 태그를 이용하여 검출거리를 측정한 결과를 [그림 15]에 나타냄
- 실험 결과 태그의 크기가 클수록 수신거리가 길어짐을 확인함
- 특히 사각형 모양의 태그보다 원형태그의 수신 특성이 좋음

[그림 16] RFID R35mm의 수신감도 측정



- [그림 16]은 RFID 태그의 수신감도를 측정한 실험 결과를 나타냄
- RFID 안테나를 80mm에 고정하여 R35mm의 원형태그를 좌우로 이동하여 수신
- 측정결과 전체의 수신범위 $\pm 130\text{mm} \sim \pm 110\text{mm}$ 의 위치에서 감도 저하가 있는 것을 확인함

2-3. 3차년도 수행과정 및 수행내용

1) 주관연구개발기관 : (주)그린맥스

○ 연구개발 목표

- (1) 1차 시작품 필드테스트 문제점 분석 및 개선
- (2) 무인자율주행용 시스템 적용
- (3) 최종시작품 완성

○ 수행내용 및 범위

- (1) 1차 시작품 필드테스트 문제점 분석 및 개선

가) 필드 테스트

- 코로나19로 인하여 직접 과수현장에서는 필드테스트를 진행하지 못하였음
- (주)그린맥스 필드에서 필드 테스트 진행

필드 테스트 진행



(주)그린맥스 테스트필드



리프팅 테스트



리모컨 제어 테스트

(2) 무인자율주행용 시스템 적용

가) 리모트 컨트롤 적용

- 기계식 레버를 유압식 레버 조작 형태로 변환하여 리모컨으로 제어할 수 있도록 수정 제작

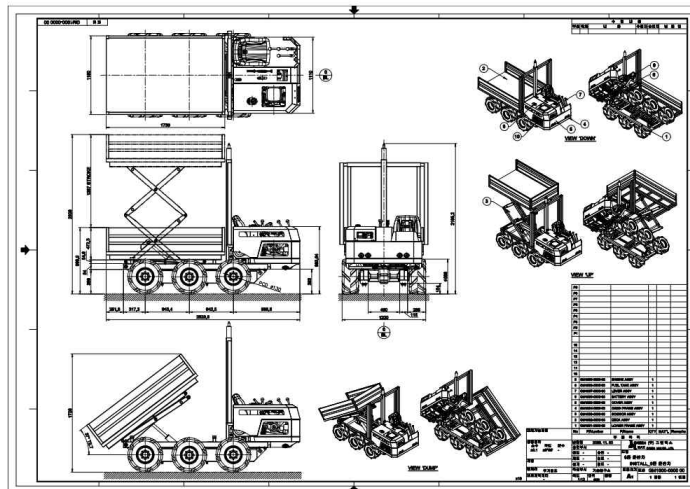
유압식 레버 조작을 위한 파워팩 부품 및 리모트컨트롤러 사진



(3) 최종시작품 완성

가) 최종 설계도면

4WD 농자재 운송차량 최종 설계 도면



나) 최종시작품

4WD 농자재 운송차량



2) 공동연구개발기관1 : 군산대학교 산학협력단

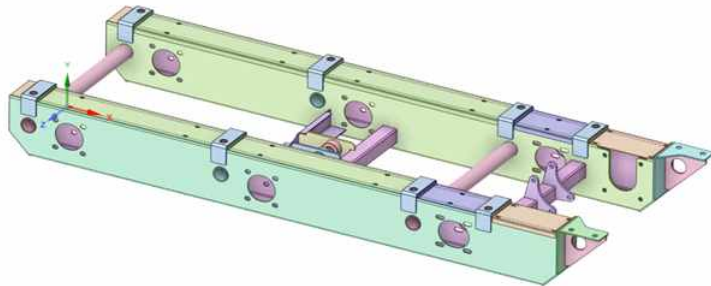
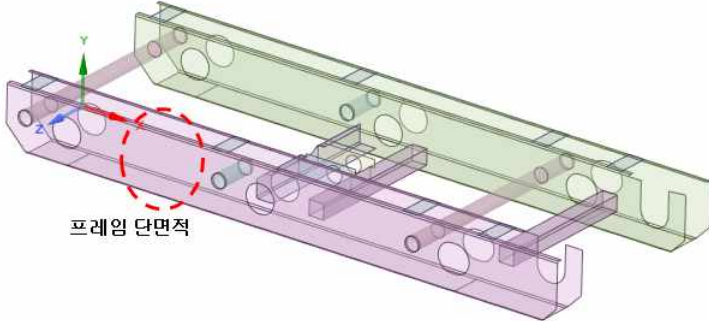
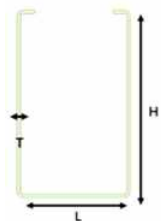
○ 연구개발 목표

- (1) 메인프레임 구조해석(CAE) 및 취약부 보강
- (2) 메인프레임 강성 내구시험
- (3) 부품 신뢰성 시험
- (4) 농업용 운반차 전도각 시험

○ 수행내용 및 범위

(1) 메인 프레임 구조해석

- 농업용 운반차 프레임의 차량 중량 550kg에 대한 설계 목표하중 3g(1650kg)의 설계 안전성 검토
- 양산제품에 대한 DB 적용
- 가) 설계 모델의 간략화 및 해석 모델
 - 해석 시 정확성 향상을 위하여 응력집중(특이해)이 나타나지 않도록 모델링 수정
 - 해석 시 불필요 요소 제거 및 간략화
 - 각 Part 두께를 고려하여 Surface 해석 모델링 구축
 - 프레임의 단면적 길이x높이x두께의 요소를 고려한 3 CASE의 해석 모델 선정
 - CASE1 115x190x1.6mm, CASE2 115x190x3.2mm, CASE3 115x190x4.5mm

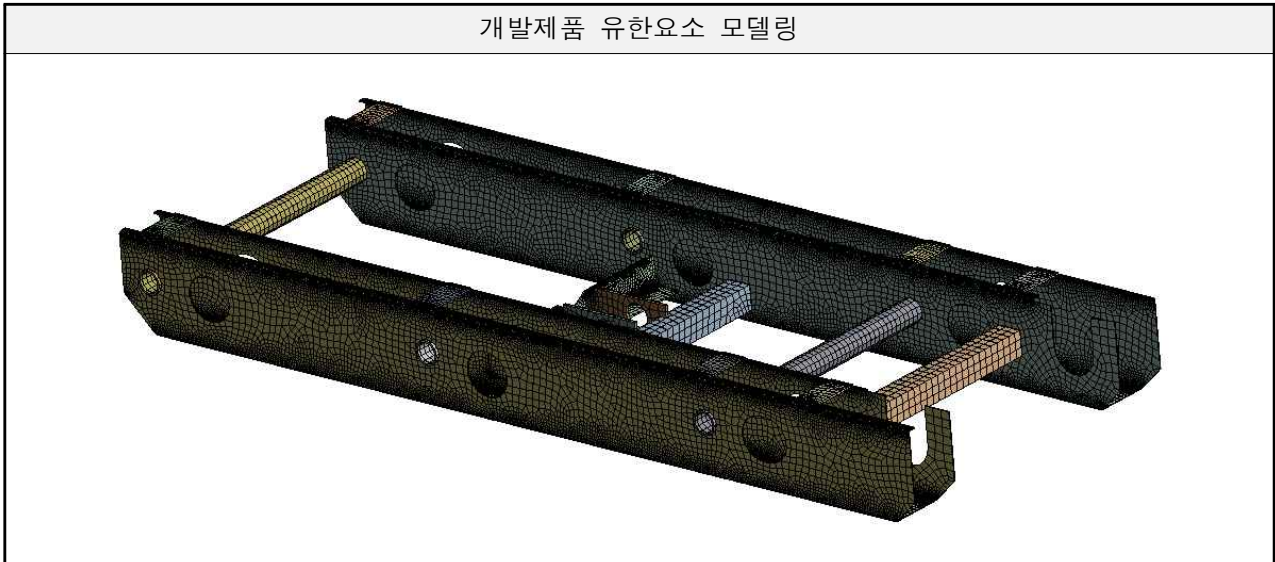
구조해석 모델 간략화																				
해석 모델																				
																				
해석 모델 간략화																				
																				
	<table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>L(mm)</th> <th>H(mm)</th> <th>T(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Case1</td> <td>115</td> <td>190</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>Case2</td> <td>115</td> <td>190</td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td>Case3</td> <td>115</td> <td>190</td> <td>4.5</td> </tr> </tbody> </table>		L(mm)	H(mm)	T(mm)	Case1	115	190	1.6	Case2	115	190	3.2	Case3	115	190	4.5			
	L(mm)	H(mm)	T(mm)																	
Case1	115	190	1.6																	
Case2	115	190	3.2																	
Case3	115	190	4.5																	

나) 개발제품 적용 물성치

Material(소재)	탄성계수(GPa)	항복강도(MPa)	포와송비
SS400	192	275	0.3

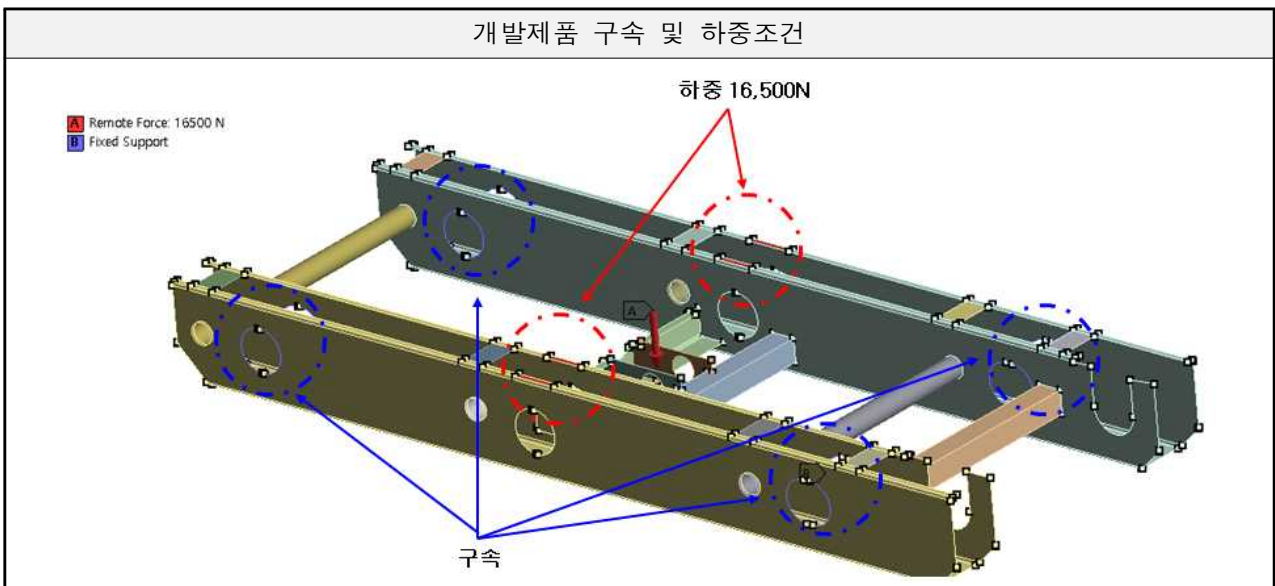
다) Mesh(각 CASE별 동일 조건부여)

- Node수/Element수 : 70,029ea/69,591ea(CASE1 기준)
- 전체 제품에 Mesh Size는 Mesh Quality Average를 기준으로 0.8 이상의 값이 도출되도록 균일하게 조절하여 선정



라) 프레임 경계조건 (각 CASE별 동일 조건부여)

- Contact 조건
 - 제품의 각 부품들은 해석 시 슬립 및 이탈 등의 변동은 없을 것으로 가정하여 각 부품 간에 6DOF 고정
- 구속 및 하중 조건
 - 2개의 프레임 양단 구동축 연결부 완전구속으로 가정하여 6DOF 소정
 - 농업용 운반차의 차중 550kg의 중력방향 3g(1650kg) 하중 인가
 - 하중은 프레임의 최약지점(밴딩요소)을 고려하여 중앙지점에 인가



마) 해석결과 검토

- 파손 이론(Failure criterion)

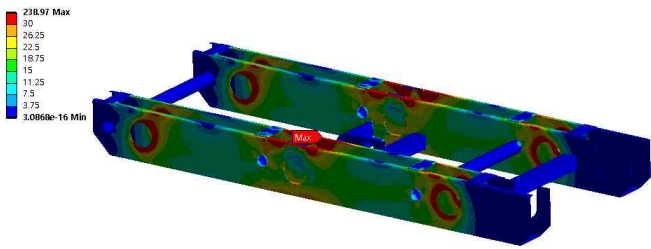
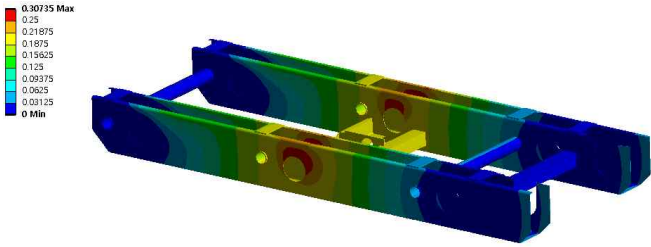
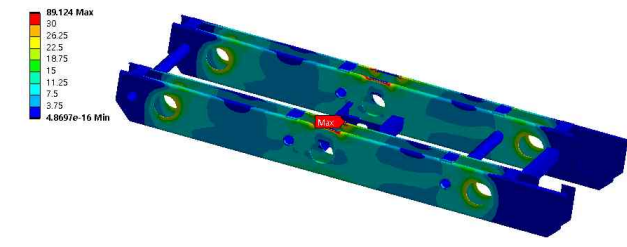
- 인장응력 또는 전단응력 등의 다축응력상태에서의 탄성변형의 한계, 즉 항복개시에 관한 가설을 항복조건(Yielding criterion) 또는 파손이론(Failure criterion)이라고 정의함
- 따라서 파손이론은 소성변형이 발생 여부에 관한 판정식으로 이를 이용하여 등방성 구조물의 구조안전도를 평가 및 예측에 주로 사용되어지고 있음
- 전단변형 에너지가 일정치에 달하면 항복이 발생한다는 전단변형률 에너지설 (Shearing strain energy theory)에 근거하여 von Mises는 다음과 같은 파손이론을 제안함

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{2}\{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2\}}$$

- 여기서 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 는 주응력값들이다. 먼저 $\bar{\sigma}$ 라는 상당응력(Equivalent stress)으로 정의되며, 상당응력이 재료의 단축인장 항복응력 Y에 도달하면 항복, 즉 파손이 일어난다고 가정함. 이로인한 안전계수 S_f 는 다음과 같이 정의됨

$$S_f = \frac{Y}{\bar{\sigma}}$$

- 프레임 해석 결과

프레임 해석 결과(CASE1, CASE2, CASE3)	
CASE1	 <p>CASE1.1 Max Stress (239MPa)</p>
	 <p>CASE1.2 Max Deformation (0.3mm)</p>
CASE2	 <p>CASE2.1 Max Stress (89.1MPa)</p>

	CASE2.2 Max Deformation (0.116mm)
CASE3	
	CASE3.1 Max Stress (18.7MPa)
	CASE1.2 Max Deformation (0.08mm)

- 농업용 운반차 프레임의 설계검증을 위하여 차중무게 550kg을 적용하여 설계목표하중 3g(1650kg)dp 대한 선형정적 구조해석을 수행하였음
- 설계의 변수로는 제품의 프레임 단면적 조건에 대하여 3 CASE에 대한 제품의 해석모델을 선정하였으며, 프레임의 두께를 고려하여 Surface 해석 모델을 구축하였음
- 해석 결과 단면적이 클수록 제품의 도출되는 응력 및 변형이 감소되는 경향이 나타났으며, 최대응력은 CASE1에서 2397MPa, 최대변형량은 0.3mm로 산출됨
- 각 CASE 모두 단면적이 클수록 제품의 최대응력이 제품의 항복강도 275MPa 이하로, 파손이론에 근거하여 제품에 대한 연구변형 및 파손은 없을 것으로 예상되며, 추후 주관연구개발기관과 함께 타 부품 간의 결합, 제품 정성, 소재 단가, 가공 용이성 등을 고려하여 적절한 CASE를 선정할 예정

(2) 메인프레임 강성 내구시험

- 가) 메인프레임 강성내구시험을 위한 지그 설계 및 제작
- 나) 하중부여 및 시험조건에 대한 검토 및 수립
- 다) 시험 조건

방식	방향	시험 하중	시험 속도	목표 수명
3점 굽힘	수직 압축	(100 ~ 1,100) kgf	1 Hz	50,000 Cycle

- 지지점 간 거리 :1,280mm(전후방 휠 허브 축 위치)
- 가진 위치 : 지점 중앙(640mm)
- 프레임 가진 지그 길이 :150mm(Center±75±)

시험품 및 셋업 조건



그림. 시험품 사진(1)



그림. 시험품 사진(2)



그림. 셋업 사진(모멘트 길이 1,280mm)



그림. Front 지지부 사진



그림. Rear 지지부 사진

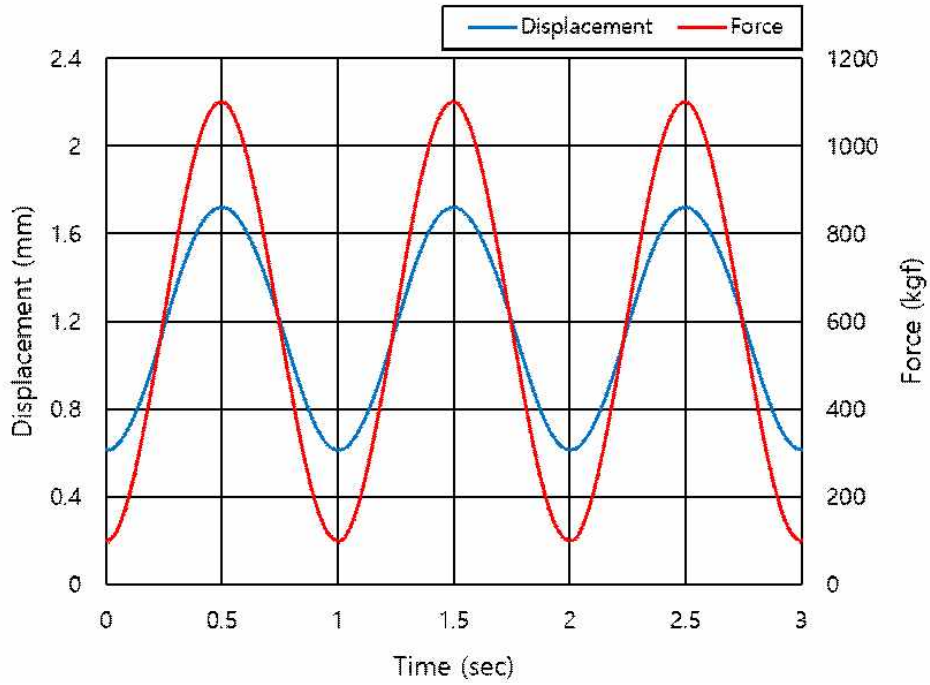


그림. Center 가진부 사진(놀림 길이 150mm)

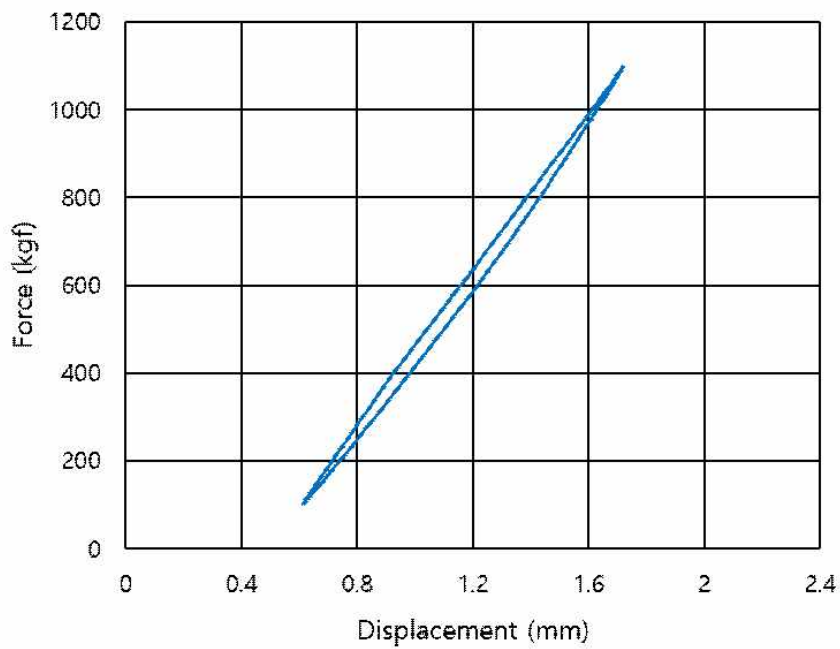
라) 시험결과 : 이상없음(정량적 목표 : 50,000cycle)

NO	목표 수명	진행 수명	시험 결과
1	50,000 Cycle	50,000 Cycle	육안검사 결과 이상 없음

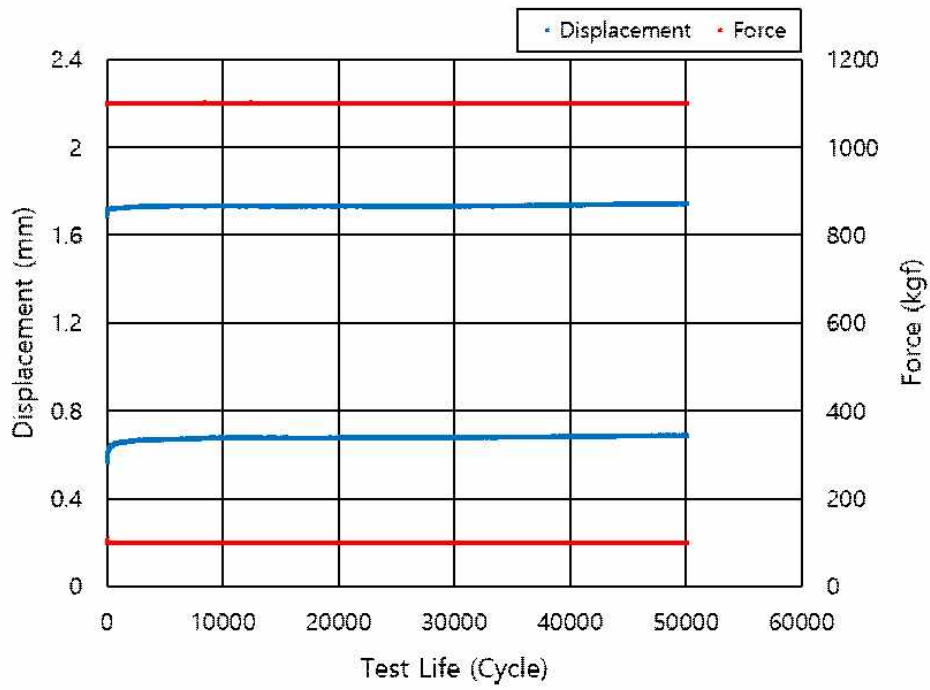
시험 그래프(가진 그래프)



시험 그래프(Hysteresis 그래프)



시험 그래프(시험 진행 그래프)



시험 종료 사진



그림. 시험 종료 사진



그림. Front부 사진



그림. Rear부 사진



그림. 시험품 탈거 사진

프레임 강성 내구평가 결과보고서

JIAI 자동차융합기술원 54158 진라북도 군산시 동장신2길 6 Tel. 063-472-2300
 Fax. 063-472-2399 E-mail. jai@jai.re.kr http://www.jai.re.kr

결과 보고서			
농자재 수송차량 성능평가 입회시험			
제 목	농자재 수송차량 성능평가 입회시험		
회사명	군산대학교 고등기술융합연구원	의뢰일자	2021. 06. 03
주 소	전북 군산시 신당남북로 177-1	기 간	2021. 06. 25 ~ 29
담당자	하만호	대 상 품	농자재 수송차량 및 프레임

1. 시험 개요

- 시험대상 : 농자재 수송차량 및 프레임
- 시험 일 : 2021년 6월 25일 ~ 29일
- 시험장소 : 고등기술융합연구원 시험동, 자동차융합기술원 자가인증센터
- 시험 자 : 군산대학교 고등기술융합연구원 하만호 실장, 조재천 선임
- 확인 자 : 자동차융합기술원 양동욱 선임연구원, 이지호 선임연구원

2. 시험 목적

- 농자재 수송차량 및 프레임 성능을 확인함

3. 시험 방법 및 결과

시험 항목	시험 조건 및 방법	결과
1. 차체 진동량 시험	수송차량 시동 후 차체 진동량을 측정함	45.7m/s ²
2. 리모트 컨트롤 제어가능 거리	리모트 컨트롤 제어가능 거리를 측정함	30m
3. 프레임 강성 내구평가	강성내구 시험 후 변형, 크랙, 파손 여부 를 육안으로 확인함	50,000cycle, 이상없음
4. 전도각	30°에서 전도여부를 확인함	30.2°

* 시험 조건 및 방법은 의뢰자가 제시한 조건에 따름

[붙임] 1. 농자재 수송차량 성능평가 입회시험 결과보고서(R21-0315). 곁.

작성 자	양동욱	2021.07.12	확인 자	김영균	2021.07.12
보고서발행번호	JIAI-21-0000		의뢰서결번번호	R21-0315	
상기와 같이 결과 보고서를 제출함.					
2021.07.12					
<div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">자동차융합기술원장</div> </div>					

본 결과보고서는 의뢰인이 제공한 시료조건·방법 등에 대한 결과물이며, 기술원의 정식 승인 없이 수정 또는 탈부를 해서하여 사용을 할 수 없음.
 This report is limited of test results for samples, conditions and test procedures provided by the customer and shall not be revised and copied except in full, without the formal written approval of JIAI.

다. 프레임 강성내구평가

- 시험 방법 및 조건 확인함

방식	방향	시험 하중	시험 속도	테스트 수명
3점 굽힘	수직 압축	(100 ~ 1,100) kgf	1 Hz	50,000 Cycle

- 지지점 간 거리 : 1,280 mm (전/후방 휠 허브 축 위치)
- 가진 위치 : 지지점 중앙 (640 mm)
- 프레임 가진 지그 길이 : 150 mm (Center ±75 mm)

- 진행 수명 50,000cycle 시험 완료 후 육안검사 결과 이상없음



[시험품 및 셋업(모멘트 길이 1,280mm)]



[프린트 및 리어 지지부]

(3) 부품 신뢰성 시험

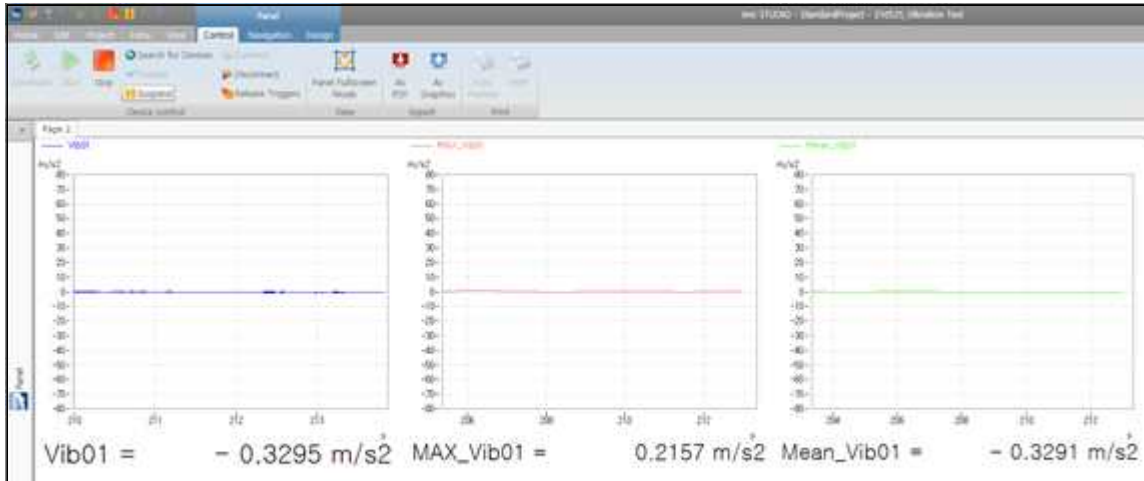
가) 차체 진동량 시험

- 시동 후 차체 진동량 측정(3회)
- 최대값 및 최소값에 따른 진동량 계산
- 차체 진동량 확인 : 45.7m/s²

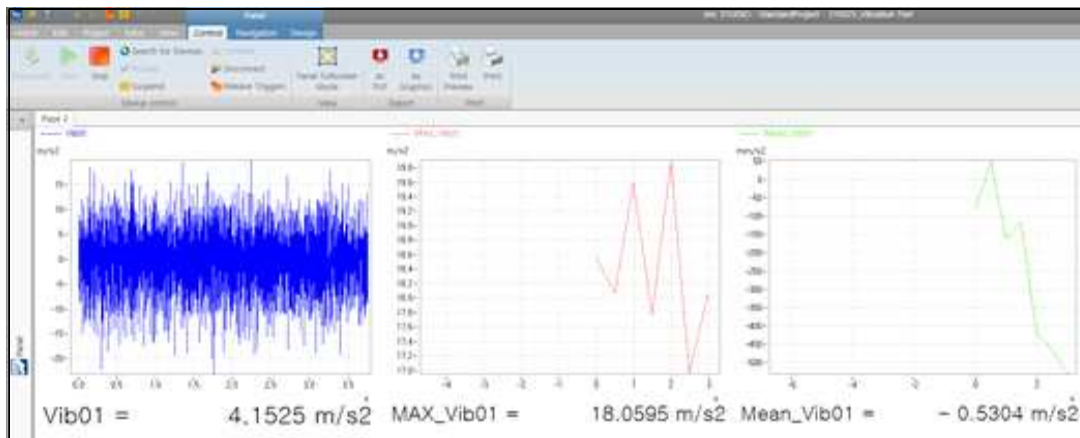
차체 진동 센서 부착



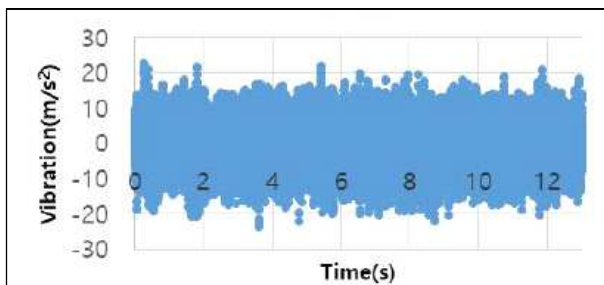
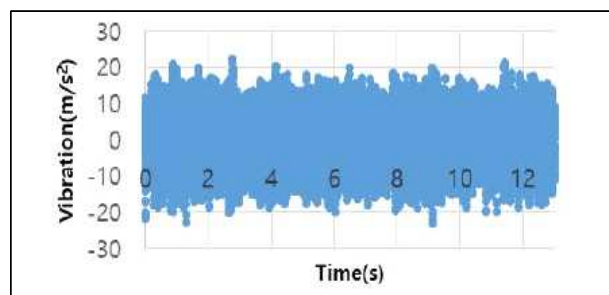
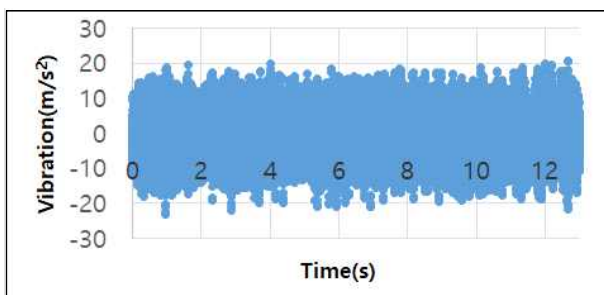
시동 전 진동량



시동 후 진동량



CASE 별 진동량 시험 그래프



	MAX (m/s ²)	MIN (m/s ²)
Test 1	20.7	-23.1
Test 2	22.6	-23.1
Test 3	22.6	-2.4

차체 진동량 시험 결과 보고서

JIAI 자동차융합기술원 54158 진라북도 군산시 동정신2길 6 Tel. 063-472-2300
 Fax. 063-472-2399 E-mail. jai@jiait.kr http://www.jiait.kr

결과 보고서			
농자재 수송차량 성능평가 입회시험			
회사명	군산대학교 고등기술융합연구원	의뢰일자	2021. 06. 03
주 소	전북 군산시 신단남북로 177-1	기 간	2021. 06. 25 ~ 29
담당자	하만호	대 상 품	농자재 수송차량 및 프레임

1. 시험 개요

- 시험대상 : 농자재 수송차량 및 프레임
- 시험 일 : 2021년 6월 25일 ~ 29일
- 시험장소 : 고등기술융합연구원 시험동, 자동차융합기술원 자가인증센터
- 시험자 : 군산대학교 고등기술융합연구원 하만호 실장, 조재천 선임
- 확인자 : 자동차융합기술원 양동욱 선임연구원, 이지호 선임연구원

2. 시험 목적

- 농자재 수송차량 및 프레임 성능을 확인함

3. 시험 방법 및 결과

시험 항목	시험 조건 및 방법	결과
1. 차체 진동량 시험	수송차량 시동 후 차체 진동량을 측정함	45.7m/s ²
2. 리모컨트를 제어가능 거리	리모컨트를 제어가능 거리를 측정함	30m
3. 프레임 강성 내구평가	강성내구 시험 후 변형, 크랙, 파손 여부 를 육안으로 확인함	50,000cycle, 이상없음
4. 전도각	30°에서 전도여부를 확인함	30.2°

* 시험 조건 및 방법은 의뢰자가 제시한 조건에 따름

[붙임] 1. 농자재 수송차량 성능평가 입회시험 결과보고서(R21-0315). pdf.

작성 자	양동욱	2021.07.12	확인 자	김영균	2021.07.12
보고서발행번호	JIAI-21-0000		의뢰서결수번호	R21-0315	
상기와 같이 결과 보고서를 제출합니다.					
2021.07.12					
<div style="text-align: right;"> </div>					
자동차융합기술원장					

본 결과보고서는 의뢰인이 제공한 시료조건사항 등에 대한 결과물이며, 기술원의 정식 승인 없이 수정 또는 일부중 복사하여 사용될 수 없습니다.
 This report is limited to test results for samples, conditions and test procedures provided by the customer and shall not be revised and copied except in full, without the formal written approval of JIAI.

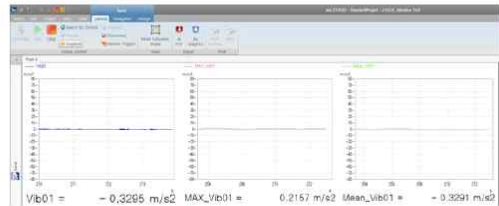
4. 시험결과

가. 차체 진동량 시험

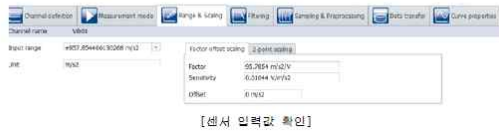
- 시동 후 차체 진동량을 측정함(3회)
- 최대값 및 최소값에 따른 최대 진동량 값을 계산함
- 차체 진동량 확인 : 45.7m/s²



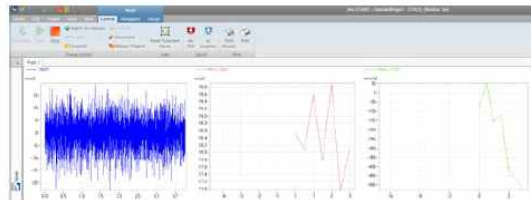
[시험품 셋팅 후 차체 진동센서 부착 확인]



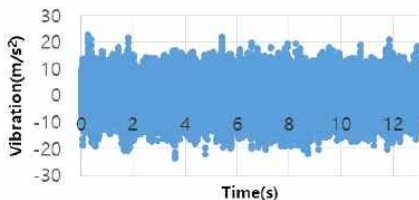
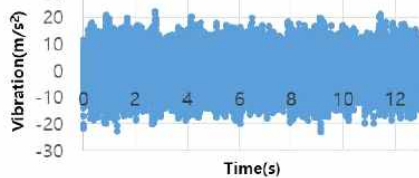
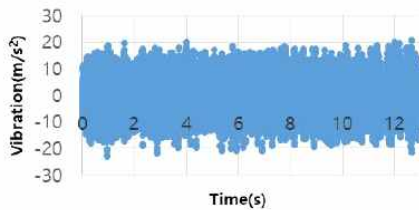
[차체 진동량 측정 전 센서 그래프]



[센서 입력값 확인]



[시동 후 진동량 측정 그래프]



[3회 측정된 진동량 그래프]

[3회 측정된 진동량 데이터]

No.	진동량(m/s ²)			비고
	Max.	Min.	Max.- Min.	
#1	20.7	-23.1	43.8	최대값
#2	22.6	-23.1	45.7	
#3	22.6	-2.4	25.0	

나) 리모트컨트롤 제어가능 거리 시험

- 리모트컨트롤 제어로 목표거리 이동 가능 확인
- 리모트컨트롤 제어 이동거리 측정 : 30m

리모트 컨트롤 제어 이동거리 측정



[30m 거리 및 시험품 셋업, 시작 위치 0m 확인]



[리모트컨트롤 제어 이동 및 거리 확인함 : 30m 이동 완료]

리모트컨트롤 제어 가능거리 측정 결과 보고서

JIAT 자동차융합기술원 54158 진라북도 군산시 동정신2길 6 Tel. 063-472-2300
 Joseok Institute of Automotive convergence Technology Fax. 063-472-2399 E-mail. jiat@jiaat.re.kr http://www.jiaat.re.kr

결과 보고서

농자재 수송차량 성능평가 입회시험			
제 목	농자재 수송차량 성능평가 입회시험		
회사명	군산대학교 고등기술융합연구원	의뢰일자	2021. 06. 03
주 소	전북 군산시 신당남북로 177-1	기 간	2021. 06. 25 ~ 29
담당자	하 만 호	대 상 품	농자재 수송차량 및 프레임

1. 시험 개요

- 시험대상 : 농자재 수송차량 및 프레임
- 시 험 일 : 2021년 6월 25일 ~ 29일
- 시험장소 : 고등기술융합연구원 시험동, 자동차융합기술원 자가인증센터
- 시 험 자 : 군산대학교 고등기술융합연구원 하만호 실장, 조재천 선임
- 학 인 자 : 자동차융합기술원 양동욱 선임연구원, 이지호 선임연구원

2. 시험 목적

- 농자재 수송차량 및 프레임 성능을 확인함

3. 시험 방법 및 결과

시험 항목	시험 조건 및 방법	결과
1. 차량 진동량 시험	수송차량 시동 후 차량 진동량을 측정함	45.7m/s ²
2. 리모트컨트롤 제어가능 거리	리모트컨트롤 제어가능 거리를 측정함	30m
3. 프레임 강성 내구평가	강성내구 시험 후 변형, 크랙, 파손 여부 를 확인함	50,000cycle, 이상없음
4. 전도각	30°에서 전도여부를 확인함	30.2°

* 시험 조건 및 방법은 의뢰자가 제시한 조건에 따른

[붙임] 1. 농자재 수송차량 성능평가 입회시험 결과보고서(R21-0315). 곱.

작성 자	양동욱	2021.07.12	적 임 자	김영준	2021.07.12
보고서발행번호	JIAT-21-0000		의뢰서접수번호	R21-0315	
상기와 같이 결과 보고서를 제출함					
2021.07.12					
자동차융합기술원장					

본 결과보고서는 의뢰인의 제공한 시료조건사항 등에 대한 결과물이며, 기술원의 정식 승인 없이 수정 또는 위변조 복사하여 사용될 수 없음.
 This report is limited to test results for samples, conditions and test procedures provided by the customer and shall not be revised and copied except in full, without the formal written approval of JIAT.

나. 리모트컨트롤 제어가능 거리

- 리모트컨트롤 제어 하여 목표 거리 이동여부를 확인함
- 리모트컨트롤 제어 이동한 거리 측정 : 30m



[30m 거리 및 시험품 셋업, 시작 위치 0m 확인]



[리모트컨트롤 제어 이동 및 거리 확인함 : 30m 이동 완료]

- (4) 농업용 운반차 전도각 시험
 - 농업용 운반차 전도각 측정 결과 : 30.2°

농업용 운반차 전도각 측정




[전도시험 설비에 시험품 셋업 및 시험 시작]




[전도 직전 시험 사진 및 각도 확인 : 30.2°]

농업용 운반차 전도각 측정 결과 보고서

JIAI 자동차융합기술원 54158 전라북도 군산시 동정산2길 6 Tel. 063-472-2300
 Fax. 063-472-2399 E-mail. jai@jait.go.kr http://www.jait.go.kr

결과 보고서

농자재 수송차량 성능평가 일회시험

제 목	농자재 수송차량 성능평가 일회시험			
의뢰인	회사명	군산대학교 고등기술융합연구원	의뢰일자	2021. 06. 03
	주 소	전북 군산시 신단남북로 177-1	기 간	2021. 06. 25 ~ 29
	담당자	하만호	대 상 품	농자재 수송차량 및 프레임

1. 시험 개요

- 시험대상 : 농자재 수송차량 및 프레임
- 시 험 일 : 2021년 6월 25일 ~ 29일
- 시험장소 : 고등기술융합연구원 시험동, 자동차융합기술원 자가인증센터
- 시 험 자 : 군산대학교 고등기술융합연구원 하만호 실장, 조재철 선임
- 확 인 자 : 자동차융합기술원 양동욱 선임연구원, 이지호 선임연구원

2. 시험 목적

- 농자재 수송차량 및 프레임 성능을 확인함

3. 시험 방법 및 결과

시험 항목	시험 조건 및 방법	결과
1. 차체 진동량 시험	수송차량 시동 후 차체 진동량을 측정함	45.7m/s ²
2. 리프트리프트를 제어가능 거리	리프트리프트를 제어가능 거리를 측정함	30m
3. 프레임 강성 내구평가	강성내구 시험 후 변형, 크랙, 파손 여부를 육안으로 확인함	50,000cycle, 이상없음
4. 전도각	30°에서 전도여부를 확인함	30.2°

* 시험 조건 및 방법은 의뢰자가 제시한 조건에 따름

[붙임] 1. 농자재 수송차량 성능평가 일회시험 결과보고서(R21-0315). pdf.



작성 자	양동욱	2021.07.12	적 임 자	김영근	2021.07.12
보고서발행번호	JIAI-21-0000	의뢰서접수번호	R21-0315		

상기와 같이 결과 보고서를 제출합니다.
 2021.07.12



자동차융합기술원장

라. 전도각

- 전도 직전의 각도를 측정함
- 전도각 : 30.2°

[전도시험 설비에 시험품 셋업 및 시험 시작]

[전도 직전 시험 사진 및 각도 확인 : 30.2°]

본 결과보고서는 의뢰인이 제공한 시료·조건·방법 등에 대한 결과물이며, 기술원의 정식 승인 없이 수정 또는 일부를 복사하여 사용을 할 수 없음.
 This report is limited to test results for samples, conditions and test procedures provided by the customer and shall not be revised and copied except in full, without the formal written approval of JIAI.

3) 공동연구개발기관2 : 한국생산기술연구원

○ 연구개발 목표

- (1) 차량제어용 리모컨 및 무인자율주행 핵심 요소부품을 최종 시작품에 적용
- (2) 무인자율주행 필드테스트 및 문제점 보완
- (3) 사고예방 시스템 연구개발
- (4) 최종시작품 완성

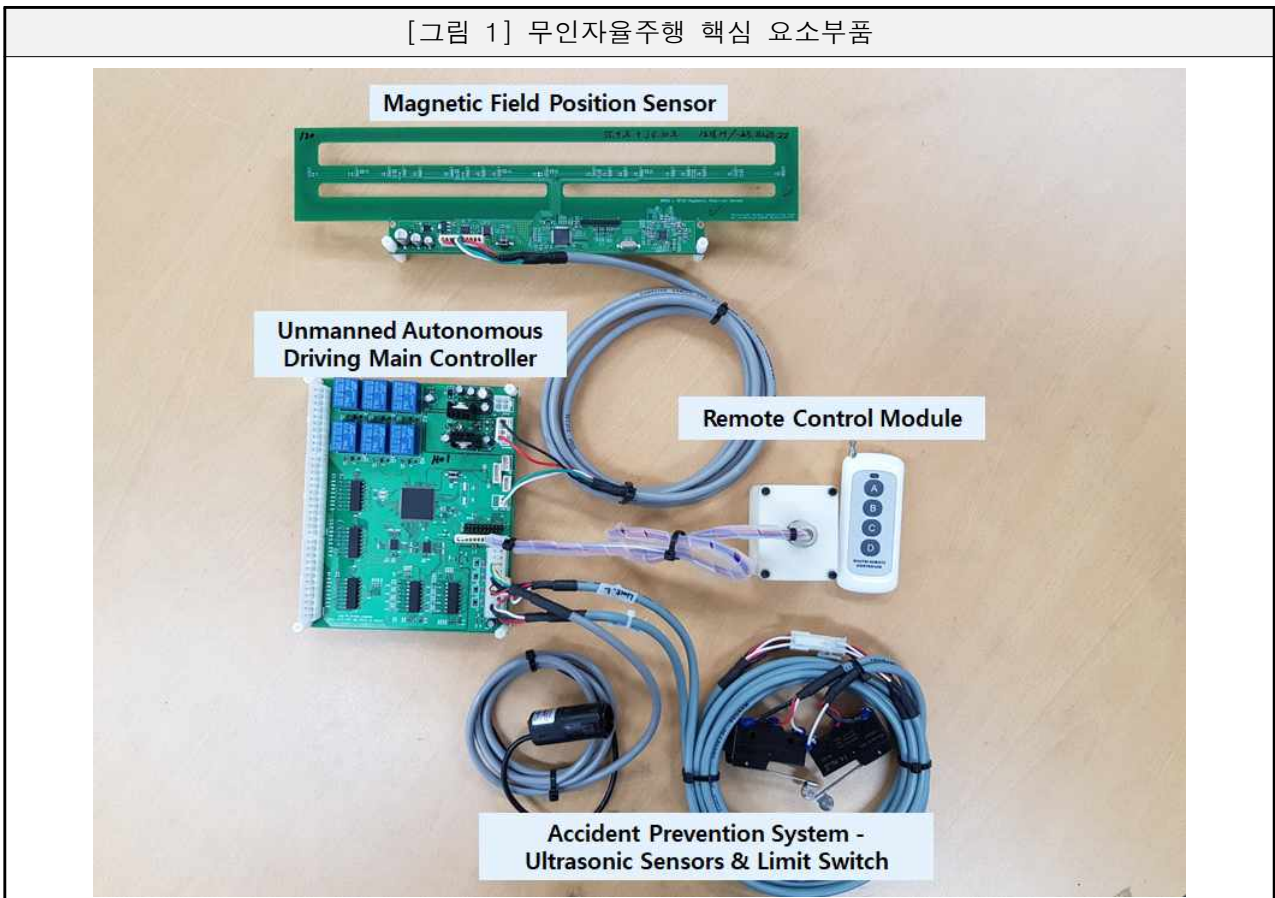
○ 수행내용 및 범위

- (1) 차량제어용 리모컨 및 무인자율주행 핵심 요소부품을 최종 시작품에 적용

○ 무인자율주행 핵심요소부품

- [그림 1]에서 보는 바와 같이 자율주행 핵심요소부품은 크게 4가지 부품으로 구성되어 있다.
- Magnetic Field Position Sensor: 자계세기를 감지하여 현재 차량의 현재위치로 변환하여 CAN통신으로 Main Controller에 전달하는 센서
- Unmanned Autonomous Driving Main Controller: 차량의 무인주행과 관련된 전체시스템을 제어하고 관제하는 무인주행 차량전용 제어기
- Remote Control Module: 차량운동을 위한 원격제어 리모컨(주행, 정지 기능수행)
- Accident Prevesion System: 차량의 사고 및 작업자의 안전을 위한 시스템으로 차량이 장애물과 부딪치거나 전방에 작업자가 있으면 스스로 이를 감지하여 정지하는 시스템으로 구성

[그림 1] 무인자율주행 핵심 요소부품



○ 무인주행차량적용(시제품)

- 무인주행을 위한 차량의 시제품은 아래 그림 2에서 보는 바와 같이 생기원이 사전에 보유한 후륜구동, 전륜조향의 다목적 농업용차량으로 상세 차량의 성능은 표 1과 같다.
- 무인주행과 수동운전이 가능하고 주로 만감류 농장에서 농산물 운송에 사용하는 로봇형 차량이다.
- 차량의 패널에는 자동/수동전환 스위치, 스로틀, 전후방 조작 레버, 비상 정지 스위치 배터리 인디게이터로 구성되어 있다.

[표 1] 차량의 성능

분류	성능항목	성능
성능	주행오차	최대 2.5cm 이내
	적재중량	최대 200kg 적하여 주행
	등판능력	무부하 상태에서 15도 경사로 등판
	사용시간	무부하 상태에서 5시간 연속 주행
	속도	1m/s
	출력	1,200W(DC 24V)

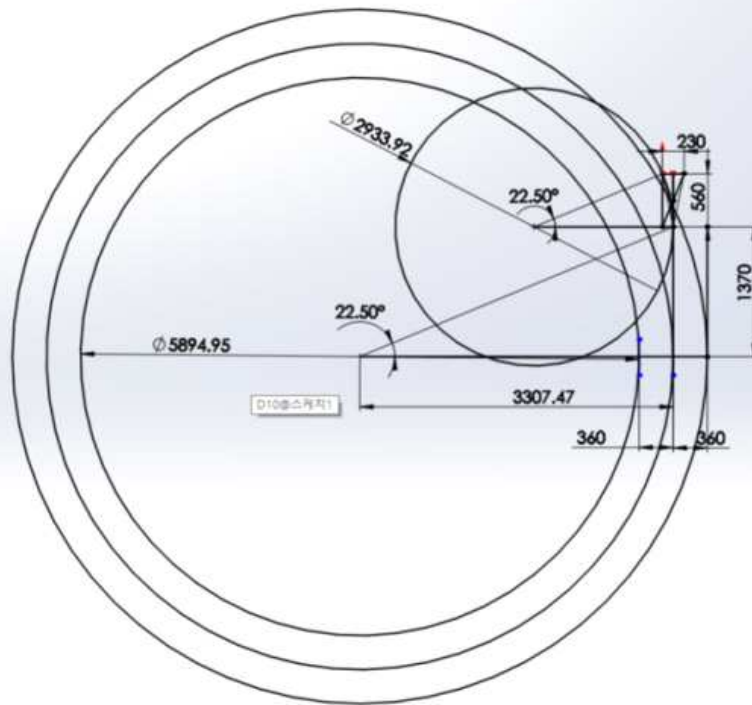
[그림 2] 시제품 차량



○ 자계 안내시스템 설계 및 구성

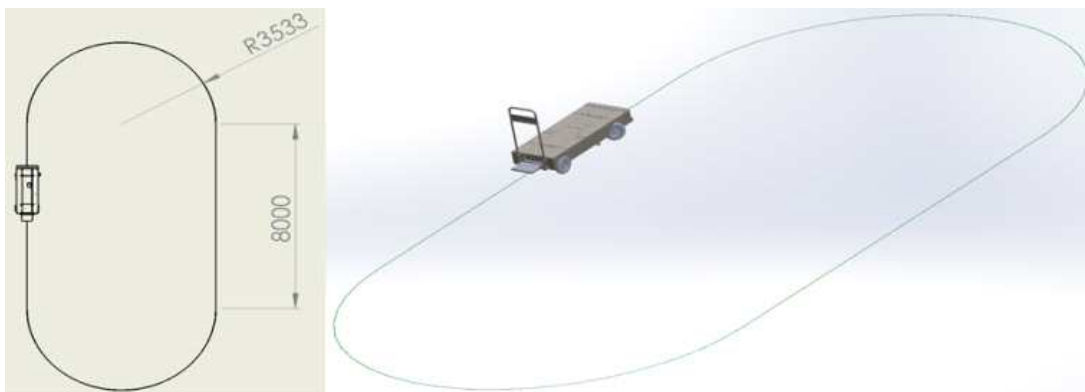
- 무인주행 차량의 원활한 주행을 위해 차량의 크기, 넓이, 조향각, 차축의 거리 등을 고려하여 주행로를 설계하고 자계도로를 설치하였음
- 차량의 조향각 22.5도로 회전 할 때 차량의 회전 반경은 3307[mm]로 매우 크기 때문에 이에 대한 공간을 확보하여 설치함

[그림 3] 자계도로 설치를 위한 설계



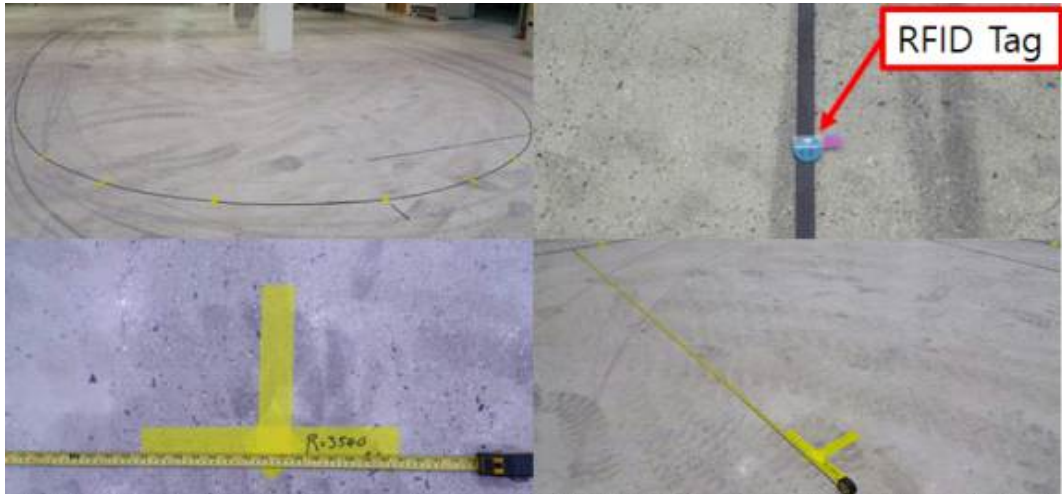
- 따라서, 자계안내도로의 회전 반경을 3,500[mm]로 충분한 공간을 두고 설계 하였으며 총 주행 구간은 38,000[mm]로 설계 하였다.
- 직선 구간은 양쪽 각각 8,000[mm]로 설계하였으며 구간 중간중간에 RFID를 설치하여 분기(좌우), 정지, 가속, 감속구간등을 설정하였다.

[그림 4] 자계도로 설계



- 위에서 같이 설계된 데이터를 기반으로 그림 5와 같이 실제 자계도로를 실내에 설치 하여 무인주행 시험을 실시하였다.

[그림 5] 곡률반경 설치



- 또한, 차량의 무인주행 시 급격한 좌, 우 이동에 있어서 자계안내도로의 이탈을 확인하고자 굴곡진 자계안내도로를 구성 하였다.

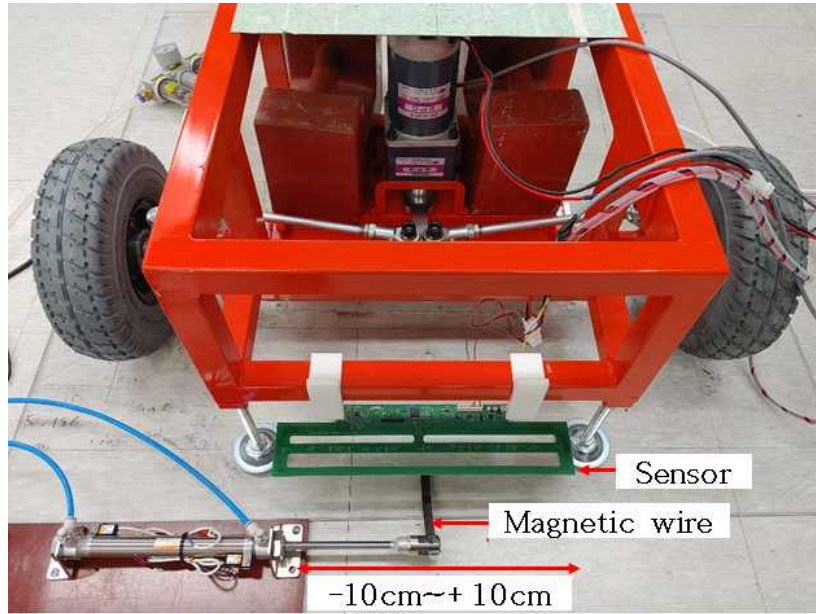
[그림 6] 이탈시험을 위한 굴곡 자계도로



○ 전륜 조향 추종제어 실험

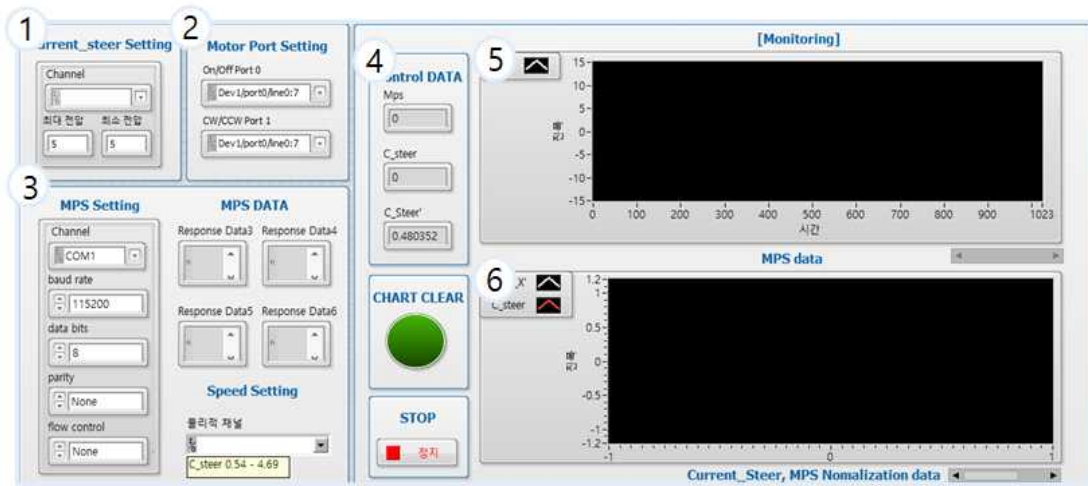
- [그림 7]과 같이 실험장치를 구성하고, 실험방법은 조향메커니즘 전방에서 Magnetic wire를 -10cm에서 +10cm까지 이동하며 계측하였다. 적재 무게를 위해 분동 40kg을 이용하였다. 나머지 실험도 동일한 조향 실험방법으로 진행하였다.

[그림 7] 조향 실험 방법



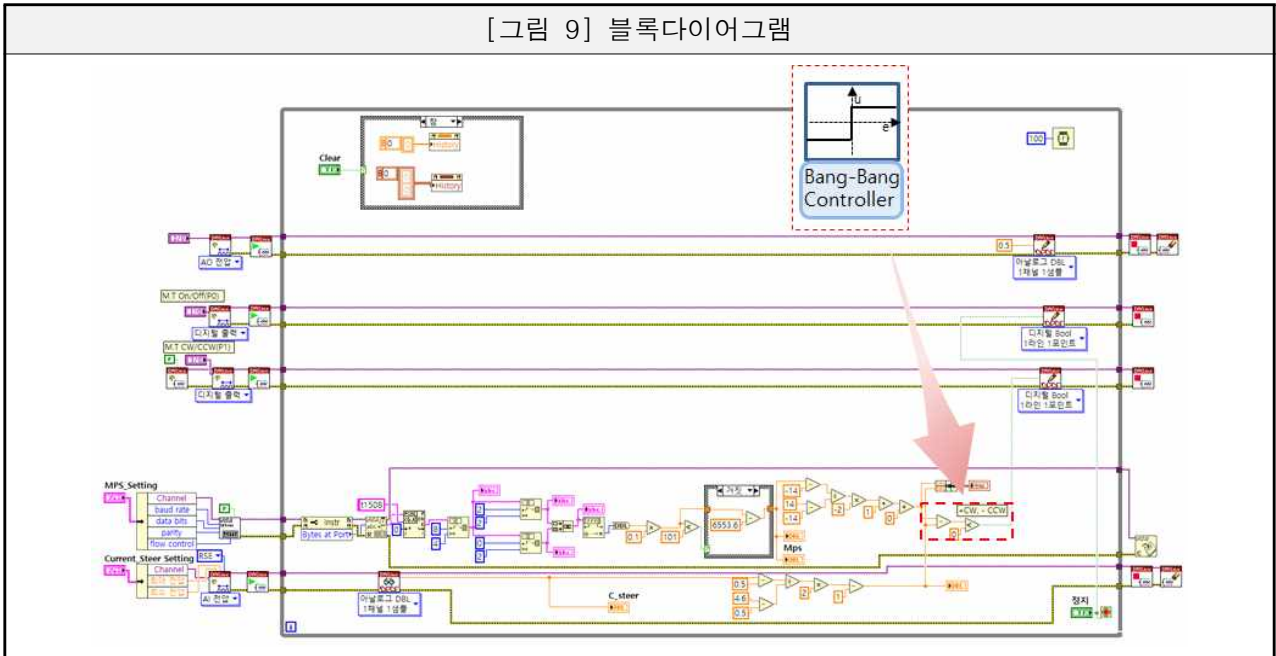
- 소프트웨어는 LabVIEW를 이용하여 개발하였다. 프로그램은 front panel과 block diagram으로 구성되어 있으며 front panel에서는 실험장치의 특성을 세팅하고 제어할 수 있으며 발생하는 상황을 모니터링 할 수 있다. block diagram 프로그램은 소스코드를 크게 3가지로 구성되어 있다. 조향각 측정을 위한 부분, 센서 데이터를 측정하는 부분, 그리고 조향각을 제어하는 부분으로 설계하고 개발하였다.

[그림 8] 프런트 패널



- 1번은 조향각 채널 및 전압을 설정하는 부분이며, 2번은 조향장치 설정, 3번은 자계위치센서의 채널 설정 및 CAN-to-USB통신을 입력되는 데이터를 인디게이터를 통해 분할하여 확인할 수 있다. 4번은 정규화를 통한 센서 데이터와 조향각 데이터를 확인할 수 있는 인디게이터이며 5번, 6번은 센서에서 입력되고 데이터와 조향각에서 입력되는 데이터가 추종해 나가는 것을 실시간으로 확인이 가능하도록 구성하였다.

[그림 9] 블록다이어그램

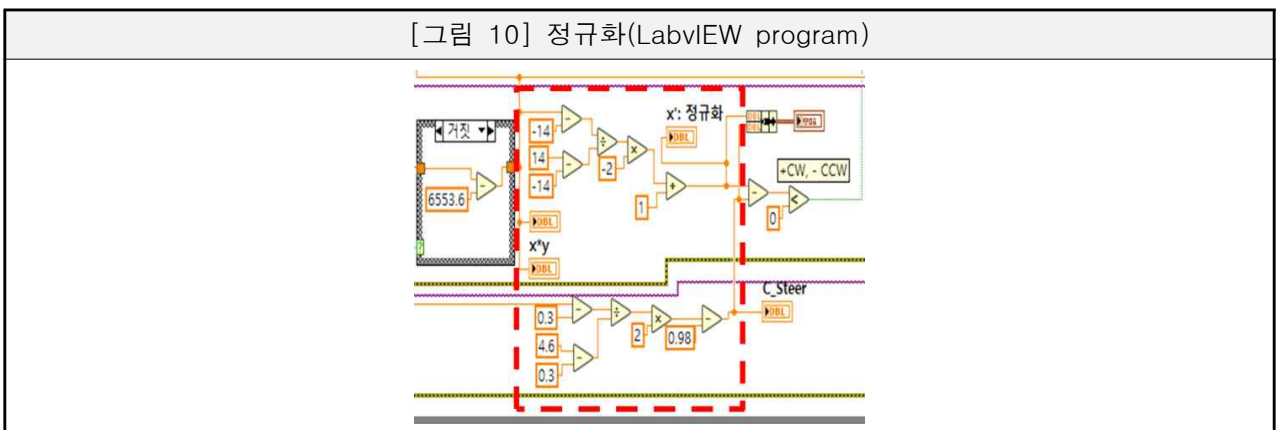


- Dead-zone이 없는 bang-bang제어기법을 적용하여 실험하였다. 이 실험을 통해 자계 위치센서 데이터 변화에 따른 조향각 추종 제어와 목표점 도달시간, 정상상태 오차를 실험하였다. 사용한 제어기법의 장·단점과 특성을 파악하기 위해 실험을 실시하였다.
- 무인차량의 조향각은 -30° 에서 30° 까지이며 자계위치센서 데이터는 $-14 \sim +14$ 까지의 Low 데이터를 계측한다.

$$X'' = 2 \times \left(\frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \right) - 1 \quad (1.1)$$

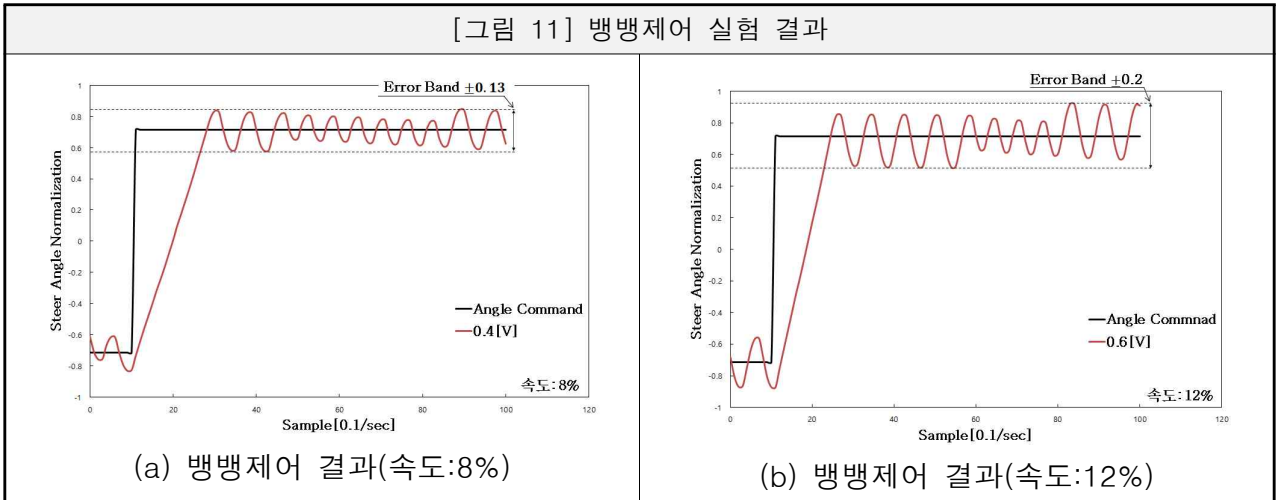
- 두 개의 데이터를 동일한 범위 조건으로 비교하기 위해 프로그램에서 그림 10과 같이 정규화를 위해 식(1.1)을 이용하여 데이터 범위를 $-1 \sim +1$ 까지 변환한다. 나머지 실험도 동일하게 정규화를 통하여 실험을 진행하였다.

[그림 10] 정규화(LabVIEW program)



- [그림 11]은 실험 조건은 bang-bang제어기법 적용 후 속도 8%와 12%일 때 두 번의 실험 결과를 분석하였다. 기준속도 100%는 모터 구동기 제어 입력 전압 24V에서 무부하시 구동되는 모터 회전속도 3000rpm이다. 따라서 8%는 제어기의 출력에서 1.92V이며 무부하시 모터의 회전속도는 240rpm이다.

[그림 11] 뱅뱅제어 실험 결과



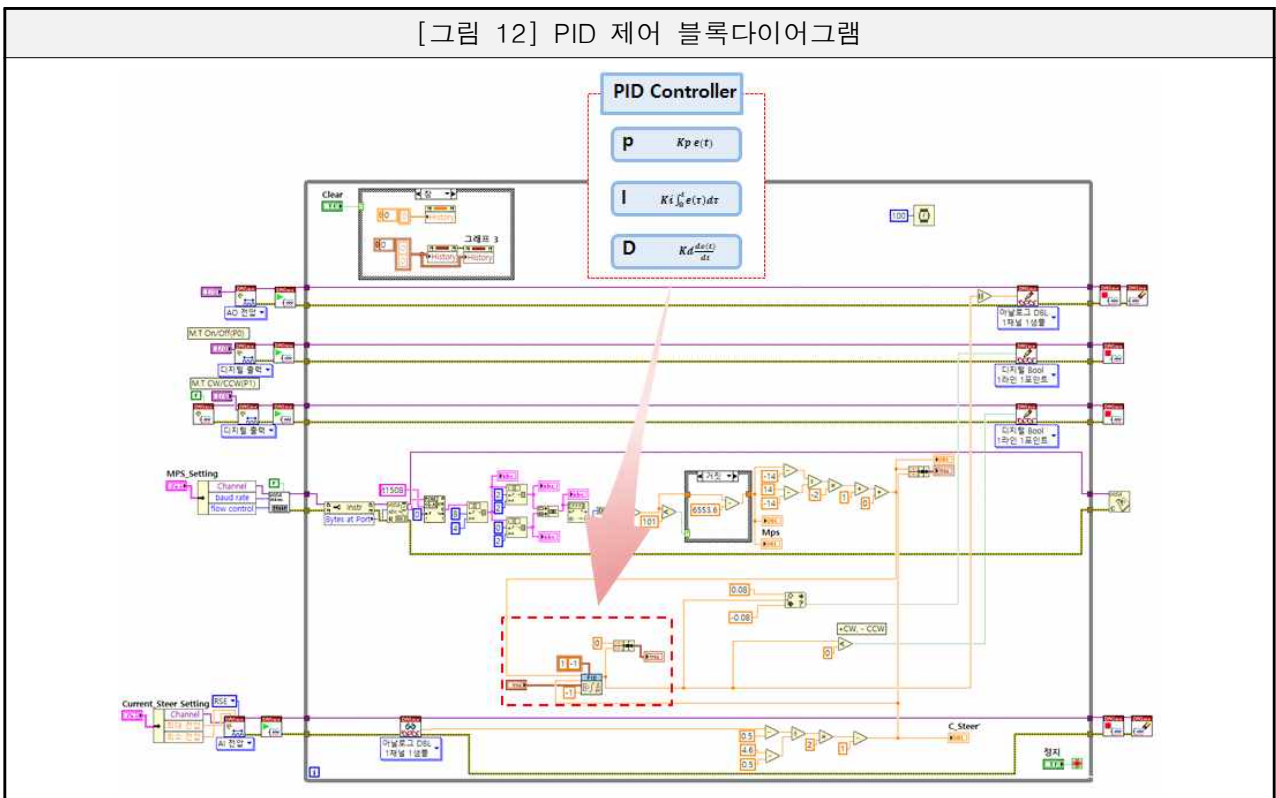
- Bang-bang제어기법을 적용 후 속도를 8%와 12%로 설정하였을 경우의 동작 실험 결과이다. [그림 11]의 (a), (b) 두 가지 실험 모두 정규화 된 자계위치센서 데이터 - 0.7~+0.7까지 이동시키는 명령을 입력하고, 이것은 실제 조향각 -21° 에서 21° 에 해당된다. 그때의 조향각이 위치센서 데이터를 추종할 경우 목표점에 도달하는 시간과 정상상태 오차를 분석 하였다. 목표점의 정상상태 오차 범위 이전까지의 도달하는데 걸리는 정착시간과 정상상태 오차 범위를 표 2와 같은 결과를 확인하였다.

[표 2] 뱅뱅제어 실험 결과

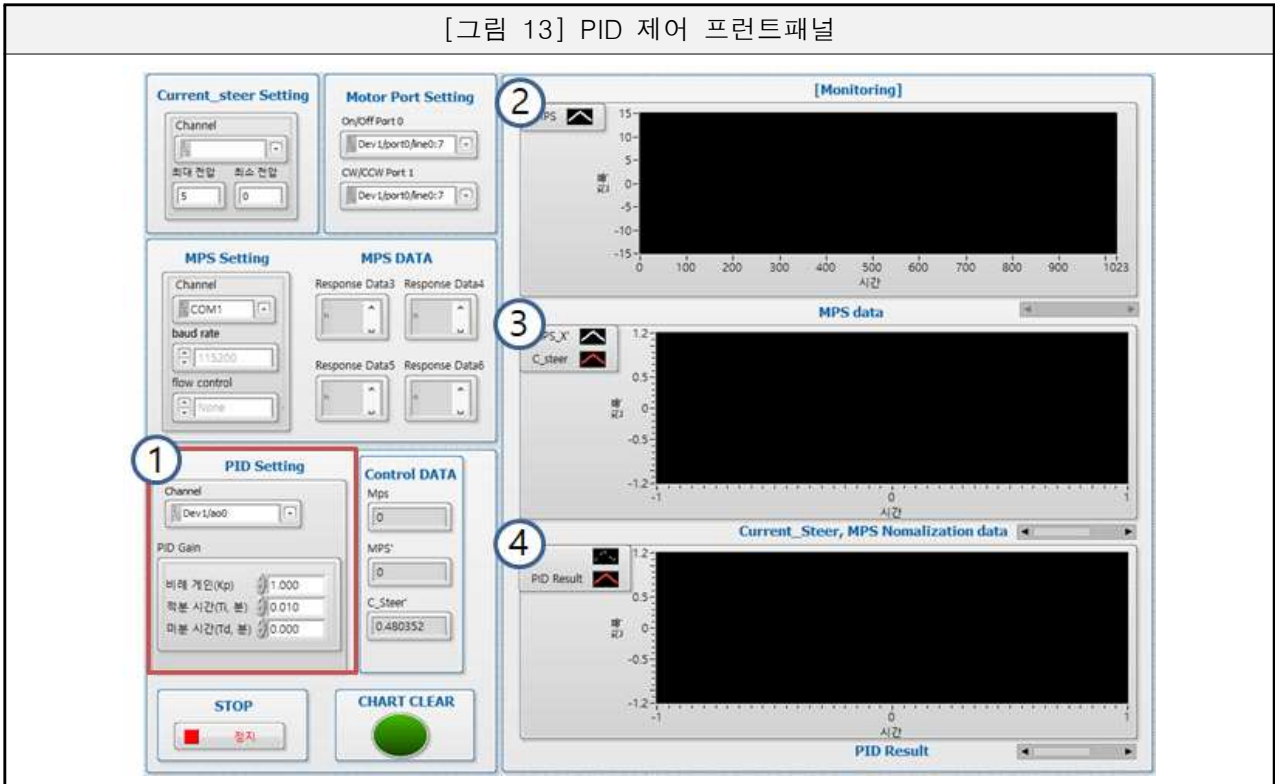
Bang-bang control	Settling time[sec]	Error band
(a) Speed 8%	1.7	± 0.13
(b) Speed 12%	1.4	± 0.20

○ PID 제어 프로그램

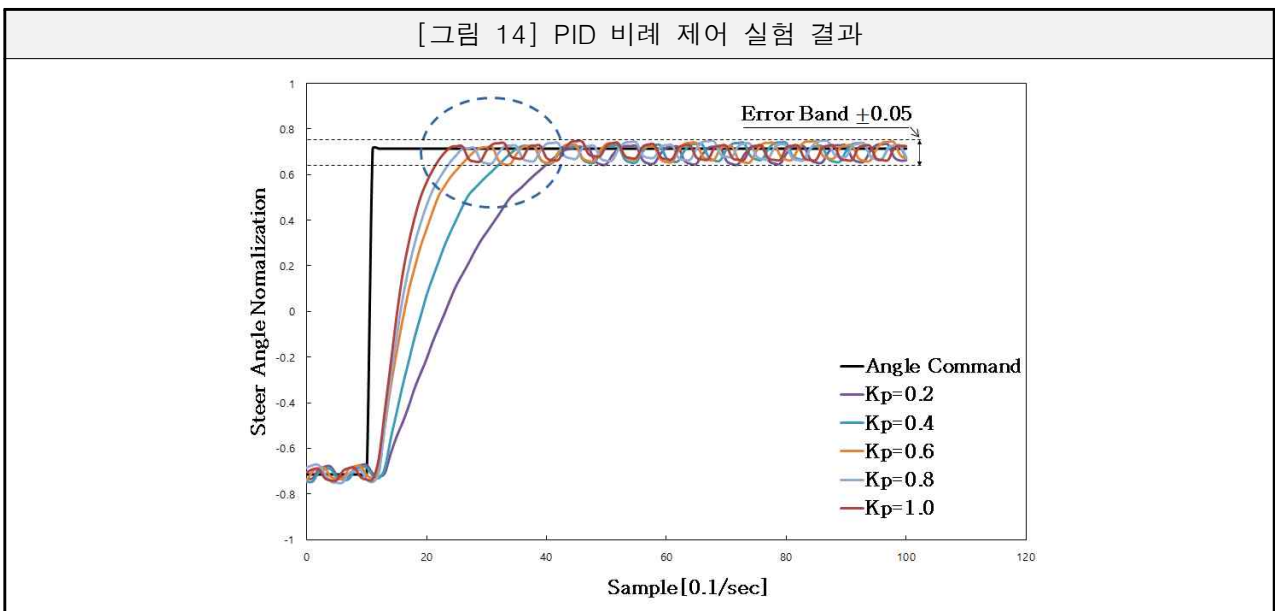
[그림 12] PID 제어 블록다이어그램



- 전륜 조향 추종제어 기법 중 하나인 PID 제어 프로그램을 [그림 12]와 같이 구성하였다. 빨간색 점선 박스 부분은 PID 제어함수이다. 자계위치센서에서 입력되는 데이터와 조향 데이터를 PID 함수로 입력시켜 나온 출력값으로 CW,CCW 방향을 결정하며 또한 속도를 임의의 지정한 속도가 아닌 자동으로 가변 하여 목표점까지 도달하는 방식으로 구성하였다.



○ PID 제어기 실험 결과



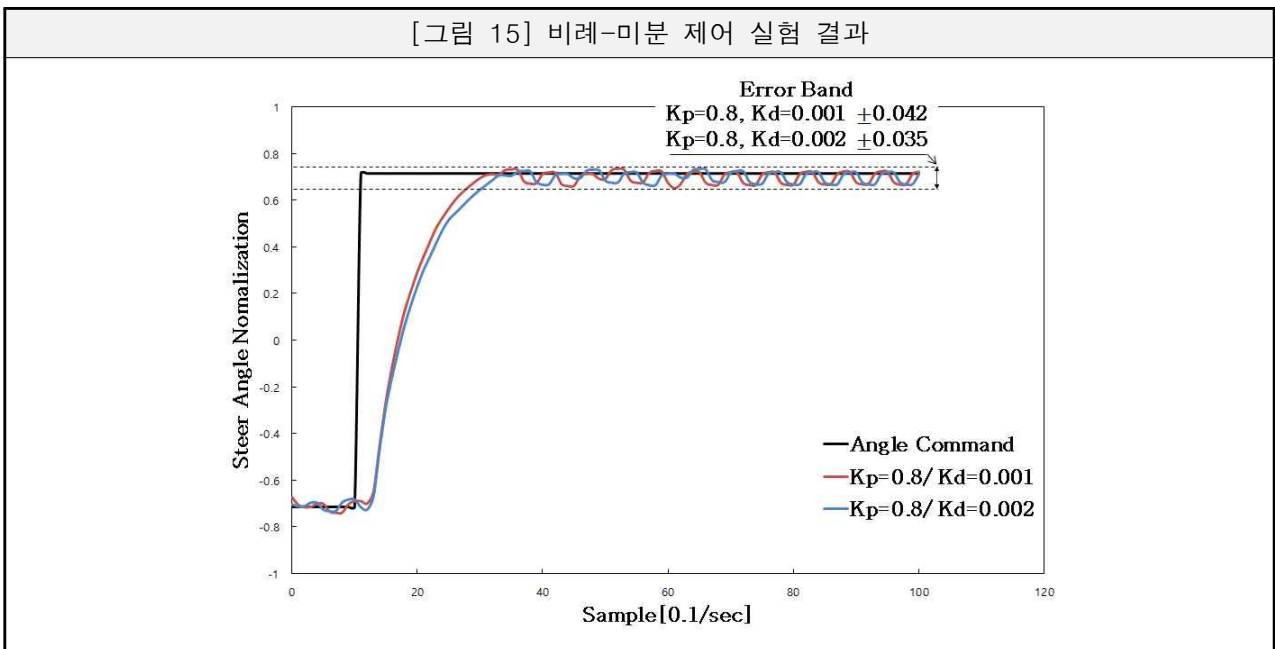
- [그림 14]는 PID 제어방법 중 비례 제어만 사용하여 실험한 결과이다. 자계위치센서 데이터를 -0.7에서 0.7까지 이동시키는 명령을 입력하는 조건으로 동일하고 그때의 Kp의 이득을 0.2부터 1.0까지 0.2씩 증가하여 실험하였다. 이때의 조향이 Kp를 증가할 경우 목표점에 도달하는 정상상태 오차를 비교 분석하였다. 실험한 결과 Kp의 이

득을 높일수록 목표점에 도달하는 시간이 빨라지는 것을 표 4-4에서와 같이 확인하였다.

[표 3] 비례 제어 실험 결과

Proportional gain(Kp)	Settling time [sec]
0.2	2.7
0.4	1.9
0.6	1.4
0.8	1.2
1.0	1.1

- 또한 Kp의 이득이 너무 낮을 경우 응답속도가 느려 정상상태에 도달하는데 시간이 많이 소요되었다. Kp값을 1.0으로 설정할 경우 응답속도는 빠르지만 오버슈트가 가장 크게 발생하였다. Kp의 이득만 설정하였을 경우 bang-bang제어와 달리 안정적으로 목표점에 도달하여 전체적으로 오버슈트는 크게 발생하지 않았다. 그러나 구현은 쉬우나 Kp값이 1.0에 가까워질수록 응답속도는 빠르지만 동시에 시스템은 불안정하게 동작하고 정상상태 오차가 크게 발생하기 때문에 개선하기는 어려운 단점을 확인하였다.



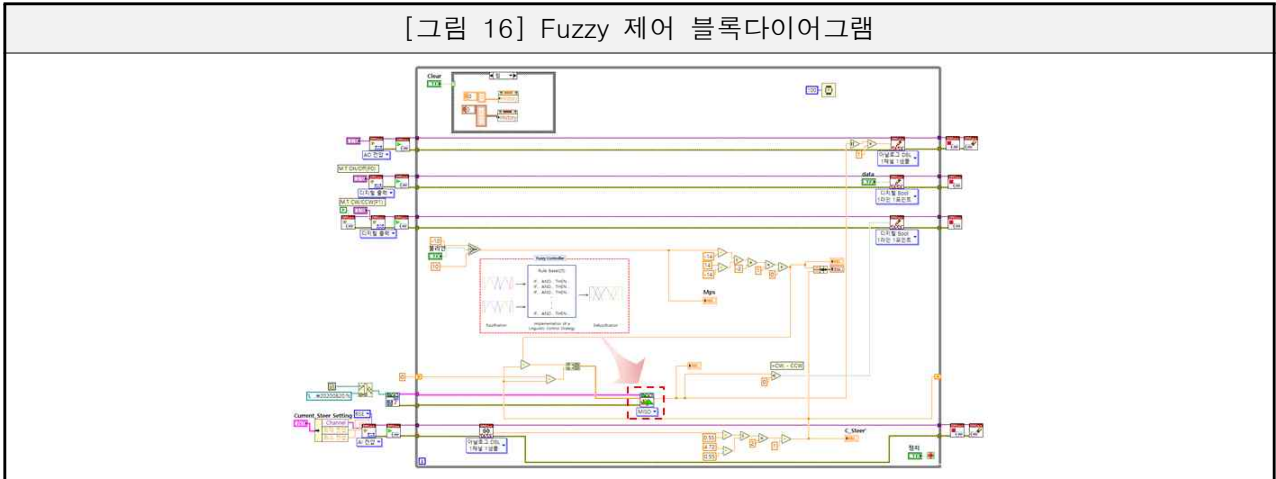
- [그림 15]는 앞서 비례 제어 실험한 결과 목표점까지의 도달시간과 오버슈트 현상이 가장 좋은 결과를 보인 Kp의 이득을 0.8로 적용하고 미분제어를 추가하였다. 실험한 결과 표 4-5와 같이 Kd의 이득이 0.001, 0.002일 경우 목표점까지 도달 시간은 각각 1.5초 1.7초가 소요되었다. 비례제어 결과와 달리 미분제어를 조합하여 실험 결과 목표점에 도달 시 제동을 걸어 오버슈트 현상이 줄어들고 안정적임을 확인하였다.

[표 4] 비례-미분 제어 실험 결과

proportional and derivative gains(Kp, Kd)	Settling Time[sec]	Error band
Kp=0.8, Kd=0.001	1.5	±0.042
Kp=0.8, Kd=0.002	1.7	±0.035

○ Fuzzy 제어 프로그램

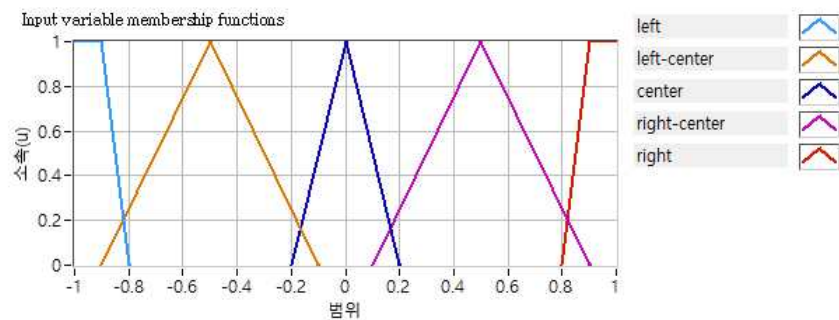
[그림 16] Fuzzy 제어 블록다이어그램



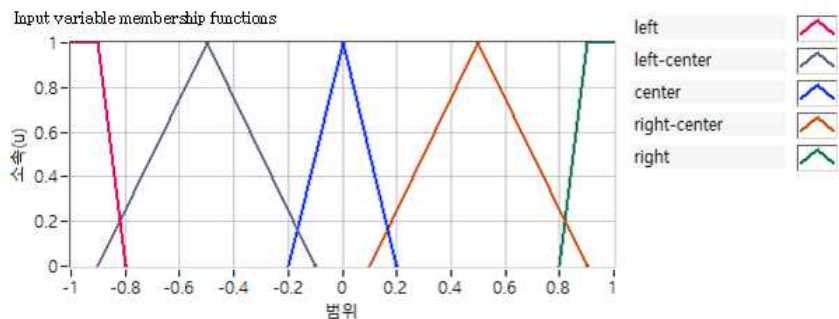
- [그림 16]은 전륜 조향 추종제어 기법 중 하나인 fuzzy 제어 기법이다. 빨간색 점선 박스 부분은 퍼지 제어 함수이다. 퍼지제어 함수에 두 가지의 입력선이 연결이 되어있다. 하나의 입력선은 자계위치센서에서 입력되는 데이터와 조향각 데이터의 오차이다. 나머지 입력은 오차 변화율이다. 두 가지의 입력 변수가 퍼지함수를 통해 계산된 출력 값으로 추종해야 할 조향각 범위에 따라 속도 가변을 통해 목표점까지 도달하는 방식으로 구성하였다.

○ Fuzzy 제이기 실험 결과

[그림 17] 입력 소속 함수 및 언어적 변수

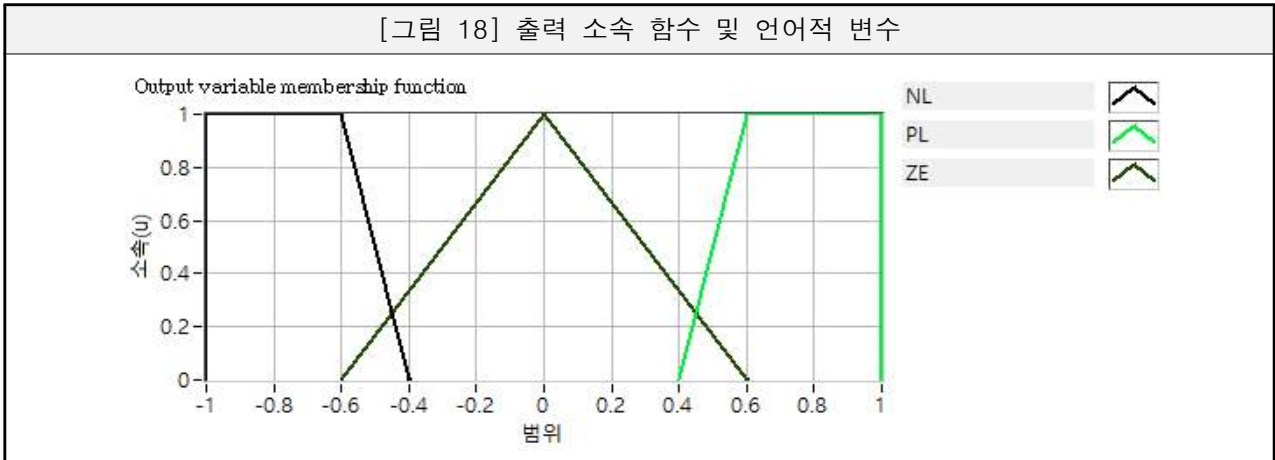


(a) 소속함수 오차



(b) 소속함수 오차변화율

[그림 18] 출력 소속 함수 및 언어적 변수



- 자계위치센서 데이터 값과 조향각 데이터의 오차 및 오차변화율에 대해 각 5개의 소속함수를 구성하고 [그림 19]와 같이 퍼지제어 규칙을 25가지로 정하였다. 각 파라미터에 언어적 변수는 NL(negative large), ZE(zero), PL(positive large)을 의미한다.

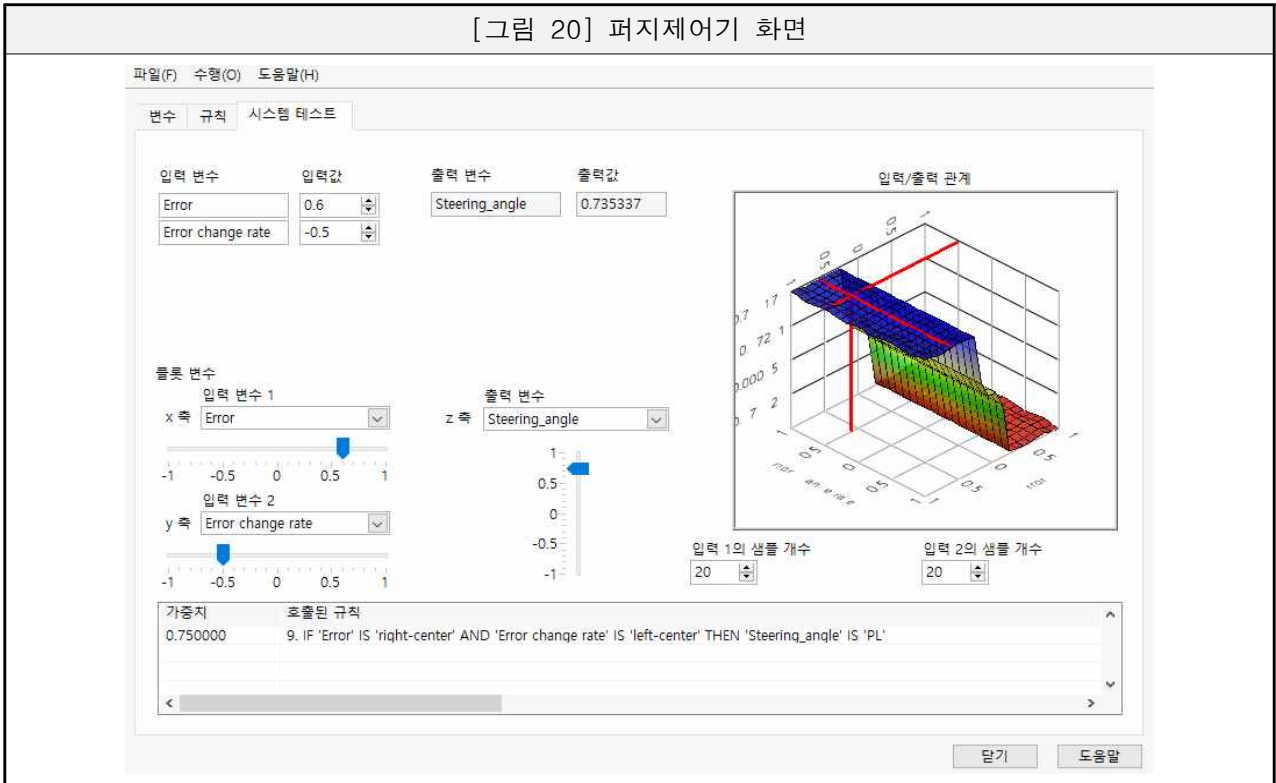
[그림 19] 퍼지제어기 규칙

Δe \ e	Left	Left-Center	Center	Right-Center	Right
Left	NL	NL	ZE	PL	PL
Left-Center	NL	NL	ZE	PL	PL
Center	NL	NL	ZE	PL	PL
Righth-Center	NL	NL	ZE	PL	PL
Right	NL	NL	ZE	PL	PL

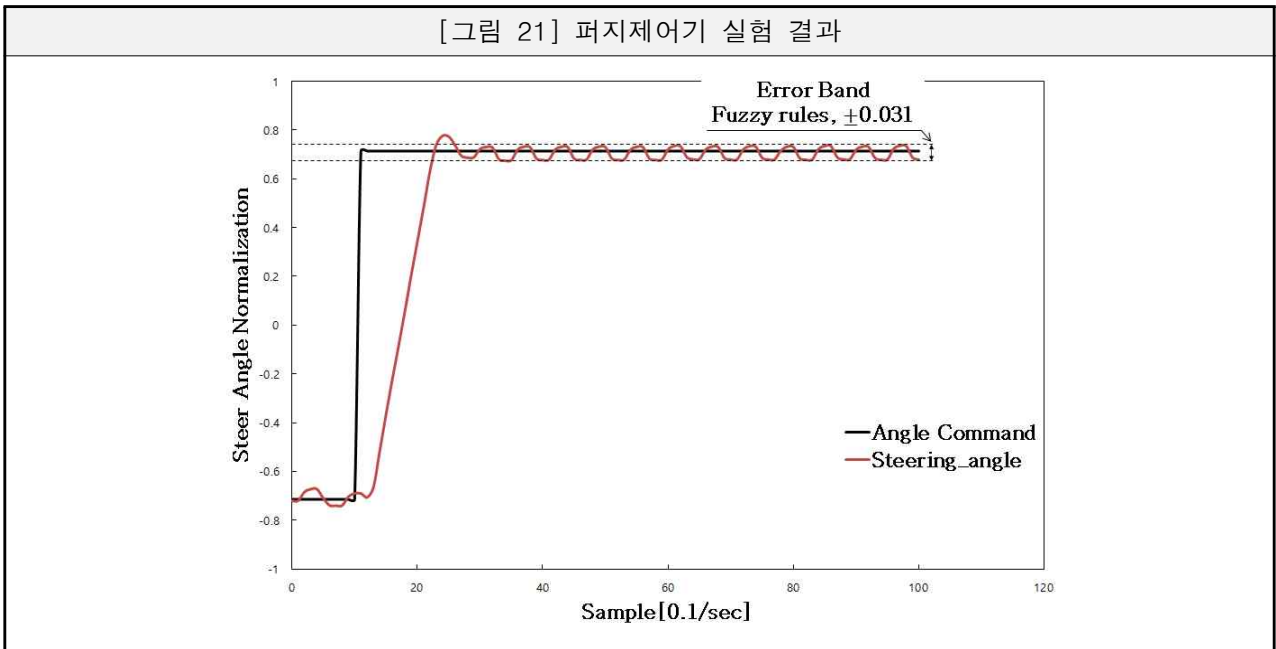
- R1) IF (e is Left) and (Δe is Left) then (steering_angle is NL)
- R2) IF (e is Left-Center) and (Δe is Left) then (steering_angle is NL)
- R3) IF (e is Center) and (Δe is Left) then (steering_angle is ZE)
- R4) IF (e is Right-Center) and (Δe is Left) then (steering_angle is PL)
- ⋮
- ⋮
- R25) IF (e is Right) and (Δe is Right) then (steering_angle is PL)

- 퍼지제어기를 통해 출력을 [그림 4-22]과 같은 화면에서 확인할 수 있다. [그림 4-22]에서 추종제어의 오차는 0.6(right-center)이고, 오차변화율은 -0.5(left -center)이면, 출력 변수(steering-angle)는 0.73(PL)이 된다.

[그림 20] 퍼지제어기 화면



[그림 21] 퍼지제어기 실험 결과



- [그림 21]은 퍼지 제어를 사용하여 실험한 결과이다. 자계위치센서 데이터를 -0.7에서 0.7 까지 이동시키는 명령을 입력하여 실험하였다. 이때의 목표점에 도달시간과 정상상태 오차를 실험을 통해 표 4-6과 같은 결과를 확인하였다.

[표 5] 퍼지 제어 실험 결과

Fuzzy control	Settling Time[sec]	Error band
fuzzy rule(25ea)	1.3	±0.031

- [표 5]와 같이 퍼지 제어를 사용한 경우 목표점까지 도달 시간은 각각 1.3초 소요되었다. PD제어 결과보다 목표점에 도달 시 오버슈트 현상이 줄어들고 안정적임을 확인하였다.

○ 제어 기법에 따른 비교분석 결과

[표 6] 제어 실험 결과

제어 방법	특성	정정시간 (90%)	정상오차
Bang-bang	<ul style="list-style-type: none"> 과도 응답 특성 우수 	1.4[sec]	±0.2
Bang-bang with dead zone (range = -0.07~0.07)		1.5[sec]	±0.14
PID proportional gain (Kp=0.8)	<ul style="list-style-type: none"> 안정적으로 목표값에 도달 Kp 값을 높게 할수록 응답 특성 우수 	1.2[sec]	±0.05
PID proportional and derivative gains (Kp=0.8, Kd=0.002)	<ul style="list-style-type: none"> 과도 응답 특성 개선 	1.7[sec]	±0.035
Fuzzy	-	1.3[sec]	±0.031

[표 7] 제어 방법의 장단점

제어 방법	장점	단점
Bang-bang	<ul style="list-style-type: none"> 구현이 쉬움 	<ul style="list-style-type: none"> 기기에 무리 정밀 제어 힘들
Bang-bang with dead zone (range = -0.07~0.07)		
PID proportional gain (Kp=0.8)	<ul style="list-style-type: none"> 상승 시간 감소 	<ul style="list-style-type: none"> 이득 조정만으로 성능 개선이 힘들
PID proportional and derivative gains (Kp=0.8, Kd=0.002)	<ul style="list-style-type: none"> 시스템 안전성 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 정상상태 응답상태 개선이 힘들
Fuzzy	<ul style="list-style-type: none"> 전문가 지식을 수용 	-

- 전륜 조향 추종제어기법 bang-bang제어, dead-zone을 갖는 bang-bang제어, PID제어, fuzzy제어를 실험을 통해 얻은 데이터를 비교분석하여 표 6과 같이 특성 및 장·단점을 나타내고 있다.
- Bang-bang제어는 제어는 구현이 쉬우며 과도 응답 특성이 우수한 장점을 가지고 있다. 하지만 최대 출력을 내기 때문에 정상 오차 범위가 크게 나타나 정밀제어가 어려운 문제점을 가지고 있다. 정상상태 오실레이션 현상을 개선하기 위해 목표점 범위에 도달할 경우 모터가 제어되지 않고 정지되는 구간인 dead-zone 범위를 설정하였다. dead-zone을 갖는 bang-bang제어는 dead-zone이 없는 bang-bang제어와 달리 정상상태 구간에서 안정적인 장점을 가지고 있지만 목표치와 일정한 간격을 두고 수행하는 형태를 보여주므로 정밀제어의 한계가 있다. PID제어 중 비례제어만 할 경우 bang-bang제어와 달리 오버슈트 현상이 줄어들어 안정적으로 목표값에 도달하는 특

성이 있다. 하지만 K_p 의 이득의 낮을 경우 응답속도가 느려 정상상태 도달하는 시간이 많이 소요되며 이득을 올릴 경우 응답속도는 빠르지만 정상상태 오차가 크게 발생하기 때문에 개선하기는 어려운 단점이 있다. 개선시키고자 비례제어에 미분제어를 조합 하였다. PD제어 시 비례제어 보다 목표점에 도달 시 제동을 걸어 오버슈트 현상이 줄어들고 안정적임을 확인하였다. 하지만 시스템에 따라 성능에 영향을 주기 때문에 이득을 조정해주어야 하는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하고자 fuzzy제어는 규칙 기반 제어이므로 일부 규칙이 조정되면 된다. 또한 상황에 맞게 시스템을 구현할 수 있다.

- Bang-bang제어, dead-zone을 갖는 bang-bang제어, PID제어, fuzzy제어 네 가지 제어기법을 실험한 결과 퍼지제어를 할 경우 정상오차가 가장 작음을 보여준다.

(2) 무인자율주행 필드테스트 및 문제점 수정보완

○ 무인자율주행 필드테스트

- 설계된 실제 자계도로에서의 주행

[그림 22] 설계된 무인 자계도로로 주행



- 이탈시험을 위한 굴곡자계도로로 주행

[그림 23] 굴곡자계도로로 주행



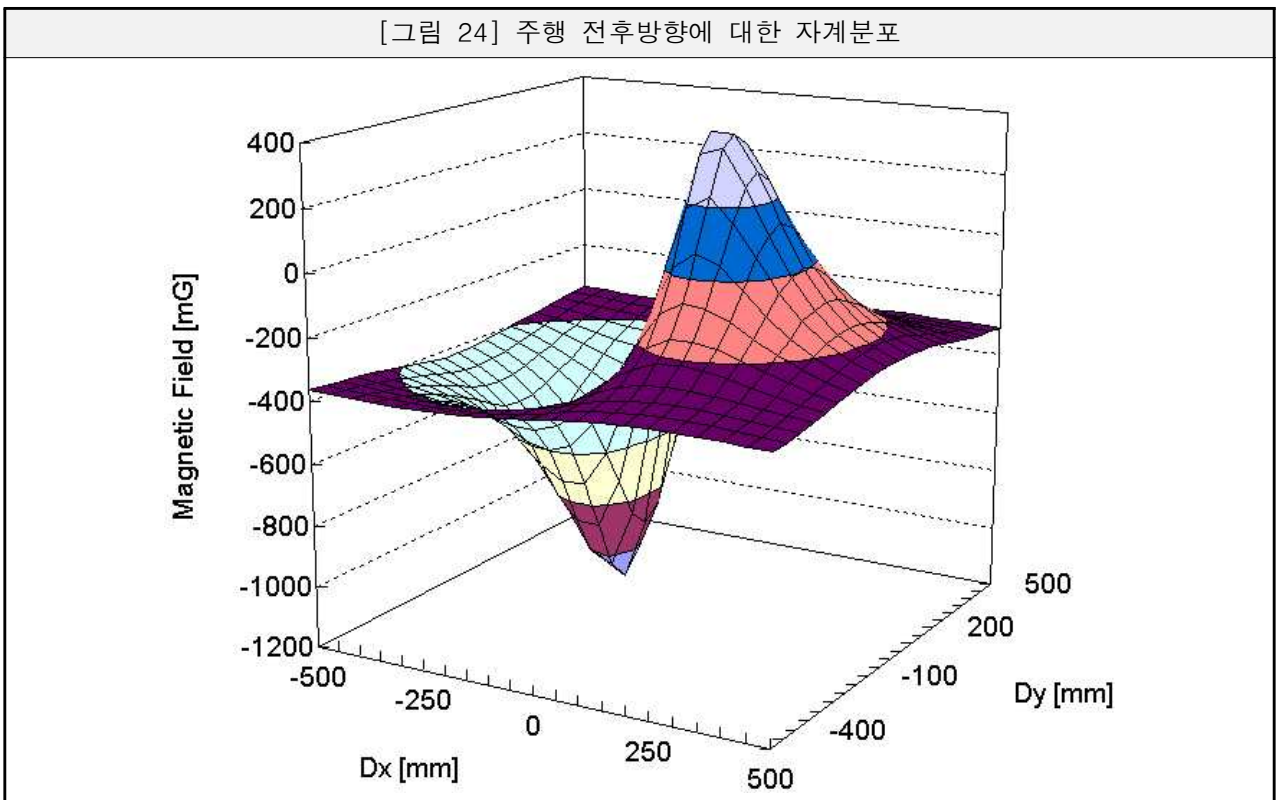
- 두 가지 실험을 통해 자계기반무인주행 핵심요소부품에 대한 필드테스트를 진행하였음.

[표 7] 시험 내용

NO	시험 방법	내용	기타
1	자계분포시험	바닥의 자계도로를 20cm 높이에서 자계도로 자계분포 분석	
2	직선주행시험	차량직진시험	
3	좌측오차주행시험	자계도로에서 45cm 떨어진 상태 출발	
4	좌측위치오차시험	45cm 떨어진 상태이나 센서는 중앙	
5	S자 주행시험	S자도로 주행시험	

○ 자계분포 시험결과

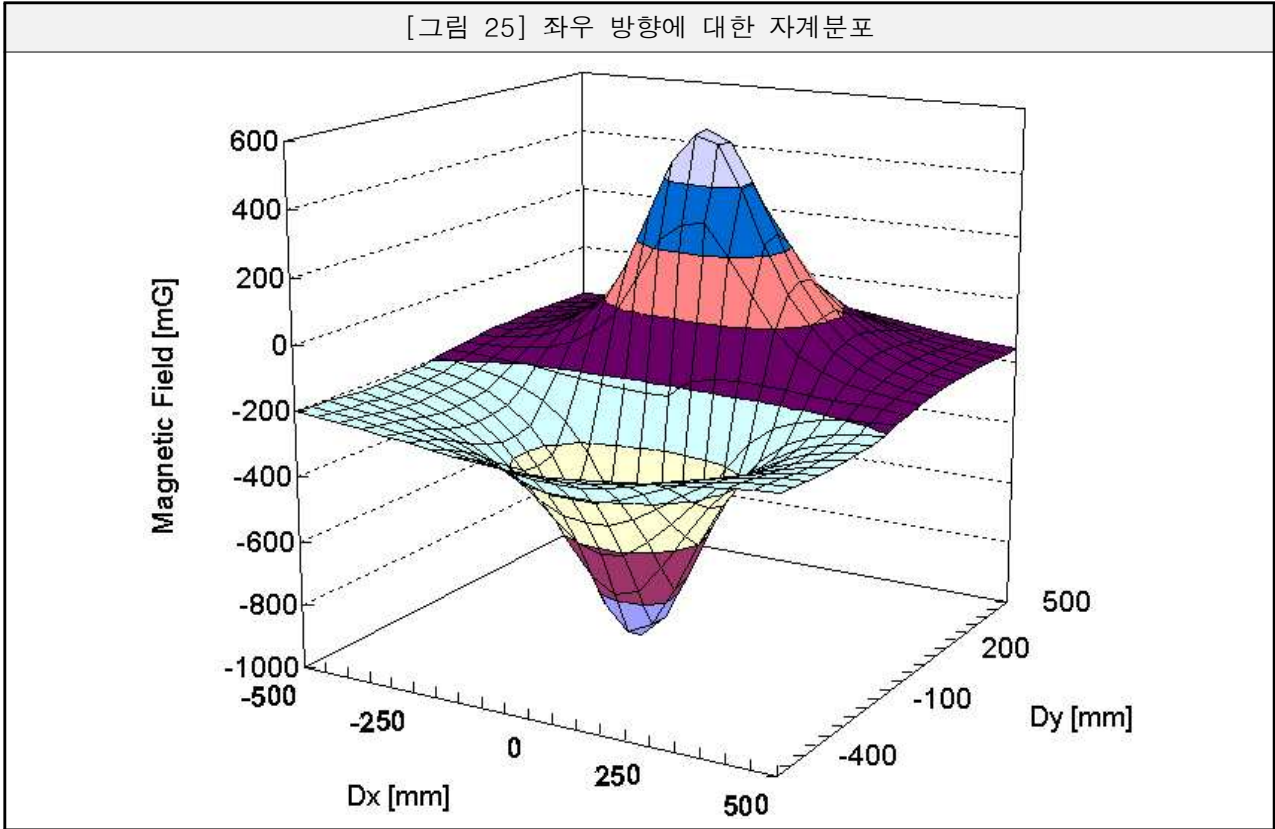
- 자계위치인식 센서를 바닥으로부터 20[cm]위에(차량에) 고정하고 자계도로를 전후 (D_x), 좌우(D_y)방향으로 -50[cm] ~ 50[cm]까지 5[cm]간격으로 이동하며 자계가 영향을 미치는 모든 공간 내에서 자계를 측정하고 측정된 3축 자계성분(B_x, B_y, B_z)를 분석하였음.
- 그림 24은 전후방향에 대한 자계분포를 나타낸다. 상수로 -400[mG]의 지자계를 포함하고 있다. D_x 축으로 이동하는 동안 자계도로가 위치한 0[cm]를 기준으로 전후방향에 대해 자계의 방향이 상하로 바뀌게 된다. 즉 센서를 중심으로 자계도로가 앞쪽에 위치할 때는 그래프의 Peak가 위쪽을 향하게 되고, 후방에 위치할 때는 Peak 아래쪽을 향하게 된다. 그리고 -25[cm]에서는 자계의 세기가 가장 작고, 25[cm]에서는 자계의 세기가 가장 크다. 이는 차량이 주행 시 자계도로가 전방에 위치하는지 후방에 위치하는지를 알 수 있는 정보로 활용된다.



- [그림 25]는 좌우방향에 대한 자계의 분포를 나타낸다. 상수로 -200[mG]의 지자계를 포함하고 있다. Fig.5-5와 유사하다. D_y 축으로 이동하는 동안 자계센서가 위치한

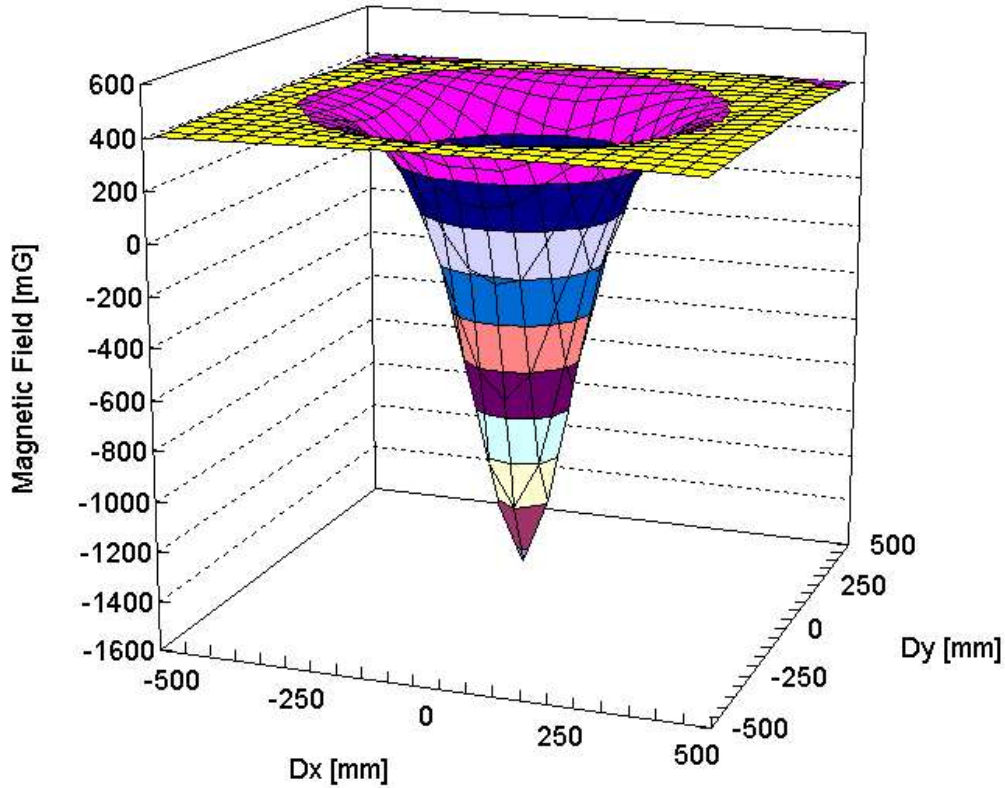
0[cm]를 지날 때 자계의 분포는 지자계와 동일하다. 이는 좌측에 위치할 때 와 우측에 위치할 때 Peak가 서로 교번함을 알 수 있다. 즉 센서를 중심으로 자계도로가 좌측에 위치할 때는 Peak가 음에 값을 갖고, 우측에 위치 할 때는 양의 값을 갖는 것이다. 그리고 센서가 위치한 0[cm]에서는 지자계와 동일하다. 이는 차량이 주행 시 자계차선으로부터 좌우로 얼마나 떨어져있는지를 예측할 수 있는 정보로 활용된다.

[그림 25] 좌우 방향에 대한 자계분포



- [그림 26]은 상하방향에 대한 자계분포를 나타낸다. 상수로 400[mG]의 지자계를 포함하고 있으며, Dx 와 Dy 축으로 이동하는 동안 자계의 세기는 동일하며 자계도로가 위치한 0[cm]에서 자계의 세기가 가장 작게 나타나고, 자계도로에서 멀어질 수 록 지자계에 가까워진다. 이는 센서가 자석으로부터 얼마나 높이 떨어져있는지를 예측할 수 있는 정보로 활용된다.

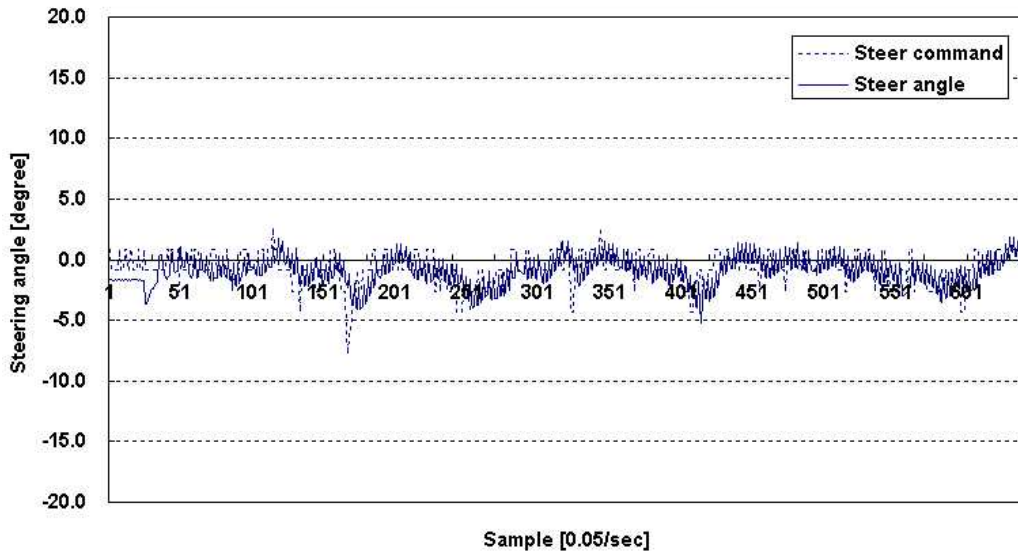
[그림 26] 높이에 대한 자계분포



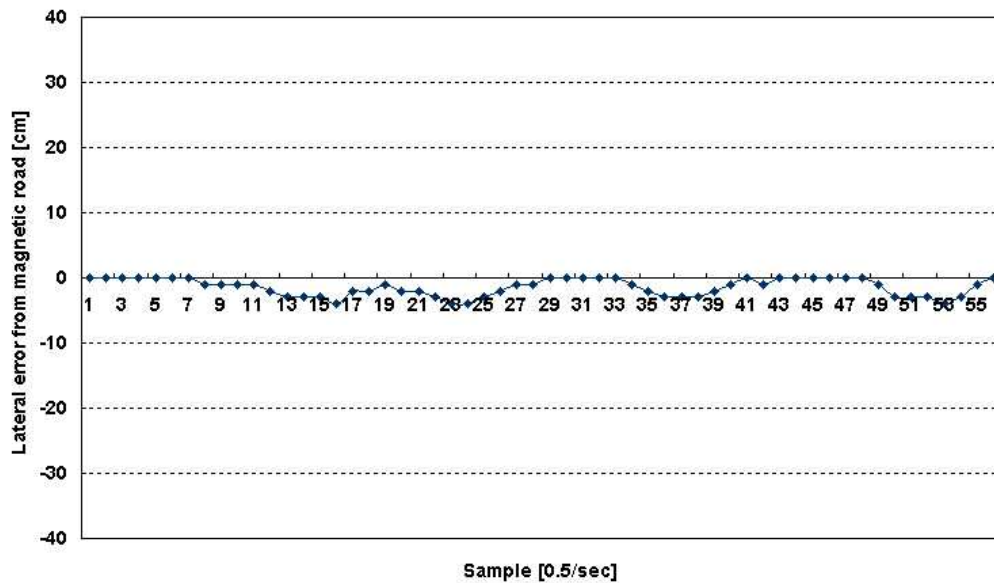
○ 무인주행 시험결과

- 직선자계도로 주행: 직선자계도로를 구성하고, 차량이 자율주행을 시작하기 전 차량의 초기 위치에 측방향 위치오차와 방향각 오차를 인가한다. 그리고 주행 중 계측된 데이터를 분석한다.
- y 축은 조향각도 및 이탈거리의 출력이다. (a)는 주행할 때 계측된 데이터로 주 제어기에서 계산된 조향각 명령과 계측된 조향각 이며, (b)는 차량이 자계도로로부터 좌우방향으로 벗어난 이탈거리를 측정하여 차량과 자계도로의 사이의 거리오차이다.
- 차량의 초기위치에 오차가 없는 것으로 자계도로의 중앙을 주행한 데이터이다. (a)는 조향각이 조향각 명령을 추종하고 $\pm 5[^\circ]$ 이내에서 흔들리며 주행하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 (b)에서는 차량이 자계도로의 중앙을 따라 최대 5[cm]의 오차를 보이며 흔들리지만 실제주행에서는 큰 영향이 없이 주행함을 보였다.

[그림 27] 직진실험



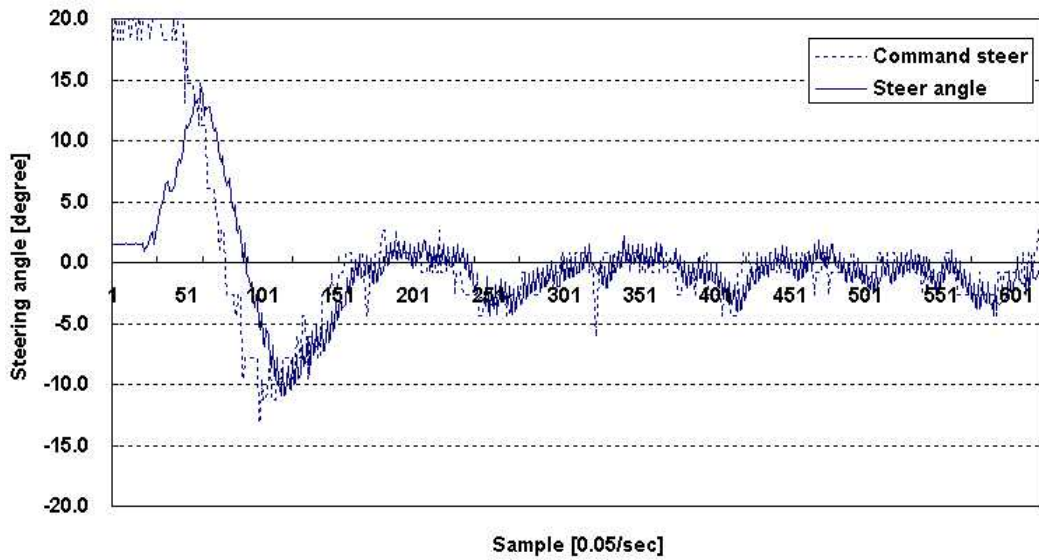
(a)



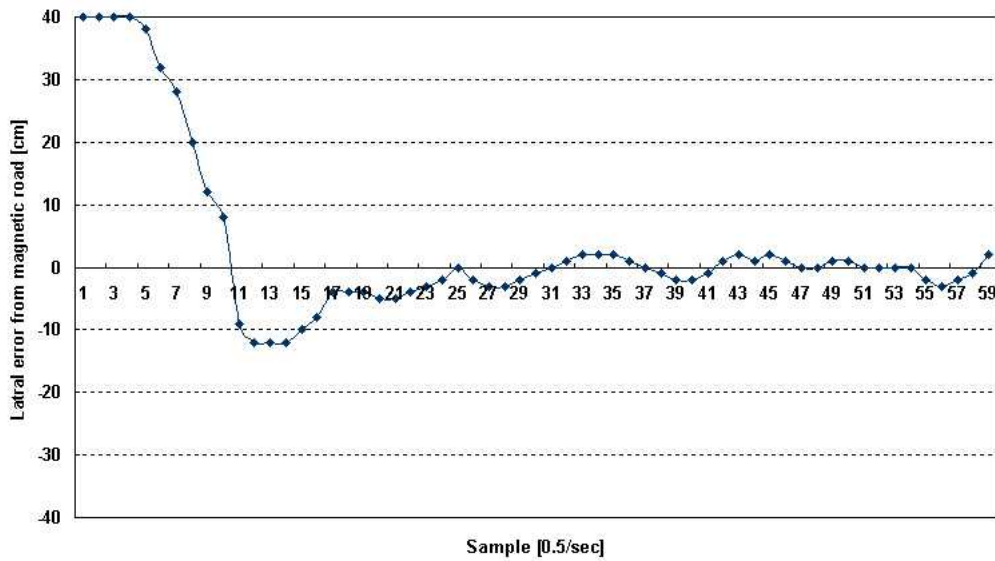
(b)

- [그림 28]은 차량이 자계도로로부터 45[cm]좌측으로 위치오차를 인가한 상태에서 주행 했을 때의 데이터이다. (a)에서 보는 바와 같이 출발 전 조향각 명령은 센서가 가장 좌측을 검출하기 때문에 20[°]를 나타내며 차량의 핸들은 중앙에 위치하도록 하여 중앙에서 약간 벗어난 1.5[°]를 타나내고 있다. 주행이 시작되면서 조향각이 조향각 명령을 추종한다. 이 때 차량은 전진을 하게 되고 조향각 명령은 중앙으로 하강하며 조향각은 상승하다 조향명령을 만나는 지점에서 조향명령과 함께 하강한다. 그리고 차량이 한차례 반대편으로 흔들린 후 차선의 중앙으로 진입하는 것을 확인할 수 있다. (b)는 5샘플까지는 직진주행을 보이고 6샘플부터 하강하기 시작하여 최대 -10[cm]의 이탈을 보이며 다시 중앙으로 진입하여 주행하는 것을 볼 수 있다.

[그림 28] 위치오차(좌측 45cm)



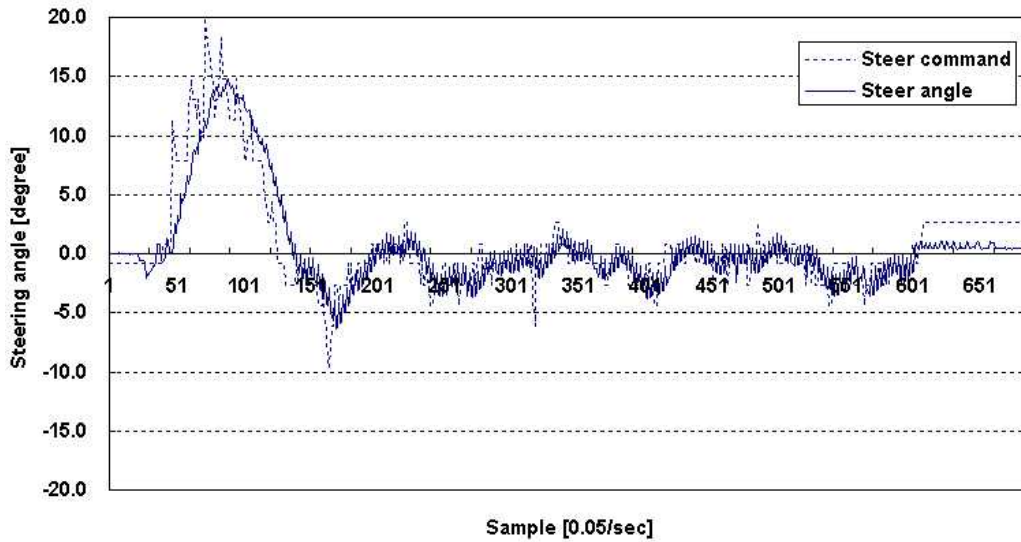
(a)



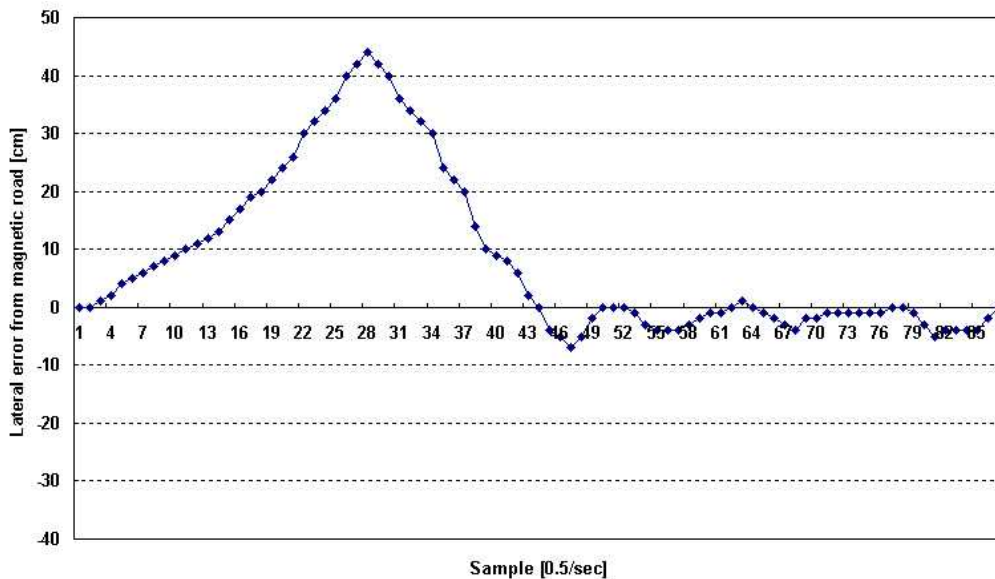
(b)

- [그림 29]는 방향각 오차를 인가한 상태에서 주행했을 때의 데이터이다. 차량의 방향각은 오차가 인가되어 있지만 (a)에서 보는 바와 같이 센서는 자계도로의 중앙에 위치하고 조향각은 핸들이 중앙에 위치하기 때문에 $-0.9[^\circ]$ 를 나타낸다. 차량이 주행을 시작하면서 진행방향 쪽으로 차선을 이탈하였다 다시 차선 쪽으로 진입하는 것을 확인할 수 있다. (b)는 위의 데이터들과 비슷하게 차선을 따라 주행한다. 2샘플부터 거리오차가 상승하기 시작하여 28샘플에서 최대 $40[cm]$ 를 벗어나는 것을 볼 수 있으며, 이후는 자계도로를 향해 주행하는 것을 볼 수 있다.

[그림 29] 방향각 위치오차



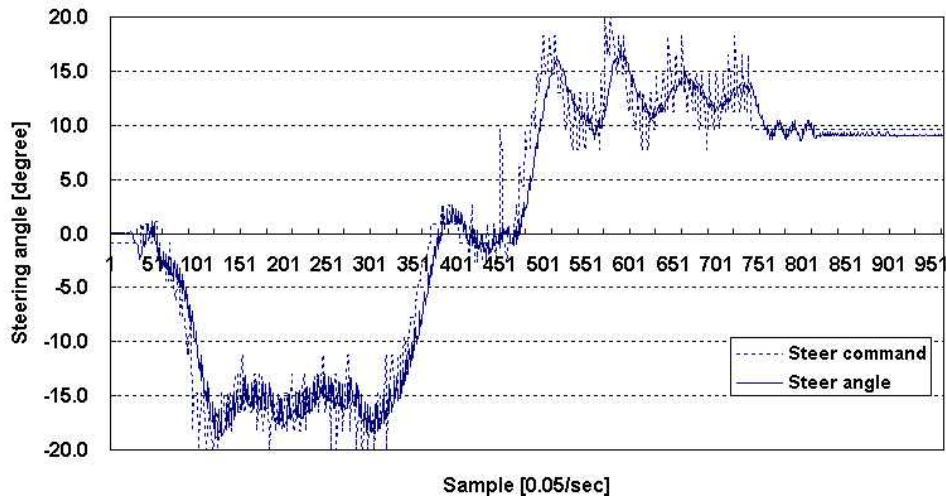
(a)



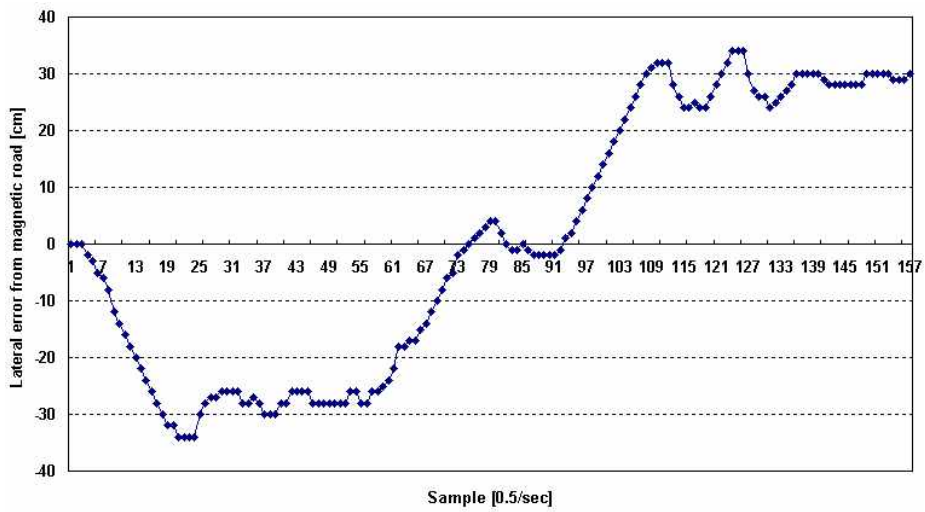
(b)

- 커브가 있는 자계도로를 주행 할 때 차량의 조향각 명령과 현재 조향각을 계측하고 분석하였다.
- [그림 3]0의 (a)는 조향각 명령과 계측된 조향각 이다. 그래프는 조향각 명령을 현재 조향각이 추종하고 있음을 보여주고 있다. 출발할 때 차량은 자계도로의 중앙에 있음을 확인할 수 있고, 27샘플부터 조향각이 회전을 시작하며, 384샘플까지는 첫 번째 곡선의 구간을 주행한다. 그리고 469샘플까지는 직선의 구간을 주행하며 764샘플까지 두 번째 곡선의 구간을 주행함을 볼 수 있다. 그리고 두 번째 곡선의 구간에서 10[°]에서 15[°]사이를 흔들리는 것을 볼 수 있다. 이는 실제 주행에서는 조향장치의 기계적인 구조에 의해 이러한 흔들림 현상이 무시되고 차량이 자계도로를 따라 주행하는 것을 확인하였다. (b)는 (a)와 거의 유사한 특징을 보인다. 최대 오차가 10[cm]이내임을 확인하였다.

[그림 30] S자형 자계도로 주행



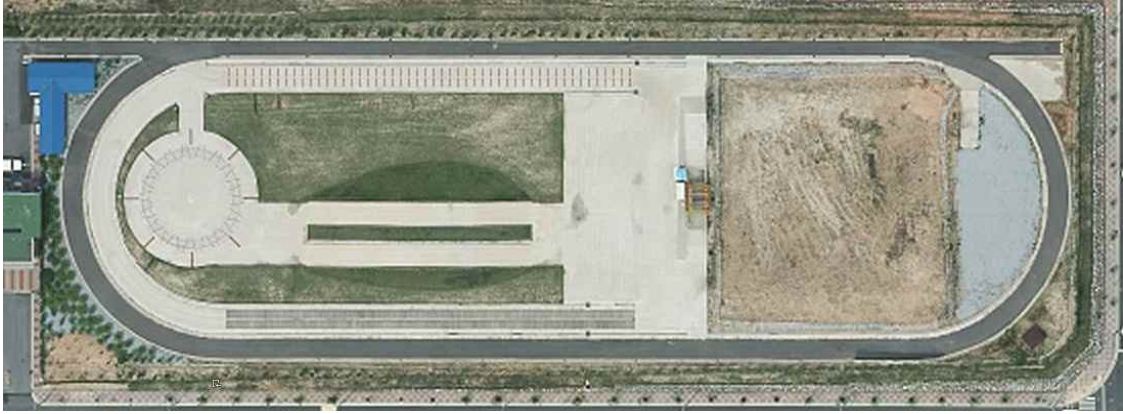
(a)



(b)

- 한국생산기술연구원 첨단농기계종합지원센터의 테스트 베드를 활용한 농기계 시험
 - 시험 대상: 자계기반 무인주행차량
 - 시험 장소: 전라북도 김제시 백산면 지평선산단3길 119, 한국생산기술연구원
 - 시험 장비: 농기계실외험로주행장 및 환경챔버

[그림 31] 농기계실외험로주행장



[그림 32] 환경챔버



○ 주행오차

- 직선 경로(20m)를 3회 자율 운행
- 잉크 궤적 기반을 사용하여 주행 오차 시험 진행

[그림 33] 잉크 궤적 기반 자율 주행 측정 방법



- 출발 지점을 기준으로 1m마다 오차 거리를 측정
- 주행 오차는 출발 지점을 기준으로 최대폭이 5cm이내 이어야 함

[그림 34] 주행 오차 시험 경로



○ 적재 중량

- 직선 구간이 포함된 긴 타원형 형태의 경로(40m)를 2회 연속 자율 운행
- 최대부하(200kg) 적재하여 속도에 관계없이 구동
- 최대부하(200kg)에서 직선 및 회전 주행에 이상이 없어야 함

[그림 35] 적재 중량 시험 주행 경로



○ 등판 능력

- 무부하 상태에서 15° (26.7%)이상의 경사로(5m)를 수동 조작하여 등판
- 경사로 등판에 있어 육안으로 확인하여 이동에 이상이 없어야 함
- 한국생산기술연구원 내 보유 경사로 16.7° (30.0%)에서 시험 진행

[그림 36] 등판 능력 시험 경사로



○ 사용 시간

- 기반의 임의의 경로를 무부하 상태에서 연속 자율 주행
- 5시간 이상 지속 주행하여야 함

[그림 37] 사용 시간 시험 주행 경로



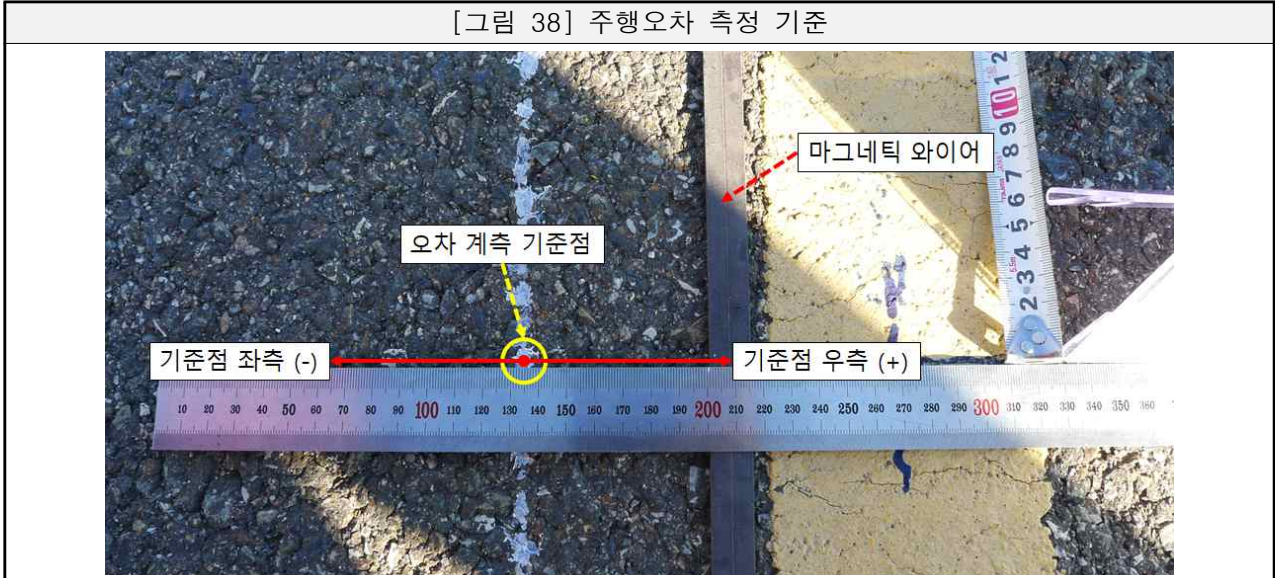
○ 주행 오차

[표 8] 자율주행 오차 테스트 결과

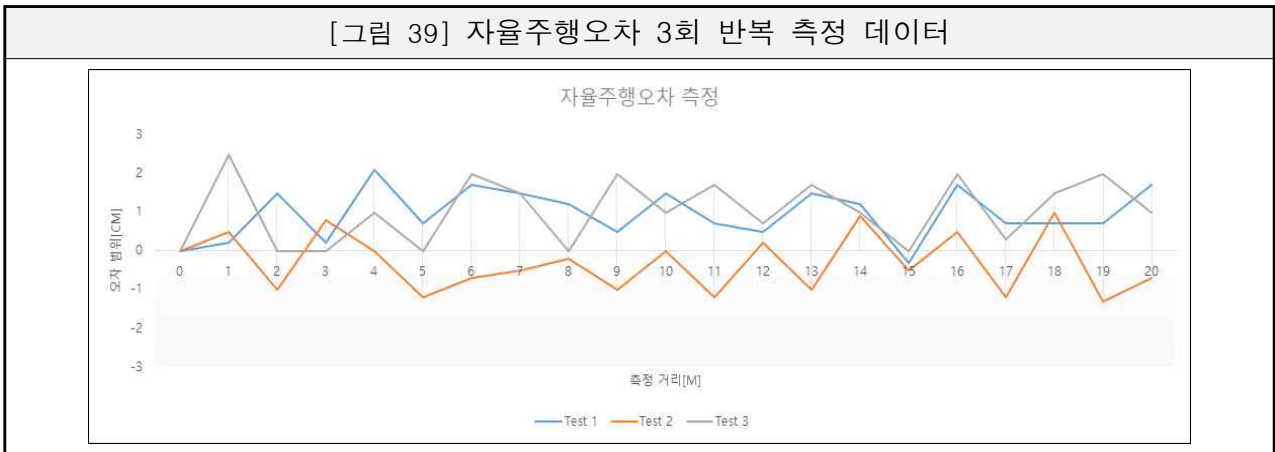
측정 횟수	Test 1	Test 2	Test 3	평균
자율주행오차 (cm)	2.4	2.3	2.5	2.4

- 측정 결과

[그림 38] 주행오차 측정 기준



[그림 39] 자율주행오차 3회 반복 측정 데이터



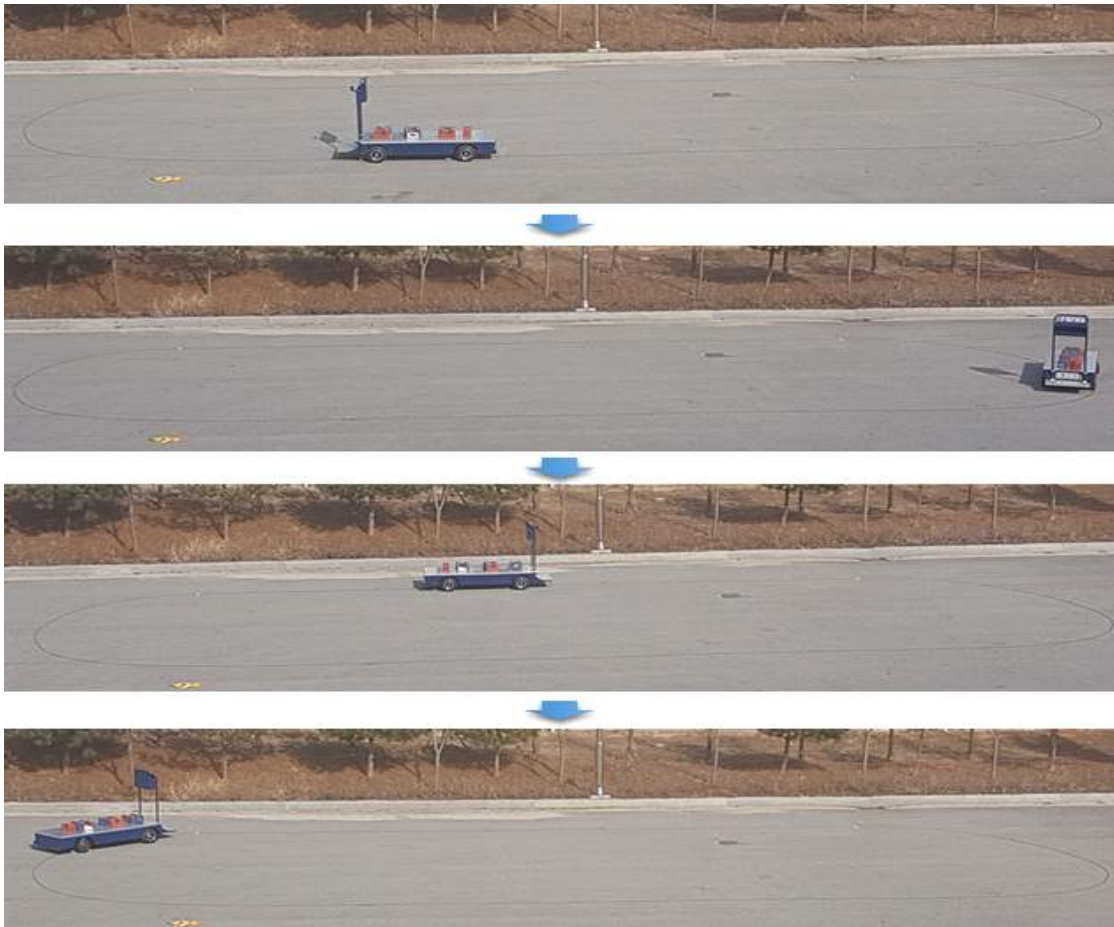
○ 적재중량

- 20kg 동 10개, 총 200kg을 적재 후 자율주행으로 시험 진행
- 시험 결과 40m 경로 주행에 이상이 없음을 확인함

[그림 40] 적재 사진



[그림 41] 적재중량 시험



○ 등판능력

- 전기작업차를 수동 조작하여 경사로 16.7°(30.0%) 등판
- 경사로 등판 시 이동에 이상이 없음을 확인함

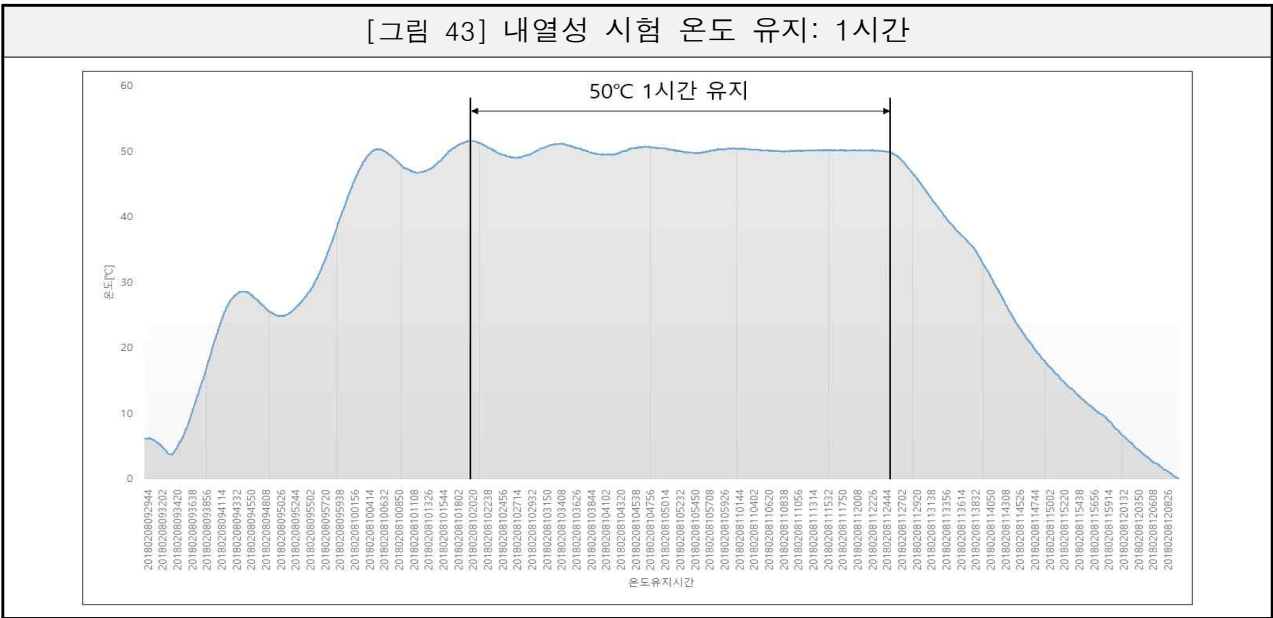
[그림 42] 등판능력 테스트



○ 내열성

- 온도 50℃, 평균 습도 50% 조건으로 1시간 동안 방치 후 항온시설에서 주행이 가능함을 확인함

[그림 43] 내열성 시험 온도 유지: 1시간



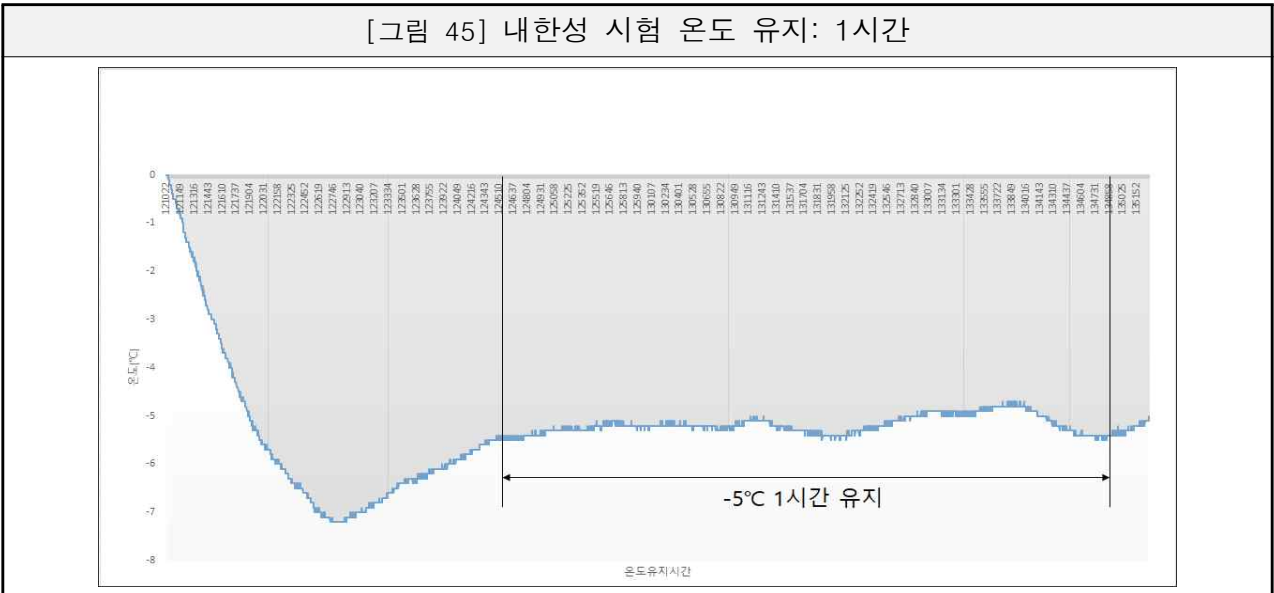
[그림 44] 내열성 시험 완료 후 무인전기작업차 작동 모습



○ 내한성

- 온도 -5°C , 기본 습도의 조건으로 1시간 동안 방치 후 항온시설에서 주행이 가능함을 확인함

[그림 45] 내한성 시험 온도 유지: 1시간



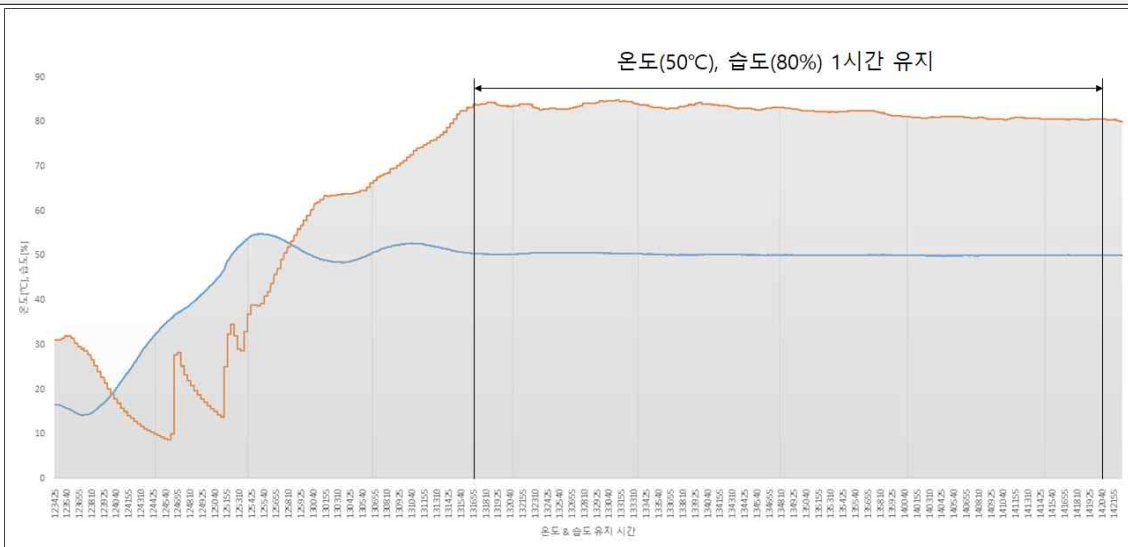
[그림 46] 내한성 시험 완료 후 무인전기작업차 작동 모습



○ 향온향습

- 온도 50℃, 습도 80%의 조건으로 1시간 동안 방치 후 향온향습 시설에서의 주행이 가능함을 확인

[그림 47] 향온향습 시험 온도 유지: 1시간



[그림 48] 향온향습 시험 완료 후 무인전기작업차 작동 모습



○ 시험 결과:

[표 9] 실험 결과

분류	시험항목	평가기준	측정	시험 결과
성능 평가 시험	주행오차	5cm 이내	3회	2.4cm
	적재중량	200kg 적재하여 정상 주행	2회	정상 작동 확인
	등판능력	무부하상태에서 15° 경사로등판	1회	정상 작동 확인
	사용시간	무부하상태에서 5시간 연속 주행	1회	연속 주행 확인
	속도	1m/s 이상	1회	1.1m/s
환경 시험	내열성	온도 50℃, 평균 습도 50% 조건으로 1시간 동안 방치 후 향온 시설에서의 주행이 가능함을 확인	1회	정상 작동 확인
	내한성	향온시설에서 온도 -5℃, 기본 습도의 조건으로 1시간 동안 방치 후 향온 시설에서의 주행이 가능함을 확인	1회	정상 작동 확인
	향온향습	향온시설에서 온도 50℃, 습도 80%의 조건으로 1시간 동안 방치 후 향온향습 시설에서의 주행이 가능함을 확인	1회	정상 작동 확인

(3) 사고예방 시스템 연구개발

○ 조작패널 비상시스템 설계 및 개발

- 무인주행 중 상시 경보 : 타워램프 활용으로 고장 및 비상상태에 따라 경광등의 점등 위치로 작업자에게 알림
- 무인주행 중 장애물 발견 시 경보 및 정지 : 초음파센서를 활용 2m전방에 장애물 및 작업자가 있는 경우 스스로 정지
- 응급 상황 발생 시 동작 정지 버튼 배치 : EMC 스위치를 활용하여 비상시 모든 시스템 정지
- 경광등 및 경 설치 : 경광등의 점등위치에 또는 경보소리에 따라 상태 알림

[그림 49] 사고예방시스템 테스트



3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권			기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과				교육 지도	인력 양성	정책 활용 홍보		기 타 (타 연구 활용 등)
	특 허 출원	특 허 등록	품 종 등록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논문		논 문 평 균 IF	학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												SC I	비 SC I							
단위	건	건	건	건	만 원	백 만 원	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	10					50			20					10				10		
최종목표	2			1	15	2			6			2		1				1		
1차연도									2					0						
2차연도									4					3						
3차연도																				
4차연도																				
5차연도																				
소계																				
1차연도																				
2차연도																				
3차연도																				
4차연도																				
5차연도																				
소계																				
합계	4	2		1	15	2	733		14			3		4				3		

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

평가항목 (주요성능 Spec)	단위	전체 항목 에서 차지하는 비중 (%)	현재 기술 수준	개발목표치			평가결과
				1차년도 (2018)	2차년도 (2019)	3차년도 (2020)	
1.입력축 인장강도	MPa	5	820이상	820이상	-	-	PASS 1009
2.엑셀축 인장강도	MPa	5	820이상	820이상	-	-	PASS 1009
3.최대적재중량	Kg	5	500	-	500이상	-	PASS 507
4.등판능력	도	10	15°	-	-	20°이상	PASS 등판 적합
5.무인주행오차 (조향안전성, 직진성)	cm	10	5이하	-	-	5이하	pass 자체시험
6. 차체 진동량 시험	m/s²	10	60이하	-	-	60이하	PASS 45.7
7.원치리프트 허용중량	Kg	10	40	-	60이하	-	PASS 63
8.적재함 리프팅 거리	m	10	1.2	-	1.3이상	-	PASS 1.407
9.리모콘 컨트롤 제어가능거리	m	10	20	-	-	30이상	PASS 30
10.제어기 방진, 방수시험	IP	10	55	-	-	55	PASS 방진, 방수 없음
11..프레임 강성 내구평가	cycle	5	30,000	-	40,000	50,000	PASS 이상 없음
12. 전도각	도	10	30°	-	-	30°이상	PASS 30.2
계		100					

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	무인운반차 조향제어를 위한 Dead zone을 갖는 뱅뱅제어기 뉴로칩을	JKIS	김상호	29	대한민국	한국지능시 스템 학회	비SCIE	2019.08.27.	2288-2324	
2	이용한 손 모양 이미지의 실시간 학습 및 패턴 인식에 관한 연구	JKIS	김상호	29	대한민국	한국지능시 스템 학회	비SCIE	2019.08.27.	2288-2324	

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2018 한국지능시스템학회 추계학술대회	김상호	2018.10.27.	연세대학교 원주캠퍼스	대한민국
2	2018 International Conference on Fuzzy Theory and Its Application(iFuzzy 2018)	임대영	2018.11.15.	대구 EXPO	대한민국
3	ISIS 2018 Conference	임대영	2018.12.07.		
4	한국지능시스템학회 30주년 기념 2020 추계학술대회	박원석	2020.11.27.	전주라한호텔	대한민국
5	한국지능시스템학회 30주년 기념 2020 추계학술대회	길우람	2020.11.28	전북대학교	대한민국

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	자계안내센서를 이용한 자계 안내 도로 추적 방법	대한민국	한국생산 기술연구 원	2019.11 .14.	10-2019 -014624 6	10-2259 815	한국생산 기술연구 원	2021.05. 27.	10-2259 815		
2	작업 차량 자동 제어 장치 및 방법	대한민국	한국생산 기술연구 원	2019.11 .14.	10-2019 -014551 5	10-2244 491	한국생산 기술연구 원	2021.04. 20.	10-2244 491		
3	자계기반의 지능형 고효율 6WD 농자재 수송차량	대한민국	(주)그린 맥스	2019.10 .25.	10-2019 -013360 3	10-2290 043	(주)그린 맥스	2021.08. 10.	10-2290 043		
4	크레인형 리프팅 우니치를 포함하는 자계기반 6륜형 농자재 수송차량	대한민국	(주)그린 맥스	2021.08 .02.	10-2021 -010112 3						

○ 지식재산권 활용 유형

※ 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	6륜 농업용 운반차	2021	(주)그린맥스		농업용	-	-	-

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황
1	-	6WD 농자재 수송차량	(주)그린맥스	2019.12.23.	2,828,000	2,828,000

* 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
6륜 농업용 운반차	2021	13,500	-	13,500	1ea 판매
합계		13,500	-	13,500	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		6륜 농업용 운반차, 리프트원치			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	5			
	소요예산(천원)	2,300,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		0	3,150,000	6,125,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
			국내	0	15
국외			0	0	0
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	탄소중립정책에 의한 친환경운반차 개발				
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출	0	0	0	

[사회적 성과]

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	공학	2021	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	전시	(주)그린맥스	김제농업기계박람회	2019.11.05.~08.

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 자료조사 및 계획 수립	○ 국내외 시장자료조사 ○ 기존 메커니즘 분석 ○ 시장요구 분석 조사 ○ 국내외 관련 특허조사 ○ 개발제품 컨셉 설계	○ 100
○ 주요부품 설계 및 제작	○ 1차년도 주요부 컨셉 설정 및 주요부품 설계 ○ 주요 모듈별 제작	○ 100
○ 입력축/엑셀축 기계적물성시험	○ 입력축/엑셀축 인장강도 시험	○ 100
○ 메인프레임 구조해석	○ 프레임 최대응력, 최대변화량 확인	○ 100
○ 자계위치인식센서 개발	○ 자계위치인식센서 설계 및 개발, 사용자 조작 없이 지정된 위치로 운행가능하도록 설계	○ 100
○ 무인자율주행 차량탑재용제어기 설계 및 개발	○ 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기 설계	○ 100
○ 주변환경에 대한 자계분포분석 및 해석	○ 표면자계세기 측정(휴대용 자계측정기 이용) ○ 자계세기 분포 분석 진행	○ 100
○ 1차 시작품 제작	○ 1차 시작품 컨셉 모델링 및 시작품 제작 ○ 메인프레임, 하부프레임, 적재함 보완/수정 ○ 리프트 구조 개발, 원치리프트 시작품 장착	○ 100

○ 메인프레임 구조해석	○ 1차 시작품 레이아웃 선정	○ 100
○ 메인프레임 내구시험	○ 운반차 프레임 설계목표하중에 대한 안전성 검토	○ 100
○ 핵심부품 시험	○ 최대응력, 최대변화량 확인	○ 100
○ 무인자율주행 핵심요소부품 필드실증 및 신뢰성 평가	○ 적재함 리프팅 거리, 최대적재중량, 원치리프트허용중량 측정	○ 100
○ 리모컨 컨트롤 시스템	○ 필드 사용가능 차량제어용리모컨 개발	○ 100
○ 통합제어기 제작	○ 핵심요소부품통합시스템 개발	○ 100
○ 주요부품 신뢰성 평가	○ 무인자율주행 핵심요소부품 신뢰성 평가	○ 100
○ 프레임 구조해석	○ 리모트 컨트롤 시스템 제작 및 장착 완료	○ 100
○ 프레임 강도강성 시험	○ 통합제어기 제작 완료	○ 100
○ 무인자율주행 핵심요소부품 필드실증 및 신뢰성 평가	○ 차체 진동량 시험	○ 100
○ 최종 시작품 제작	○ 리모트컨트롤 제어가능거리 시험	○ 100
	○ 운반차 전도각 시험	○ 100
	○ 운반차 프레임 설계목표하중에 대한 안전성 검토	○ 100
	○ 프레임 강도강성 50000cycle 확인	○ 100
	○ 차량제어리모컨 및 무인자율주행 핵심요소 부품 시작품에 적용	○ 100
	○ 전문조향추종제어시험	
	○ 무인주행 시험 완료	
		○ 100

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

해당무

2) 자체 보완활동

- 코로나 19 종식 시 지역별 및 시군구 농기계센터 중심으로 우선적으로 영업활동 재개 예정
- 농민들에게 제품 홍보로 영업활동 진행 예정

3) 연구개발 과정의 성실성

- 코로나 19 상황임에도 불구하고 주관, 공동연구개발기관과의 협업이 성공적으로 이루어짐
- 코로나 상황으로 인해 사업기간이 6개월이 추가되고 과제수행에 대한 어려움이 있었으나, 여러 매체를 통한 커뮤니케이션을 진행하면서 정량적 목표에 대한 성과를 이루었음.

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

-
- 본 연구결과인 6륜 농업용 운반차는 국내 과수농가에서 필요로 하므로 과수수확 시 활용 가능
 - 이외에 수확로봇, 자율 주행 등의 기술에도 활용 이 가능할 것으로 보임
-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
국외논문	SCIE	0	
	비SCIE	0	
	계	0	
국내논문	SCIE	0	
	비SCIE	0	
	계	0	
특허출원	국내	0	
	국외	0	
	계	0	
특허등록	국내	2	
	국외	0	
	계	0	
인력양성	학사	0	
	석사	0	
	박사	0	
	계	0	
사업화	상품출시	1	
	기술이전	0	
	공정개발	0	
제품개발	시제품개발	0	
비임상시험 실시		0	
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	0
		2상	0
		3상	0
	의료기기	0	
진료지침개발		0	
신의료기술개발		0	
성과홍보		0	
포상 및 수상실적		0	
정성적 성과 주요 내용		0	

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
해당사항 없음	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 첨단생산기술개발사업 '자계기반의 지능형 고효율 6WD 농자재 수송차량 개발' 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 첨단생산기술개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.

자체평가의견서

1.

		과제번호			
사업구분	첨단생산기술개발사업				
연구분야	-		과제구분	단위	
사업명	첨단연구생산기술개발사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	자계기반의 지능형 고효율 6WD 농자재 수송차량 개발		과제유형	개발	
연구개발기관	(주)그린맥스		연구책임자	김홍곤	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2018.04.26.~2018.12.31.	150,000	50,000	200,000
	2차년도	2019.01.01.~2019.12.31.	200,000	67,000	267,000
	3차년도	2020.01.01.~2021.06.30.	200,000	67,000	267,000
	계	-	550,000	184,000	734,000
참여기업	군산대학교 산학협력단, 한국생산기술연구원				
상대국	-	상대국연구개발기관	-		

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망


2. 평가일 : 2021.08.31

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)그린맥스	선임연구원	김홍곤

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	김홍곤 
----	---

[별첨 1]

I. 연구개발실적

다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수

- 본 과제는 과수농가에서 필요로 하는 6륜 농업용 운반차를 개발하기 위한 것입니다.
- 본 과제의 결과물은 기존 보행형 차량을 탑승형으로 변형하고, 무인주행을 가능하게 하여 과수농가에 노동력을 절감할 수 있도록 한데 그 의의가 크다 할 수 있습니다.
- 과수농민들의 수요조사를 바탕으로 리프팅의 높이를 1300mm 이상으로 높이고, 자계를 기반으로 리모컨으로 주행조종이 가능하여 과수농가에 가중되는 노동력을 절감할 수 있어 연구개발의 우수성이 높다고 할 수 있습니다.

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수

- 본 과제에서 개발된 6륜 농업용 운반차는 국내 과수농가에 활용가능할 것으로 예상됨
- 6륜 농업운반차 1대를 과수농가에 적용함으로써 노동력 200% 절감(2명) 대체 가능
- 과수농가의 생산경쟁력 강화 및 생산현장 고도화
- 과수농가의 운송, 수확 등의 작업환경에 활용 가능

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수

- 6륜 농업운반차를 기반으로 국내 과수농가의 운송, 수확 등 작업환경에 활용 가능함
- 최근 국내 과수농가에서 1대를 구입하여 사용하고 있음

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수

- 코로나 19 상황임에도 불구하고 주관, 공동연구개발기관과의 협업이 성공적으로 이루어짐
- 코로나 상황으로 인해 사업기간이 6개월이 추가되고 과제수행에 대한 어려움이 있었으나, 여러 매체를 통한 커뮤니케이션을 진행하면서 정량적 목표에 대한 성과를 이루었음.

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수

- 2편의 논문과 여러 학술발표에서의 관련기술 발표 등 본 연구개발과 관련된 것으로 우수하다고 판단됨
- 4건의 특허출원 중 3건의 특허 등록으로 우수하다고 판단됨
- 국내 1개 과수농가에서 데모를 선보이고 이에 따라 실용성을 인정받아 타 과수농가에도 홍보전파하겠다고 하여 그 성과가 우수하다고 판단됨

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
메커니즘 설계	5	5	최적의 6륜 농업용운반차를 제작하기 위한 메커니즘을 설계
운반차 플랫폼 시작품	5	5	메커니즘설계대로 운반차의 플랫폼 시작품을 제작하였음
주요부품 내구성 평가	5	5	주요부품에 대한 내구성을 시험하여 만족할만한 성과를 거두었음
리프트 적재함 개발	5	5	1단 테이블리프트에서 2단 테이블리프트로의 확장
원치리프트 개발	5	5	농업용 운반차에 적용할 수 있는 원치리프트를 개발, 제품화했음
무인운반차 시작품 제작	10	10	1차 시작품 개발 완료
리모트컨트롤 시스템	5	5	리모트컨트롤 시스템을 6륜 농업용운반차에 적용
최종 무인주행 평가시험	5	5	무인주행 평가시험을 함으로써 이후 타 농기계에도 적용 가능할 것으로 예상
프레임, 적재함 강도해석	5	5	과수농가 등에서 초과적재했을 경우를 대비한 강도해석으로 현장적용 시 내구성이 높을 것으로 예상
입력/엑셀축 인장강도시험	5	5	과수농가 등에서 초과적재했을 경우를 대비한 강도해석으로 현장적용 시 내구성이 높을 것으로 예상
프레임 강성/내구성 시험	5	5	과수농가 등에서 초과적재했을 경우를 대비한 강도해석으로 현장적용 시 내구성이 높을 것으로 예상
적재량 안전성 평가	5	5	과수농가 등에서 초과적재했을 경우를 대비한 강도해석으로 현장적용 시 내구성이 높을 것으로 예상
무인자율주행 핵심요소 기술개발	5	5	무인자율주행핵심요소개발로 타 농기계에도 적용가능한 기술로 예상
무인자율주행 핵심요소부품 필드 실증 및 신뢰성 평가	5	5	실증시험을 통한 정량적 실증 지표가 확립될 것으로 예상
사고예방 시스템 개발	5	5	농작업 특성상 안전성이 결여되어 있거나 사고예방시스템 개발로 인해 농작업시 안전성 확보 가능
최종 시작품 개발	20	20	1차 시작품 개발로 과수농가 보급 가능 1호기는 과수농가에 진출
합계	100점	100	

III. 종합의견

1. 대한 종합의견

- 본 과제는 과수농가에서 필요로 하는 6륜 농업용 운반차를 개발하기 위한 것입니다.
- 본 과제의 결과물은 기존 보행형 차량을 탑승형으로 변형하고, 무인주행을 가능하게 하여 과수농가에 노동력을 절감할 수 있도록 한데 그 의의가 크다 할 수 있습니다.
- 과수농민들의 수요조사를 바탕으로 리프팅의 높이를 1300mm 이상으로 높이고, 자계를 기반으로 리모컨으로 주행조종이 가능하여 과수농가에 가중되는 노동력을 절감할 수 있어 연구개발의 우수성이 높다고 할 수 있습니다.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

- 코로나19로 인해 힘든 상황에서도 과제를 마무리하기 위해 주관 및 공동연구개발기관이 힘을 합쳐 노력했습니다. 다소 성과목표에 미진한 부분이 있을 수 있으나 평가위원님께 너그러운 양해 부탁드립니다.

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 본 과제에서 개발된 6륜 농업용 운반차는 국내 과수농가에 활용가능할 것으로 예상됨
- 6륜 농업운반차 1대를 과수농가에 적용함으로써 노동력 200% 절감(2명) 대체 가능
- 과수농가의 생산경쟁력 강화 및 생산현장 고도화
- 과수농가의 운송, 수확 등의 작업환경에 활용 가능
- (주)그린맥스에서 사업화를 통해 5년 내 7억원의 매출을 기대하고 있음

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	첨단생산기술개발사업
연구과제명	자계기반의 지능형 고효율 6WD 농자재 수송차량 개발			
주관연구개발기관	(주)그린맥스		주관연구책임자	김 홍 곤
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	550,000	184,000	-	734,000
연구개발기간	2018. 04. 01 - 2020. 12. 31(3년 3개월)			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input checked="" type="checkbox"/> 기타(사업화) <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

○ 정량적 목표

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과	
① 입력축 인장강도 (820MPa이상)	목표치 달성 완료	공인성적서 증빙
② 엑셀축 인장강도 (820MPa이상)	목표치 달성 완료	공인성적서 증빙
③ 최대적재중량 (500Kg이상)	목표치 달성 완료	공인성적서 증빙
④ 등판능력 (20° 이상)	목표치 달성 완료	공인성적서 증빙
⑤ 무인주행오차 (5cm이하)	목표치 달성 완료	공인성적서 증빙
⑥ 차체 진동량 시험 (60m/s ² 이하)	목표치 달성 완료	공인성적서 증빙
⑦ 원치리프트 허용중량 (60Kg 이하)	목표치 달성 완료	공인성적서 증빙
⑧ 적재함 리프팅 거리 (1.3m이상)	목표치 달성 완료	공인성적서 증빙
⑨ 리모콘 컨트롤 제어 가능 거리 (30m이상)	목표치 달성 완료	공인성적서 증빙
⑩ 제어기 방진, 방수 시험 (55IP)	목표치 달성 완료	공인성적서 증빙
⑪ 프레임 강성 내구 평가 (50,000cycle)	목표치 달성 완료	공인성적서 증빙
⑫ 전도각 (30°이상)	목표치 달성 완료	공인성적서 증빙

○ 기관별 연구 목표대비 성과

연구기관	연구목표	목표 달성율
주관기관 (그린맥스)	1차년 - 주요 부품구조해석 및 최적화설계 - 최적의 운반차 플랫폼의 시작품 제작 2차년 - 조이스틱 주행시스템 개발 - 원치리프트 개발 - 유압 무단변속기 적용 - 진동감소를 위한 스프링속업소버 개발 3차년 - 1차 시작품 필드테스트 문제점 분석 및 개선 - 무인자율주행용 시스템적용 - 최종 시작품 완성	100%

협동연구 기관 (군산대학 교산학협 력단)	1차년 - 엑셀구동축과 입력축의 기계적 물성시험 진행 - 적재함 프레임 구조해석(CAE) 및 취약부 보강 - 보강된 적재함 프레임의 강성내구 시험 실시 2차년 - 적재함 프레임 구조해석(CAE) 및 취약부 보강 - 보강된 적재함 프레임의 강성 내구시험 실시 - 1차 시작품 핵심 부품시험 및 실차 테스트 - 1차시작품 최대 적재 중량 시험 3차년 - 1차 시작품 시험평가 멘토링 실시 - 내구성 부족분 보완 및 과설계 부분 경량화를 통해 최적설계 - 최종 시작품 완성	100%
협동연구 기관 (한국생산 기술연구 원)	1차년 - 주변환경 변화에 대한 자계 분포 분석 및 해석 - 자계위치 인식센서 설계 및 개발 - 무인자율주행 차량 탑재용 주제어기설계 및 개발 2차년 - 차량제어용 리모컨 설계 및 개발 - 핵심요소부품 통합시스템 설계 및 개발 - 무인자율주행 핵심 요소부품 신뢰성평가 수행 3차년 - 차량제어용 리모컨 및 무인자율주행 핵심요소부품을 최종 시작품에 적용 - 무인자율주행 필드테스트 및 문제점 수정보완 - 사고예방 시스템 연구개발 - 최종 시작품 완성	100%

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표									
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교 육 지 도	인 력 양 성	정책 활용·홍보		기 타 (타연구·활용액) (이전)
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	S M A R T	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문	비 S C I	논 문 평 가 건 수			학 술 발 표	정 책 활 용	
단위	건	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	건	명	건	건		
가중치	10						50			20				10				10		
최종 목표	2				1	15	2			6			2	1				1		
당해 년도 실적	2	1	0	0	1	15	2	13.5	0	10	0	0	2	1				1		
달성률 (%)	200				100		100			166			150	400				100		

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

[별첨 2]

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	자계기반 주행
②	리모트컨트롤로 무인주행
③	2단 테이블리프트 적용으로 적재함 리프팅 거리 확장

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술		√				√				
②의 기술					√	√		√		
③의 기술		√				√				

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	- 스마트팜 전동 모빌리티 유도선 주행제어 시스템 사업화에 활용
②의 기술	- 땅속작물 수집기 주행제어 및 농업용 운반차 리모트컨트롤 상용화 활용
③의 기술	- 농업용 전기운반차 적재함 최적화 설계에 활용

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표										연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화				기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구활용예외)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T 표지권/권리	건수	기술료	제품화	매출액	수출액	고용 창출		투자유치	논문 SCI	논문 비SCI			논문 평판 I-F	학술 발표	
											건				건	건			건
단위	건	건	건	건	건	백만원	건	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건	건	
가중치	10						50			20				10				10	
최종목표	2				1	15	2			6		2		1				1	
연구기간내 달성실적	2	1	0	0	1	2.8	2	13.5	0	7	0	0	3	0	4	0	0	1	
연구종료후 성과창출 계획	0	1	0	0	0	3	0	400	0	5	0	0	0	0	0	0	0	1	

[별첨 2]

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾	자계기반의 지능형 고효율 6WD 농자재 수송차량		
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input checked="" type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	5,000천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타(상품화 기술실시)		
이전소요기간		실용화예상시기 ³⁾	12개월
기술이전시 선행조건 ⁴⁾	상품화		

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
 통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화예상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행요건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

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

210mm×297mm[백상지(80g/㎡) 또는 중질지(80g/㎡)]