

120078
-03

4차 산업혁명 기술 적용 등을 통한
혁신 기술(기기) 개발

2022

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
농림축산식품연구개발사업 2022년도 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-004331-01

4차 산업혁명 기술 적용 등을 통한 혁신기술(기기) 개발

2023.05.25.

(주)에이치엔이 /

(주)티티엔지 / 한국기계연구원

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “4차 산업혁명 기술 적용 등을 통한 혁신기술(기기) 개발 - 지정된 구역 내에서 추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇 개발”(개발기간 : 2020. 04. ~ 2022. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2023.05.25.

주관연구기관명 : (주)에에치엔이 (대표자) 김 동 환
공동연구기관명 : (주)티티엔지 (대표자) 이 배 희
공동연구기관명 : 한국기계연구원 (대표자) 박 상 진



주관연구책임자 : 이 도 환
공동연구책임자 : 이 배 희
공동연구책임자 : 안 보 현

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의 합니다.

■ 농림축산식품연구개발사업 관리기준 [별지 제17호 서식] <제23조제3호 관련>

최종보고서										보안등급			
										일반[○], 보안[]			
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명	사업명		첨단농기계산업화 기술개발사업					
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원				내역사업명 (해당 시 작성)		농기계 산업혁신기술					
공고번호		농축 2020-63호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)								
					연구개발과제번호		120078-3						
기술 분류	국가과학기술 표준분류		EA0502	50 %	EA0907		30 %	EE0201		20 %			
	농림식품과학기술분류		RC0101	10 0%									
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문											
		영문											
연구개발과제명		국문		4차 산업혁명 기술 적용 등을 통한 혁신기술(기기) 개발 - 지정된 구역 내에서 추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 자율 주행 운반로봇 개발									
		영문		Development of innovative technologies (devices) applying the 4th industrial revolution technology - 2Development of an autonomous driving robot of target tracking and platooning within a designated area									
주관연구개발기관		기관명		(주)에이치엔이		사업자등록번호		513-81-27601					
		주소		(우)경북 구미시 1공단로 6길 103-61		법인등록번호		175211 -0015044					
연구책임자		성명		이도환		직위		수석연구원					
		연락처	직장전화		xxxx		휴대전화		xxxx				
			전자우편		xxxx		국가연구자번호		xxxx				
연구개발기간		전체		2020. 04. 29 - 2022. 12. 31(2년 9개월)									
		단계 (해당 시 작성)	1단계 [1차년도]		2020. 04. 29 - 2020. 12. 31(9개월)								
			1단계 [2차년도]		2021. 01. 01 - 2021. 12. 31(1년)								
			1단계 [3차년도]		2022. 01. 01 - 2022. 12. 31(1년)								
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체		기타()		합계		연구개발비 외 지원금	
		현금		현금		현금		현금		현금			
총계		1,276,000		-		414,000		-		-		1,276,000	
1단계	1년차		348,000		-		116,000		-		-		348,000
	2년차		464,000		-		157,000		-		-		464,000
	3년차		464,000		-		141,000		-		-		464,000
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편		비고	
공동연구개발기관		(주)티티엔지		이 배 희		대표		xxxx		xxxx		협동연구기관 책임자 중소기업	
		한국기계연구 구원		안 보 현		선임연구원		xxxx		xxxx		협동연구기관 책임자 정부출연연	
연구개발담당자 실무담당자		성명		고은정		직위		대리					
		연락처	직장전화		xxxx		휴대전화		xxxx				
			전자우편		xxxx		국가연구자번호		xxxx				

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라

제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2023년 2월 24일

연구책임자: 이 도 환

주관연구개발기관의 장: 김 동 환

공동연구개발기관의 장: 이 배 희

공동연구개발기관의 장: 박 상 진



농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		첨단농기계산업화기술개발사업		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)				
내역사업명 (해당 시 작성)		농기계 산업혁신기술		연구개발과제번호		120078-3		
기술 분류	국가과학기술 표준분류	EA0502	50 %	EA0907	30 %	EE0201	20%	
	농림식품 과학기술분류	RC0101	10 0%		%		%	
총괄연구개발명 (해당 시 작성)								
연구개발과제명		4차 산업혁명 기술 적용 등을 통한 혁신기술(기기) 개발 - 지정된 구역 내에서 추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇 개발						
전체 연구개발기간		2020. 04. 29 - 2022. 12. 31						
총 연구개발비		총 1,690,000 천원 (정부지원연구개발비: 1,276,000 천원, 기관부담연구개발비: 414,000 천원, 지방자치단체: 천원, 그 외 지원금: 천원)						
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[○] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()		
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)								
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)								
연구개발 목표 및 내용		최종 목표		지정된 구역 내에서 자율주행이 가능한 지능형 전기동력 운반로봇 개발 옥내외를 비구분하여 창고, 시설, 밭 등에서 다목적으로 사용 할 수 있는 작업자를 추종하며, 특정 범위내 지정된 목표지점으로 자율주행하는 개인지원용 지능형 전기동력 작물 운반로봇				
		전체 내용		- 옥내외를 비구분하여 창고, 시설, 밭 등에서 다목적으로 사용 할 수 있는 작업자를 추종하며, 특정 범위 내 지정된 목표지점으로 자율주행하는 개인지원용 지능형 전기동력 작물 운반로봇 · 200 kg 적재 가능한 보급형 파워트레인 기반 작물 운반 로봇 · 작업자 및 선행 로봇 추종형 군집 주행 기술 · 실내 농업 작업장 및 야외 작업환경에서의 고정/이동 장애물 회피 기술 · 로봇의 현재 위치에서 지정된 목적지까지 (Point to Point) SLAM 없이 이동하는 제한적 자율주행 기술				
		1단계 [1차년도]	목표	사용 환경 분석을 통한 디자인 및 기초적 기술 개발				
			내용	· 사용 환경 분석 및 시나리오 설정 · 차대 디자인 및 설계 제작 · Dual PMSM 구동 드라이버 개발 · 임베디드 시스템 하드웨어 개발 · 사용자 UI 개발 · UWB 기반 근거리 정밀 측위 기술 개발 · UWB 기반 추적 주행 기술 개발 · UWB 측위기술 적용임베디드 H/W 설계 및 보드 제작 · 사용환경분석 및 추적 주행 제어알고리즘 S/W개발 · 실내 주행안전 시스템 개발 · 실내 주행안전 성능 평가 시나리오 개발 및 성능 평가				
		1단계 [2차년도]	목표	각종 알고리즘 개발 및 주행 안정성 확보				
내용	· 정면/측면경사 직진보정 알고리즘 개발 · 등반/하강 등속보정 알고리즘 개발							

			<ul style="list-style-type: none"> · 임베디드 엔진 개발 · 전/후방 선택주행 알고리즘 개발 · 리튬이온 배터리 파워팩 개발 · 시작품 제작 및 테스트 · UWB 기반 추적대상 전후방 위치측위 기술개발 · UWB 기반 경로주행 시나리오 설계 · UWB 기반 50m 이내 단거리 경로주행기술 개발 · UWB 기반 군집주행 기술개발 · UWB 기반 IP설계 및 경로주행기술 테스트 · 저가형 GPS 기반 실외 자율주행 기술 개발 · 실외 주행안전 시스템 개발 · 실외 주행안전 시스템 성능평가 시나리오 개발 및 성능 평가
	1단계 [3차년도]	<p>목표</p> <p>시제품 제작 및 실증을 통한 개선</p> <p>내용</p> <ul style="list-style-type: none"> · 시제품 제작 · 대용량 충전기 개발 · 주행성능 평가 및 개선 · 시험평가 인증 · 사용자 실증 · UWB 자율모드 50m 이내 중거리 경로주행 기술개발 · GPS 자율모드 목적지 추적 주행기술 지원 · UWB 기반 정밀 측위 및 군집주행기술 사용환경 테스트 · 실증을 통한 보완사항 도출 및 성능개선 · 실차 기반 실환경 주행을 통한 자율주행 기술 최적화 및 상용화 연구 	

	1차년도	2차년도	3차년도
연구개발성과	<ul style="list-style-type: none"> · 특허출원 2건 · 고용창출 2명 · 학술발표 1건 	<ul style="list-style-type: none"> · 특허출원 2건 · 고용창출 1명 · 비SCI 논문 1건 · 학술발표 1건 	<ul style="list-style-type: none"> · 특허등록 1건 · 제품화 1건 · 고용창출 3명 · 기술인증 1건 · SCI 논문 1건 · 학술발표 1건 · 홍보전시 1건

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>[연구개발 결과의 활용방안]</p> <ul style="list-style-type: none"> - 지능형 로봇과 같은 첨단기술의 농가보급 저변확대 - 스마트팜·자동화 설비와 더불어 농작업 무인화 기술 실현을 위한 기반 기술 실용화 - 농산업 분야의 국가 경쟁력 확대 및 부가가치 창출 도모 - 한국과 유사한 농업환경을 가진 국가로 수출 기대 - 농업 생산성 향상 및 노동력 감소 <p>[기대성과 및 파급효과]</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 기술적 측면 <ul style="list-style-type: none"> - 농용 자율 주행 운송로봇 제어 기술 확보 및 시장 선점 ○ 경제적·산업적 측면 <ul style="list-style-type: none"> - 새로운 비즈니스 모델 창출 - 생산성 향상 - 실내외 다양한 산업 환경에 적용이 가능함으로써 물류/유통/택배 등 다양한 사업 영역 확대 ○ 사회적 측면 <ul style="list-style-type: none"> - 자율 주행 운송로봇 적용으로 농부의 노동 강도를 낮추어 작업환경 개선 및 사회문제 해결에 기여
---------------------------	--

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
-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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)	자율주행		운반로봇		추종주행		군집주행		지능형 농기계			
영문핵심어 (5개 이내)	Autonomous Driving		Transport Robot		Target Tracking		Platooning		Intelligent Agricultural Machine			

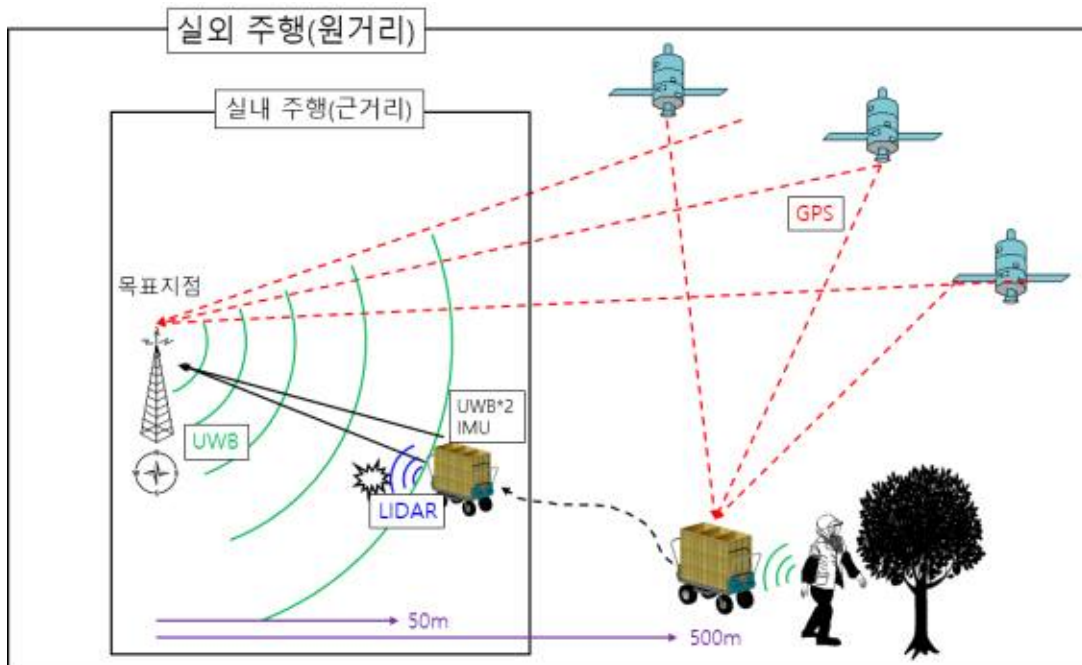
< 목 차 >

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

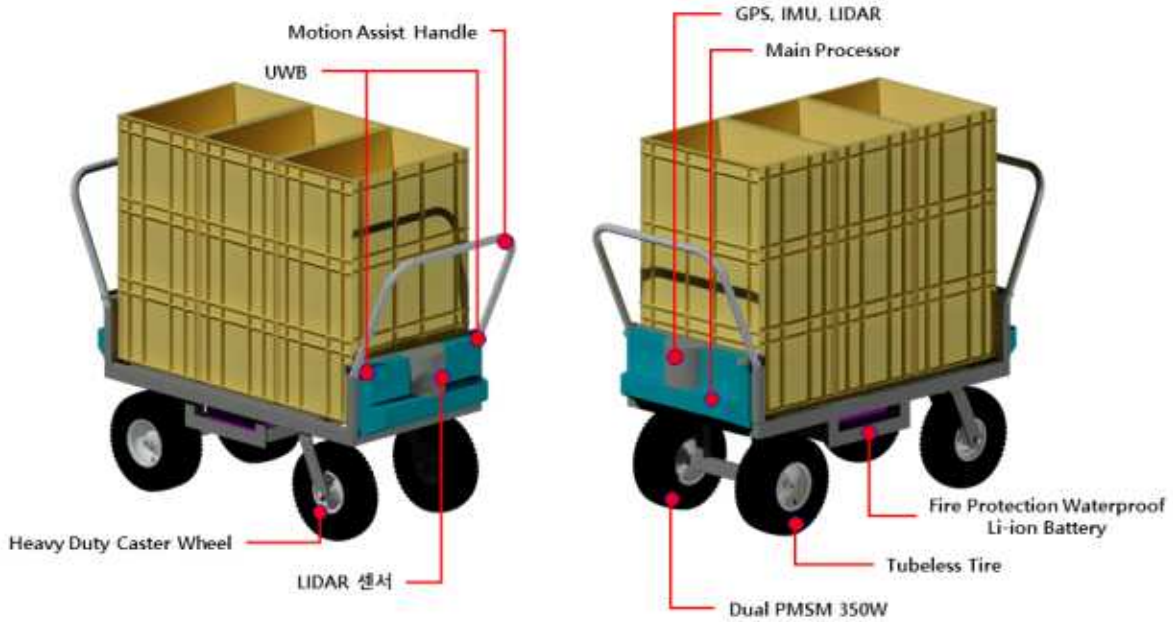
○ 지정된 구역 내에서 자율주행이 가능한 지능형 전기동력 운반로봇 개발



<운영 시나리오>



<실제 이용 사례>

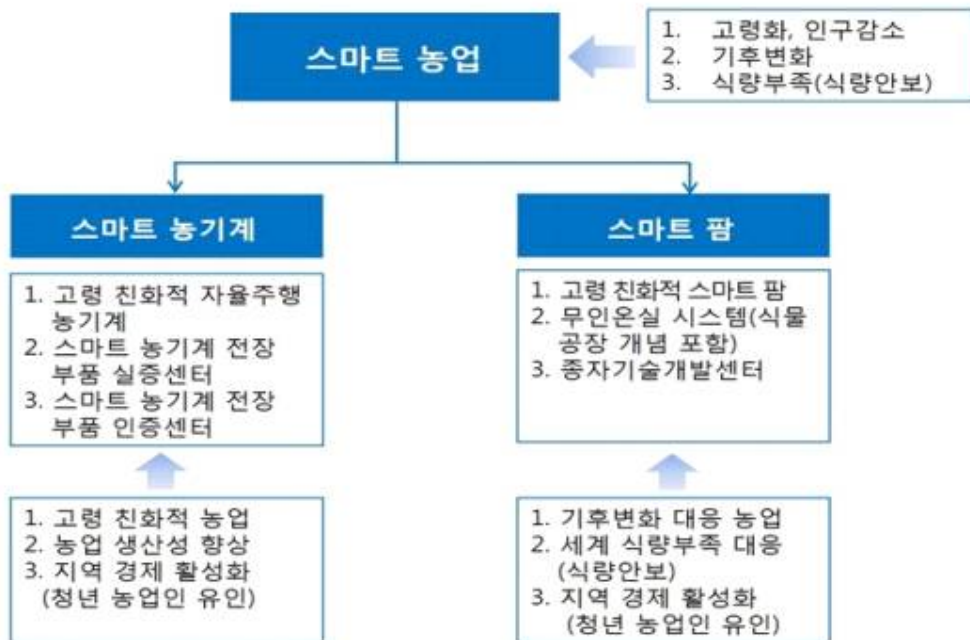


<모델 개념 추상도>

○ 필요성

농촌인구의 감소와 고령화로 농작업의 생산성 향상 및 편리한 기계조작을 위한 자동화 기술, 더 나아가 작업자를 대체할 수 있는 무인화, 지능화, 로봇 기술에 대한 요구가 증가

※ 농가인구수: 3,063천명('10) → 2,569천명('15), 고령화율: 31.8%('10)→38.4%('15)



<스마트 농업 추진전략>

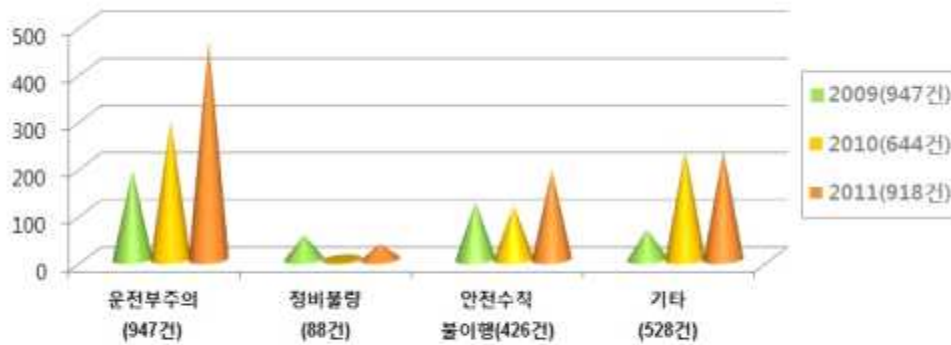
실외 환경에서 운반차, 트랙터와 같이 핸들이 존재하는 농기계의 경우, 운전 조작 미숙으로 인한 사고 발생이 꾸준히 발생

※ 농기계 사용여부별 업무상 손상자수 : 43,441(3.9%, '13)→27,130(2.4%, '15)→33,699(3.0%, '17)

연도별	건수	인 명 피 해			재산피해 (백만원)
		계	사 망	부상	
계	1,989	1,969	214	1,755	3,782
2009년	427	443	64	379	211
2010년	644	601	60	541	3,557
2011년	918	925	90	835	14

출처: 재난연감

<농기계 안전사고 현황>



출처: 농기계 안전사고 발생현황, 농촌진흥청

<농기계 안전사고 발생원인>

- 기존의 승용형 농기계도 자율주행 기술의 접목만으로 손쉽게 적용할 수 있는 기술 개발을 통해 농작업 안전성을 확보하고, 기술의 실용성 제고할 필요가 있음
- 보행용 전기 동력 작업자 보조형 자율주행 운반 로봇 개발을 통한 ICT 융합형 소형 지능형 농기계 기초 기술 개발
- 자율주행 트랙터를 포함한 대량 생산형 기계장치 뿐 아니라 시설·노지경작 등의 수작업 작업자를 지원 할 수 있는 지능형 운반차의 개발의 필요가 있음
- 파종, 육묘, 수확 등의 수작업에서 작업능률과 생산성 향상이 필요

○ 핵심기술(핵심기술의 내용, 용도 등에 대해 세부내용 기술)

- 범위 제한을 가지는 경량 자율주행 소프트웨어 개발
 - 근거리 고정형 LIDAR(Light Detection and Ranging)를 기반으로 고정/이동형 장애물 인식 알고리즘
 - GPS(Global Positioning System)와 IMU(Inertial Measurement Unit), LIDAR를 기반으로 Point to Point 주행 경로설정 및 장애물 회피 주행 소프트웨어
 - GPS와 UWB 측위기술을 이용한 목표영역과 출발영역 인식
 - 장애물 회피주행 불가 판정과 신호 송출
- 고정밀(50cm 이내) 측위 소프트웨어 개발
 - UWB(Ultra-Wideband) RTLS 기술을 이용한 리모컨 정밀 측위와 추종 소프트웨어
 - UWB의 통신거리 확장으로 GPS를 보조하여 작업 반경(50m) 지정과 목표전파 송출과 측위기술

- GPS의 좌표 인식을 보조하는 UWB 전파 수신에 따른 추적 주행 기술
- 선도차를 추종하여 3대 이상의 종열 군집주행 알고리즘
- 전후 양방향 선택 자율주행 알고리즘 개발
 - 목적지에 따른 선회반경을 최소화하는 주행방향 선택과 경로선택 알고리즘
- 협로, 경사 등 주행 시 직진 및 회전등 주행 환경에 따른 자세제어 알고리즘
 - 정면/측면경사 직진보정 알고리즘 개발
 - 등반/하강 등속보정 알고리즘 개발
- 다양한 소형운송기기에 활용할 수 있는 범용 전기 동력 파워트레인
 - 열전소자를 이용한 항온과 화재 예방 기능을 가지는 리튬이온 배터리 팩
 - Dual PMSM(Permanent Magnet Synchronous Motor) 모터 범용 제어기
 - 경사로 전복을 대비한 경고 기능
 - 동력계의 비정상 작동 및 오류를 진단 알고리즘

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

- 지정된 구역 내에서 자율주행이 가능한 지능형 전기동력 운반로봇 개발



[최종 목표]



[개발제품]

- 옥내외를 비구분하여 창고, 시설, 밭 등에서 다목적으로 사용 할 수 있는 작업자를 추종하며, 특정 범위 내 지정된 목표지점으로 자율주행하는 개인지원용 지능형 전기동력 작물 운반로봇
- 200 kg 적재 가능한 보급형 파워트레인 기반 작물 운반 로봇
- 작업자 및 선행 로봇 추종형 군집 주행 기술
- 실내 농업 작업장 및 야외 작업환경에서의 고정/이동 장애물 회피 기술
- 로봇의 현재 위치에서 지정된 목적지까지 (Point to Point) SLAM 없이 이동하는 제한적 자율주행기술

- 200 kg 적재 가능한 보급형 파워트레인 기반 운반 로봇
 - 전기차의 파워트레인은 동력을 만드는 모터와 전기의 특성을 제어 하는 파워일렉트로닉스, 전기에너지를 저장하는 전지팩으로 구성
 - 350W Dual PMSM 모터 범용 제어기
 - FOC(Field Oriented Control) 정밀 제어
 - 정면/측면경사 직진보정 알고리즘 개발
 - 등반/하강 등속보정 알고리즘 개발
 - 열전소자를 이용한 항온유지기능과 화학적 소화 장치를 내장한 배터리 팩

- 작업자 및 선형 로봇 추종형 군집 주행 기술
 - UWB기반의 위치 측위를 이용한 정밀 추적 주행 기술 개발
 - 인식거리 5m, 작업 반경 50cm 내 정차 대기
 - UWB Anchor-ID 기능 기반의 3대 이상 로봇의 종대형 군집주행기술 개발

- 실내외 장애물 회피 및 자율주행 기술
 - 실내 장애물 회피 및 자율주행
 - UWB (50cm 이내) 정밀 측위 주행
 - LIDAR 기반정지/이동 장애물 인식률 98% 확보
 - LIDAR 기반 자동 제동 및 조향을 통한 95% 이상의 충돌 회피 기술 개발
 - 실외 장애물 회피 및 자율주행 (목표지점 최대 거리 500m 범위)
 - 저가형 GPS 기반 UWB detection range 추종 95% 기술 개발
 - LIDAR 기반 정지/이동 장애물 인식률 98% 확보
 - LIDAR 기반 자동 제동 및 조향을 통한 95% 이상의 충돌 회피 기술 개발
 - UWB (50cm 이내) 정밀 측위 주행

- 저가형 센서 사양 목표
 - 센서 모듈 구성

항목	사양
LIDAR	검출거리 10m 이상 수평각 120도 이상 측정정밀도 1% 급 범용 LIDAR
GPS module	위치 측정 오차 15m 내외의 상용 GPS
UWB Anchor/Tag	3.5GHz, IEEE 802.15.4-2011

- 제한적 자율주행의 범위
 - 지정된 범위 내에서 사용자에게 의해 GPS 또는 UWB Anchor로써 목적지를 설정하고, 주행경로는 입력되지 않은 조건에서, 주변 환경에 따라 능동적으로 대처하며, 목적지(목표물)를 추적,

장애물(시설물, 작물 등)을 회피하여 목적에 도달

- 주행의 공간적 범위는 목적지(목표물) 실내 반경50m, 실외 반경500m에서 목표 성공율을 달성
- 주행 불가 또는 사용자의 개입이 필요 한 경우 리모컨 진동 또는 경고음 발생.

○ 수행내용

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	연구결과
1차 년도 (2020)	지정된 구역 내에서 추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇 개발	사용 환경 분석	- 과수원, 하우스 시설 재배 등을 목표로 사용 환경 분석 실시 - 사용자 인터뷰와 요구 사항 수렴	환경조사 및 인터뷰 완 료 ※참조1-1
		작동 시나리오 설정	사용 환경 분석에 따라 각각의 주행 시나리오 설정	작동시나리오 수립 ※참조1-2
		차대 디자인 및 설계 제 작	공용화 할 수 있는 적재 공간, 중량 및 차대크기 결정하고 설계 제작	목업을 완성하고 품평 회를 거쳐 보완 설계 실 시 ※참조1-3
		Dual PMSM 구동 드라이 버 개발	PMSM 모터 FOC 정밀 제어 프로그램 개발	FOC 정밀 제어 구현 ※참조1-4
		임베디드 시스템 하드웨 어 개발	임베디드 시스템 하드 웨어 개발	제어시스템 목업 개발 ※참조1-5
		사용자 UI 개발	- 사용 환경을 고려한 작동시나리오 도출 - 충전, ON/OFF 주행 방법 선택 등 사용성에 따른 IO설계	- 작업자의 편의를 위한 조작스위치 위치 설정 - 수동조작 핸들의 간소 화 - 전동 조향 ※참조1-2
	추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 운반로봇 개발	근거리 정밀 측위 기술개 발	- UWB 센서 태그와 앵 커와의 통신 식별 확인 삼변/이변측량을 통한 근거리 정밀 측위 알고 리즘 개발 - 차대내 설치될 앵커의 위치 선정을 위한 태그 정밀 좌표 인지 측정 테 스트 - 근거리(10m 이내) 추 적대상(태그)인식률 확 인	- 삼변측량 및 이변측량 을 통해 정밀 위치 측위 알고리즘 개발 완료 - 리모컨 태그 인식 오 차율 5%이하 시험 완료 ※ 참조1-6
		UWB 측위기술 적용 임 베디드 H/W 설계 및 제 작	- 센싱부 / 제어부 / 구 동부 성능 분석 - UWB 근거리 추적주 행 제어기 탑재를 위한 PCB 회로/아트웍 설계 및 제작 - 제어기 구동 테스트를	- UWB 및 통신 센서 선정 / 제어부 팟츠 선 정 / 구동부 (모터 및 배 터리) 성능 분석 및 선 정 - 제어기, 리모컨 PCB 회로/ 아트웍 설계 및

			위한 목업제작	제작 - 제어기 구동 테스트를 위한 목업 제작 완료 ※ 참조1-7
		사용환경 분석 및 추적주행 제어 알고리즘 S/W 개발	비정형 노면환경의 근거리 추적주행 제어 알고리즘 S/W 개발 및 탑재	- 근거리 추적주행 제어 알고리즘 설계 및 SW 개발 - 비정형 노면에서도 자세유지가 가능하도록 등반각도 15도 이상 주행 제어 완료 ※ 참조1-8
지정된 구역 내에서 자율주행이 가능한 지능형 전기동력 운반로봇 개발		LIDAR 및 Main MCU 인터페이스 개발	실내/실외 용 LIDAR 센싱 데이터 프로세싱 모듈 개발 LIDAR 데이터 디스플레이 모듈 개발 LIDAR-MCU 간 통신 I/F 설계 및 제작	※참조1-9
		실내 정지/이동장애물 인식 알고리즘 개발	LIDAR 기반 장애물 인식 성능 개발 정지/이동여부 판단 알고리즘 개발	※참조1-10
		충돌 방지 알고리즘 개발	정지 장애물 (상자, 설비, 작물 등) 대상 충돌 회피 경로 생성 알고리즘 이동 장애물 대상 자동 제동 알고리즘	※참조1-11
		실내 충돌안전 시스템 성능 평가 시나리오 개발	정지 장애물 대상 충돌 회피 성능 평가 시나리오 개발 이동 장애물 대상 충돌 방지 성능 평가 시나리오 개발	※참조1-12
		모바일 플랫폼 기반 실내 주행 성능 평가	정지 장애물 대상 충돌 회피 성능 평가 이동 장애물 대상 충돌 방지 성능 평가	※참조1-13
		정면/측면경사 직진보정 알고리즘 개발	경사로, 험로 주행에 따른 주행성능 보정기술 개발	측면경사 주행보정 핵심기술개발 완료 ※ 참조2-1
2차년도 (2021) 지정된 구역 내에서 추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇 개발		등반/하강 등속보정 알고리즘 개발	등반/하강 등속보정 알고리즘 개발	등속보정 알고리즘 개발 완료 ※ 참조2-1
		전/후방 선택주행 알고리즘 개발	추적대상의 위치를 분석하여 단거리 주행과 선회반경을 최소화하기 위한 주행방향 선택 알	우선선택 핵심 알고리즘 완료

			고리즘 개발	
		리튬이온 배터리 파워팩 개발	방수방진방화 기능과 항온과 자체 소화기능을 가지는 파워팩 개발	핵심기술개발 완료 ※ 참조2-2
		임베디드 엔진 개발	기관별 개발 모듈에 대한 통합 구동 임베디드 소프트웨어와 하드웨어를 포함한 엔진 개발	엔진 시작품 개발 완료 ※ 참조2-3
		시작품 제작 및 테스트	시작품 제작	시작품 필드 테스트 수행. 주행 및 기초성능 평가 ※ 참조2-4
추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 운반로봇 개발		UWB 기반 추적대상 전후방 위치측위 기술개발	리모컨 위치 식별을 통한 전후진 구동 제어	리모컨 위치 식별기술 개발 완료. 운행지령 시 추적대상 인식 기술 개발 ※참조2-5
		UWB 기반 경로주행 시나리오 설계	- 실내환경(하우스 또는 보관창고 등)에서 이동식 태그 설치 - 카트 및 리모컨 태그의 절대 도출 - 리모컨 태그 방향으로 카트 자율 경로 주행 이동식 태그 인식 및 경로 주행	실내 환경 태그를 이용한 카트 위치 도출 및 경로 생성 학습 완료 ※참조2-6
		UWB 기반 30m 이내 단거리 경로주행기술 개발	- 단거리 통신거리 확보 - 안테나 증폭 및 신호거리 분석 - 단거리 통신에 따른 임베디드 제어 개발 - 단거리 통신 PCB설계 및 제작	단거리(30m) 위치제어를 위한 통신거리 확보를 위한 안테나 증폭 및 제어 개발 완료 단거리 통신 PCB 설계 및 제작 완료 ※참조2-7
		복합센서모듈(UWB+라이다+BLE 등) 기반 군집주행 기술개발	- 카트별 좌표 식별 및 실시간 위치 측위 - 실내 이동식 태그가 설치된 환경에서 카트 간 거리 지정 및 군집주행 알고리즘 개발	복합센서 신호처리 임베디드 모듈 시작품 개발 실내 환경에서의 카트 간 거리 지정 및 군집주행 초기 알고리즘 개발 및 테스트 진행중 ※참조2-8
		복합센서모듈(UWB+라이다+BLE 등) 기반 IP설계 및 경로주행기술 테스트	- 리모컨 및 이동식 태그 인식 및 경로 주행기술 개발 - 경로 IP 좌표 설계 - 카트 이동 속도 고려 및 특정 환경조건제약 고려 자율 주행 범위 지	리모컨 인식을 통한 경로 주행기술 개발 특정 경로 자율 주행을 위한 경로 생성 시나리오 도출 완료, 경로 생성을 위한 경로 데이터 학습 및 인식 테스트

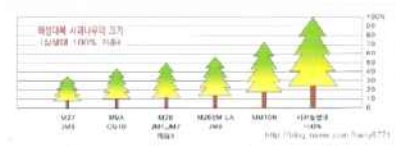
			정 시나리오 도출 - 자율주행 경로 생성 및 경로주행기술 테스트	※참조2-9
지정된 구역 내에서 자율주행이 가능한 지능형 전기동력 운반로봇 개발	저가형 GPS 기반 위치 추종 알고리즘 개발		GPS 신호 파싱 및 필터 기반 노이즈 제거 기술 저가형 GPS 기반 모바일 플랫폼 주행 제어 기술 제한적 자율주행 기술	GPS 파싱 알고리즘 개발 및 GPS 기반 주행 제어 알고리즘을 통한 자율주행 기술 개발 및 제어 보드 개발. ※참조2-10
	LIDAR 기반 실외 주행 경로 판단 알고리즘 개발		실외 정지/이동 장애물 인식 기술 충돌방지 경로 생성 알고리즘 개발	장애물 인식 및 경로생성 알고리즘 개발 ※참조2-11
	실외 장애물 회피 경로 생성 알고리즘 개발		LIDAR 기반 충돌회피 경로 생성 알고리즘 GPS 기반 타겟 추종 경로 복귀 알고리즘	Lidar+GPS를 통한 충돌회피 및 경로 복귀 알고리즘 개발 ※참조2-12
	실외 자율주행 성능 평가 시나리오 개발		실외 주행 성능 평가 시나리오 개발 실외 주행 성능평가 시나리오 기반 충돌회피 성능 평가	성능 평가 시나리오 개발 및 성능평가 ※참조2-13
3차년도 (2022)	지정된 구역 내에서 추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇 개발	시제품 제작	개발된 기술을 바탕으로 시제품을 제작	시제품 제작 ※참조3-1
		대용량 충전기 개발	자기유도형무선충전기 시제품 개발 완료	※참조3-2
		주행성능평가 및 개선	공인시험기관으로부터 시험평가를 수행	시험결과보고서 ※ 참조3-3
		시험평가 인증	공인시험기관으로부터 시험평가를 수행	시험결과보고서 ※참조3-3
	사용자 실증	영농인을 대상으로 실증 사과농원, 포도농원, 버섯 시설재배 농장에서 수확기에 각1개월 실증	시제품 필드 테스트 수행 ※참조3-4	
추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 운반로봇 개발	UWB 자율모드 50m 이내 중거리 경로주행 기술 개발	- 통합 필드테스트 진행 및 보완		중거리 기준 성능평가 ※참조3-5
		- 추적주행 레벨 UP 진행		
	- UWB 고도화 성능 검증 (공인인증시험)			
GPS 자율모드 목적지 추적 주행기술 지원		- GPS 자율모드 경로를 따라 주행하면서 UWB를 통한 목적지 추적 주행 지원	목적지 추적 주행 지원 ※참조3-6	
	UWB 기반 정밀 측위 및	- 군집주행을 위한 알고	군집주행 알고리즘 및	

		군집주행기술 사용환경 테스트	리즘 고도화 - 카트간 IP 지정 및 삼변측량법을 이용한 거리 도출 적용 및 테스트 - 카트별 상대위치 인식을 통한 군집주행 통합 테스트 진행 - 군집주행 레벨 UP진행	기술 고도화 ※참조3-7
		실증을 통한 보완사항 도출 및 성능개선	- 외부 통신장애 환경테스트 - 통신장애시 대응시나리오별 임베디드 S/W안정화 포도밭 현장 테스트 대비 Gain 값 조정	실환경 테스트 결과 ※참조3-8
지정된 구역 내에서 자율주행이 가능한 지능형 전기동력 운반로봇 개발		실차 기반 실내외 주행 및 충돌안전 시스템 성능 최적화 및 상용화 연구	- 주행 성능 개선을 위해 자율주행 알고리즘을 개선하여 로봇의 자율주행 성능을 개선 - 장애물 회피 및 자율주행 성능 테스트 - 자율 주행 위치 인식 및 보정, 정확도 개선을 위한, Aruco 마커를 이용한 랜드마크방식의 절대 좌표 인식 기능 개발	※참조3-9

※참조1-1

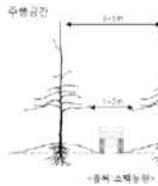
○ 환경조사 분석

사과농원 재식 및 작업환경 분석



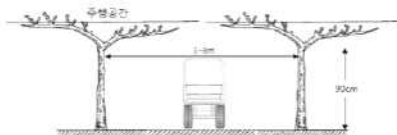
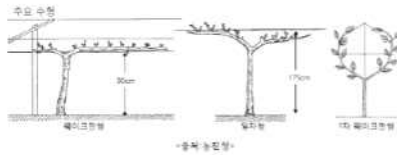
품종(다목)	재식거리(m)	줄 수(70m)
M27	3x1	333
	3x1.5	222
	4x1.5	147
M9	4x2	125
	3.5x1.5	190
	3.8x1.5	150
M26	4x1	250
	4x1.5	140
	4x1	250
	4x2	125
	4x2.5	100

<출처 농협청>

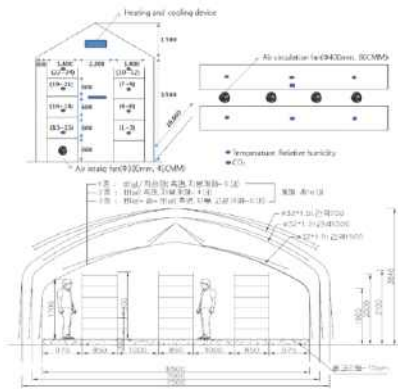


포도농원 재식 및 작업환경 분석

품종	전장(행렬)	재식거리(m)	줄 수(70m)
한반갈라	메이플린	2.7x2.7	137
		3.5x2.7	100
		4.5x2.7	50
말뚝갈라	말뚝갈	5.0x5.0	14
		5.5x5.0	13
말뚝갈라	말뚝갈	7.0x7.0	20



시설재배(버섯) 작업환경 분석



<버섯 재배사 설계도-출처 내셔널리서치>



과수원 방제가 제일 가능한 조건에서는 작물의 생장이 없는 추방 구간이 발생. 병치, 경사지가 모두 분포 되어 있으나, 기계화 가능한 경사도 25%이하가 다수.

추방구간 : 폭1400mm, 높이1300mm 이하
 계층의 활용 예상시기 : 작물 수확기(기계화 수확이 불가능하며, 인력요소가 가장 많음)
 운용 단위운량 : 바구니형 2kg 내외, 상자형 15kg 내외
 예상 성과 : 내연기간 60일이 가 보장되어 있으나, 작업자 근절 지원용이 아닐 수 있고 시설에서 바구니 또는 상자를 들어 옮기는 노동력 감소



재식 간격이 넓으나 높이가 낮은 추방 구간이 발생. 병치, 시설재배가 다수이며, 기계화 가능한 작업 환경.

추방구간 : 폭2000mm, 높이900mm 이하
 계층의 활용 예상시기 : 사과기, 품종개발, 수확기에 인해 다양한 활용 가능하며,
 운용 단위운량 : 스티로폼형 10kg 내외
 예상 성과 : 시설 일체가 필요한 경우(추방기) 보다 공간제약이 없음
 추방 구간기동 즉시 대체 할 수 있음



버섯 재배사 또는 시설재배를 위한 연속물류 경우 설계부분의 운송도, 환기 조절과 작업동선에 대한 고려가 되어 있으므로 충분한 추방구간이 확보 되어 있음
 버섯 재배사 운반, 사과와 스티로폼을 대위한 다양한 형태의 시설재배 방안도 동일한 형태일 노지보다 수월한 작업 환경이며, 실내 공간의 특성상 내연기간을 사용하기 어려움.

추방구간 : 폭1000mm, 높이 2000mm 이상
 계층의 활용 예상시기 : 재지, 집중, 생리, 수확 등 전 시기에 활용 가능
 운용 단위운량 : 상자형 2kg 내외, 트레이 1kg 내외
 예상 성과 : 재배 결과에 따라 다목적으로 활용가능, 피크의 적체할 로컬이 요구됨

※참조1-2

○ 작동시나리오

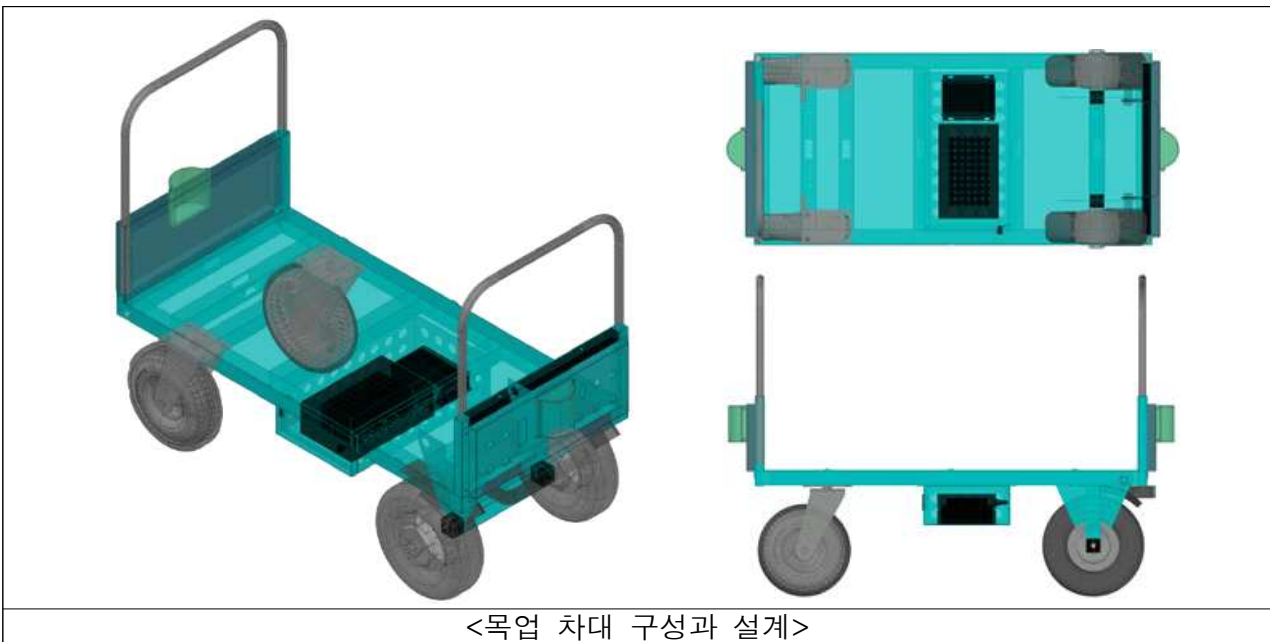
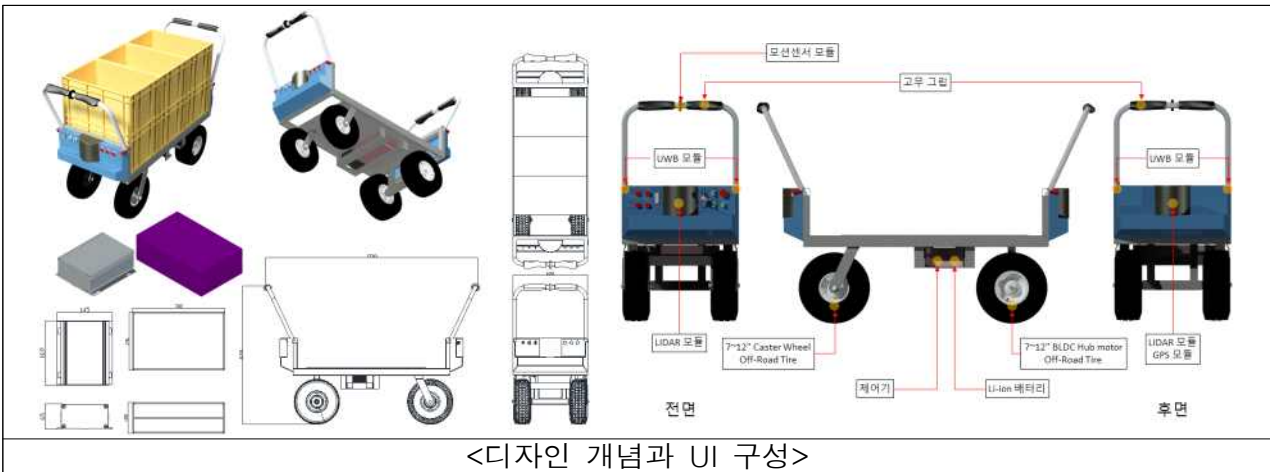
작동 시나리오

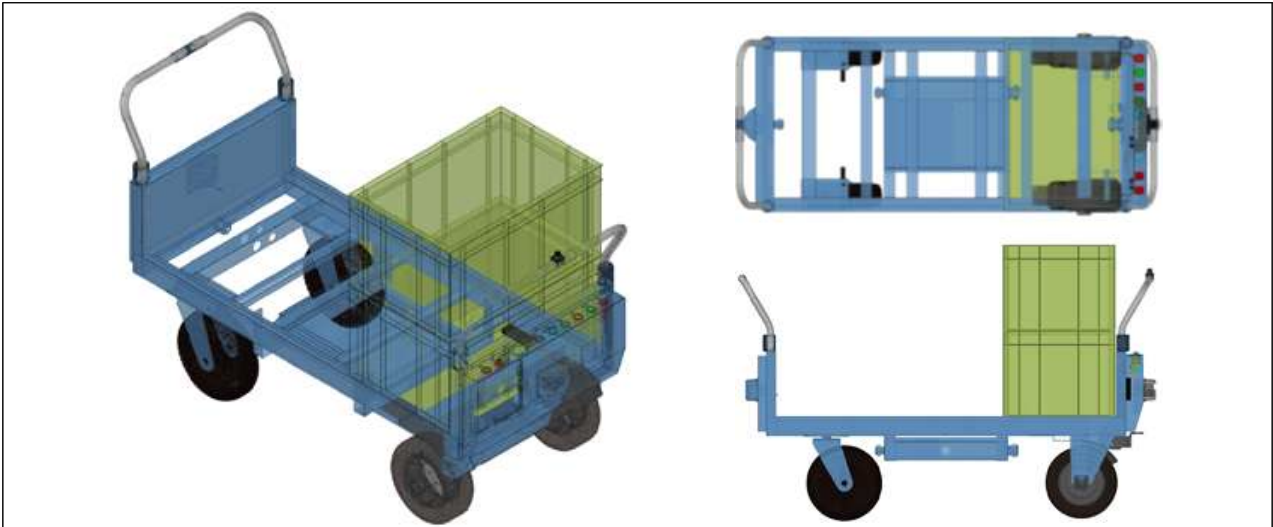
운전 설명	표시등	음향	비고
1. 전원 KEY를 ON 한다. 1-1. 로봇은 정차를 유지하고, 사용자 입력을 대기한다.	배터리 잔량 ON	벨립음	
2. 주차브레이크를 해제 한다.			
3. 주중/수동/자율 선택		"OO모드가 선택 되었습니다"	
3-1. 수동 모드(기본모드) (1) 수동모드를 선택한다. (2) 핸들바에 설치된 조이스틱으로 운전한다. (3) 작업이 완료되거나 정차를 유지할 경우 주차브레이크를 작동한다.	운전 ON/OFF	"수동 운전이 선택되었습니다 "	
3-2. 주중 모드 (1) 주중모드를 선택한다. (2) 리모컨을 보관대에서 꺼내 허리에 부착 한다. (3) 운전버튼을 누른다 또는 리모컨에서 주중/정지 선택한다. -리모컨이 로봇의 반경 50cm 이내에 들어 오면 로봇은 정지한다. (4) 작업이 완료되면 정지버튼을 누른다. (5) 수동으로 전환한다.	운전 ON 운전 OFF	"주중 운전이 선택되었습니다" "주중주행알람" "주중정지알람" "주중 운전이 종료되었습니다" "수동 운전이 선택되었습니다 "	
3-3. 자율 모드 (1) 수동모드 또는 주중모드로 목적지로 이동한다. (2) 목적지 안테나를 설치하고 목적지버튼을 길게 누른다. - GPS 목적지 입력 단계 (3) 주중/수동 모드로 작업장으로 이동 후 작업을 한다. (4) 자율모드를 선택 한다. - GPS에 작업지 자동 입력 단계 (5) 목적지버튼을 짧게 누른다. (6) 입력된 목적지로 이동 후 정차 대기 한다. (7) 화물을 하역 작업을 한다. (8) 복귀버튼을 짧게 누른다. (9) 이전 출발지(작업지)로 이동 한 후 정차 대기 한다. (10) 수동/주중 모드로 전환 후 작업을 지속한다. (11) 작업이 완료되면 정지버튼을 누른다. (12) 수동으로 전환한다.	운전 ON 목적지 ON 복귀 ON 목적지 감박, 운전 ON 목적지 ON, 운전 OFF 복귀 감박,운전 ON 복귀 ON, 운전 OFF 복귀 OFF 운전 OFF	"목적지가 설정되었습니다" "자율 운전이 선택되었습니다" "목적지로 출발합니다" "목적지에 도착하였습니다" "작업지로 출발합니다" "작업지에 도착하였습니다" "자율 운전이 종료되었습니다" "수동 운전이 선택되었습니다 "	
4. 주차 브레이크를 잠근다.			
5. 전원KEY를 OFF 한다. (1) 전원이 차단되면 GPS 목적지/복귀 등 입력 정보는 삭제된다.	배터리 잔량 OFF	굿바이 음	

항목	내 용		담 당	
1	목표	로봇의 현재 위치에서 지정된 목적지(Point to Point)까지 SLAM 없이 이동하는 제한적 자율주행	KIMM	
	시나리오	지정된 범위 내에서 사용자에게 의해 GPS 또는 UWB Anchor로써 목적지를 설정하고, 주행경로는 입력되지 않은 조건에서, 주변 환경에 따라 능동적으로 대처하며, 목적지(목표물)를 추적, 최단거리 주행하며, 장애물(시설물, 작물 등)을 회피하여 목적에 도달 공간적 범위는 목적지(목표물) 실내 반경50m, 실외 반경500m에서 목표 성공을 달성 - 주행 불가 또는 사용자의 개입이 필요 한 경우 리모콘 진동 또는 경고음 발생.		
	성능 기준	자율주행 성공률 자율주행 반경		90% 500m
2	목표	실내 작업장 및 야외 작업환경에서의 고정/이동 장애물 인식 및 회피	KIMM TTnG	
	시나리오	제한적 자율주행 또는 리모콘 추적주행 과정에서 장애물을 인식하고 회피 - 지정된 목적지로 최단거리 주행하는 과정에서 발견되는 정적/동적 장애물 회피 - 작물의 피해 최소화		
	성능 기준	정적 장애물 인식률		95% / 50cm ²
		동적 장애물 인식률(정적장애물 이동)		95% / 5km/h
정적 장애물 회피 성공률 동적 장애물 회피 성공률		90% 90%		
3	목표	작업자 및 선행 로봇 추종형 군집 주행	TTnG	
	시나리오	작업자를 추종하며 작업반경 내 대기하고 있다가 작업자가 이동 할 경우 추종 - ID 인식거리 5m - 작업 반경 50cm 내 정차 대기 3대 이상의 다중 로봇을 운용 할 경우 선행 로봇을 추종하여 종대형 군집 주행		
	성능 기준	UWB 인식 성공률		90%
		UWB 통신거리		50m
UWB 기반 측위 오차율 리모컨 근접 정차 거리		5% 50cm		
4	목표	200 kg 적재 가능한 보급형 파워트레인 기반 운반 로봇	H&E	
	성능	자체 디자인, 설계, 제작 제어기 제작 / 센서 모듈 제작 평가/인증 실증		

※참조1-3

○ 차대설계 및 제작





<시작품 차대 구성과 설계>

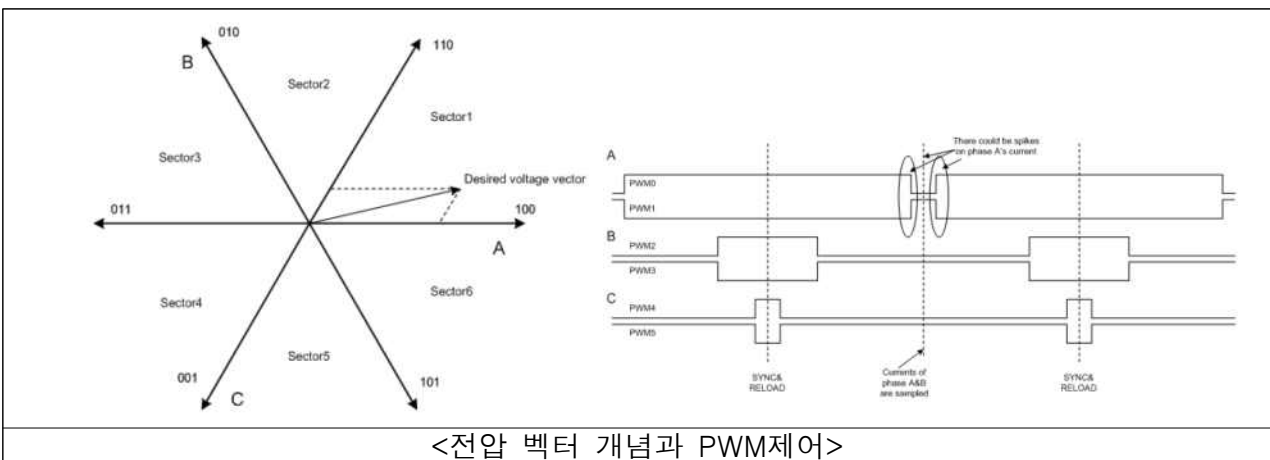
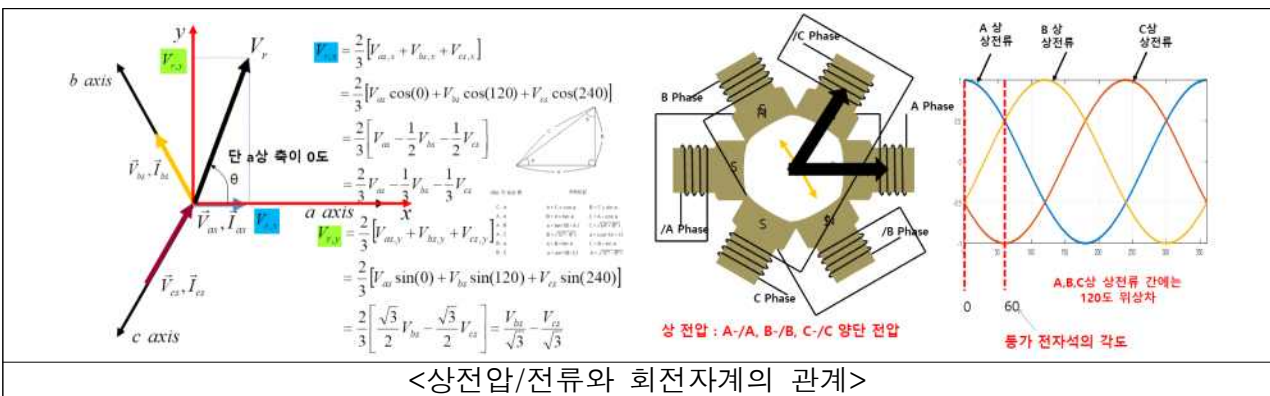
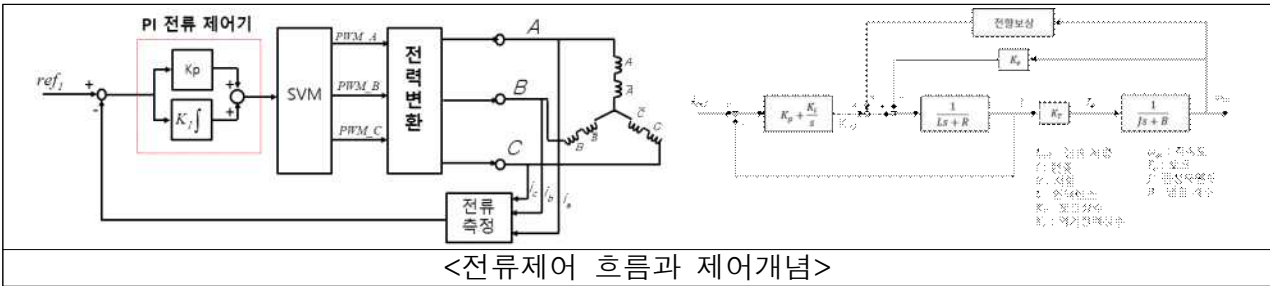


<시작품 제작>

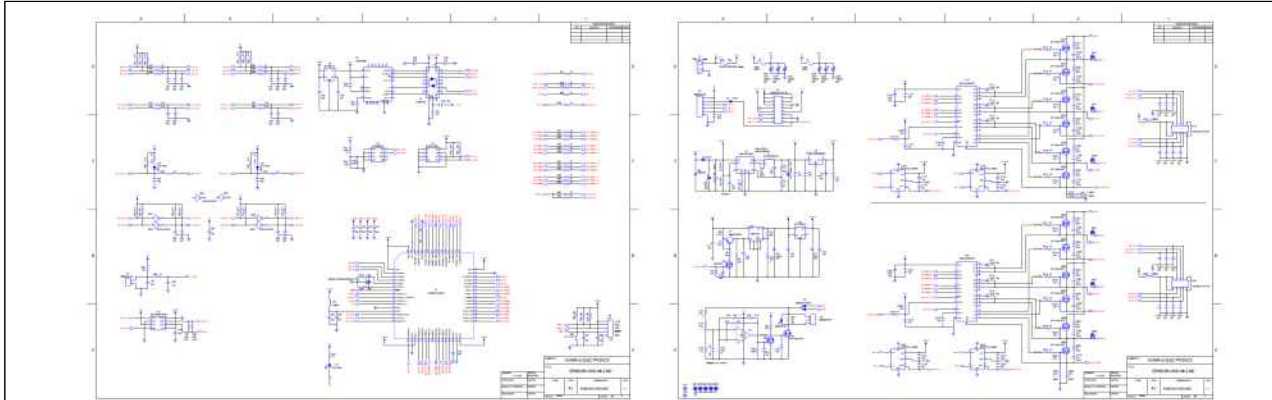
※참조1-4

○ PMSM Motor의 FOC 정밀제어

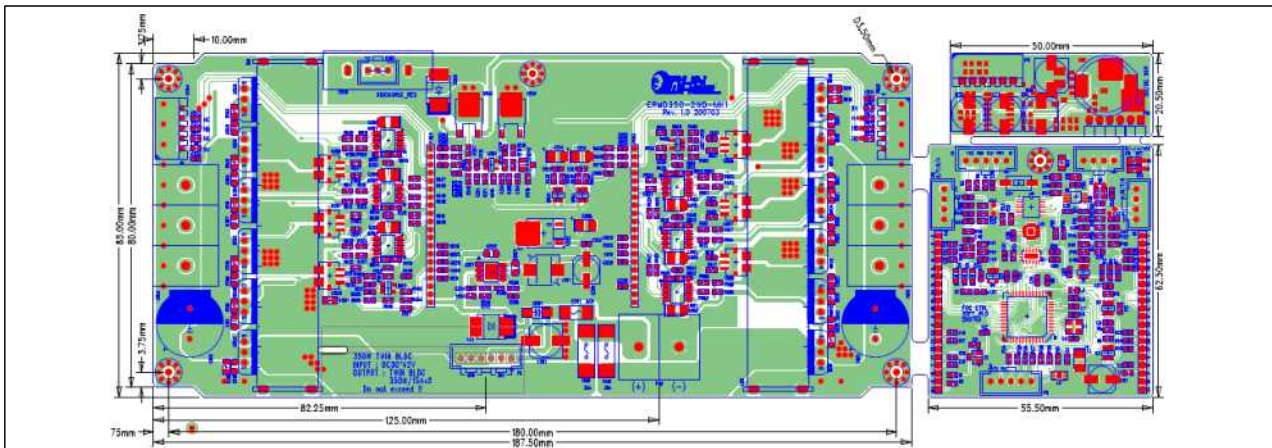
- 개념 정립과 이론적 기술 확보



- 전력공급과 인버터 설계

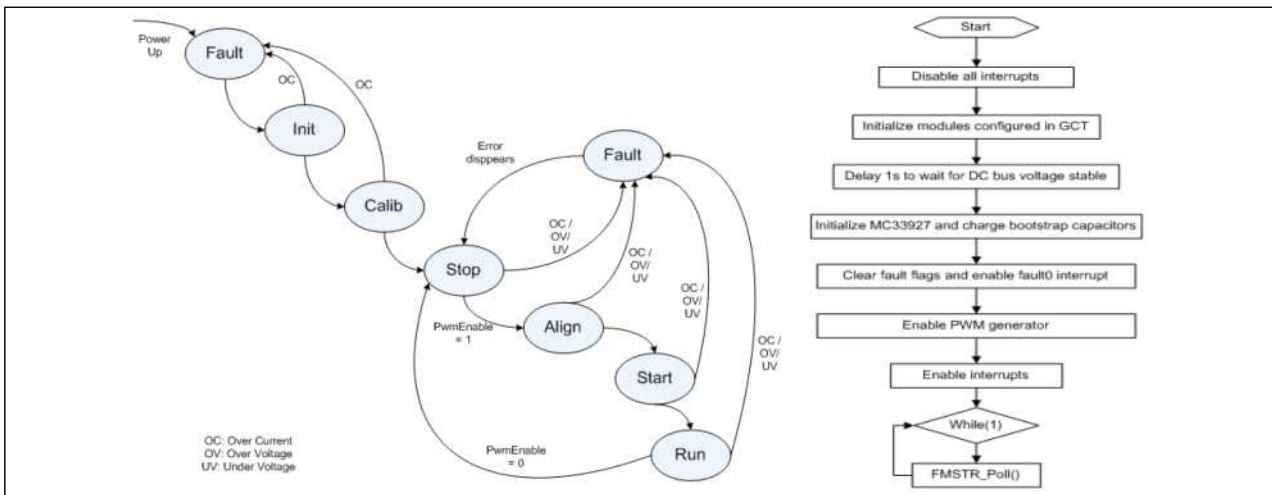


<모터 제어회로>

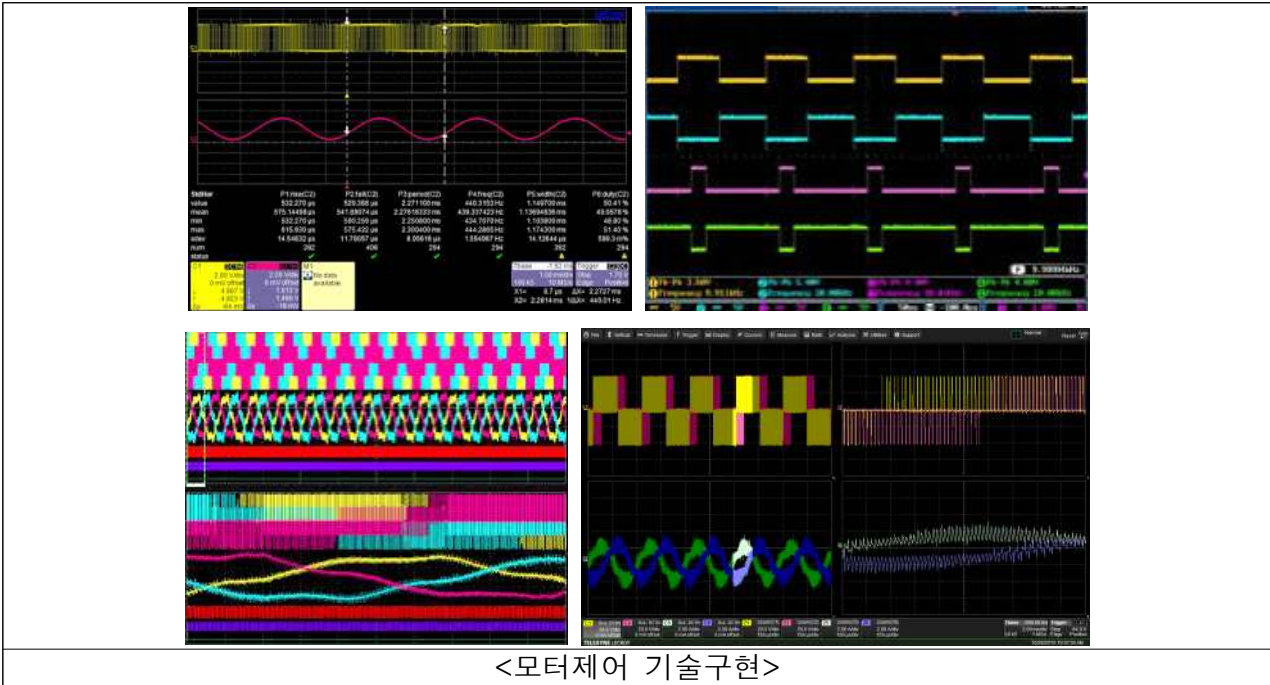


<모터제어 PCB>

- 제어 알고리즘 설계



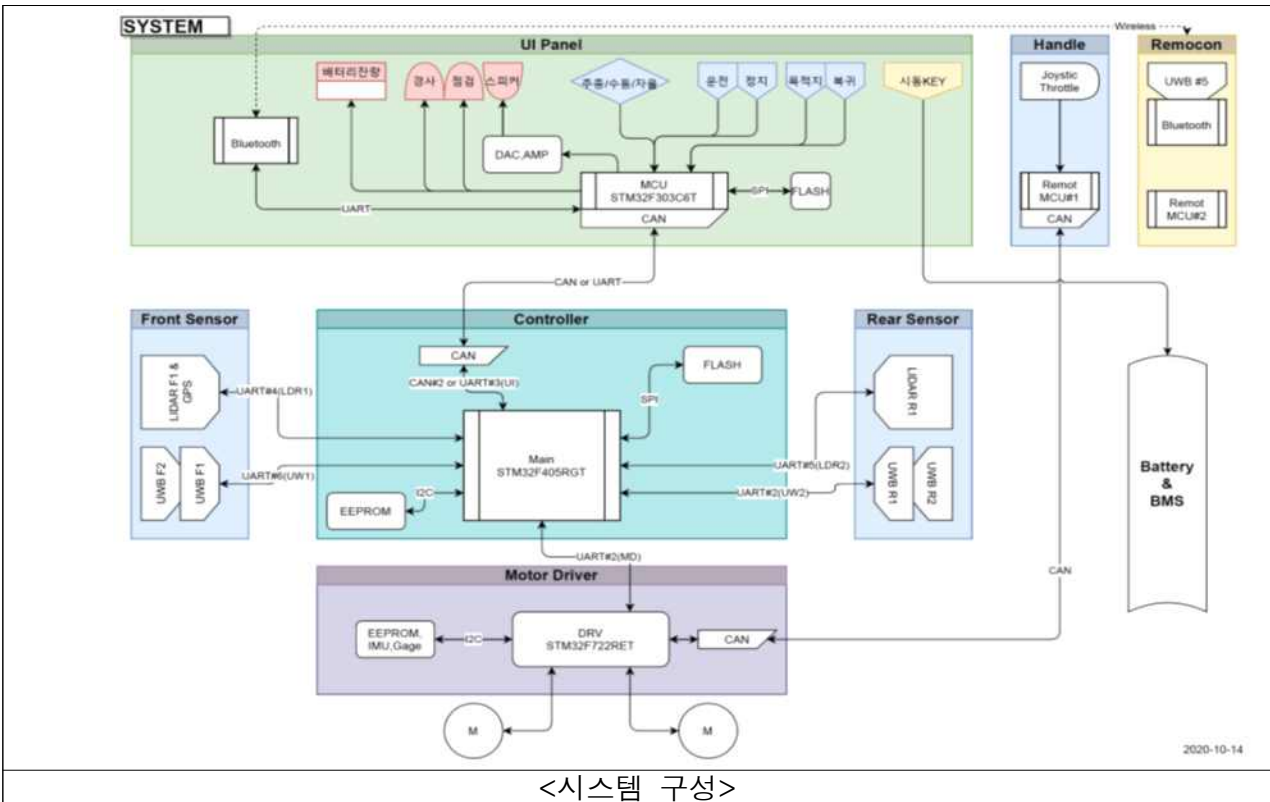
<모터제어 흐름도>



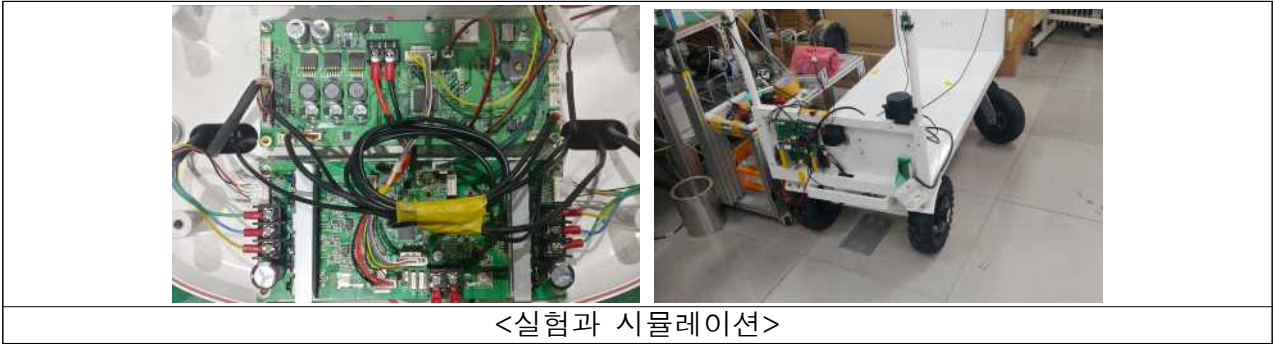
※참조1-5

○ 제어시스템

- 시스템 설계



- 시스템 구성과 시뮬레이션

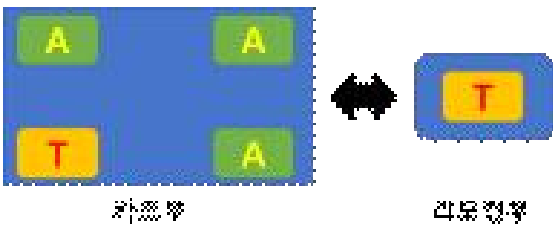
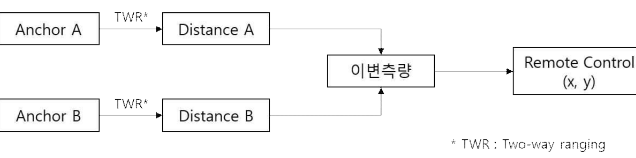
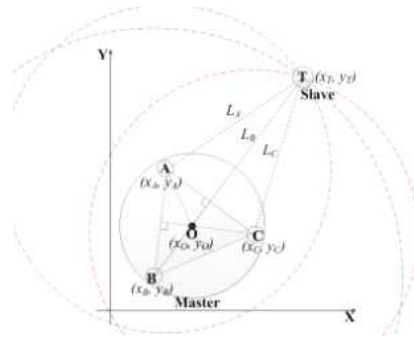
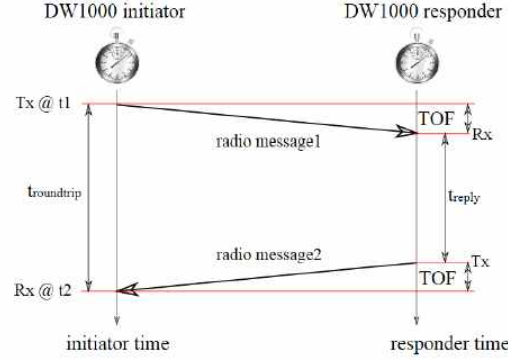
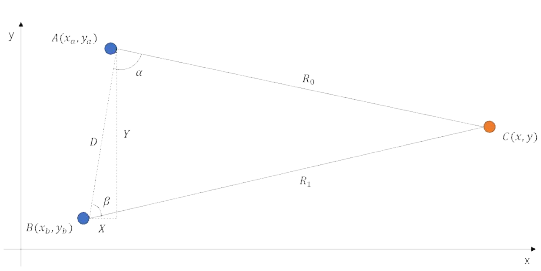


- 목업 시험 주행



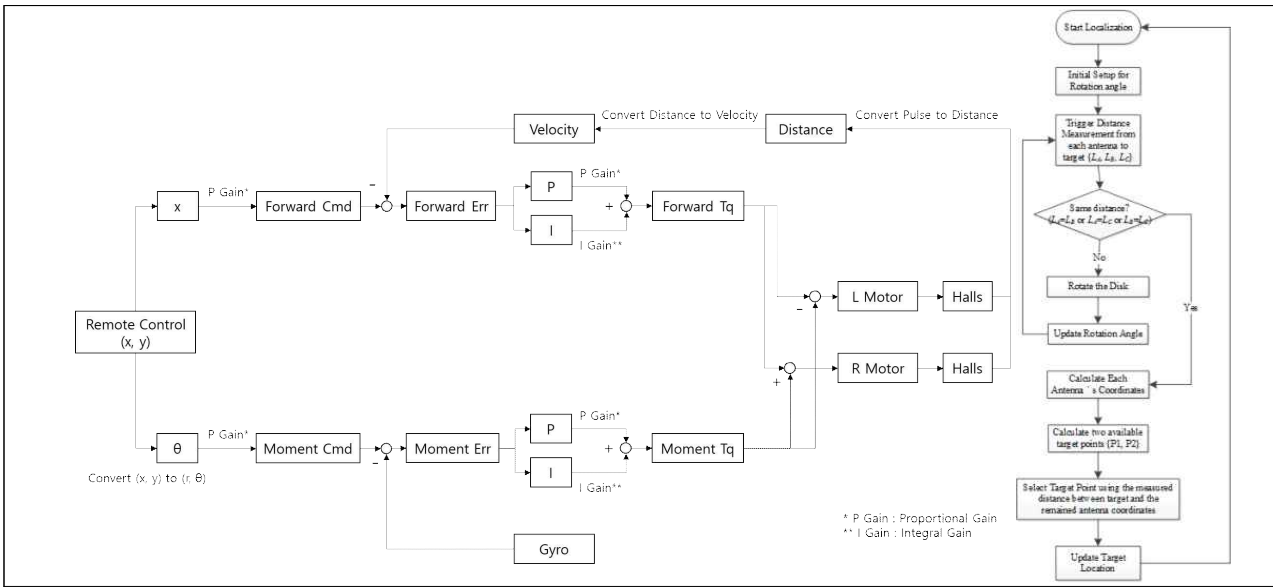
※ 참조1-6

○ 삼변측량 및 이변측량 알고리즘 개발

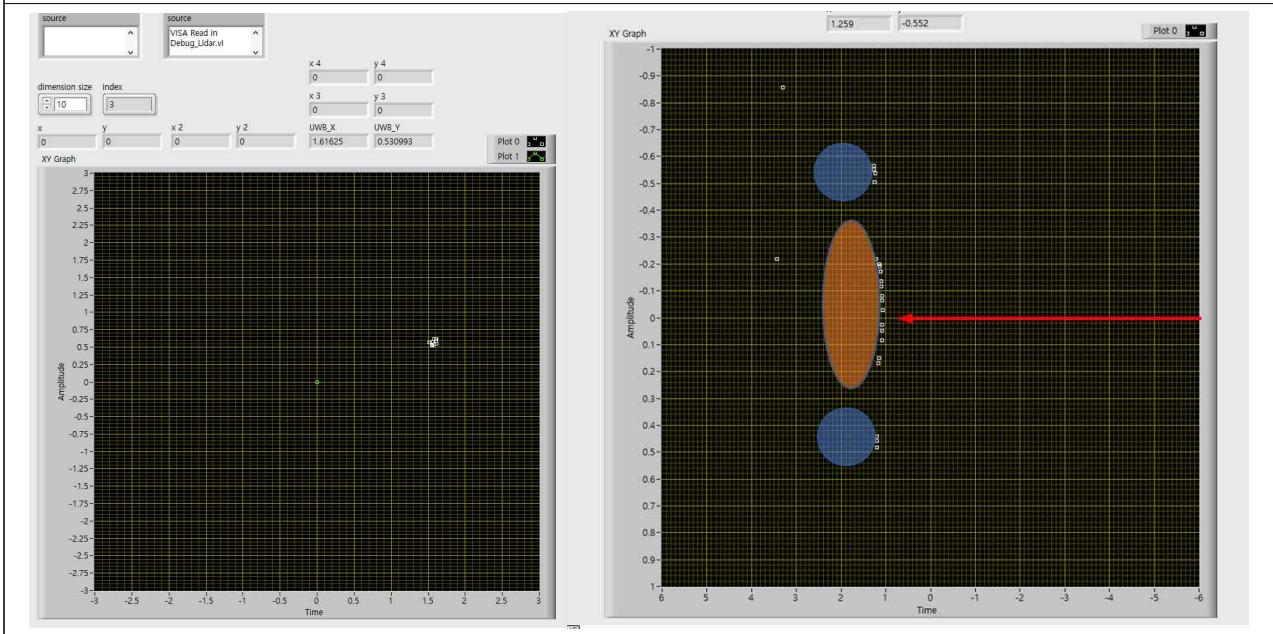
삼변측량 알고리즘	이변측량 알고리즘
 <p style="text-align: center;">자율로봇 라모형로봇</p>	 <p style="text-align: right;">* TWR : Two-way ranging</p>
<UWB 시스템 구성도, A(앵커) B(태그)>	이변측량 정밀 측위 알고리즘
	 <p style="text-align: center;">Figure 1: Two-way ranging concept</p> <p>* Distance = Speed of radio waves X TOF(Time of flight) = 빛의 속력(c) X ((t₂ - t₁ - t_{reply})/2)</p> <p>* TOF(Time of flight) = (t₂ - t₁ - t_{reply})/2</p>
<이동 노드점을 이용한 위치인식>	UWB 기반 상대측위
	$X = x_b - x_a$ $Y = y_b - y_a$ $D = \sqrt{X^2 + Y^2}$ $\alpha = \arccos\left(\frac{R_0 * R_0 + D * D - R_1 * R_1}{2 * R_0 * D}\right)$ $\beta = \arctan\left(\frac{Y}{X}\right)$ $x = x_a + R_0 * \cos(\alpha + \beta)$ $y = y_a + R_0 * \sin(\alpha + \beta)$
상대 위치 측정 및 실시간 추적 태그 X, Y 좌표 도출	

※ 참조1-8

○ 추적 주행 알고리즘 개발



추적 주행 제어 알고리즘 개발



UWB 실시간 위치측위 좌표 도출



제어기 성능 테스트 (물류 적재 후 구동/등반능력)

※참조1-9

○ LIDAR 및 Main MCU 인터페이스 개발

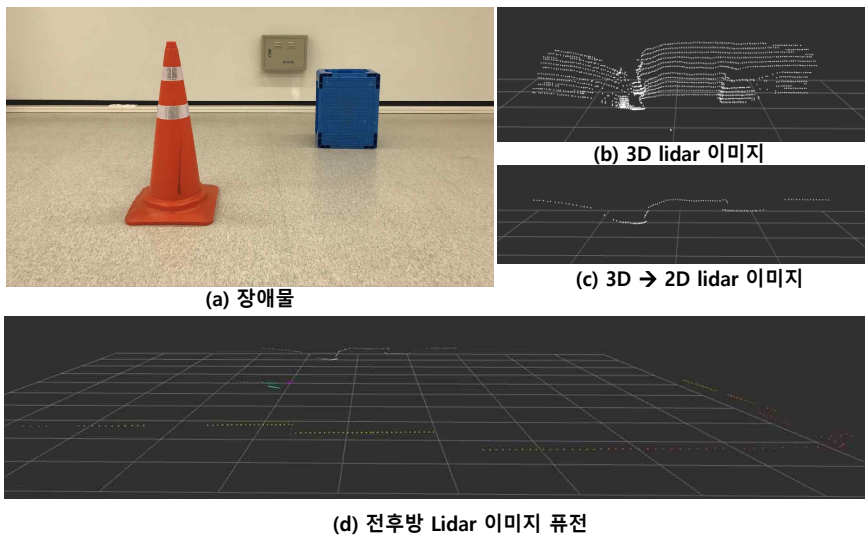
- 실내/실외 용 LIDAR 센싱 데이터 프로세싱 모듈 개발



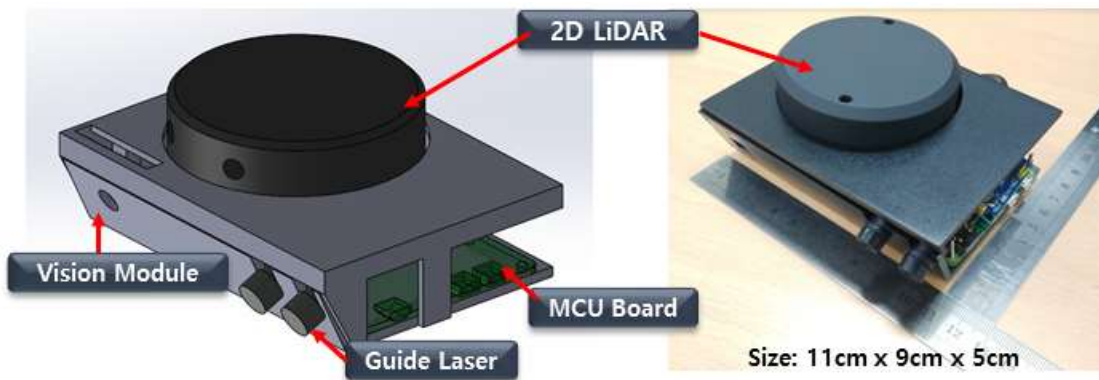
< Lidar 센서 모듈 및 테스트용 모바일 플랫폼 >

· 3D 라이다 (CE30C, solid state 라이다) - 2D (G2, 회전형 라이다)

- LIDAR 데이터 디스플레이 모듈 개발

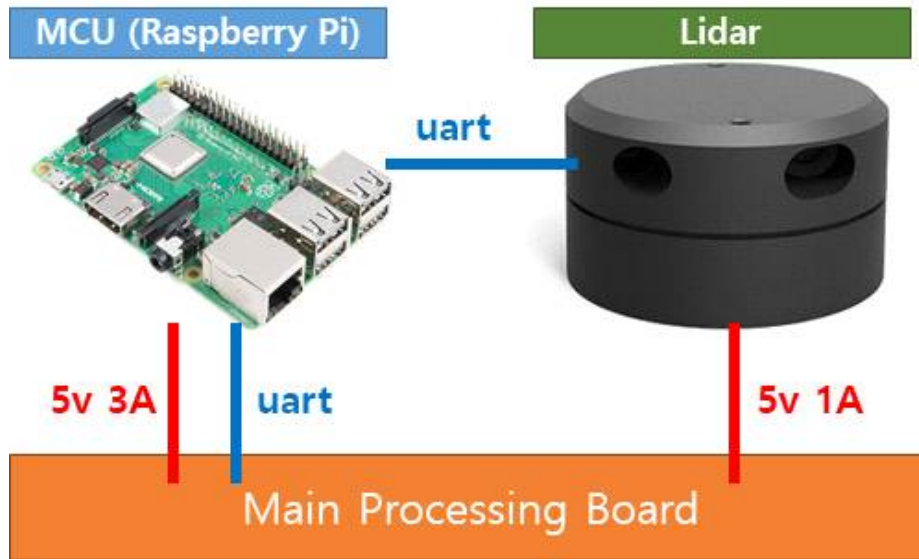


- LIDAR-MCU 간 통신 I/F 설계 및 제작



< LiDAR 데이터 수집 및 처리 보드 >

· 향후 확장성을 고려한 2D LiDAR - Vision 통합 모듈



< 전체 통신 인터페이스 및 전력 흐름 >

- TTL 레벨의 Uart를 사용한 MCU - Lidar 간 통신 인터페이스

※참조1-10

○ 실내 정지/이동 장애물 인식 알고리즘 개발

- LIDAR 기반 장애물 인식 성능 개발

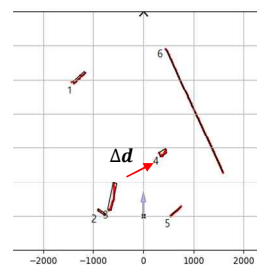
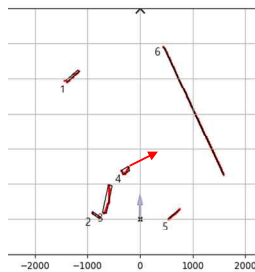
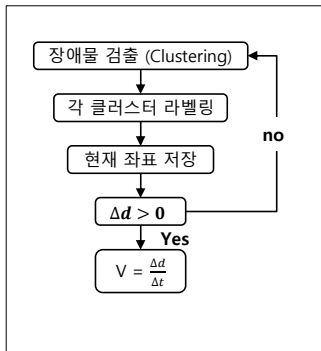
· 인지 대상 (장애물) 및 감지 환경에 대한 정의

- ✓ 정지장애물/이동 장애물로 구분
- ✓ 정지장애물: 직경 11cm, 높이 20cm 이상의 원통형 사각기둥형
- ✓ 이동장애물: 정지장애물을 1, 3, 5 km/h로 이동
- ✓ 감지 환경: (실내) 건물 내부, 자연광 노출이 없는 평탄 노면 환경, (실외) 자연광에 노출된 평탄/비

- 정지/이동여부 판단 알고리즘 개발

· 장애물의 정지 및 이동 여부 판단 알고리즘

- ✓ 일정시간 동안 장애물의 위치변화가 감지되면 이동 장애물로 판단
- ✓ 장애물의 이동속도는 이동 거리와 시간을 통해 도출



Δt : 비교 프레임과의 시간 간격 (s)
 Δd : 비교 프레임의 위치 변화 (mm)

< 장애물 이동판단 알고리즘 >

※참조1-11

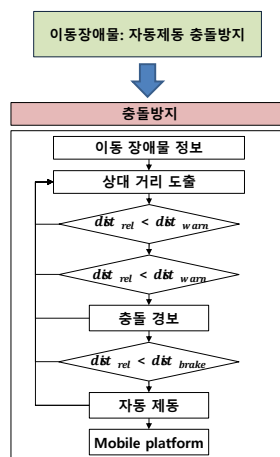
○ 충돌 방지 알고리즘 개발

- 정지 장애물 (상자, 설비, 작물 등) 대상 충돌회피 경로 생성 알고리즘

- 정지 장애물에 대하여 조향을 통한 충돌회피
- 라이다 센싱 반경 내에서 안전성, 회전량, 이동 거리 등을 고려하여 최적의 이동 위치 결정 및 이동 제어

- 이동 장애물 대상 자동 제동 알고리즘

- 이동 장애물에 대하여 조향을 통한 충돌회피
- 전방의 이동 장애물 발견 시, 충돌 위험도에 따라 충돌 경고 및 자동 제동을 통한 충돌방지 제어



< 이동 장애물 종방향 접근 >



< 이동 장애물 횡방향 접근 >

< 자동 제동 기반 충돌방지 알고리즘 >

※참조1-12

○ 실내 충돌안전 시스템 성능 평가 시나리오 개발

장애물	<ul style="list-style-type: none"> • 농업로봇의 주행 경로 상에 존재하여 Ego vehicle 과의 충돌 가능성이 있는 물체 <ul style="list-style-type: none"> - 정지 장애물 : 이동 속도 0 km/h 인 장애물 - 이동 장애물 : 이동 속도 0 km/h 초과하는 장애물
Sensor (Lidar)	<ul style="list-style-type: none"> • YDLIDAR G2 (0.2m ~ 10m, 7 Hz)
정지 장애물	<ul style="list-style-type: none"> • 직경 11 cm 이상의 대상 3 종 • 형상 : 원통형(직경 10 cm), 라바콘, 사람
이동 장애물	<ul style="list-style-type: none"> • 정지 장애물을 모바일 플랫폼 위에 장착 또는 사람 • 이동 속도 : 0 km/h 초과하는 속도 • 이동 방향 <ul style="list-style-type: none"> - 자차량과 동일한 방향 주행 (20) - 자차량과 반대 방향 주행 (20) - 자차량과 교차하는 임의의 각도 주행 (20)
Test 환경	<ul style="list-style-type: none"> • 건물 내부 및 자연광 노출이 없는 노면이 평탄한 환경

<시험환경>

- 정지 장애물 대상 충돌회피 성능 평가 시나리오 개발
 - 정지 장애물에 대한 충돌 방지 기능으로써 정지 장애물을 인식하여 안전거리 내에서 정지 여부 확인
- 이동 장애물 대상 충돌방지 성능 평가 시나리오 개발
 - 이동 장애물에 대한 충돌 방지 기능으로써 이동 장애물을 인식하여 안전거리 내에서 정지 여부 확인

※참조1-13

○ 모바일 플랫폼 기반 실내 주행 성능 평가

- 정지 장애물 대상 충돌회피 성능 평가

- 정지 장애물에 대한 실내 성능 테스트 실시



< 3종 정지 장애물 대상 충돌방지 시험: 폭좁은 장애물, 라바콘, 사람 >

- 3종의 정지 장애물에 대한 30회 시험을 통해 로봇의 정지 여부 확인

장애물	시행 (회)	성공 (회)	성공률 (%)
좁은폭	30	28	93.33
넓은폭	30	27	90.00
사람	30	29	96.67

- 이동 장애물 대상 충돌방지 성능 평가

- 이동 장애물에 대한 실내 성능 테스트 실시



< 3종 이동 장애물 대상 충돌방지 시험: 이동 장애물 및 움직이는 사람 >

- 3종의 이동 장애물에 대한 30회 시험을 통해 로봇의 정지 여부 확인

장애물	시행 (회)	성공 (회)	성공률 (%)
좁은폭	30	29	96.67
넓은폭	30	28	93.33
사람	30	29	96.67

※ 참조2-1

○ 정면/측면경사 직진보정 알고리즘 개발

- 종단경사면에서 로봇에 작용하는 외력

로봇이 종단 경사면 상에 위치 할 때 그림1과 같이 로봇의 중심을 기준으로 힘이 작용하며, 이는 종단 경사각 (θ_{slope})에 대해 경사면에 수직으로 작용하는 힘($\overline{F_{GV}}$)과 수평으로 작용하는 힘($\overline{F_{GH}}$)으로 분리할 수 있다.

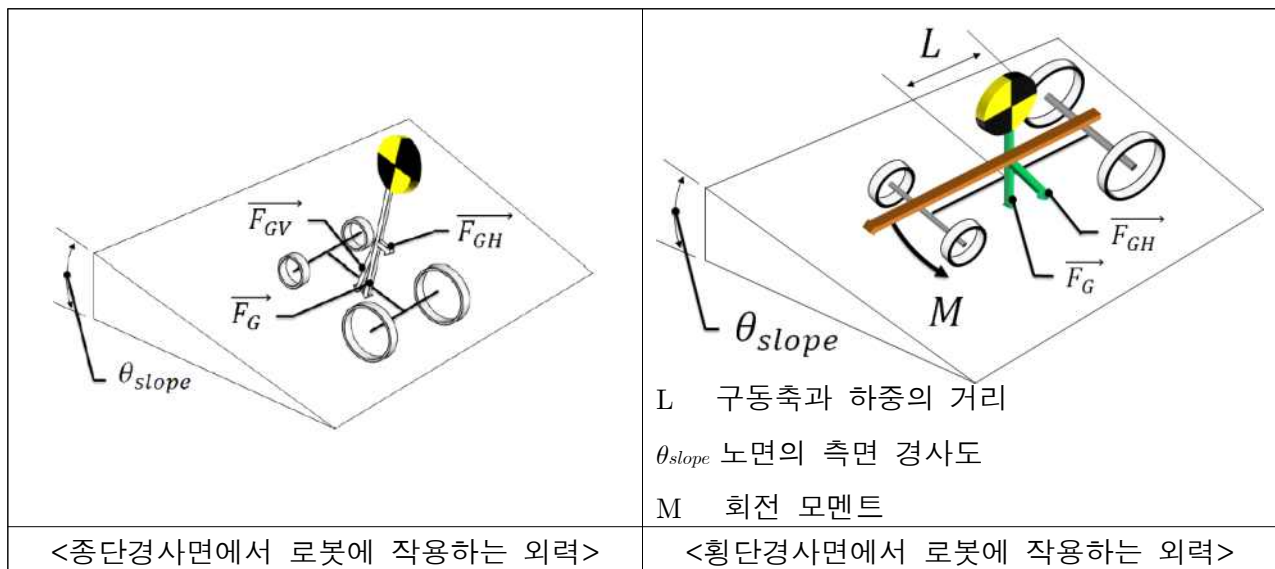
로봇이 경사면에 위치 해 있을 경우 수평방향으로 존재하는 힘은 로봇을 미는 힘으로 작용하며, 이는 종단 경사면을 따라 이동 동작과 정지 동작 할 때 극복 요인으로 작용한다.

- 횡단경사면에서 로봇에 작용하는 외력

로봇이 횡단경사면 상에 위치 할 때 무게중심의 위치에 따라 회전모멘트가 발생하게 되고, 이것은 무게와 경사도, 무게중심과 고정 축과의 거리에 영향을 받는다.

로봇의 앞바퀴는 전방향 구동이 가능하고, 뒷바퀴는 전후방향 구동만 지원하는 경우, 종단경사면에서 로봇의 이동축과 외력이 가해지는 방향축이 같다. 하지만 그림 2와 같이 횡단 경사면에 위치하는 경우 외부 힘의 축과 이동축이 다르기에 뒷바퀴가 지지 축으로 작용하는 외팔보(cantilever)의 형태가 된다. 이로 인해 회전모멘트(M)가 발생하는데 이는 수평으로 가해지는 힘과 지지축과의 거리 L 에 따라 작용한다.

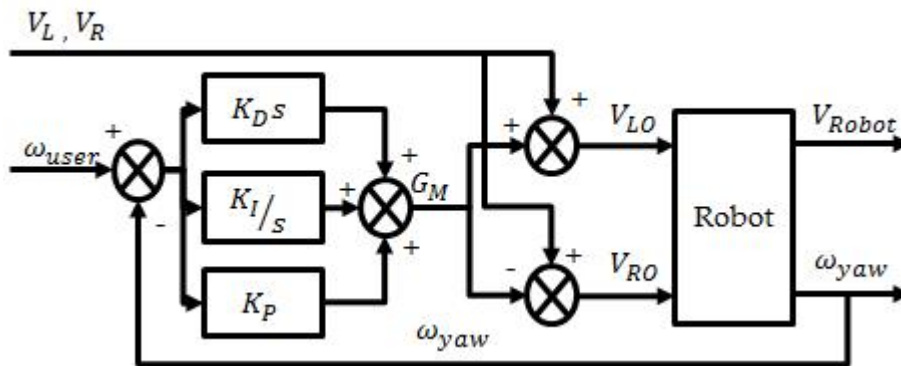
회전모멘트는 로봇이 측면경사면 이동시 방향 틀어짐의 원인이 되는 힘으로 횡경사면에서 이동할 때 회전모멘트에 상응하는 힘을 반대 방향으로 가해 주어야 직진성이 보장된다



- 로봇에서의 횡단 경사면 극복 알고리즘

로봇의 횡단경사면 주행에서 Yaw 축을 보정하기 위한 알고리즘은 주행지령에 의한 각속도와 로봇의 현재 수평 각속도와 비교하여 발생되어 지는 오차 값을 기반으로 좌우측 구동기의 출력을 가감하여 보정한다. 이는 주행지령 각속도를 입력으로 하고 피드백 값을 로봇의 각속도로 하는PID 제어기의 출력으로 한다.

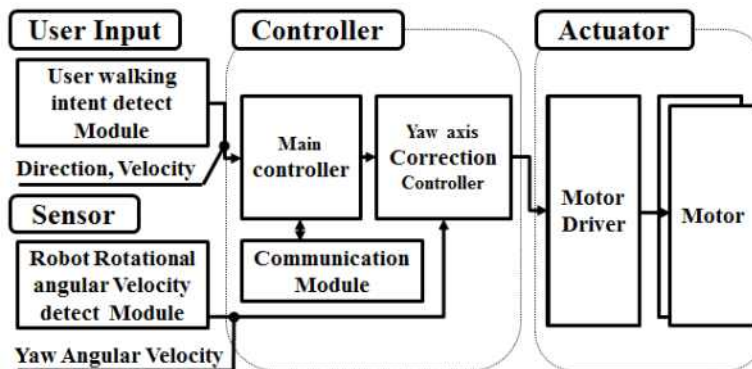
로봇의 주행지령 회전 각속도는 좌우측 전동기 인가속도에 의해 산출된다. 주행지령 각속도는 좌우측 구동기의 속도차이에 비례하고, 구동 축간 거리에 반비례한다.



- w_{user} 주행지령 각속도 (rad/s)
- w_{yaw} 로봇의 Yaw축 각속도 (rad/s)
- G_M 전동기 이득 값
- K_P 제어기 비례 상수
- K_I 제어기 적분 상수
- K_D 제어기 미분 상수
- V_L, V_R 좌우측 전동기 속도 입력 (m/h)
- V_{LO}, V_{RO} 좌우측 전동기 출력 속도 (m/h)
- d 좌우측 전동기 축간 거리 (m)
- w_{err} 각속도 오차값 (rad/s)

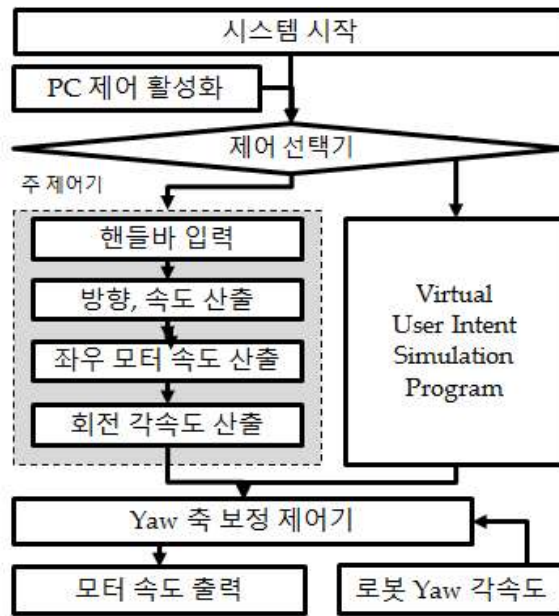
<그림3. YAW 축 보정 블록도>

- 제어기의 구현



<시스템 구성도>

- 시스템은 입력부, 센서부, 제어부와 구동부로 이루어진다. 입력부는 Lidar 통해 로봇의 목표 방향 및 속도를 제어기에 전달하는 역할을 한다. 센서부는 로봇에 장착된 각속도 센서와 센서 데이터를 정량화 하는 전처리부로 구성된다. 제어부는 입력받은 방향 및 속도를 이용하여 좌우측 목표 구동기 속도와 목표 회전 각속도를 출력하는 주제어기와, 센서부에서 받은 회전 각속도와 주 제어기로부터 받은 목표 회전 각속도를 이용하여 목표 구동 속도에 보정을 하는 Yaw축 보정제어기로 구성된다. 구동부는 로봇의 모션을 생성하기 위한 전동기와 전동기 구동을 위한 전동기 드라이버로 구성된다.



<시스템 제어 순서도>

- 시스템 시작 후 Lidar의 정보를 주제어기에 전달한다. 주제어기는 입력 받은 정보를 이용하여 로봇의 속도 및 방향을 산출한 뒤 좌, 우측 구동 출력값과 로봇의 목표 회전 각속도를 보정 제어기에 전달한다. 보정 제어기는 Lidar 입력 회전 각속도와 로봇의 회전각속도를 비교하여 Yaw 보정값을 산출하며, 이를 주제어기로부터 입력받은 구동기 출력값에 보정 출력하게 된다.

※ 참조2-2

○ 방수방진방화 기능과 항온과 자체 소화기능을 가지는 파워팩 개발

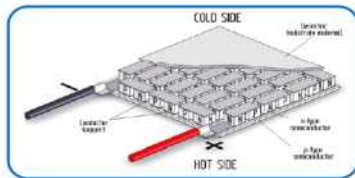
- 리튬이온 배터리 문제점

- 0°C이하 저온에서 전해액의 냉동으로 이온 화학반응이 수월하지 못해 에너지 저장용량의 저하를 발생하고, +60°C이상 고온에서 이온 화학반응이 폭주하여 발화로 이어질 수 있다. 이 문제점은 액상 전해 매질을 사용하는 모든 전기적 에너지 저장장치는 동일한 문제점을 가지고 있다.

- 항온 알고리즘

- 펠티어 소자를 이용하여 전원공급의 극성을 가변하여 발열과 냉각을 조절 할 수 있다. 이때 전력은 배터리 자체의 전원을 사용하며, 안전사용 온도범위를 벗어날 경우만 작동 하도록 제어를 개발한다.

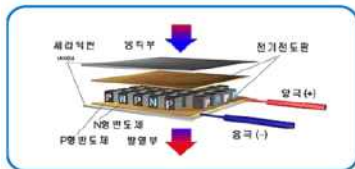
□ 열전소자 원리



1. 열전소자란?

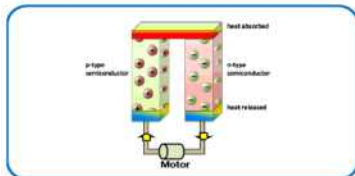
열전 모듈, Peltier Module, ThermoElectric Cooler(TEC), Thermoelectric Module(TEM) 등으로 다양한 이름을 갖고 있다.

열전소자는 작은 Heat pump (저온의 열원으로부터 열을 흡수하여 고온의 열원에 열을 주는 장치)이다.



2. Peltier Effect

열전소자 양단에 직류 전압을 인가하면 열이 흡열부에서 발열부로 이동하게 된다. 따라서 시간이 지남에 따라 흡열부는 온도가 떨어지고 발열부는 온도가 상승하게 되며, 이때 인가 전압의 극성을 바꿔주면 흡열부와 발열부는 서로 바뀌게 되고 열의 흐름도 반대가 된다.



3. 제백 효과(Seebeck Effect)

제백 효과는 각각 2종의 금속 또는 반도체를 폐회로가 되게 하고, 접촉한 2점 사이에 온도 차를 주면 기전력이 발생하여 전류를 흐르는 현상을 말한다. Peltier Effect와 상이한 효과이다.

<열전소자>

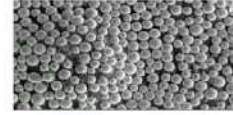
- 소화 알고리즘

- 마이크로 캡슐화 플루오르화 케톤(C6F12O)을 배터리팩 내부에 도포하여 발화시 초기진압 한다. 플루오르화 케톤의 주 소화효과는 냉각작용이며 부촉매 효과가 보조적이며, 적응화제는B, C급이다. 마이크로 캡슐화 플루오르화 케톤은 캡슐 배합비율로 끓는점 온도를 조절할 수 있다. 액체형태로 도포할 수 있고, 필름형태로 가공하여 부착할 수 있다.

Principle of Operation

작동 원리

- ✓ 평상시에 화재 소화물질이 마이크로 캡슐 속에 안전하게 보관
- ✓ 화재시에 마이크로 캡슐이 열기에 반응하여 화재 소화물질을 화재 부위에 살포하여 소화작용
- ✓ 화재 부위만이 화재 소화물질의 영향을 받으며, 인접한 물체나 건물은 아무런 영향이 없음



제품표면을 100배로 확대한 사진

고분자 매트 나노 소화 (消火) 물질 삽입

- ✓ Microencapsulation(마이크로 캡슐에 액체, 기체, 고체를 삽입하는 기술) 적용
- ✓ MICRO119 STICKER: Microencapsulation (10~ 15 마이크로론)
- ✓ 이물질 침투에 강하며, 온도에 자동 반응, 안정성, 유연성이 향상된 바인드 물질



제품 성능개선과 응용제품 개발

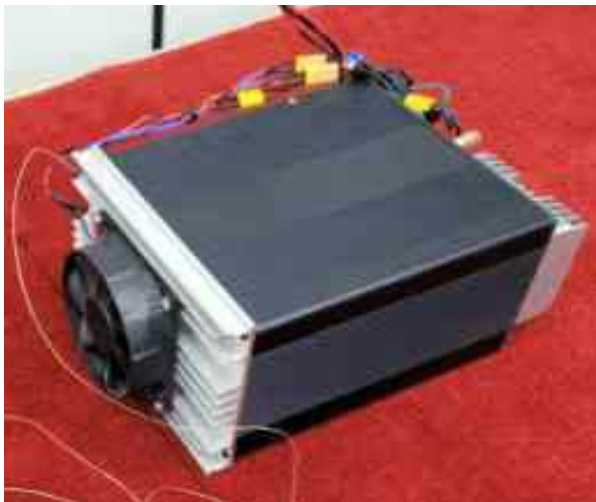
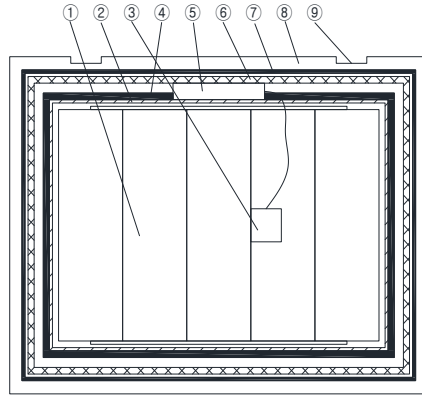
<마이크로 캡슐화 플루오르화 케톤>

- 배터리 팩의 구현

- 우리나라 기온은 기상청 자료에 따르면 2001년 1월 강원도 횡성 -33.0°C , 2018년 8월 강원 홍천 41°C 를 기록 한바 있으나 평균적으로 $-10\sim 30^{\circ}\text{C}$ 수준으로 볼 수 있다. 따라서 환경온도 범위는 $-10\sim 30^{\circ}\text{C}$ 일 것이나 과제의 실험에서는 $-20\sim 50^{\circ}\text{C}$ 에서 내부온도를 $0\sim 30^{\circ}\text{C}$ 수준으로 유지 하도록 하는 것이 목표이다.
- 배터리 셀의 묽음을 절연처리 한다. 이때 절연 두께는 최소한으로 하여 열전달이 될 수 있도록 하고, 배터리 셀 묽음 내부에는 온도를 측정할 수 있는 장치를 삽입 설치한다.
- 절연처리 된 배터리 셀 묽음의 바깥에 금속성 열 전도체로 감싼다.
- 열전도체에 펠티어 소자를 부착 한 후 배터리 셀 묽음 내부에 설치된 온도 측정 장치로부터 배터리 셀 묽음의 온도를 감지하여 목표온도에 도달하도록 제어할 수 있는 제어기를 설치한다.
- 펠티어 일면과 이면의 열전달을 차단 할 수 있도록 배터리 셀 묽음의 바깥에 외함의 내벽과 열전달을 차단할 수 있는 단열소재로 봉합한다.
- 외함의 내벽에는 소화제를 도포 또는 부착한다.
- 외함은 방진방수 할 수 있도록 밀봉하며, 배터리 셀 화재 등으로 내부 압력이 증가했을 때 열릴 수 있는 압력반응개변부를 설치한다. 압력반응개변부는 다른 외벽보다 얇은 두께를 가지게 하여 반응압력을 조절한다.
- 실험결과에 따르면 환경온도 $-20\sim 50^{\circ}\text{C}$ 변화에서 $0\sim 30^{\circ}\text{C}$ 정도의 배터리팩 내부 온도를 유지 한 것을 확인 할 수 있다.



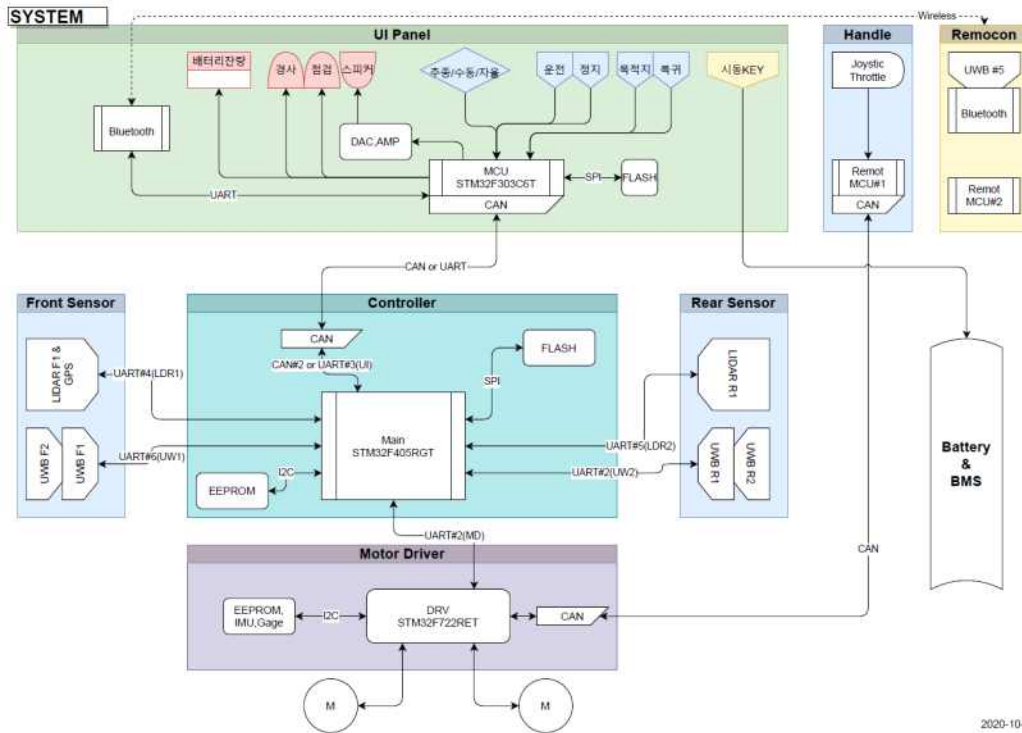
<실험결과 온도변화>



<배터리 팩의 구성도>

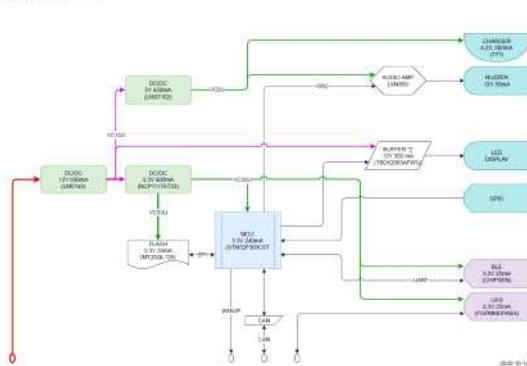
※ 참조2-3

- 임베디드 엔진 개발
- 하드웨어 개발

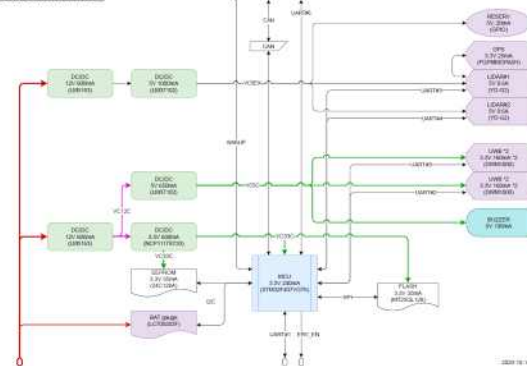


2020-10-14

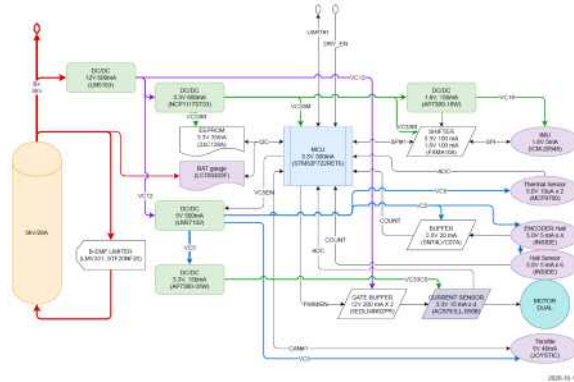
USER INTERFACE



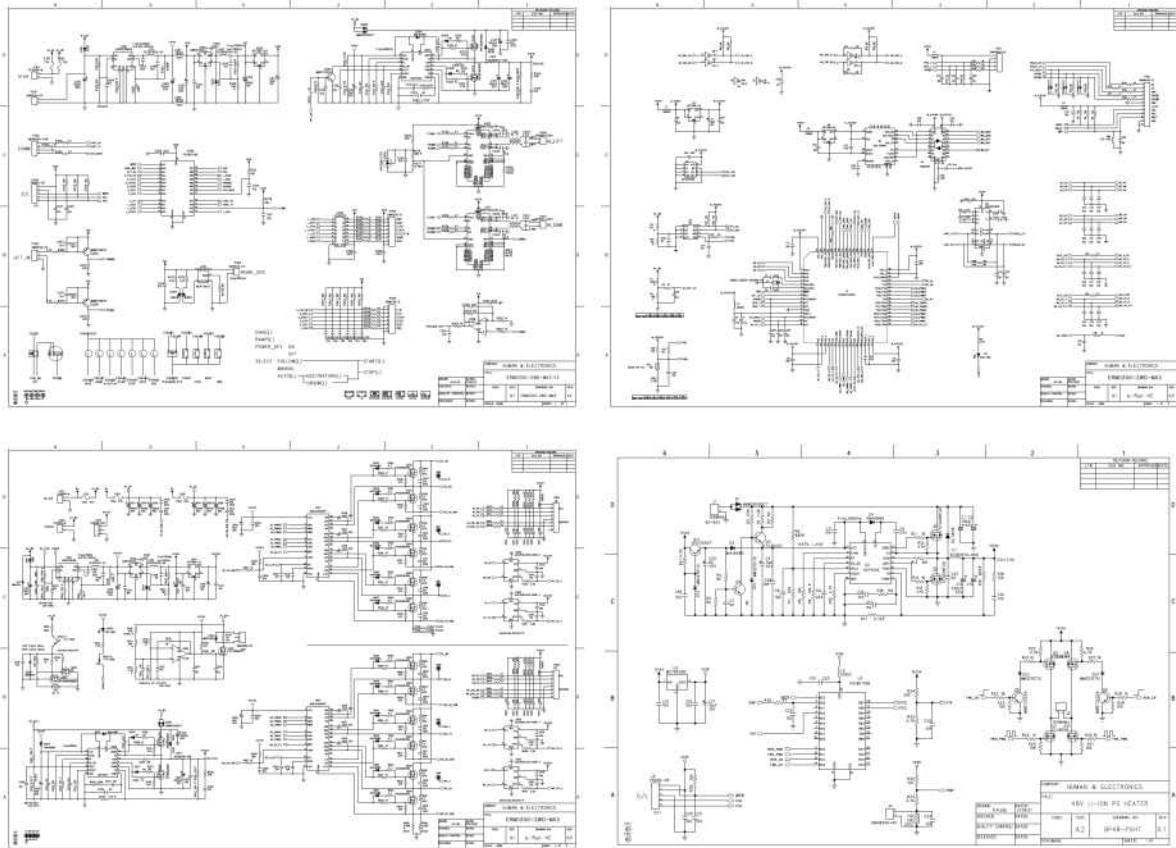
MAIN CONTROLLER



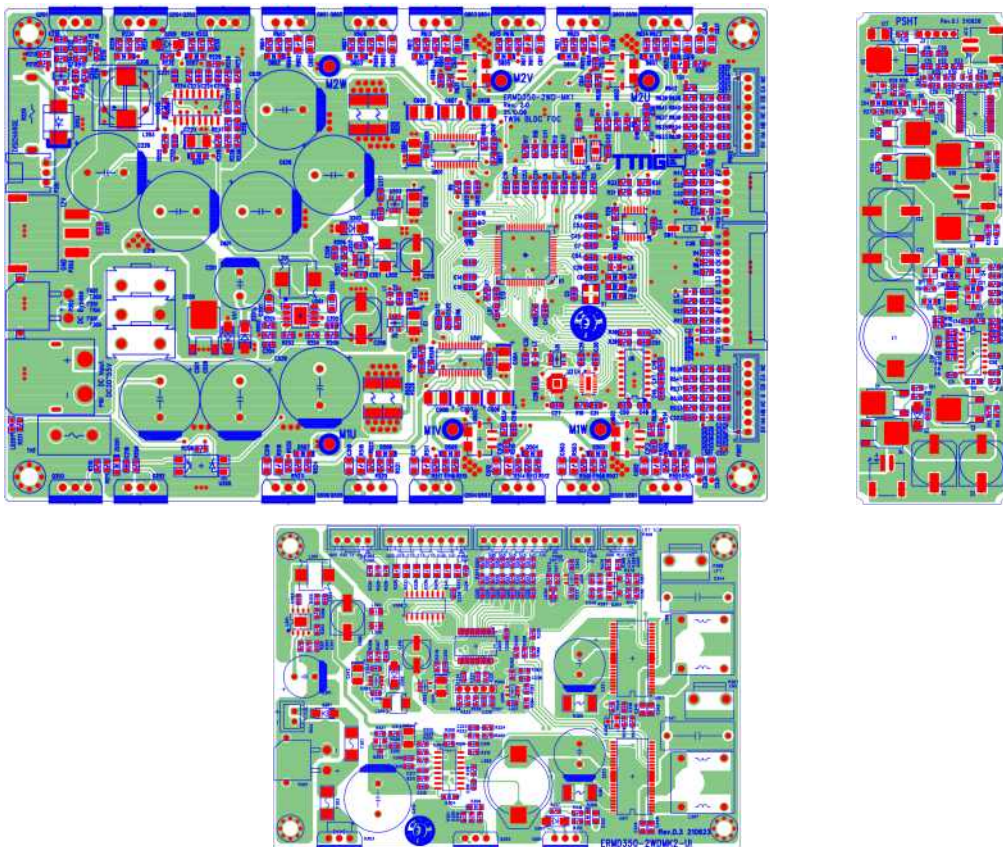
MOTOR DRIVER(INVERTER)



<시스템 블록도>

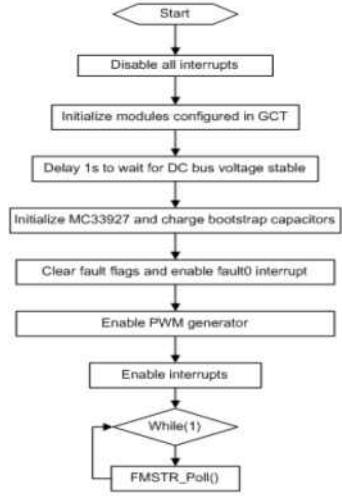
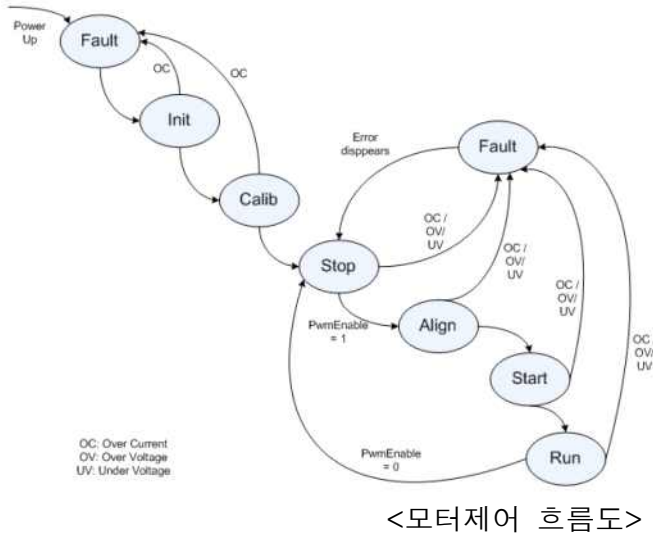


<회로도 구성>

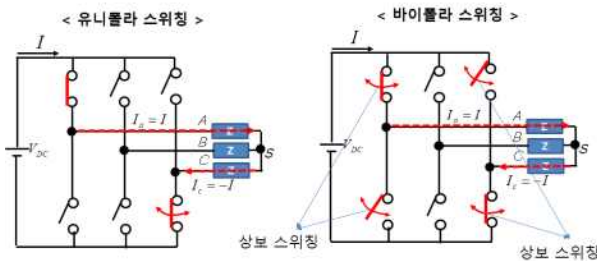


<PCB 디자인>

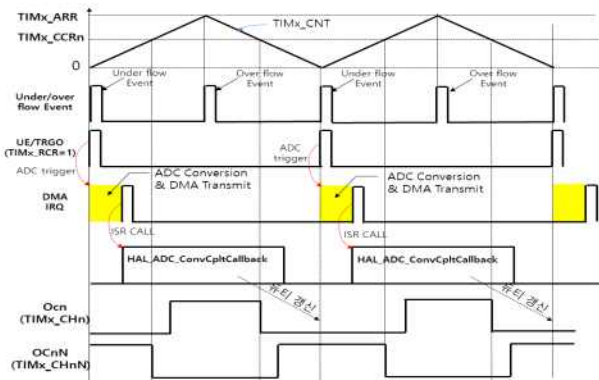
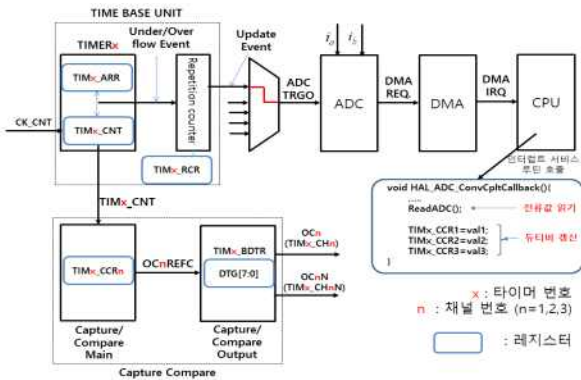
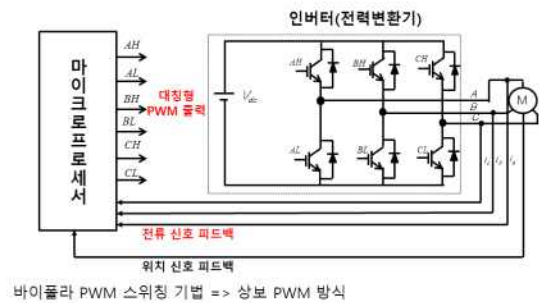
- 펌웨어 개발



유니폴라/바이폴라 PWM 스위칭



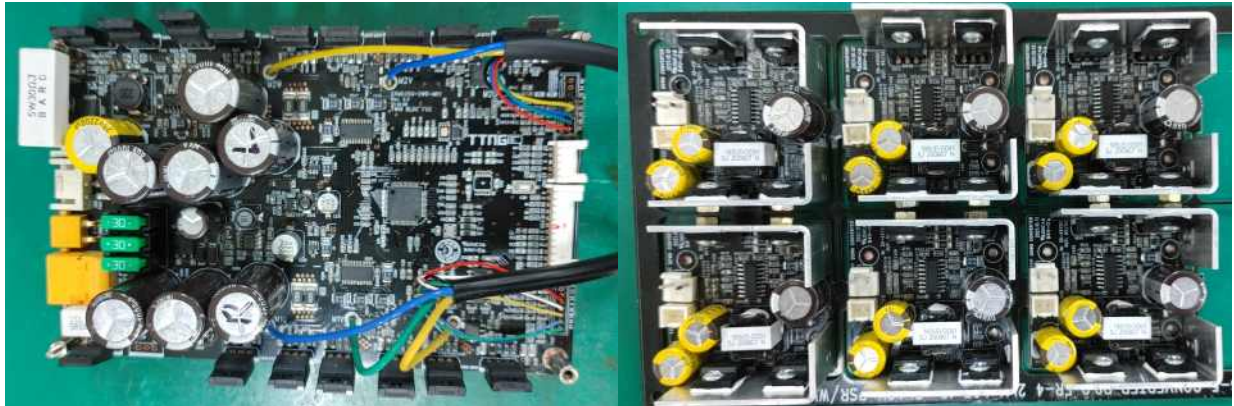
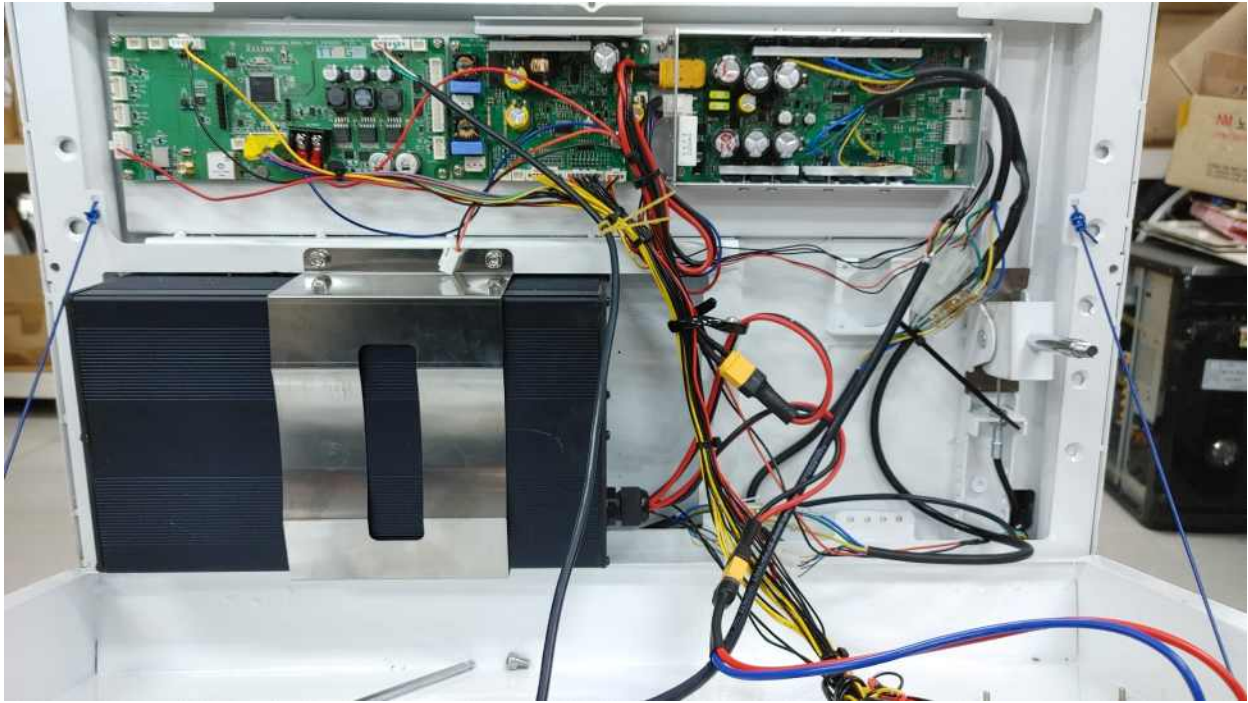
모터 제어를 위한 대칭형 상보 PWM 신호



<모터제어 기술구현>

※ 참조2-4

○ 각 부품 조립 및 완성



<제어기 구성과 설치>



<차체 제작과 조립>

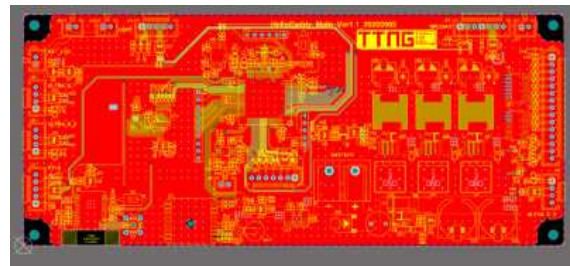
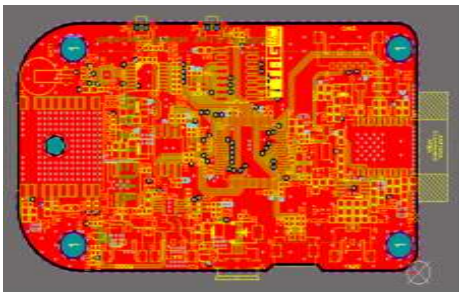


<차체 제작과 시험>

※참조2-5

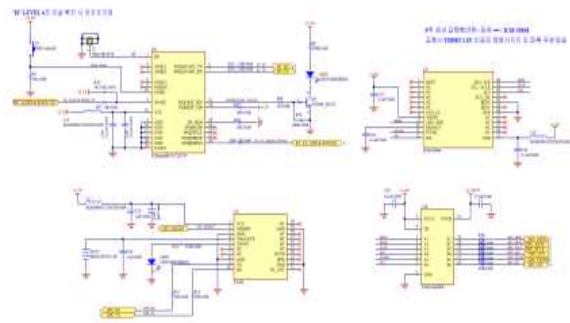
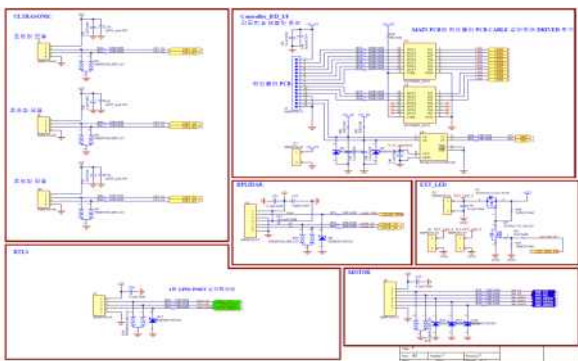
○ UWB 기반 추적대상 위치 측위 HW 제작

- 추적대상과의 거리, 카트의 위치, 카트간 거리 측정이 가능하도록 UWB, BLE, GPS 등 센서 융합을 통해 위치 통신 및 주행 제어를 위한 PCB, 복학센서 모듈 등 HW 제작



<리모컨부>

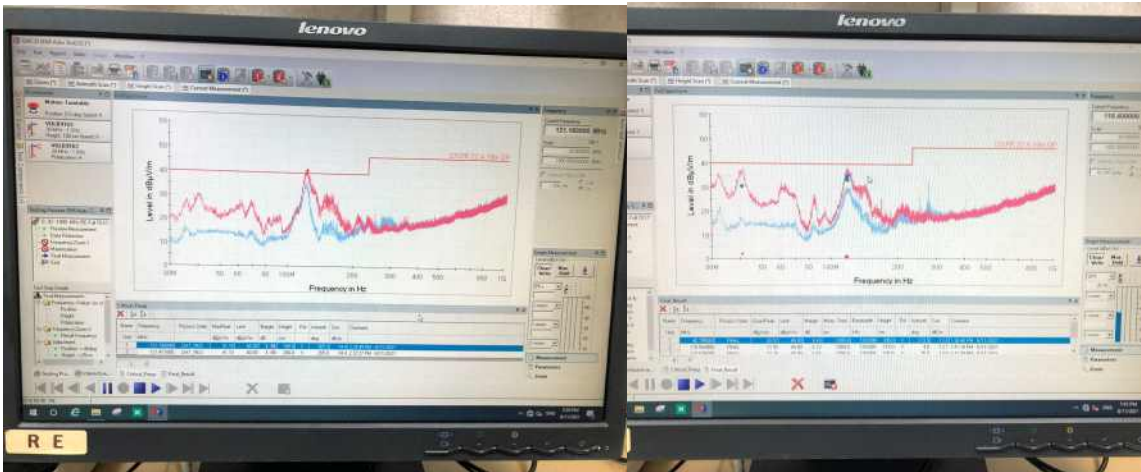
<제어부>



<회로 설계>

※참조2-6

- 제어 개발 : 제어기 성능 테스트 (EMC/EMI)
- 제어기 성능 테스트
- UWB 기반 추적대상 위치 측위 기술 개발
- 리모컨 위치 식별 및 절대위치 도출



```

peripherals_init();
spi_peripheral_init();

Sleep(1000); //wait for LCD to power on

initLCD();

memset(dataseq, 0x0, sizeof(dataseq));
memcpy(dataseq, (const uint8 *) "DECAWAVE", 16);
writetoLCD( 40, 1, dataseq);
memcpy(dataseq, (const uint8 *) SOFTWARE_VER_STRING, 16);
writetoLCD( 16, 1, dataseq);

Sleep(1000);

port_DisableEXT_IRQ(); //disable DW1000 IRQ until we configure the application

#ifdef USB_SUPPORT
// enable the USB functionality
usb_init();
Sleep(1000);
#endif
    
```

<초기 식별 위치 제어>

```

if(inittestapplication(slswitch) == (uint32)-1)
{
    led_on(LED_ALL); //to display error...
    dataseq[0] = 0x2; //return cursor home
    writetoLCD( 1, 0, dataseq[0]);
    memset(dataseq, ' ', LCD_BUFF_LEN);
    memcpy(dataseq, (const uint8 *) "ERROR ", 12);
    writetoLCD( 40, 1, dataseq); //send some data
    memcpy(dataseq, (const uint8 *) " INIT FAIL ", 12);
    writetoLCD( 40, 1, dataseq); //send some data
    return 0; //error
}

#ifdef USB_SUPPORT //this is defined in the port.h file
// Configure USB for output, (i.e. not USB to SPI)
usb_printconfig(16, (uint8 *)SOFTWARE_VER_STRING, slswitch);
#endif

// Is continuous spectrum test mode selected?
if((slswitch & SWS1_IXSPECT_MODE) == SWS1_IXSPECT_MODE)
{
    //this function does not return!
    configure_continuous_txspectrum_mode(slswitch);
}

//sleep for 5 seconds displaying last LCD message and flashing LEDs
i=30;
while(i-->0)
{
    if (i & 1) led_off(LED_ALL);
    else led_on(LED_ALL);

    Sleep(200);
}
i = 0;
led_off(LED_ALL);
command = 0x2; //return cursor home
writetoLCD( 1, 0, scommand);

memset(dataseq, ' ', LCD_BUFF_LEN);
memset(dataseq1, ' ', LCD_BUFF_LEN);

setLCDline1(slswitch);

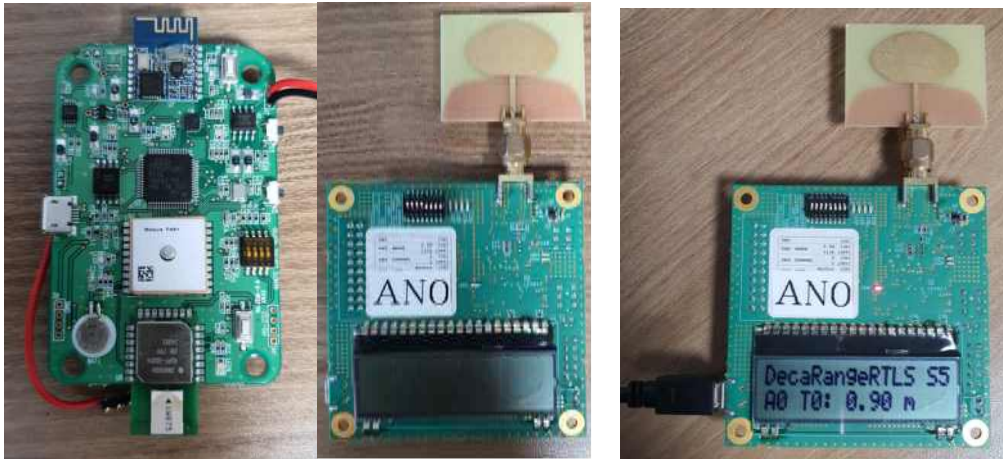
command = 0x2; //return cursor home
writetoLCD( 1, 0, scommand);
    
```

<전후방 모드 선택 제어>

※참조2-7

○ 단거리(30m이내) 안테나 증폭 및 통신 제어

- 이동식 태그와 단거리 통신거리 확보를 위한 안테나 증폭 제어 개발 (11월 중 최대인식거리, 오차율 등 성능평가 진행 예정)



```
// main loop
while(!)
{
    int n = 0;
    instance_data_t* inst = instance_get_local_structure_ptr(0);

    int monitor_local = inst->monitor ;
    int txdiff = (portGetTickCnt() - inst->timeofTx);

    instance_mode = instance_get_role();

    if(instance_mode == TAG)
    {
        tag_run();
    }
    else
    {
        anch_run();
    }
}
```

<통신 루프>

```
if(instance_mode == ANCHOR)
{
    int b = 0;
    double rangetotag = instance_get_tagdist(toggle) ;

    while(((int) (rangetotag*1000)) == 0) //if 0 then go to next tag
    {
        if(b > (MAX_TAG_LIST_SIZE-1))
            break;

        toggle++;
        if(toggle >= MAX_TAG_LIST_SIZE)
            toggle = 0;

        rangetotag = instance_get_tagdist(toggle) ;
        b++;
    }

    sprintf((char*)sdstaseq1[0], "Add TId: %3.2f m", anceddr, toggle, rangetotag);
    writetoLCD(16, 1, dastaseq1); //send some data

    toggle++;

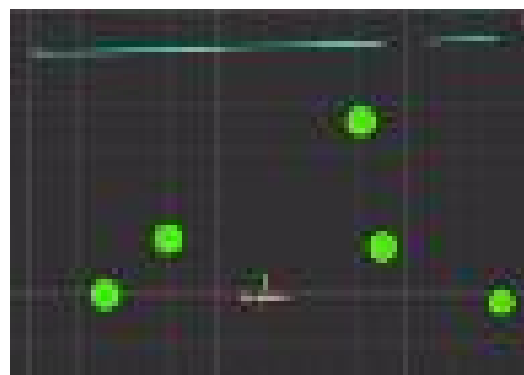
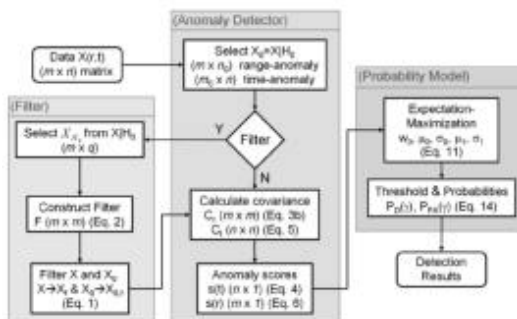
    if(toggle >= MAX_TAG_LIST_SIZE)
        toggle = 0;
}
```

<거리 계산 및 제어>

※참조2-8

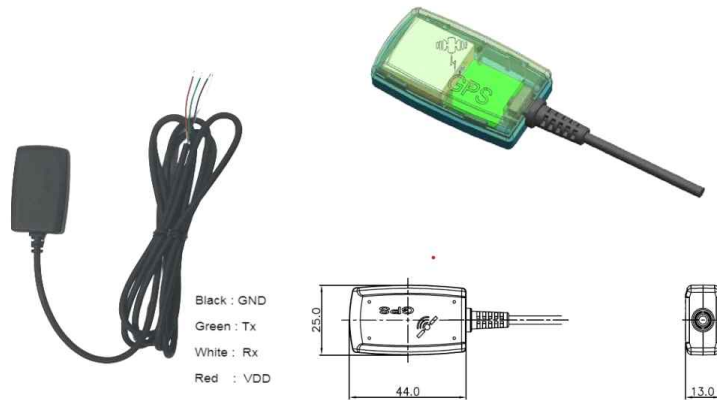
○ 군집주행 알고리즘 개발

- 군집주행을 위한 초기 알고리즘 도출
- 카트간 IP 지정 및 삼변측량법을 이용한 거리 도출



※참조2-10

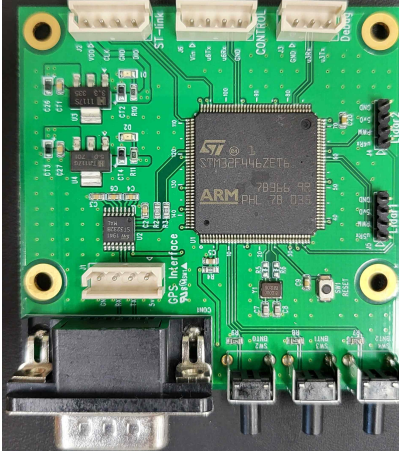
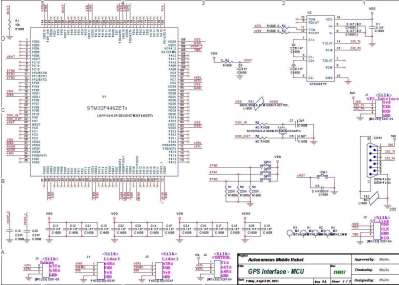
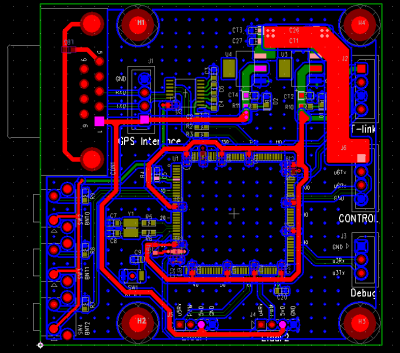
- 저가형 GPS 기반 위치 추종 알고리즘 개발
- 저가형 GPS모듈 선정



Item	Spec	
Main chip	• AG3331	
Receiver Type	• GPS L1 C/A, GLONASS L1: 1602.5625MHz, QZSS L1: 1575.42MHz • 33 tracking channels, 99 acquisition channels	
Sensitivity	• Acquisition : -148[dBm] • Tracking : -165[dBm]	
TTFF	with AGNSS	
	• Cold Start	< 15 sec
	without AGNSS	
	• Cold Start	< 35 sec
	• Warm start	< 30 sec
	• Hot Start	< 2 sec
LNA	• Built in LNA	
satellite	• GPS and GLONASS and QZSS	
Position Updating Rate	• default 1Hz, up to 10 Hz	

< 저가형 GPS 모듈 사양 >

- 제어 보드 회로 /아트웍 설계 및 제작
 - Lidar x2와 GPS 모듈의 데이터를 수신 가능한 인터페이스 포함
 - 동작 클럭 180MHz이며, 데이터 파싱 및 제어 알고리즘 탑재 가능

		
<p>GPS주행 제어용 PCB</p>	<p>회로 설계</p>	<p>아트웍설계</p>

- 주행 제어 시스템 구성

- Lidar와 GPS 모듈의 데이터를 수신하여, 파싱 및 데이터 추출, 좌표 계산을 수행
- 계산된 좌표로 알고리즘을 이용해 모바일 로봇 제어 보드로 제어 명령 송신

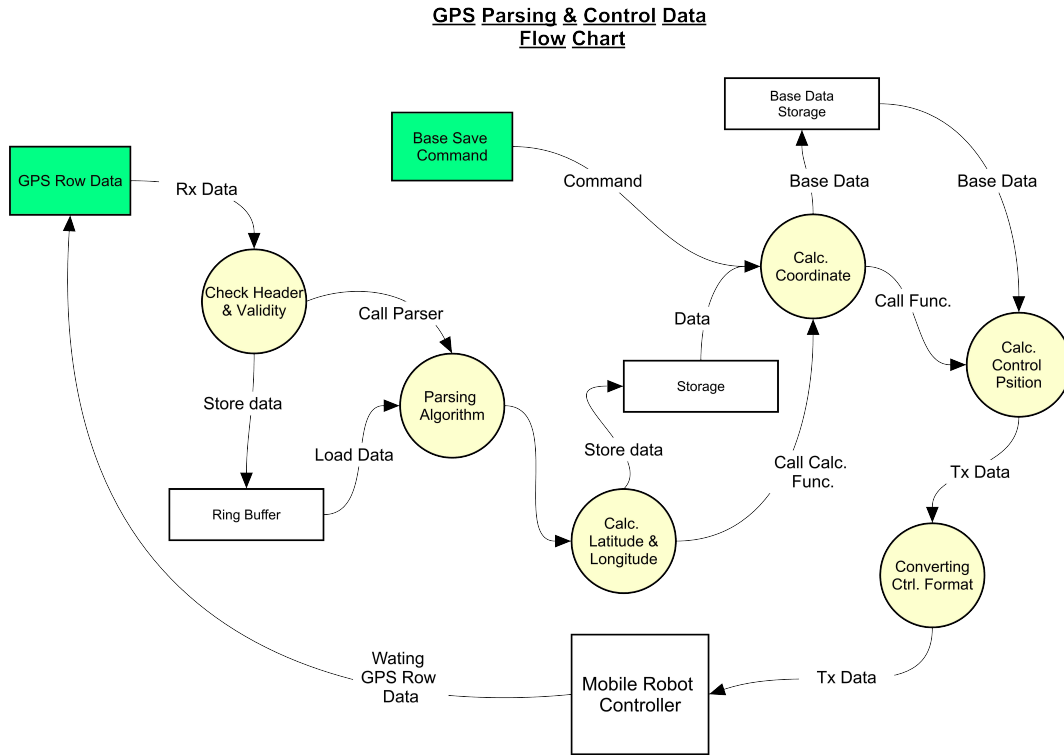
```
E: 3541.539795 N: 12827.829102
52.92 2395.00 210
53.53 2239.00 211
49.52 3499.00 220
50.23 3157.00 222
53.27 2395.00 213
53.77 2239.00 214
318.33 2561.00 200
54.71 2083.00 215

E: 3541.539795 N: 12827.829102
52.92 2394.00 210
52.12 2643.00 211
54.30 2099.00 212
52.91 2410.00 212
53.64 2255.00 207
54.35 2100.00 215
49.38 3654.00 253
51.53 2690.00 253

E: 3541.539551 N: 12827.829102
53.93 2193.00 246
51.97 2752.00 210
52.69 2504.00 200
54.15 2177.00 212
52.91 2442.00 213
53.64 2255.00 207
54.68 2099.00 215
53.06 2426.00 212
318.33 2573.00 200
```

< 추출 완료된 Lidar + GPS 데이터 >

- GPS 파싱 및 제어 좌표 계산 알고리즘

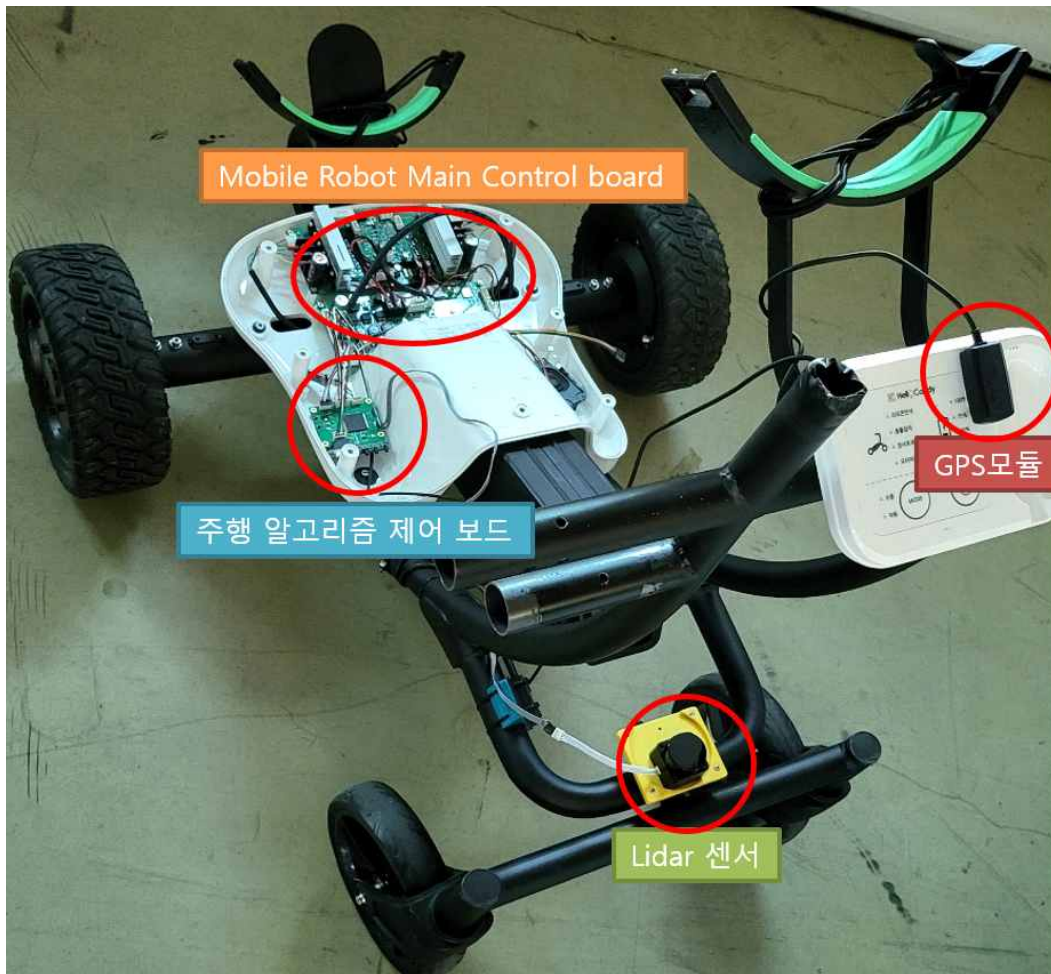


< GPS 파싱 및 주행 제어 알고리즘 데이터 흐름도 >

- GPS 모듈로부터 수신되는 데이터 분석 및 위도, 경도 Row 데이터 추출
- 추출한 Row 데이터로부터 연산 가능한 위도와 경도 데이터로 변환
- 위도와 경도를 투영 좌표계로 변환하여, 목표까지의 거리와 각도를 계산
- 계산된 거리와 각도, 좌표를 이용하여 목적지까지 주행하도록 명령 전송

- GPS 파싱 및 제어 좌표 계산 알고리즘

- 개발 중인 차대의 제어 시스템과 동일한 모바일 플랫폼에 GPS와 Lidar를 적용
- 주행 알고리즘이 탑재된 제어 보드를 GPS와 Lidar과 연결하고, 차대 제어 보드와 시리얼 통신을 통해 제어 명령을 전송



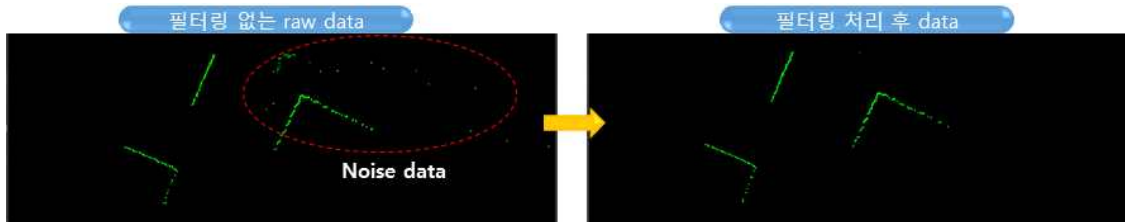
< 제한적 자율주행 테스트를 위한 모바일 플랫폼 >

※참조2-11

○ LIDAR 기반 실외 주행 경로 판단 알고리즘 개발

- 실외 정지/이동 장애물 인식 기술 개발

- 야외 실험 진행을 위한 데이터 필터링 알고리즘 개발
- 입력된 Lidar 레이저 데이터를, 신호의 강도에 따라 0 ~ 255 단계로 분류 한 뒤 200 이상의 강도로 수집된 데이터만 알고리즘에 사용



< 일정 레이저 강도 이상 데이터 필터링 진행 시 noise 감소 확인 가능 >

- 자율주행이 가능한 무인 이동체 기반 야외 장애물 인식 테스트 진행
- 야외에서도 2D Lidar를 활용한 알고리즘 동작 테스트 진행



< 실외 정지/이동 장애물 테스트 환경 및 Lidar 시점 영상 >

- C언어 ARM 임베디드 기반 고속 계산이 가능한 장애물 분류 알고리즘 개발

```

void Calculate_LIDAR(void)
{
    static float diff_angle = 0.0f;
    static uint16_t distance = 0;
    static uint16_t prev_start_angle = 0;
    static int cnt_test = 0, cnt_test2 = 0, cnt_test3 = 39, cnt_test4 = 0;
    if(RxCplt_LIDAR)
    {
        Rxplt_LIDAR = 0;
        memcpy(LIDAR.dst, tmp_LIDAR.dst, 47);
        diff_angle = (float)(LIDAR.LD06_InitTypeDef.end_angle - LIDAR.LD06_InitTypeDef.start_angle) / 100.0f;
        // start kIm 211014
        SaveAngle(LIDAR);
        // end kIm 211014

        if(prev_start_angle > 27000 && LIDAR.LD06_InitTypeDef.start_angle < 9000)
        {
            rotation_scan_cpIt = 1;
            if(cnt_test > cnt_test2)
                cnt_test2 = cnt_test;
            cnt_test = 0;
        }
        else
        {
            cnt_test = 0;
        }
    }
}

void Avoidance_driving_LIDAR(void)
{
    ang_direction = checkObstacle();

    Tracking_x = 0.0f; //for debug
    Tracking_y = 1.0f; //for debug

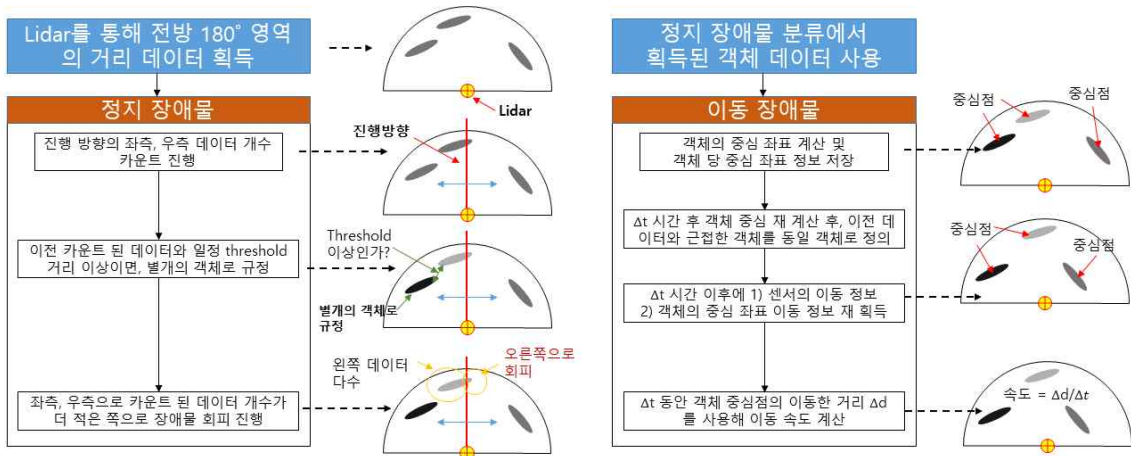
    if(ang_direction == -1)
    {
        // following mode
        Driving_x = Tracking_x;
        Driving_y = Tracking_y;
    }
    else
    {
        // avoiding mode
        cvtAngle2xy(ang_direction, Tracking_x, Tracking_y); // x_in == Tracking_x, y_in == Tracking_y

        Driving_x = tx;
        Driving_y = ty;
    }
}

```

< C언어, ARM 임베디드 기반으로 작성된 장애물 회피 알고리즘 >

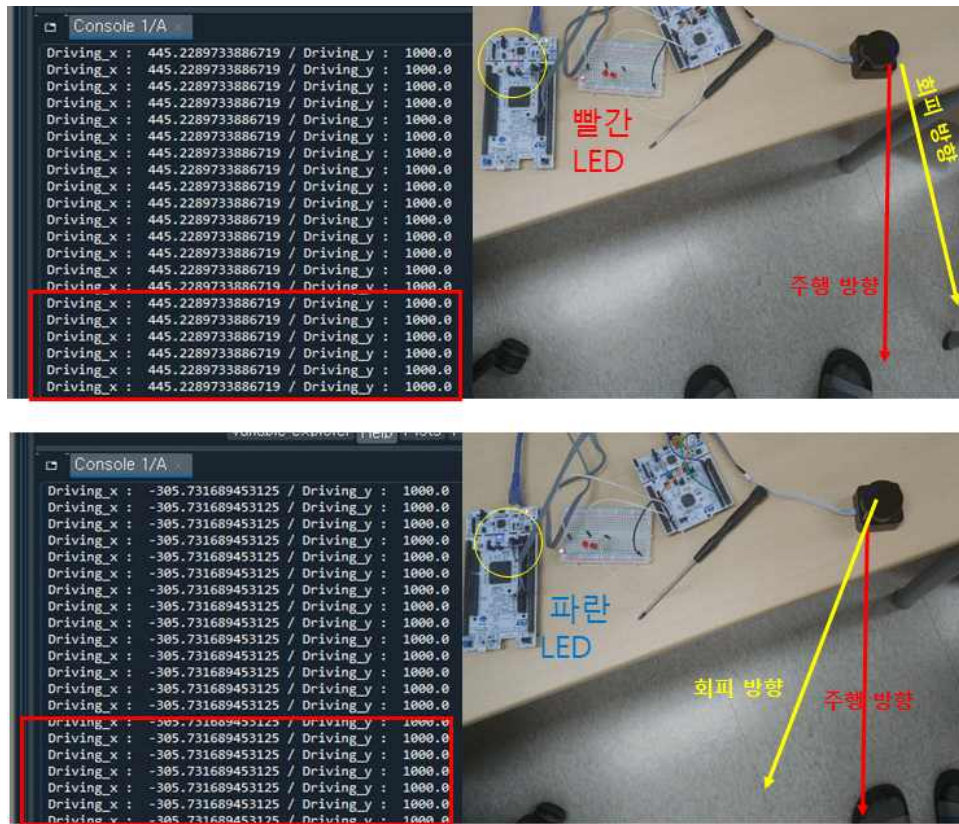
- 개발된 알고리즘을 통해 정지 장애물 및 이동 장애물 인식 가능



< 실외 정지/이동 장애물 인식 알고리즘 >

- 충돌방지 경로 생성 알고리즘 개발

- 전방 장애물의 크기 및 위치를 고려한 충돌방지 회피 경로 생성 알고리즘 개발
- 주행방향 대비 전방 장애물 위치를 고려한 회피 방향 결정



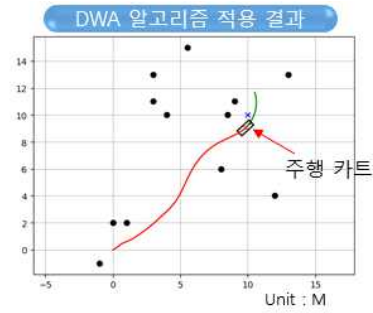
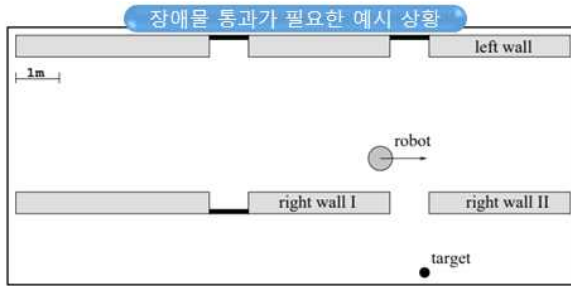
< 전방 장애물 충돌 방지를 위한 회피 방향 결정 테스트 >

※참조2-12

○ 실외 장애물 회피 경로 생성 알고리즘 개발

- LIDAR 기반 실외 주행 경로 판단 알고리즘 개발

- 인식된 장애물 기반 주행 경로 생성 알고리즘 테스트 진행
- 프로그램 동작 과정 중 업데이트가 가능하며, 제한된 장애물 탐지 영역 및 속도 환경에서 사용할 수 있는 Dynamic Window Approach 알고리즘 테스트 진행

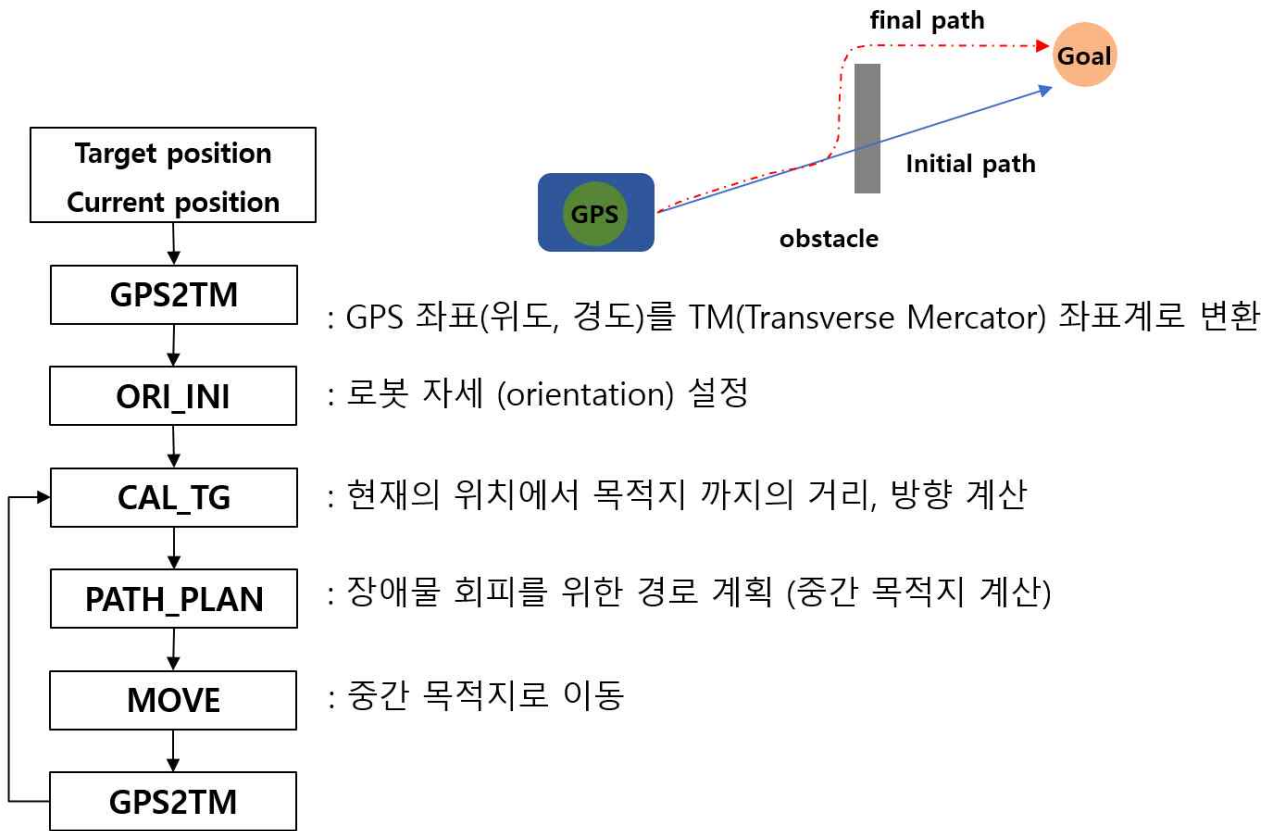


< 장애물 회피 경로 생성을 위한 Dynamic Window Approach 테스트 >

- GPS 기반 타겟 추종 경로 복귀 알고리즘 개발

- GPS의 위치 데이터와 Lidar 장애물 인식 데이터를 통한 회피 경로 생성 알고리즘 개발

회피 경로 생성 기본 개념	장애물 회피 경로 생성	단위 회피 경로 생성



< GPS 기반 경로복귀 및 회피 주행 알고리즘 >

GPS2TM : GPS 좌표(위도, 경도)를 TM(Transverse Mercator) 좌표계로 변환

• **TM좌표계**

- ✓ 지표면에서 남북방향이 X 축이고, 동서방향이 Y 축
- ✓ X 축은 북쪽이 +방향이고, Y 축은 동쪽이 +방향
- ✓ 우리나라 TM(Transverse Mercator) 좌표계 원점의 경위도 값: -중부원점: N38, E127

• **TM 좌표와GPS 좌표(WGS84)간의관계**

$$x = (R_N + h)(\varphi - \varphi_0),$$

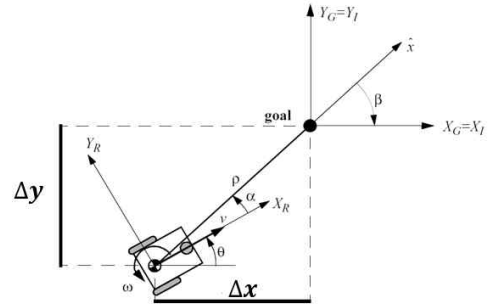
$$y = ((R_E + h) \cos \varphi)(\lambda - \lambda_0)$$

여기서 h는 고도, R_N , R_E 는 각각 북쪽 자오선 방향과 동쪽 방향 곡률 반경, φ_0, λ_0 는 TM 좌표계 원점의 위도와 경도 상수

< 투영좌표(TM좌표) 변환 >

ORI_INI : 주행 초기 로봇의 자세 (orientation) 설정

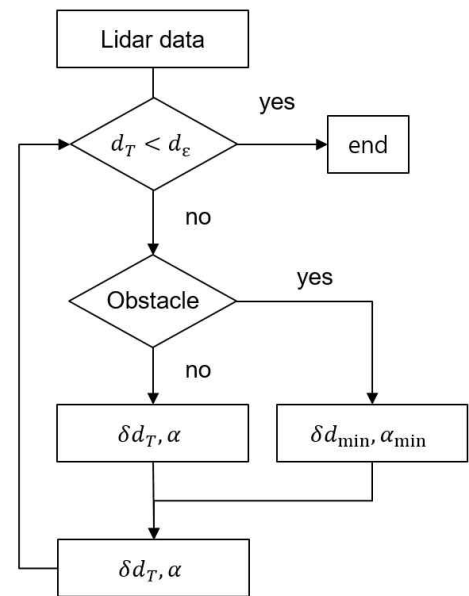
- **로봇 좌표** (x_r, y_r, θ_r)
 - ✓ x_r, y_r : given from GPS
 - ✓ θ_r : unknown
- **목적지 좌표**
 - ✓ 타겟 좌표: (x_T, y_T, θ_T)
 - ✓ $\beta = \alpha + \theta_r, \beta = \text{atan2}(\Delta y, \Delta x)$
- **목적지까지의 거리, 방향**
 - ✓ $d_T = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$
 - ✓ $\alpha = -\theta_r + \beta$



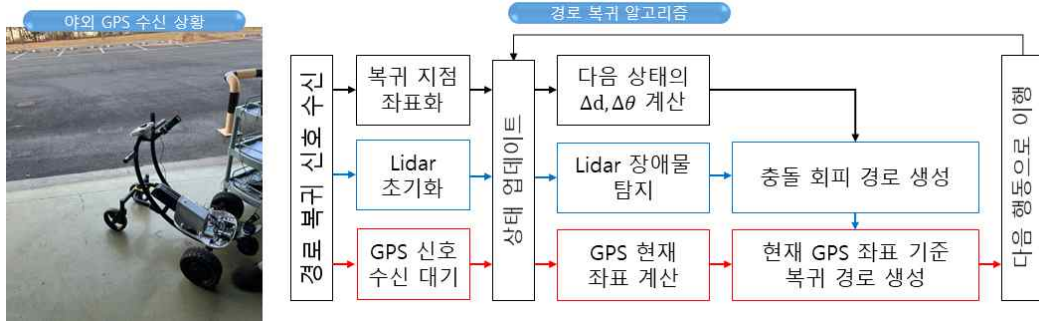
< 모바일 로봇 초기 자세 설정 공식 >

PATH_PLAN : 장애물 회피를 위한 경로 계획

- **장애물 회피가 고려된 경로 계획**
 - ✓ 목적지까지의 거리가 d_ϵ 이상인 경우, GPS 기반 로봇위치 및 Lidar 센서 정보 기반으로 장애물 회피 경로 생성
- **장애물 부재 시, sub target 좌표**
 - ✓ 극좌표로 이동 위치 제공: $\delta d_T, \alpha$
 - ✓ δd_T : 목적지 방향으로의 증분
 - ✓ α : 로봇 오리엔테이션 기반 목적지 방향
- **장애물 발견 시, sub target 좌표**
 - ✓ 극좌표로 이동 위치 제공: $\delta d_{\min}, \alpha_{\min}$
 - ✓ δd_{\min} : 장애물 회피 가능 경로 중 목적지까지 최단 거리 방향 증분
 - ✓ α_{\min} : 장애물 회피 가능 경로 중 목적지까지 최단 거리 방향



< 모바일 로봇 회피경로를 고려한 경로 계획 >



< 장애물 회피 경로 생성을 위한 Dynamic Window Approach 테스트 >

- 야외 테스트에서 획득된 GPS 좌표 값을 활용한 자율 주행 경로 생성 테스트
- 2D Lidar 기반 장애물 인지와 GPS
- 복귀 지점 경로 생성의 순차적 계산을 통해, 추종 경로 복귀 및 장애물 회피의 동시 실행 가능

※참조2-13

○ 실외 자율주행 성능 평가 시나리오 개발

- 정지 장애물 대상 충돌회피 성능 평가 시나리오 개발

- 목표까지 자율 주행 중, 정지 장애물에 대한 충돌 방지 기능으로써 정지 장애물을 인식하여 안전거리 내에서 회피하여 주행 여부를 확인

장애물	<ul style="list-style-type: none"> • 농업로봇의 주행 경로 상에 존재하여 Ego vehicle 과의 충돌 가능성이 있는 물체 - 정지 장애물 : 이동 속도 0 km/h 인 장애물
Sensor (Lidar)	<ul style="list-style-type: none"> • LD06 LiDAR (~ 12m, 4500 Hz)
정지 장애물	<ul style="list-style-type: none"> • 직경 11 cm 이상의 대상 2 종 • 형상 : 사각형 박스, 라바콘
Test 환경	<ul style="list-style-type: none"> • 건물 외부, 자연광에 노출된 노면이 평탄한 환경

<시험환경>



< 실외 자율주행 성능 평가 시나리오 테스트 환경 및 성능 평가 >

- 정지 장애물 대상 충돌회피 성능 평가

- 정지 장애물에 대한 실내 성능 테스트 실시



< 2종 정지 장애물 대상 충돌회피 시험: 박스, 라바콘 >

· 2종의 정지 장애물에 대한 20회 시험을 통해 로봇의 회피 여부 확인

장애물	시행 (회)	성공 (회)	성공률 (%)
라바콘	20	18	90
박스	20	19	95

※ 참조3-1

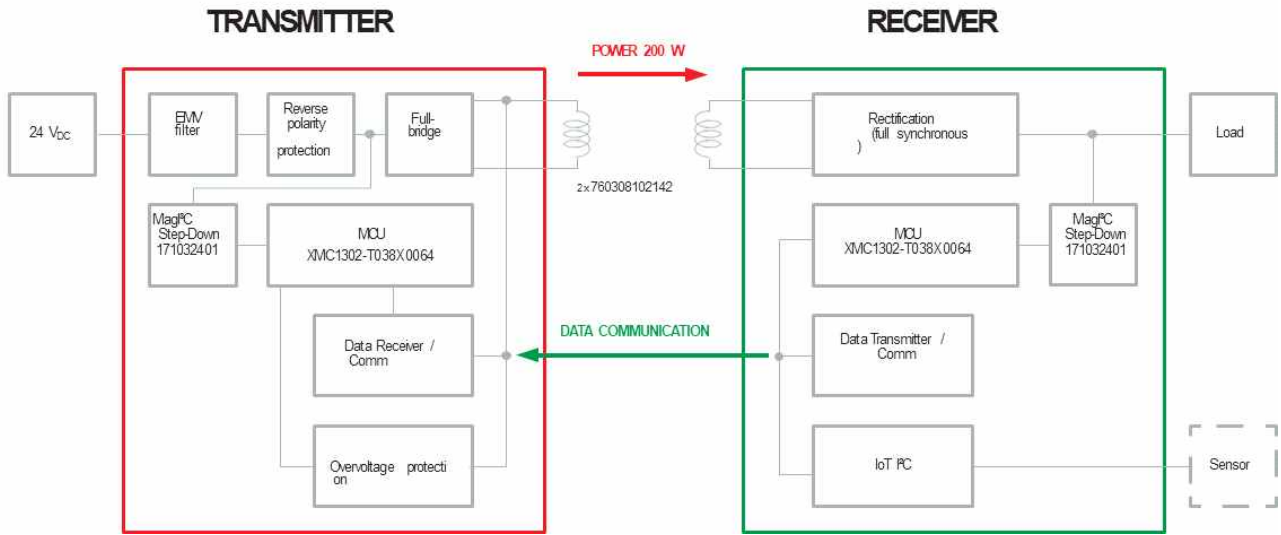
○ 과제 목표 외 2종을 추가 제작하여 용도에 맞게 다양한 환경에서 활용 할 수 있도록 제작함.





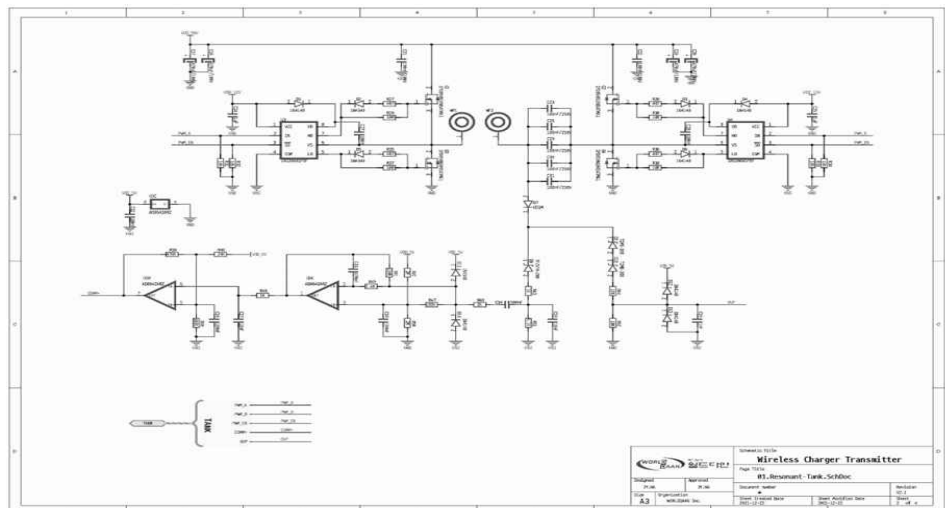
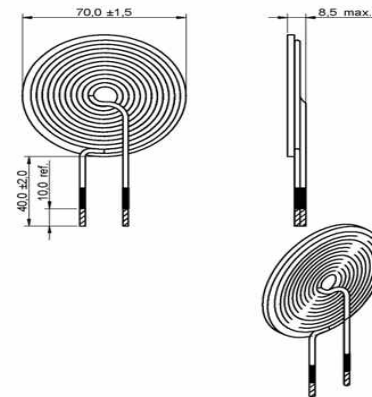
<시제품 제작>

Wireless 설계



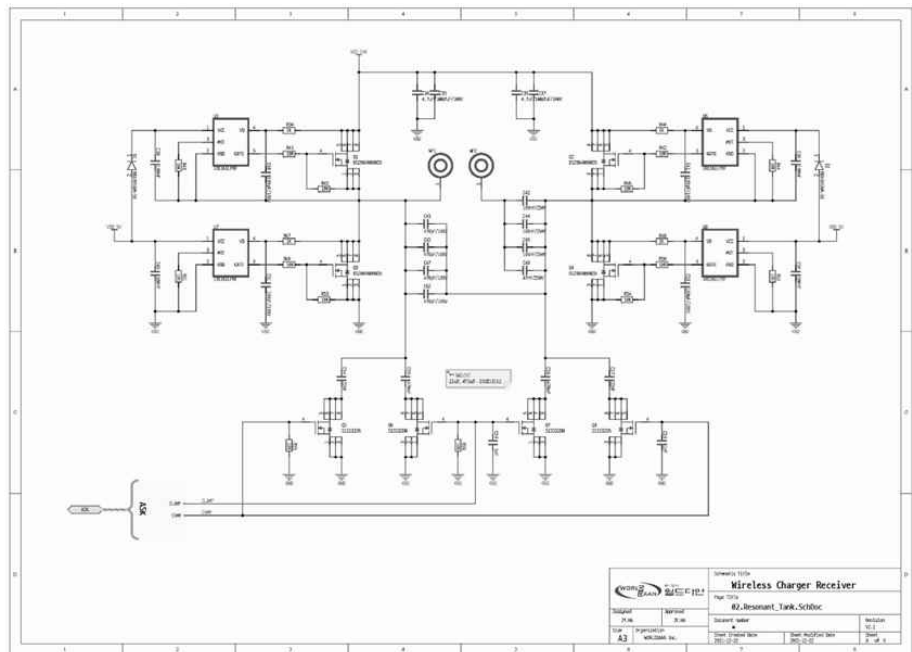
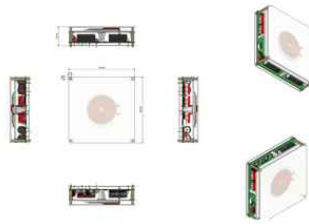
Transfer/Receiver Coil 설계

Parameters	Specification	Remark
Gap of transfer pad and receive pad	0-40mm	
Offset permission of Transfer and receiver pad	25mm	
Transmission Efficiency	>85%	
Transmission Cable	1000 mm	Coil+CR B/D
Reception Cable	500mm	Coil+CR B/D
Wireless Communication	Coil 무선 통신	



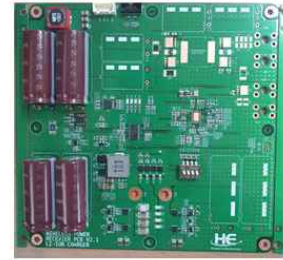
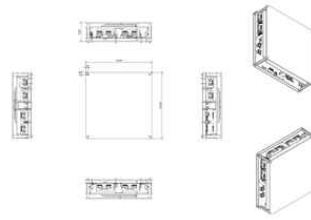
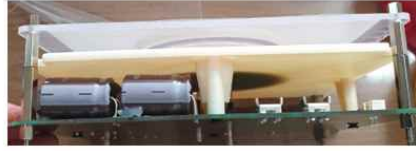
무선 충전 송신부

- 3차 TX-MODULE

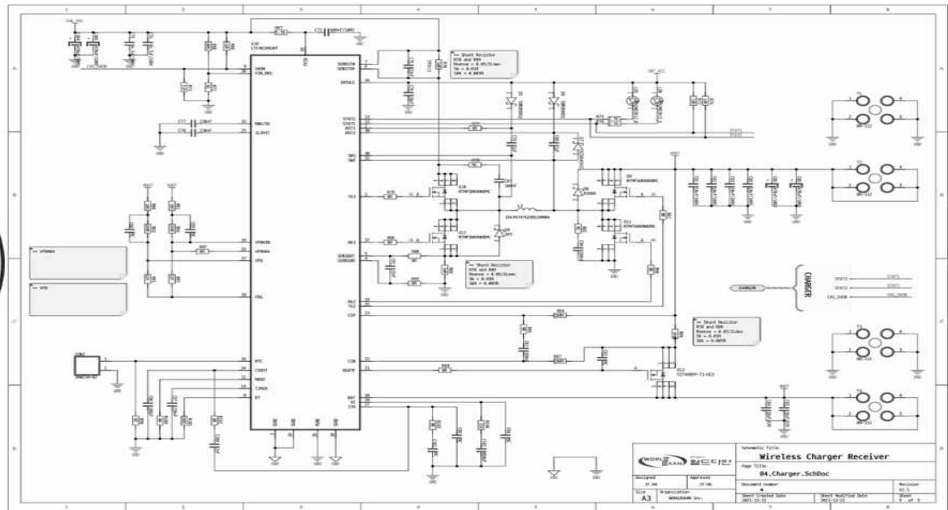


무선 충전 수신부_3차

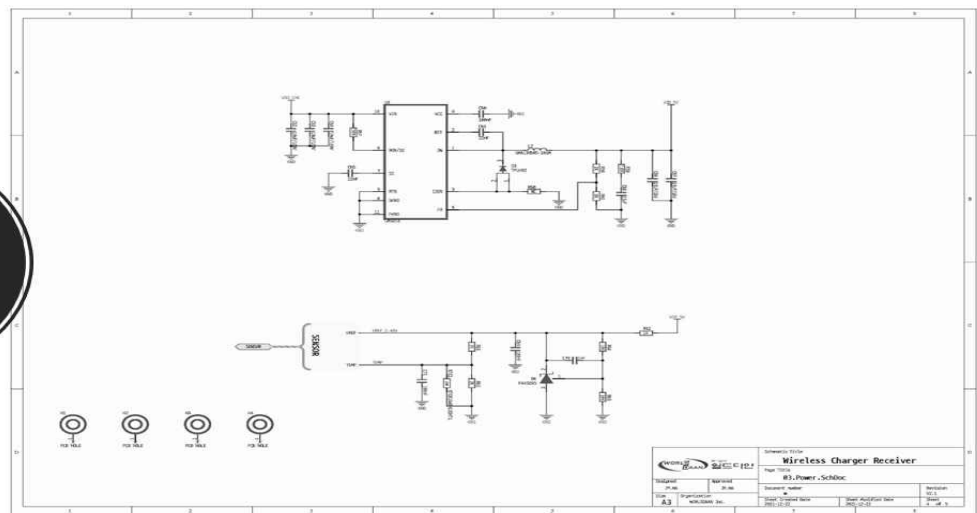
- 3차 RX-MODULE(충전부 포함)



Transfer_Charger



Reciver_Rower

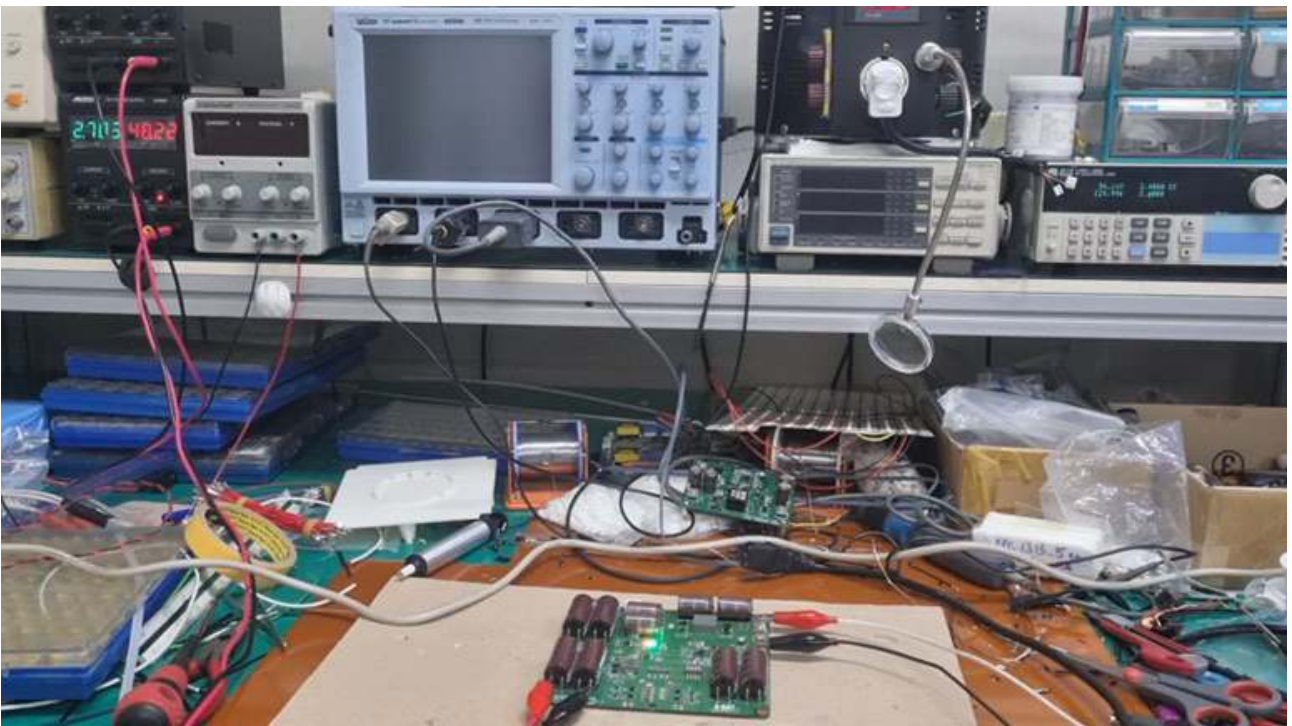




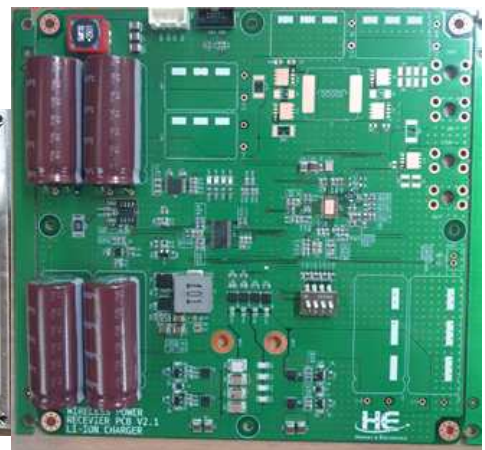
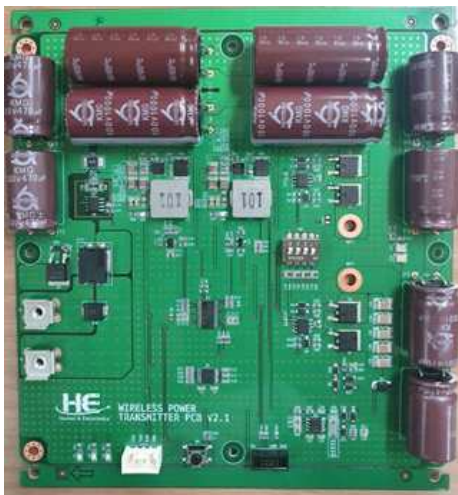
30V 전송 테스트



48V 전송 테스트



충전부 단독 테스트



※참조3-3



시험 성적서

한국로봇산업진흥원

대구광역시 북구 노원로 77
Tel : 053)210-9616 / Fax : 053)210-9529
http://www.kiria.org

성적서번호 : 2022-TR-1-0147
페이지 (1) / (총 20)



한국로봇산업진흥원

KIRIA INSTITUTE FOR ROBOT INDUSTRY ADVANCEMENT

1. 의뢰자

- 기관명 : ㈜에이치엔이
- 주소 : 경상북도 구미시 1공단로 6길 103-61(공단동)
- 의뢰일자 : 2022년 10월 25일

2. 시료 (제품명 / 모델명) : 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇

3. 시험기간 : 2022. 10. 17. ~ 10. 18.

4. 시험장소 : 고정시험실 현장시험
(주소 : 대구광역시 북구 노원로 77 한국로봇산업진흥원 표준시험인증센터)

5. 시험방법 : 불임 시험방법 참조

6. 시험결과 : 불임 시험결과 참조

확 인	시험실무자 성 명 : 신 재 섭	승 인	기술책임자 성 명 : 이 상 중
-----	----------------------	-----	----------------------

※ 시험성적서 정보

1. ■ KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련 없음.
2. 이 성적서의 시험결과는 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 본 기관의 승인 없이는 전체를 제외하고 일부본만의 복제를 금합니다.
3. 이 성적서에 적합성 진술이 제공된 경우, 적용된 성적서의 의사결정 규칙은 상기의 시험방법에서 측정불확도를 언급한 경우를 제외하고 측정불확도를 적용하지 않았음.
4. © 표시된 시험항목은 KOLAS 인정범위 외의 시험결과임.
5. 시험성적서의 진위여부에 대한 확인이 필요한 경우에는 온라인인증평가시스템(cert.kiria.org)에 접속하여 진위여부를 확인하시기 바랍니다.

2022. 11. 10.

한국로봇산업진흥원장 (인)



F-P07-01(2020.08.14)

시험 결과

1. 시험 제품정보

제 조 사	(주)에이치엔이
제 품 명	지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇
모 델 명	-
시 료 수	1개

제품사진





F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

2. 시험 환경 및 측정기기

2.1 시험환경

온도 : (24.0 ~ 24.7)°C, 상대습도 : (27.4 ~ 31.0) % R. H.

시험환경		
------	---	--

2.2 시험장비

시험장비 및 측정기	세부 내용	시험장비 및 측정기	세부 내용
주행성능평가 시스템 (가변경사로시험장 (거리))	교정일자 : 2022. 8. 12. 제조사 : ㈜보임테크놀러지, 주이화건설	온·습도 측정기	교정일자 : 2022. 7. 28. 제조사 : Lutron 모델명 : MHB-382SD
강제출자	교정일자 : 2022. 7. 26. 제조사 : Komelon 모델명 : KMC-25RJ_7.5 m	디지털 각도계	교정일자 : 2022. 7. 26. 제조사 : Acuangle 모델명 : EA-100
전기식 지시 저울	교정일자 : 2021. 11. 26. 제조사 : Sartorius 모델명 : MWIP1-300CF-L	레이저 거리 측정기	교정일자 : 2021. 12. 2. 제조사 : Bosch 모델명 : CLM80
초시계	교정일자 : 2021. 11. 29. 제조사 : Casio 모델명 : HS-3	-	-

F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.1 최대 적재하중

시험방법

- 다음 시험에 대하여 총 3회 반복 측정하여 결과를 기록한다.
- 1) 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇에 신청자가 제시한 적재 하중(200 kg)을 싣는다.
- 2) 주행성능평가시스템 가변경사로 시험장에 로봇을 위치시킨다.
* 신청자 제시 바닥면 : 대리석
- 3) 로봇을 수동으로 주행시킨 후 주행 거리를 측정 및 기록한다.

시험결과

구분	적재 하중	주행 거리
1회차	204 380 g	9.84 m
2회차	204 380 g	10.73 m
3회차	204 380 g	9.94 m

시험사진

적재 하중 측정

$(79.36 + 125.02) \text{ kg} = 204.38 \text{ kg}$



F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.1 최대 적재하중

시험사진
하중 적재



8 m 주행



F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.2 적재 면적

시험방법

○ 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇의 적재부 면적을 1회 측정한다.

시험결과

적재부 폭	적재부 길이
780 mm	1160 mm

시험사진



F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.3 최고 속도

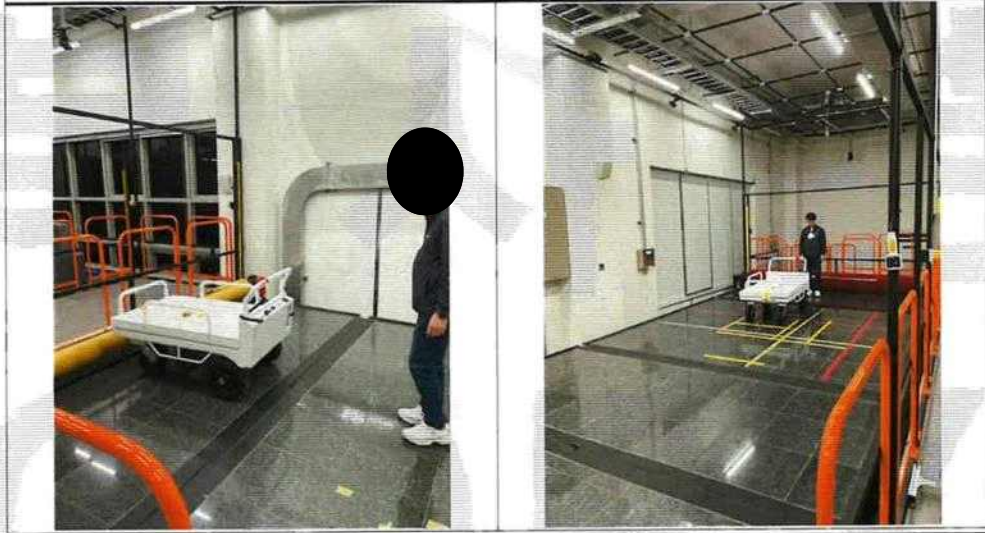
시험방법

- 다음 시험에 대하여 총 3회 반복 측정하여 결과를 기록한다.
- 1) 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇을 주행성능평가시스템 가변경사로 시험장에 위치시킨다.
* 신청자 제시 바닥면 : 대리석
- 2) 로봇을 추종 모드로 주행시켜 5 m 구간에서의 최고 순간 속도를 측정한다.

시험결과

구분	최고 속도
1회차	1.84 m/s
2회차	1.76 m/s
3회차	1.82 m/s

시험사진



F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.4 최대 등반각도

시험방법

- 다음 시험에 대하여 총 3회 반복 측정하여 결과를 기록한다.
- 1) 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇을 주행성능평가시스템, 가변경사로 시험장에 위치시킨다.
* 신청자 제시 바닥면 : 카펫
- 2) 경사로 각도를 11.3° 설정한 뒤 로봇을 수동 모드로 주행시켜 경사로 구간(3.3 m)에서 상향/전진 및 하향/후진시킨다.

시험결과

구분	상향/전진		하향/후진	
	경사각도	경사로 주행거리	경사각도	경사로 주행거리
1회차	11.3°	3.3 m	11.3°	3.3 m
2회차	11.3°	3.3 m	11.3°	3.3 m
3회차	11.3°	3.3 m	11.3°	3.3 m

시험사진

상향/전진



F=P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.4 최대 등반각도

시험사진	
하향/후진	
	
등반 각도	
상향/전진	하향/후진
	

F-P07-02(2020. 08. 14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.5 측면경사 직진주행 각도

시험방법

- 다음 시험에 대하여 총 3회 반복 측정하여 결과를 기록한다.
- 1) 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇을 주행성능평가시스템 가변경사로 시험장에 위치시킨다.
* 신청자 제시 바닥면 : 카펫
- 2) 경사로 각도를 5.7° 설정한 뒤 로봇을 수동 모드로 주행시켜 경사로 구간(2.0 m)에서 가로 방향/전진시킨다.

시험결과

구분	가로방향/전진	
	경사각도	경사로 주행거리
1회차	5.7°	2.0 m
2회차	5.7°	2.0 m
3회차	5.7°	2.0 m

시험사진

상향/전진



F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.6 1회충진 최대 이동거리

시험방법

- 다음 시험에 대하여 총 3회 반복 측정하여 결과를 기록한다.
- 1) 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇을 완충시킨다.
- 2) 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇을 주행성능평가시스템 주행내구성 시험장에 위치시킨다.
- 3) 추종 모드로 로봇의 바퀴를 4 h 동작시킨다.

시험결과

- 시험 결과 : 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇은 주행내구성 시험장에서 4 h 10 min 33.78 s 동작하였음

시험사진



F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.7 추종대상 인식률

시험방법

- 다음 시험에 대하여 총 3회 반복 측정하여 결과를 기록한다.
- 1) 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇을 주행성능평가시스템 가변경사로 시험장에 위치시킨다.
* 신청자 제시 바닥면 : 대리석
- 2) 로봇을 추종 모드로 설정 후 추종 대상을 따라 3 m 주행 가능 여부를 확인한다.

시험결과

구분	시험 결과
1회차	3 m 주행 가능하였음
2회차	3 m 주행 가능하였음
3회차	3 m 주행 가능하였음

시험사진



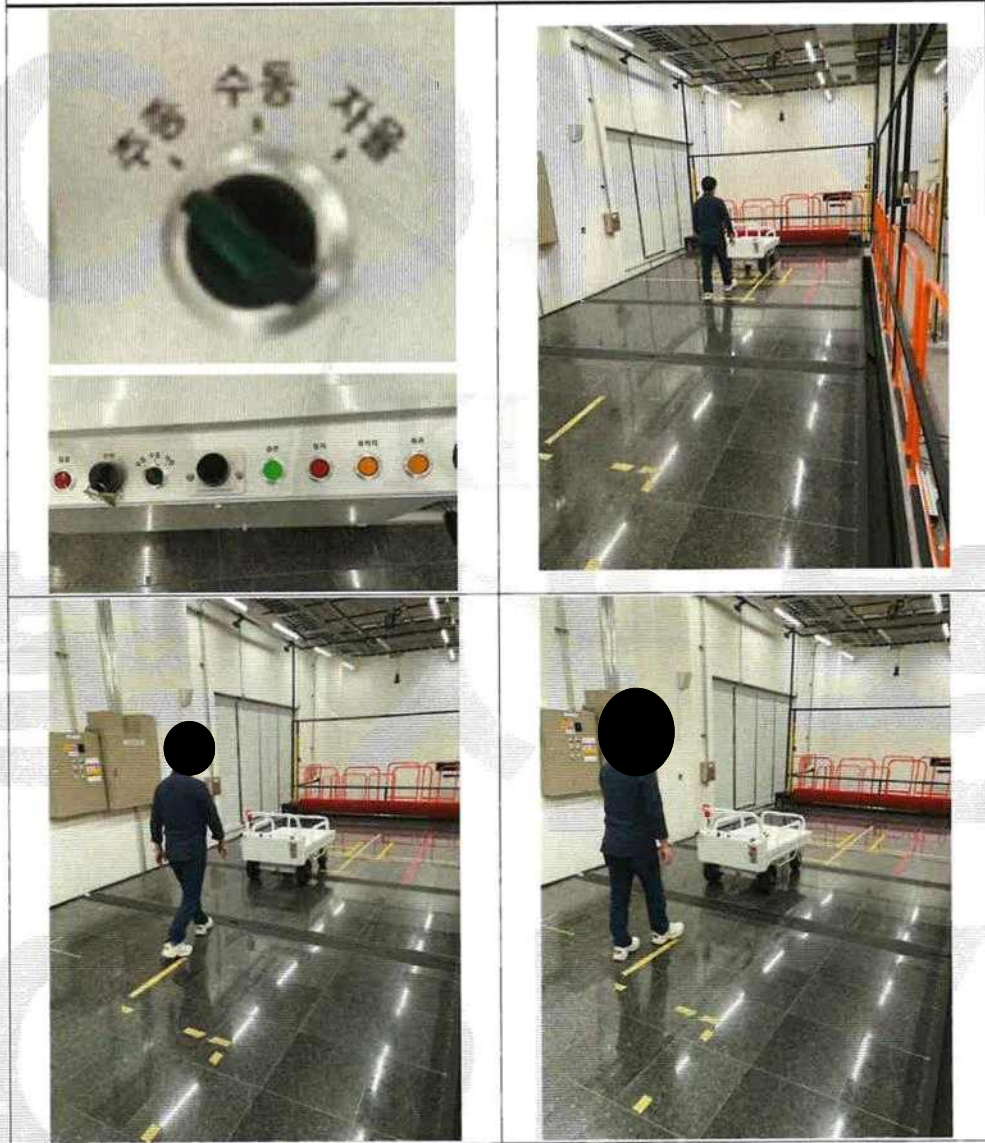
F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.7 추종대상 인식률

시험사진



F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.8 추중대상 근접 정차거리

시험방법

- 다음 시험에 대하여 총 3회 반복 측정하여 결과를 기록한다.
- 1) 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇을 주행성능평가시스템 가변경사로 시험장에 위치시킨다.
* 신청자 제시 바닥면 : 대리석
- 2) 로봇을 추중 모드로 설정한다.
- 3) 추중 대상은 3 m 이동 후 정지한다.
- 4) 추중 대상과 로봇과의 거리를 측정한다.

시험결과

구분	시험 결과
1회차	0.469 4 m
2회차	0.466 3 m
3회차	0.482 4 m

시험사진







F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.8 추종대상 근접 정차거리

시험사진

F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.9 정적 장애물 인식률

시험방법

- 다음 시험에 대하여 총 3회 반복 측정하여 결과를 기록한다.
- 1) 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇을 주행성능평가시스템 가변경사로 시험장에 위치시킨다.
* 신청자 제시 바닥면 : 대리석
- 2) 로봇을 추종 모드로 설정한다.
- 3) 신청자가 준비한 지그를 활용하여 로봇의 구동부를 띄운다.
- 4) 전방에 추종 대상을 위치시킨다.
- 5) 로봇 전방으로 장애물을 접근시킨 뒤 점검 램프의 점등 여부 및 추종 대상과 장애물의 거리를 측정한다.

시험결과

구분	점검 램프 점등 여부	추종 대상과 장애물의 거리
1회차	램프 점등 확인	0.394 1 m
2회차	램프 점등 확인	0.286 3 m
3회차	램프 점등 확인	0.408 0 m

시험사진



F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.9 정적 장애물 인식률

시험사진



F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.10 동적 장애물 인식률

시험방법

- 다음 시험에 대하여 총 3회 반복 측정하여 결과를 기록한다.
- 1) 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇을 주행성능평가시스템 가변경사로 시험장에 위치시킨다.
* 신청자 제시 바닥면 : 대리석
- 2) 로봇을 추종 모드로 설정한다.
- 3) 신청자가 준비한 지그를 활용하여 로봇의 구동부를 띄운다.
- 4) 전방에 추종 대상을 위치시킨다.
- 5) 로봇의 전방에 장애물을 지나가게 한 뒤 점검 램프의 점등 여부를 확인한다.

시험결과

구분	점검 램프 점등 여부
1회차	램프 점등 확인
2회차	램프 점등 확인
3회차	램프 점등 확인

시험사진



F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.11 정적 장애물 회피 성공률

시험방법

- 다음 시험에 대하여 총 5회 반복 측정하여 결과를 기록한다.
- 1) 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇을 주행성능평가시스템 장애물 회피 시험장에 위치시킨다.
- 2) 로봇을 자율 모드로 설정한다.
- 3) 로봇 전방에 장애물을 위치시킨다.
- 4) 로봇을 주행시킨 뒤 충돌 및 목표 위치 도착 여부를 확인한다.

시험결과

구분	충돌 여부	목표 위치 도착
1회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
2회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
3회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
4회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
5회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음

시험사진



F-P07-02(2020.08.14)

시험결과

3. 시험결과 상세

3.12 동적 장애물 회피 성공률

시험방법

○ 다음 시험에 대하여 총 10회 반복 측정하여 결과를 기록한다.

- 1) 지능형 전기동력 자율주행 운반 로봇을 주행성능평가시스템, 가변경사로 시험장에 위치시킨다.
* 신청자 제시 바닥면 : 대리석
- 2) 로봇을 자율 모드로 설정한다.
- 3) 로봇 전방에 동적 장애물을 위치시킨다.
- 4) 로봇 주행과 동시에 동적 장애물을 로봇 전방으로 이동시킨다.
- 5) 로봇과 동적 장애물간의 충돌 및 목표 위치 도역 여부를 확인한다.

시험결과

구분	충돌 여부	목표 위치 도착
1회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
2회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
3회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
4회차	충돌하였음	목표 위치 도착하지 않았음
5회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
6회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
7회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
8회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
9회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
10회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음

시험사진



4회차 충돌 사진



끝.



시험 성적서

한국로봇산업진흥원

대구광역시 북구 노원로 77
Tel : 053)210-9615 / Fax : 053)210-9529
http://www.kiria.org

성적서 번호 : 2022-TR-1-0141
페이지 (1) / (총 5)



KIRIA 한국로봇산업진흥원

KRPA INSTITUTE FOR ROBOT INDUSTRY ADMINISTRATION

1. 의뢰자

- 기관명 : ㈜에이치엔이
- 주소 : 경상북도 구미시 1공단로 6길 103-61(공단동)
- 의뢰일자 : 2022. 10. 20.

2. 시료 (제품명 / 모델명) : 주행제어 모터 드라이버 / 주행제어 모터 드라이버

3. 시험기간 : 2022. 10. 24.

4. 시험장소 : 고정시험실 현장시험
(주소 : 대구광역시 북구 노원로 75 한국로봇산업진흥원 표준시험인증센터 신뢰성시험실2)

5. 시험방법
- KS C IEC 60529 : 2013 외항의 밀폐 보호등급 구분(IP코드)
14.2.5 6.3 mm 노즐을 가진 제2 특성 숫자 5에 관한 시험

6. 시험결과 : 불임 시험결과 참조

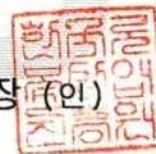
확 인	시험실무자	승 인	기술책임자
	성 명 : 이 상 석		성 명 : 이 상 종

※ 시험성적서 정보

1. KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련 없음.
2. 이 성적서의 시험결과는 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 본 기관의 승인 없이는 전체를 제외하고 일부분만의 복제를 금합니다.
3. 이 성적서에 적합성 진술이 제공된 경우, 적용된 성적서의 의사결정 규칙은 상기의 시험방법에서 측정불확도를 언급한 경우를 제외하고 측정불확도를 적용하지 않았음.
4. 시험성적서의 진위여부에 대한 확인이 필요한 경우에는 온라인인증평가시스템(cert.kiria.org)에 접속하여 진위여부를 확인하시기 바랍니다.

2022. 11. 11.

한국로봇산업진흥원장 (인)



시험 결과

1. 시험 제품정보

제 조 사	쥬에이치엔이
분 류	-
제 품 명	주행제어 모터 드라이버

제품사진



2. 시험 환경 및 측정기기

2.1 시험 환경

☞ KS C IEC 60529 : 2013 외함의 밀폐 보호등급 구분(IP코드) 11.1 물 또는 먼지 시험에 관한 대기 조건

표준 대기 조건

온도 범위	상대 습도	기압
15 °C ~ 35 °C	25 % R.H. ~ 75 % R.H.	86 kPa ~ 106 kPa (860 mbar ~ 1.060 mbar)

측정 대기 조건(시험 전)

온도	상대 습도	기압
21.7 °C	48.9 % R.H.	101.34 kPa

측정 대기 조건(시험 후)

온도	상대 습도	기압
21.9 °C	42.3 % R.H.	101.34 kPa

사진



사진



F-P07-02(2020.08.14)

시험 결과

2.2 시험 장비

시험장비 및 측정기	장비사진	세부 내용
방수시험챔버		장비구분 : 방수시험챔버 모델명 : SWT800 제조사 : WEISS 기기번호 : 59226161540010 교정일자 : 2022.06.28.
디지털 환경 계측기		장비구분 : 디지털 환경 계측기 모델명 : MHB-382SD 제조사 : LUTRON 기기번호 : AJ.35192 교정일자 : 2022.06.27.

3. 시험결과

시험방법
<p>※ KS C IEC 60529:2013 외함의 밀폐 보호등급 구분(IP코드) 14.2.6를 따름</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 시험되는 외함은 반원의 중심에 둔다. 2) 방수율을 12.5L/min 으로 하고 수압은 정해진 방수율을 얻도록 조절 한다. 3) 물은 노즐로부터 2.5m ~ 3 m 떨어진 지점 약 40mm의 원에 물 흐름의 중심을 둔다. 4) 시험시간은 3분으로 설정한다.
시험결과
1) 시료 내부 육안검사 결과, 시료 내부 수분 침투흔적 없음

시험 결과

시험 사진

시험 전



시험 중



시험 후

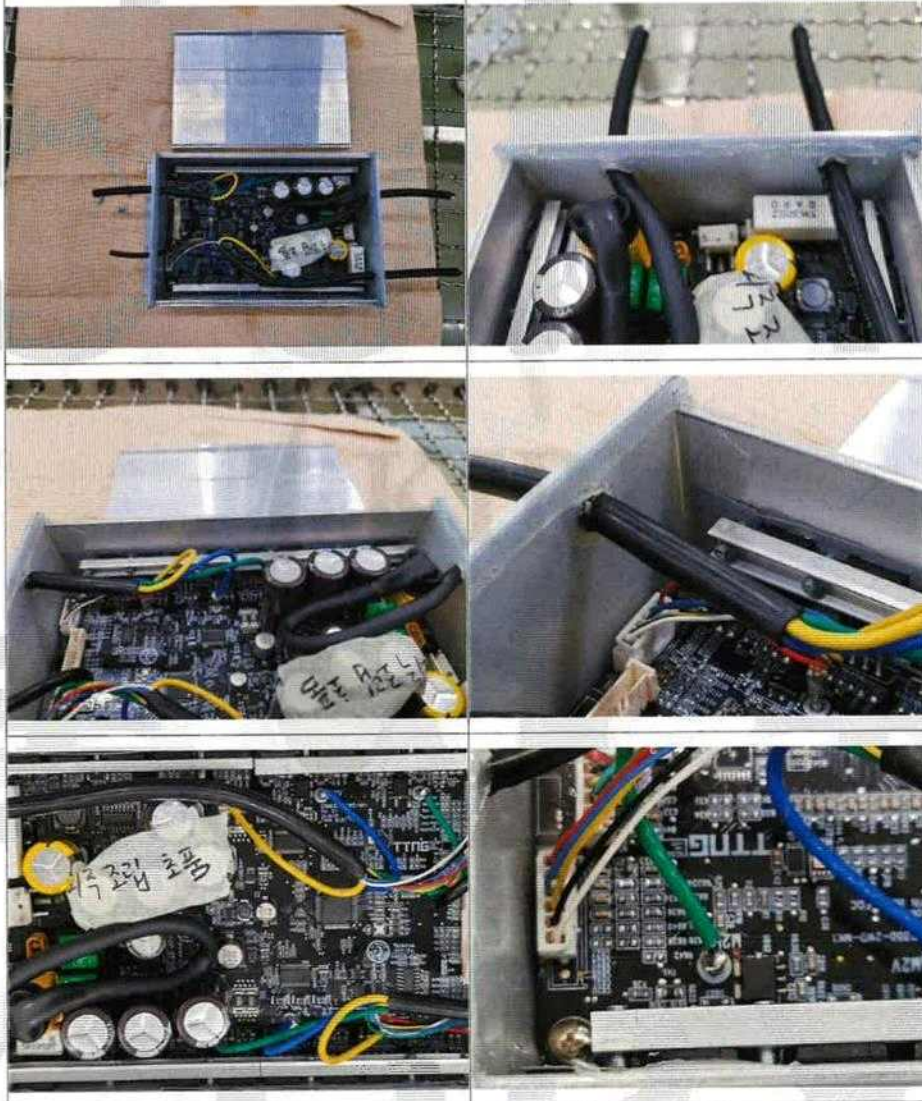


F-P07-02(2020.08.14)

시험 결과

시험사진

시험 후




끝.

F-P07-02(2020.08.14)



시험 성적서

한국로봇산업진흥원 대구광역시 북구 노원로 77 Tel : 053)210-9615 / Fax : 053)210-9529 http://www.kiria.org	성적서 번호 : 2023-TR-1-0016 페이지 (1) / (총 6)	 KIRIA 한국로봇산업진흥원 <small>KOREA INSTITUTE FOR ROBOT INDUSTRY ADVANCEMENT</small>
--	--	--

1. 의뢰자

- 기관명 : ㈜에이치엔이
- 주소 : 경상북도 구미시 1공단로 6길 103-61
- 의뢰일자 : 2022. 12. 26.

2. 시료 (제품명 / 모델명) : 배터리 향온 케이스

3. 시험기간 : 2023.01.19. ~ 2023.01.27.

4. 시험장소 : 고정시험실 현장시험 (주소 : 대구광역시 북구 노원로 75 한국로봇산업진흥원 표준시험인증센터 신뢰성시험실3)

5. 시험방법

- 의뢰자 (에이치엔이) 제시 자체 시험방법(배터리 케이스 내부 향온 시험)

6. 시험결과 : 불임 시험결과 참조

확인	시험실무자 성명 : 이 상 석 	승인	기술책임자 성명 : 이 상 중 
----	---	----	---

※ 시험성적서 정보

- KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련 없음.
- 이 성적서의 시험결과는 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하며, 본 기관의 승인 없이는 전체를 제외하고 일부부분만의 복제를 금합니다.
- 이 성적서에 적합성 진술이 제공된 경우, 적용된 성적서의 의사결정 규칙은 상기의 시험방법에서 측정불확도를 언급한 경우를 제외하고 측정불확도를 적용하지 않았음.
- 시험성적서의 진위여부에 대한 확인이 필요한 경우에는 온라인인증평가시스템(cert.kiria.org)에 접속하여 진위여부를 확인하시기 바랍니다.

2022. 1. 31.

한국로봇산업진흥원장 (인)





성적서 번호 : 2023-TR-1-0016

페이지 (2) / (총 9)

시험 결과

1. 시험 제품정보

제 조 사	쥬에이치엔이
분 류	-
제 품 명	배터리, 항온 케이스
제품사진	
시료 내부 온도 측정 위치	

2. 시험 환경 및 측정기기

2.1 시험 환경

○ 현장 환경 조건에 따름

측정 대기 조건(시험 전)			측정 대기 조건(시험 후)		
온도	상대 습도	기압	온도	상대 습도	기압
15.3 ℃	25.8 %	101.96 kPa	16.1 ℃	26.9 %	101.61 kPa
사진			사진		

F P07-02(2020.08.14)

시험결과

2.2 시험 장비

시험장비 및 측정기	장비사진	세부 내용
항온항습기		장비구분 : 항온항습기 모델명 : FX434PH 제조사 : ETAC 기기번호 : 111111002 교정일자 : 2022.02.17.
디지털 환경 계측기		장비구분 : 디지털 환경 계측기 모델명 : MIB-382SD 제조사 : LUTRON 기기번호 : AJ.35192 교정일자 : 2022.06.28.
데이터 기록계		장비구분 : 데이터 기록계 모델명 : GL240 제조사 : GRAPHTEC 기기번호 : C50931496 교정일자 : 2022.11.28.

3. 배터리 케이스 내부 항온 시험

시험방법

1. 전원 미인가 Test

- 1) 챔버에 시료를 위치시킨 후 전원을 인가하여 성능시험 항목을 확인한다.
- 2) 성능시험 항목을 확인한 시험품은 전원을 제거하여 작동하지 않고 5)~11)의 과정의 시험을 진행한다.
- 3) 5)~11)의 과정동안 매5~10분 간격으로 시험품의 내부 온도를 기록 한다.
- 4) 시험을 종료하고 지시된 성능시험 항목을 확인한다.
* 시험품의 작동 유무 따른 시험품 내부 온도 차이를 측정한다.

2. 전원 인가 Test

- 1) 챔버에 시료를 위치시킨 후 전원을 인가하여 성능시험 항목을 확인한다.
- 2) 성능시험 항목을 확인한 시험품은 전원을 인가하여 동작을 유지한 상태에서 5)~11)의 과정의 시험을 진행한다.
- 3) 5)~11)의 과정동안 매5~10분 간격으로 시험품의 내부 온도를 기록 한다.
- 4) 시험을 종료하고 지시된 성능시험 항목을 확인한다.
* 시험품의 작동 유무 따른 시험품 내부 온도 차이를 측정한다.



시험 결과

시험방법

<온도 프로파일>

- 5) 챔버의 온도가 +25℃가 되도록 장비를 가동시킨 후 도달하면 온도를 고정하여 1시간 동안 유지한다.
- 6) 챔버의 온도를 상승시켜 온도가 +50℃가 되도록 장비를 50분 동안 가동시킨다.
- 7) 챔버의 온도가 +50℃에 도달하면 온도를 고정하여 3시간 동안 유지 한다.
- 8) 챔버의 온도를 천천히 하강하여 온도가 -20℃가 되도록 장비를 2시간 20분 동안 가동시킨다.
- 9) 챔버의 온도가 -20℃에 도달하면 온도를 고정하여 3시간 동안 유지 한다.
- 10) 챔버의 온도를 상승시켜 온도가 +25℃가 되도록 장비를 90분 동안 가동시킨다.
- 11) 챔버의 온도가 +25℃ 도달하면 온도를 고정하여 1시간 동안 유지한다.

시험결과

- 1) 시험 전후 성능 시험 결과 정상 동작 및 외관 육안검사 결과 특이사항 없음

구분	번호	시험 항목	시험 기준
전원 미인가	1	환경(챔버) 온도 대비 시료 온도 확인	측정온도기록
	2	방열 팬	기능 실행 시 작동 확인
	3	외관 검사	변형이 있거나 녹이 슬거나 금이 가거나 도료가 벗겨진 부분이 없는지 손상여부 확인
전원 인가	1	환경(챔버) 온도 대비 시료 온도 확인	-10℃(챔버 온도 -20℃) ~ +40℃(챔버 온도 +50℃)를 유지, 측정온도기록
	2	방열 팬	기능 실행 시 작동 확인
	3	외관 검사	변형이 있거나 녹이 슬거나 금이 가거나 도료가 벗겨진 부분이 없는지 손상여부 확인

구분	번호	시험 항목	결과	
			시험 전	시험 후
전원 미인가	1	환경(챔버) 온도 대비 시료 온도 확인	-19.3℃(챔버 온도 -20℃) ~ +49.5℃(챔버 온도 +50℃) (4.1 참조)	
	2	방열 팬	○	○
	3	외관 검사	○	○
전원 인가	1	환경(챔버) 온도 대비 시료 온도 확인	-4.1℃(챔버 온도 -20℃) ~ +32.4℃(챔버 온도 +50℃)를 유지(4.2 참조)	
	2	방열 팬	○	○
	3	외관 검사	○	○

F-P07-02(2020.08.14)

시험 결과

시험사진

시험 전



시험 중



F-P07-02(2020.08.14)

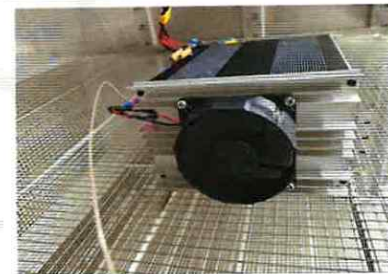
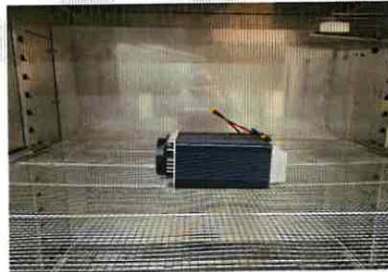
시험 결과

시험사진

시험 중



시험 후



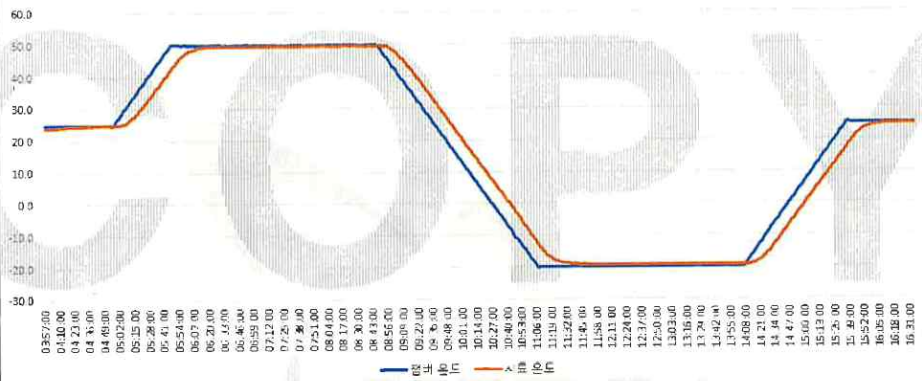
F-P07-02(2020.08.14)

시험 결과

시험사진

시험 그래프

전원 미인가 Test



전원 인가 Test



F-P07-02(2020.08.14)



시험 결과

4. 배터리 케이스 내부 항온 시험 data

4.1 전원 미인가 Test

○ 50 ℃ data Table(10분 간격 기록)

번호	Time	챔버 온도(℃)	시료 온도(℃)	챔버 온도, 시료 온도 차이	비고
1	05:48	50.0	42.9	7.1	
2	05:58	50.0	47	3.0	
3	06:08	49.9	48.6	1.3	
4	06:18	49.9	49.3	0.6	
5	06:28	50.0	49.5	0.5	온도 유지
6	06:38	49.9	49.6	0.3	
7	06:48	50.0	49.6	0.4	
8	06:58	49.9	49.6	0.3	
9	07:08	49.9	49.5	0.4	
10	07:18	49.9	49.6	0.3	
11	07:28	49.9	49.6	0.3	
12	07:38	50.0	49.6	0.4	
13	07:48	49.9	49.6	0.3	
14	07:58	49.9	49.7	0.2	
15	08:08	49.9	49.7	0.2	
16	08:18	50.0	49.7	0.3	
17	08:28	49.9	49.7	0.2	
18	08:38	50.0	49.6	0.4	
19	08:47	49.9	49.7	0.2	

○ -20 ℃ data Table(10분 간격 기록)

번호	Time	챔버 온도(℃)	시료 온도(℃)	챔버 온도, 시료 온도 차이	비고
1	11:08	-20.2	-13	7.2	
2	11:18	-20.1	-17	3.1	
3	11:28	-20.1	-18.6	1.5	
4	11:38	-20.0	-19.1	0.9	
5	11:48	-20.0	-19.2	0.8	
6	11:58	-20.0	-19.3	0.7	온도 유지
7	12:08	-20.1	-19.4	0.7	
8	12:18	-20.0	-19.3	0.7	
9	12:28	-20.0	-19.4	0.6	
10	12:38	-20.1	-19.4	0.7	
11	12:48	-20.0	-19.4	0.6	
12	12:58	-20.1	-19.4	0.7	
13	13:08	-20.0	-19.5	0.5	
14	13:18	-20.0	-19.4	0.6	
15	13:28	-20.0	-19.3	0.7	
16	13:38	-20.0	-19.4	0.6	
17	13:48	-20.1	-19.3	0.8	
18	13:58	-20.0	-19.4	0.6	
18	14:07	-20.0	-19.3	0.7	



시험 결과

4.2 전원 인가 Test

○ 50 ℃ data Table(10분 간격 기록)

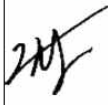
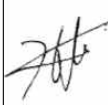
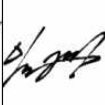
번호	Time	챔버 온도(℃)	시료 온도(℃)	챔버 온도, 시료 온도 차이	비고
1	18:13	50.0	26.5	23.5	
2	18:23	49.9	26.5	23.4	
3	18:33	49.9	26.5	23.4	
4	18:43	49.9	26.5	23.4	
5	18:53	49.9	26.5	23.4	
6	19:03	49.9	26.4	23.5	
7	19:13	49.9	26.5	23.4	
8	19:23	49.9	26.9	23.0	
9	19:36	49.9	22.9	27.0	온도 유지(max)
10	19:43	49.9	28.9	21.0	
11	19:53	49.9	30.1	19.8	
12	20:02	49.9	32.4	17.5	온도 유지(min)
13	20:13	49.9	27.7	22.2	
14	20:23	49.9	29.2	20.7	
15	20:33	49.9	29.5	20.4	
16	20:43	49.9	29.6	20.3	
17	20:53	49.9	29.6	20.3	
18	21:03	49.9	29.6	20.3	
19	21:12	49.9	29.5	20.4	

○ -20 ℃ data Table(10분 간격 기록)

번호	Time	챔버 온도(℃)	시료 온도(℃)	챔버 온도, 시료 온도 차이	비고
1	23:33	-20.2	31.6	51.8	
2	23:43	-20.0	31	51.0	
3	23:53	-20.0	28.8	48.8	
4	00:03	-20.0	28.3	48.3	
5	00:13	-20.0	23.5	43.5	
6	00:23	-20.0	17.9	37.9	
7	00:33	-20.0	13	33.0	
8	00:43	-20.0	8.5	28.5	
9	00:53	-20.1	3.3	23.4	
10	01:07	-20.0	-3.3	16.7	온도 유지-시작
11	01:16	-20.0	10.9	30.9	온도 유지(max)
12	01:23	-20.0	-1.5	18.5	
13	01:33	-20.0	2	22.0	
14	01:45	-20.1	-4.1	16.0	온도 유지(min)
15	01:54	-20.1	-3.3	16.8	
16	02:03	-20.0	9.2	29.2	
17	02:13	-20.0	1	21.0	
18	02:23	-20.0	4.2	24.2	
19	02:32	-19.9	0	19.9	

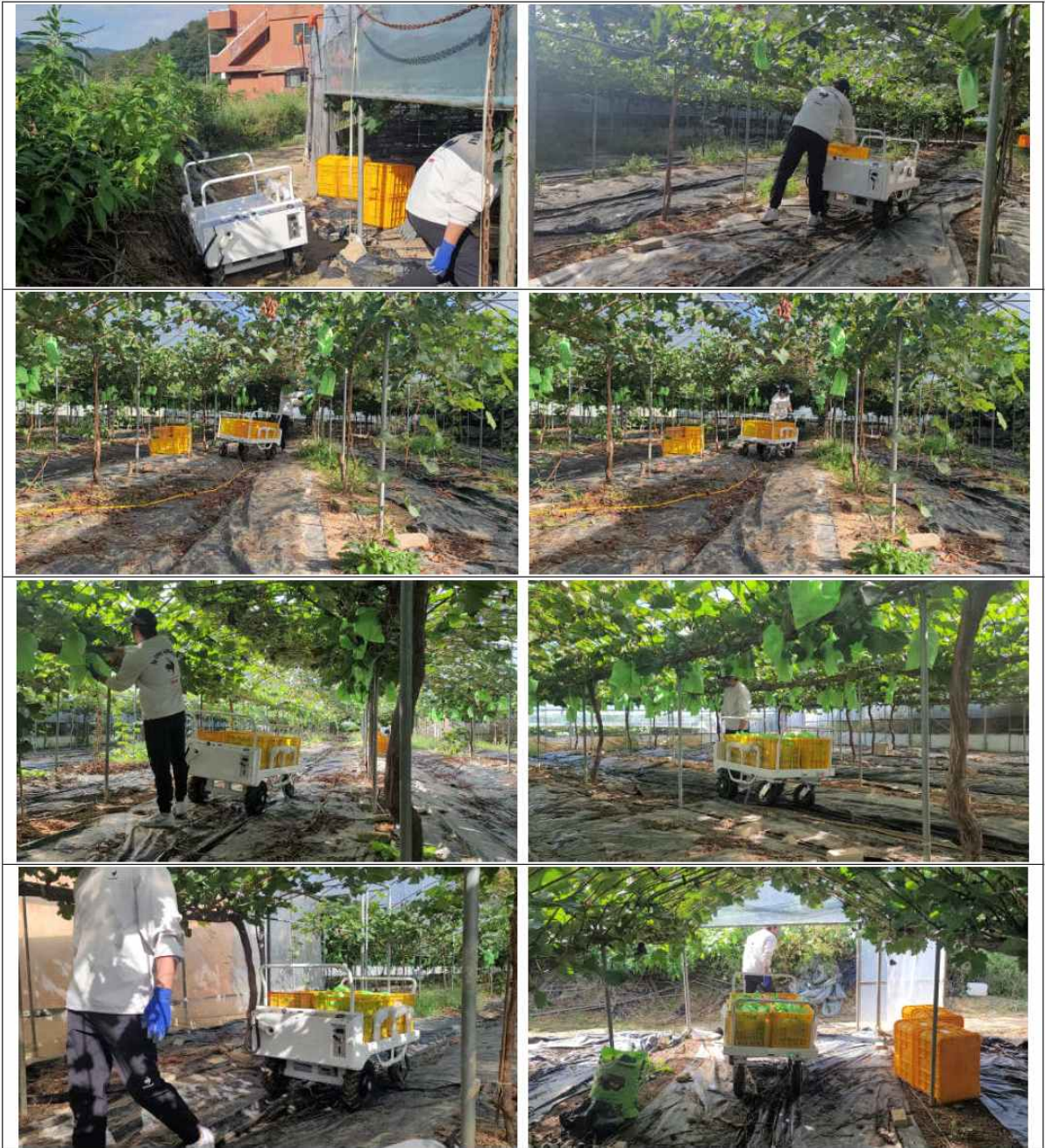
끝.

※참조3-4

담당	선임	책임	실장
	-		

현장 실험 보고서

작성일자	2022.09.23		실험일자	2022.09.21	
실험대상	포도 수확		실험책임자	유 책임연구원	
현장소재지	경상북도 김천시 농소면 월곡리 1105 이오진				
실험기기	사용자 추종형 자율주행 운반로봇				
실험목적	<ol style="list-style-type: none"> 1. 작업자를 추종하여 작업과정에서 행동반경을 최소화한다. 2. 적재된 화물의 이동을 원활하게 수행한다. 3. 1회 충전으로 1일 작업시간을 달성한다. 4. 개선요구사항을 취득한다. 				
실험방법	<p>작업 현장에서 화물을 적재하고 사용자를 추종하여 직진, 선회, 추종, 등판을 수행한다.</p> <p>일반적인 작업환경에서 주행로봇을 사용한다.</p>				
실험결과	1. 주행성능	평지	- 직진, 선회, 추종 특이사항 없음		
		경사	- 적재 중량일 때 경사등판 성공 - 지면이 무른 경우 바퀴의 토크가 커서 부직포를 긁어냄		
		측면경사	- 농장 내 경사도가 크지 않아 특이점 발견하지 못함		
	2. 사용성	<ul style="list-style-type: none"> - 버튼이 많지 않고 크기가 커서 사용하기 어렵지 않음 - 로봇의 차체 중량이 무거워 무동력 수동 주행은 어려울 듯 - 수확작업시 상자를 들고 나르는 과정이 짧아서 편리함 			
	3. 적재하중	- 상자 4개(약 40kg) 이송			
	4. 추종능력	<ul style="list-style-type: none"> - 작업시 50cm 에서 추종 후 대기 - 이동시 1~2m 이내 추종 주행 함 			
5. 사용시간	- 작업개시 53V, 2시간 작업후 51V				
평가 및 개선사항	<ul style="list-style-type: none"> - 로봇이 바로 옆에 있어 수확 후 적재까지 이동거리가 짧아 작업에 효율적 - 상체를 숙인 상태에서 수레를 이용하여 이송하는 불편함이 해소되며 수레보다 상대적으로 이송량을 많이 할 수 있음 - 출발시 또는 지면이 무른경우 바퀴의 강한 힘으로 인하여 노면 부직포를 긁어내면서 주행하므로 부직포 손상이 발생함 - 전/후진 주행은 인상적이거나, 선회시 선회 반경이 커서 골간 이동이 어려움 - 적재함의 충격 완화 장치가 없어 적재물의 충격이 우려되므로 진동저감 대책 필요 				
기 타	<p>개선검토</p> <p>출발속도를 완만하게 하도록 추가 검토</p> <p>화물최대 적재량 대비 서스펜션의 검토</p>				



담당	선임	책임	실장
	-		

현장 실험 보고서

작성일자	2022.11.03	실험일자	2022.10.27
실험대상	사과 수확	실험책임자	듀 책임연구원
현장소재지	경북 안동시 녹전면 녹래리 335 이O국		
실험기기	사용자 추종형 자율주행 운반로봇		
실험목적	<ol style="list-style-type: none"> 1. 작업자를 추종하여 작업과정에서 행동반경을 최소화한다. 2. 적재된 화물의 이동을 원활하게 수행한다. 3. 1회 충전으로 1일 작업시간을 달성한다. 4. 개선요구사항을 취득한다. 		
실험방법	<p>작업 현장에서 화물을 적재하고 사용자를 추종하여 직진, 선회, 추종, 등판을 수행한다.</p> <p>일반적인 작업 환경에서 주행로봇을 사용한다.</p>		
실험결과	1. 주행성능	평지	- 직진, 선회, 추종 특이사항 없음
		경사	- 공차일 때 바퀴 슬립현상으로 직진, 선회 능력 낮아 짐 - 적재 중량일 때 경사등판 성공 - 지면이 무른 경우 바퀴가 빠져 탈출어려움.
		측면경사	- 내리막 방향으로 쏠렸다가 복원하기를 반복 함. - 조향바퀴가 경사로밀림에 따라 직진성능이 떨어지나 직진을 위한 주행보상이 작동함.
	2. 사용성	- 버튼이 간단하여 사용하기 편리 - 로봇의 차체 중량이 무거워 무동력 수동 주행은 어려울 듯 - 수확작업시 상자를 들고 나르는 과정이 짧아서 편리 - 농장의 지면이 고르지 못하여 치량이 많이 흔들림 - 상자를 높이 적재 했을 때 넘어질 우려 있음	
		2. 적재하중	- 사과상자 6개(약 80kg) 이송
3. 추종능력		- 작업시 1m 이내에서 추종 후 대기 - 이동시 1~2m 이내 추종 주행 함	
4. 사용시간		- 작업개시 51V, 2시간 작업후 49V	
평가 및 개선사항	<ul style="list-style-type: none"> - 로봇이 바로 옆에 있어 수확 후 적재까지 이동거리가 짧아 작업에 효율적 - 운반차까지 이송에 있어 인력을 이용한 외발수레를 주로 사용하며, 상대적으로 힘이 훨씬 덜 사용되며, 이송 횟수를 여러 번 할 수 있음 - 화물 적재 시 차폭보다 높이가 높아서 주행 안정감이 부족. - 주행속도가 빨라서 적재물이 많이 흔들리므로 속도감속과 서스펜션 대책 필요 		
기 타	<p>개선검토</p> <p>적재함 폭을 포도농장형과 같이 넓은 폭으로 검토</p> <p>보행속도에 대한 사용자 교육 또는 매뉴얼 필요</p>		



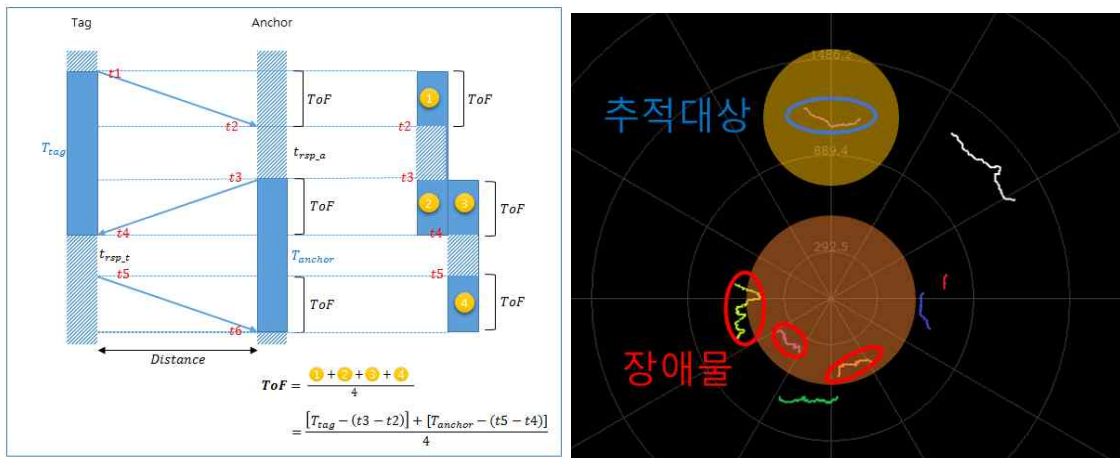
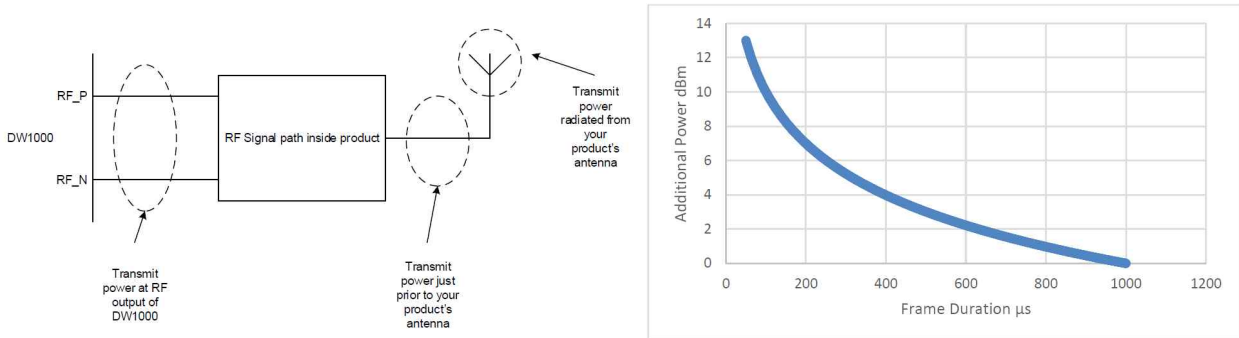
※참조3-5

○ UWB 자율모드 50m 이내 중거리 경로주행 기술개발

- 통합 필드테스트 진행 및 보완

- 추적주행 레벨 UP 진행

- Transmit power at various differentpoints in the signal path
- Relationship between frame duration and additional transmit power
- 두 지점 사이의 ToF (Time of Flight) 구하는 방법
: SDS-TWR(Symmetric Double-Side Two Way Ranging)



- UWB 고도화 성능 검증 (공인인증시험)

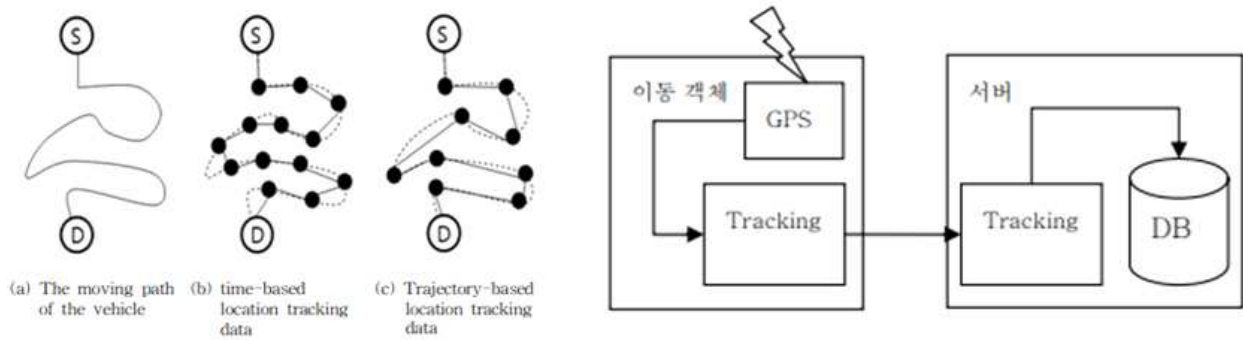
- UWB 송수신 모듈이 50m 이상 떨어졌을 시, 인식 성공률을 판단
- 근거리, 중거리 (30m ~ 50m)떨어진 위치에서 송수신 거리 출력을 확인

순번	시험항목	단위	시험결과			비고
1	UWB 인식 성공률	%	100			
2	UWB 통신거리	m	50.28			
3	UWB 기반 측위 오차율	%	#1 (30m)	#2 (40m)	#3 (50m)	
			2.82	2.37	0.57	

※참조3-6

○ GPS 자율모드 목적지 추적 주행기술 지원

- GPS 자율모드 경로를 따라 주행하면서 UWB를 통한 목적지 추적 주행 지원



※참조3-7

○ UWB 기반 정밀 측위 및 군집주행기술 사용환경 테스트

- 군집주행을 위한 알고리즘 고도화

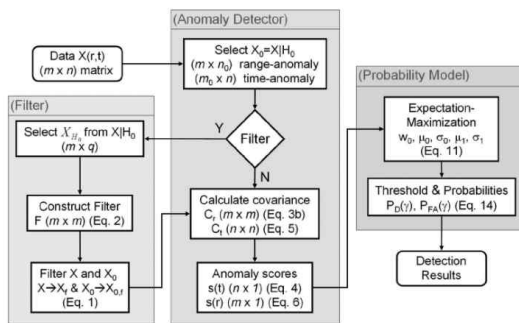
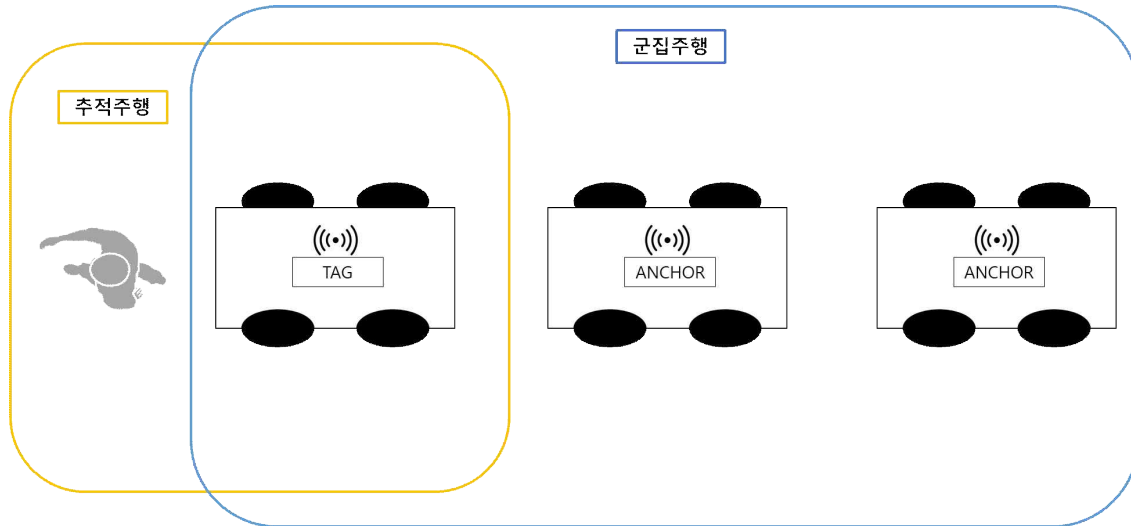
- 카트간 IP 지정 및 삼변측량법을 이용한 거리 도출 적용 및 테스트

- 카트별 상대위치 인식을 통한 군집주행 통합 테스트 진행

- 군집주행 레벨 UP진행

ID	Odometry 좌표	RTLS 좌표	속도	각속도
TAG/ANCHOR	(x1, y1)	(x2, y2)	1 m/s	0 rad/s

1. ID : 역할 분류 TAG인지? ANCHOR인지?
2. Odometry 좌표 : 차체 절대좌표
3. RTLS 좌표 : TAG기준 차체 상대좌표
4. 속도 : 차체 속도, 단위 m/s
5. 각속도 : 차체 각속도, 단위 rad/s



- 시험 환경 및 시나리오

- 다양한 장애물이 위치한 환경에 2대 이상의 카트에 적재물을 싣고 가장 선두에 위치한 대차 로봇에서만 방향 교시가 실행되며, 뒤따르는 대차 로봇은 선행하는 대차 로봇을 따라 군집 주행함
 1. 2대의 카트에 적재물을 싣고 시작점에 위치한다.
 2. 선두에 위치한 대차 로봇의 전방에 작업자(추적대상)가 위치한 후 주행 버튼을 누른다.
 3. 작업자는 시험장소에 위치한 장애물을 피해 종료지점까지 이동한 후 멈춘다.
 4. 작업자 없이 자율주행경로를 따라 위와 동일한 시험을 수행한다.

- 시험 결과

- 선두에 위치한 대차 로봇은 작업자를 따라 추적주행 또는 자율주행을 통해 최종 목적지로 도달
- 후방에 위치한 대차 로봇은 카트끼리 UWB기반 TWR기술을 통해 상대 위치좌표 도출하여 실시간 UWB 통신을 하며 일정거리를 유지한 채 군집주행



추적주행모드 군집주행



자율주행모드 군집주행

※참조3-8

○ 실증을 통한 보완사항 도출 및 성능개선

- 외부 통신장애 환경테스트

- 통신장애시 대응시나리오별 임베디드 S/W안정화 포도밭 현장 테스트 대비 Gain 값 조정

1. 속도 측정 알고리즘 수정

- 문제 : 모터에 감속기 내장으로 인해 속도가 최대 약 1.1m/s 까지 밖에 측정이 안됨

- 해결 : 감속기 고려하여 최소 'cnt_15khz' 조정

2. 추적 대상자가 가까이 있을 때엔 직진만 하도록 변경

- 문제 : 농부(추적 대상자)가 카트 근처에서 과일 수확을 위해 이동하였는데 추적대상자에 맞게 카트 방향을 꺾어버리면 과일 나무 훼손 확률 높음

- 해결 : 농부(추적 대상자)가 카트 근처에서 이동할 때엔 직진만 하도록 수정

3. 추적 각도 $\pm 80^\circ \rightarrow \pm 60^\circ$ 로 수정

- 문제 : 조향각이 클 수록 대차 회전에 필요한 공간이 많이 필요함

- 해결 : 최대 조향각을 $\pm 80^\circ$ 에서 $\pm 60^\circ$ 로 수정

4. 급정지 제거

- 문제 : 급정지 시 카트에 적재된 과일 훼손 확률 높음

- 해결 : 감속비를 조정하여 부드럽게 정지

5. 과전류 방지 알고리즘 수정

- 문제 : 모터 과전류 방지 알고리즘 좌·우모터 반대로 동작
- 해결 : 좌·우모터 제대로 맞게 수정

```

if(Distance_L != prev_Distance_L)
{
  delta_Distance_L = Distance_L - prev_Distance_L;

  if(cnt_15khz_L > 13)
  cnt_Distance_L = cnt_15khz_L;

  cnt_15khz_L = 0;
}
else
{
  if(cnt_15khz_L > 100)
  delta_Distance_L = delta_Distance_L / divide_zero;
}

if(Distance_R != prev_Distance_R)
{
  delta_Distance_R = Distance_R - prev_Distance_R;

  if(cnt_15khz_R > 13)
  cnt_Distance_R = cnt_15khz_R;

  cnt_15khz_R = 0;
}
else
{
  if(cnt_15khz_R > 100)
  delta_Distance_R = delta_Distance_R / divide_zero;
}

if(tracking_x > 0.8f)
{
  if(fabsf(tracking_angle) < 10.0f)
  moment_ref.In = tracking_angle * 0.015f;
  else
  moment_ref.In = tracking_angle * 0.025f;
}
else
{
  moment_ref.In = 0.0f;
}

if((tracking_angle > -60.0f) && (tracking_angle < 60.0f))

if(forward_ref.In == 0.0f)
  forward_ref.Out = Rate_Limit_Filter(forward_ref.In, forward_ref.Prev_out, 0.001f, 0.001f);
else
  forward_ref.Out = Rate_Limit_Filter(forward_ref.In, forward_ref.Prev_out, 0.001f, 0.001f);
forward_ref.Prev_out = forward_ref.Out;

if(moment_ref.In == 0.0f)
  moment_ref.Out = Rate_Limit_Filter(moment_ref.In, moment_ref.Prev_out, 0.001f, 0.001f);
else
  moment_ref.Out = Rate_Limit_Filter(moment_ref.In, moment_ref.Prev_out, 0.001f, 0.001f);

else if(fabsf(ictrl[1].Ia) > cutoff_I || fabsf(ictrl[1].Ib) > cutoff_I || fabsf(ictrl[1].Ic) > cutoff_I)
{
  if(Velocity_I_err_L > 0.0f)
  Velocity_I_err_L -= cutoff_I_delta;
  else if(Velocity_I_err_L < 0.0f)
  Velocity_I_err_L += cutoff_I_delta;
}

else if(fabsf(ictrl[0].Ia) > cutoff_I || fabsf(ictrl[0].Ib) > cutoff_I || fabsf(ictrl[0].Ic) > cutoff_I)
{
  if(Velocity_I_err_R > 0.0f)
  Velocity_I_err_R -= cutoff_I_delta;
  else if(Velocity_I_err_R < 0.0f)
  Velocity_I_err_R += cutoff_I_delta;
}

```

※참조3-9

○ 실차 기반 실내·외 주행 및 충돌안전 시스템 성능 최적화 및 상용화 연구

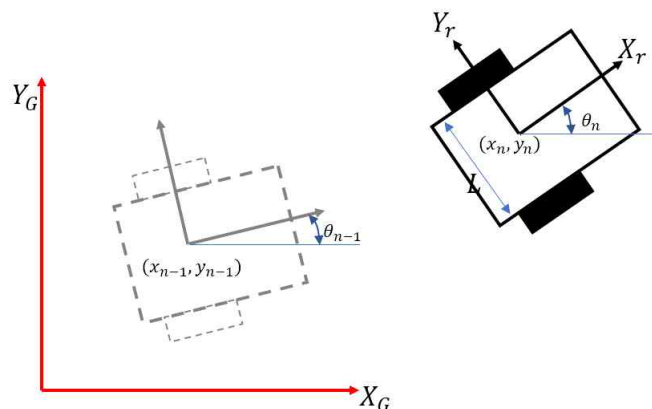
- 주행 성능 개선을 위해 차체의 Odometry를 적극 활용한 주행 알고리즘을 적용하여 로봇의 자율주행 성능을 개선
 - 기존 GPS 기반의 장애물 충돌·회피 위주의 경로생성 및 주행 알고리즘은 GPS오차(10m)로 인해 실환경에서 주행 성능 저하됨.
 - 차체 Odometry의 적극 활용한 주행 알고리즘의 개선으로 주행 및 충돌·회피 성능을 개선
 - Aruco마커를 이용한 랜드마크 방식의 위치보정 기능을 탑재하여, 로봇의 위치 인식 성능을 개선하여, 주행 성능을 개선함.



< 실차 기반 충돌·회피 및 주행 테스트 >

- 자율주행 알고리즘

- 바퀴 엔코더 기반의 오도메트리(odometry) 알고리즘 적용



여기서

X_G, Y_G : 전역 좌표계

X_r, Y_r : 모바일 로봇 좌표계

$x_{n-1}, y_{n-1}, \theta_{n-1}$: n-1 스텝에서의 로봇의 상태로써 로봇의 x축좌표, y축좌표, 헤딩각도를 나타냄

x_n, y_n, θ_n : n 스텝에서의 로봇의 상태로써 로봇의 x축좌표, y축좌표, 헤딩각도를 나타냄

다음 식은 엔코더 센서기반의 모바일 로봇의 위치와 헤딩 각도를 나타낸다.

$$x_n = x_{n-1} + \frac{\sin(\Delta\theta_n/2)}{\Delta\theta_n/2} \Delta D_n \cos(\theta_{n-1} + \Delta\theta_n/2)$$

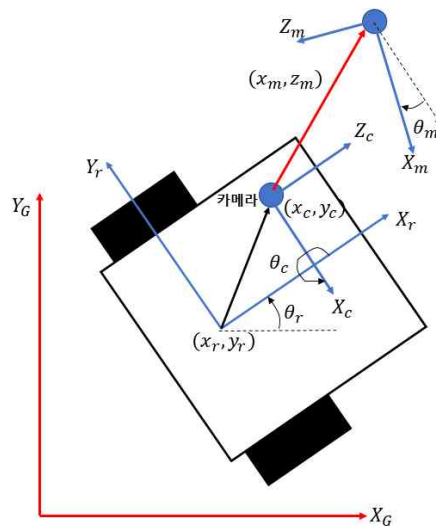
$$y_n = y_{n-1} + \frac{\sin(\Delta\theta_n/2)}{\Delta\theta_n/2} \Delta D_n \sin(\theta_{n-1} + \Delta\theta_n/2)$$

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \Delta\theta_n$$

$$\Delta D_n = \frac{\Delta D_l + \Delta D_r}{2}, \Delta\theta_n = \frac{\Delta D_r - \Delta D_l}{L}$$

여기서 ΔD_l 는 왼쪽 바퀴 이동거리, ΔD_r 는 오른쪽 바퀴 이동거리

· 칼만 필터를 이용한 오도메트리(odometry) 보정 알고리즘



여기서

X_G, Y_G : 전역 좌표계

X_r, Y_r : 로봇 좌표계

X_c, Z_c : 카메라 좌표계

X_m, Z_m : 랜드마크(태그) 좌표계

(x_m, z_m) : 카메라 좌표계에서 바라본 랜드마크까지의 좌표

θ_m : 카메라 좌표계와 랜드마크좌표계간의 회전각도

카메라로 랜드마크를 관측했을 때 로봇의 위치(x_r, y_r)와 자세(θ_r)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x_r = x_m^G - x_m c_{\theta_r \theta_c} + z_m s_{\theta_r \theta_c} - x_c c_{\theta_r} + y_c s_{\theta_r}$$

$$y_r = y_m^G - x_m s_{\theta_r \theta_c} - z_m c_{\theta_r \theta_c} - x_c s_{\theta_r} - y_c c_{\theta_r}$$

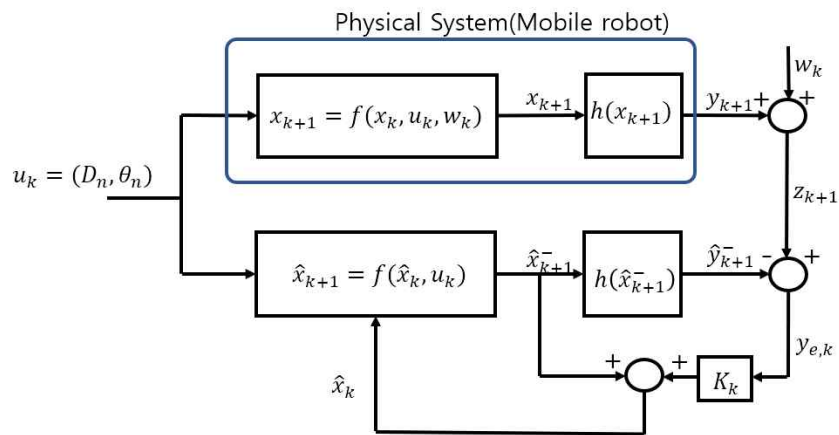
$$\theta_r = \theta_m^G - \theta_c + \theta_m$$

여기서

x_m^G, y_m^G : 전역 좌표계에서 바라본 랜드마크의 좌표

θ_m^G : 전역 좌표계에서 바라본 랜드마크의 회전각도

다음 그림은 칼만 필터를 이용한 오도메트리 보정알고리즘에 대한 블록도를 나타낸다.



여기서

u_k : 프로세스 입력 여기서는 차량 이동거리와 회전각도

x_k : 상태 변수로써 차량의 위치와 자세인 (x_r, y_r, θ_r)

$h(x_k)$: 출력 방정식으로써 여기서는 1. 즉 $x_k = y_k$

w_k : 프로세스 잡음

K_k : 칼만 이득

z_{k+1} : 잡음이 포함된 물리시스템 출력. 여기서는 엔코더 기반의 오도메트리 (x_r, y_r, θ_r)

\hat{y}_{k+1} : 보정된 오도메트리 출력

최종적으로 다음과 같이 엔코더 기반 오도메트리와 카메라 기반의 오도메트리의 위치와 자세를 가중치 평균함으로써 오도메트리를 보정한다.

$$\hat{y}_{k+1} = w_1 x_k + w_2 \hat{x}_k$$

여기서

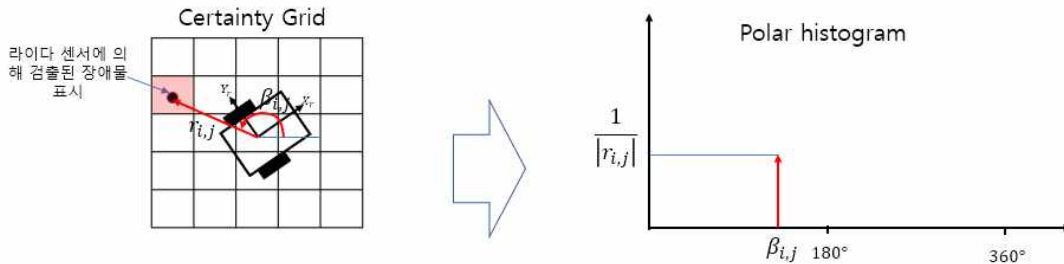
w_1, w_2 : 가중치 $w_1 + w_2 = 1, w_1 = 1 - K_k, w_2 = K_k$

x_k : 엔코더 기반 오도메트리

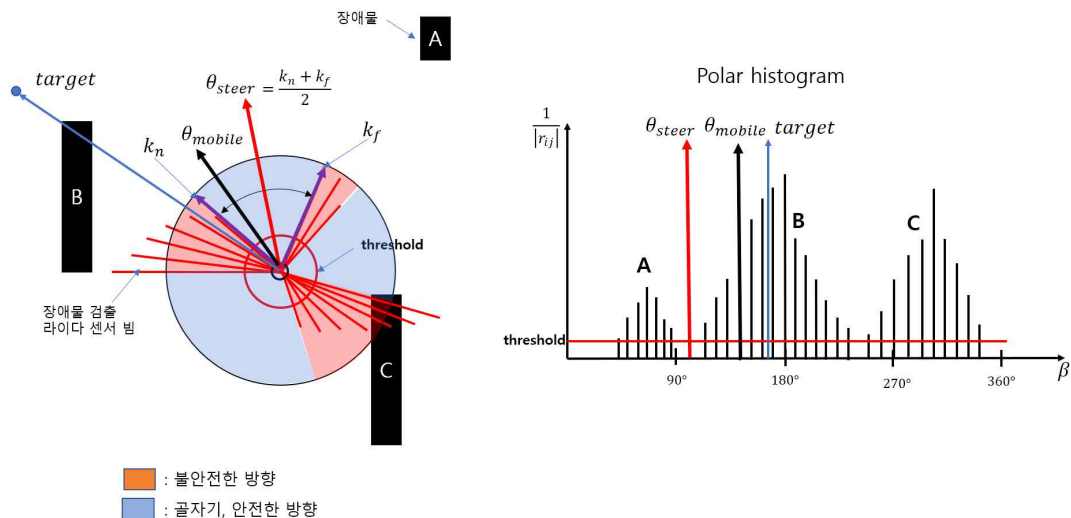
\hat{x}_k : 랜드마크 기반 오도메트리

· 장애물 회피를 위한 자율 주행 알고리즘

모바일을 로봇은 다음 그림 왼쪽과 같이 측정된 장애물을 가상의 격자(Certainty Grid)에 표시하여 장애물의 위치를 지속적으로 관리한다.



그리고 이 Certainty Grid를 위 그림 오른쪽과 같이 극히스토그램(polar histogram)으로 변환한다. 다음 그림은 장애물을 회피하기 위한 기법에 대한 개념을 나타내고 있다.



여기서

$target$: 목표 지점

θ_{mobile} : 현재 모바일 로봇의 heading 각도

θ_{steer} : 장애물을 회피하면서 목표지점으로 향하기 위한 각도

k_n : 현재 로봇 heading 각도와 가장 가까운 골짜기 예지 각도

k_f : k_n 골짜지에 반대편 골짜기 예지 각도

A, B, C : 장애물

위와 같은 상황에서 장애물을 회피하면서 목표 지점으로 가기 위한 조향 각도는 다음과 같이 주어진다.

$$\theta_{steer} = \frac{k_n + k_f}{2}$$

- 장애물 회피 및 자율 주행 성능 테스트

- 개선된 주행 알고리즘을 탑재한 실차로 정적 장애물 회피 및 자율주행 성능시험을 진행하여, 성공률이 90%이상임을 확인함

시험결과		
구분	충돌 여부	목표 위치 도착
1회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
2회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
3회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
4회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
5회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음

시험사진	
	
	

< 정적 장애물을 대상으로 한 회피 주행 성능 시험 >

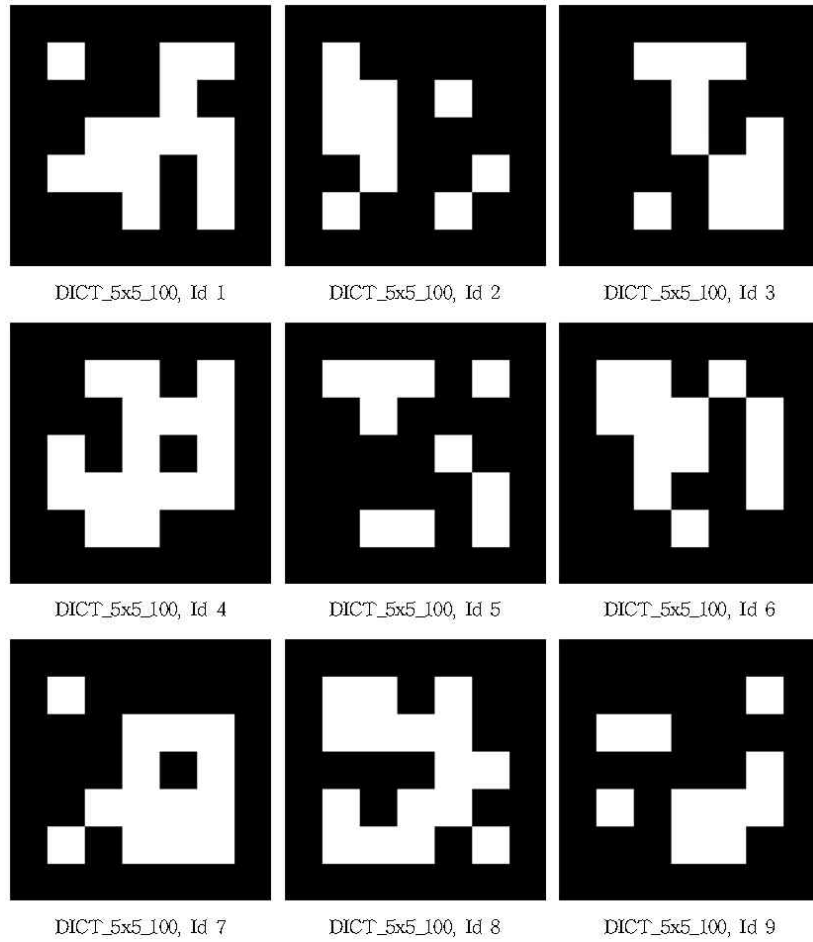
- 개선된 주행 알고리즘을 탑재한 실차로 정적 장애물 회피 및 자율주행 성능시험을 진행하여, 성공률이 90%임을 확인함.

시험결과		
구분	충돌 여부	목표 위치 도착
1회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
2회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
3회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
4회차	충돌하였음	목표 위치 도착하지 않았음
5회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
6회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
7회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
8회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
9회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음
10회차	충돌하지 않음	목표 위치 도착하였음

시험사진	
	
	<p>4회차 충돌 사진</p> 

< 동적 장애물을 대상으로 회피 주행 성능 시험 >

- 자율 주행 위치 인식 및 보정, 정확도 개선을 위한, Aruco 마커를 이용한 랜드마크방식의 절대 좌표 인식 기능 개발
- 절대 좌표에 개별 ID를 가진 마커를 배치하고 운반 로봇이 주행 중 마커를 인식하여 마커의 정보로부터 운반 로봇의 절대좌표를 추출하여, 운반 로봇이 가진 위치 정보와 마커로부터의 좌표 정보를 비교하여 위치 정보의 정확도를 개선

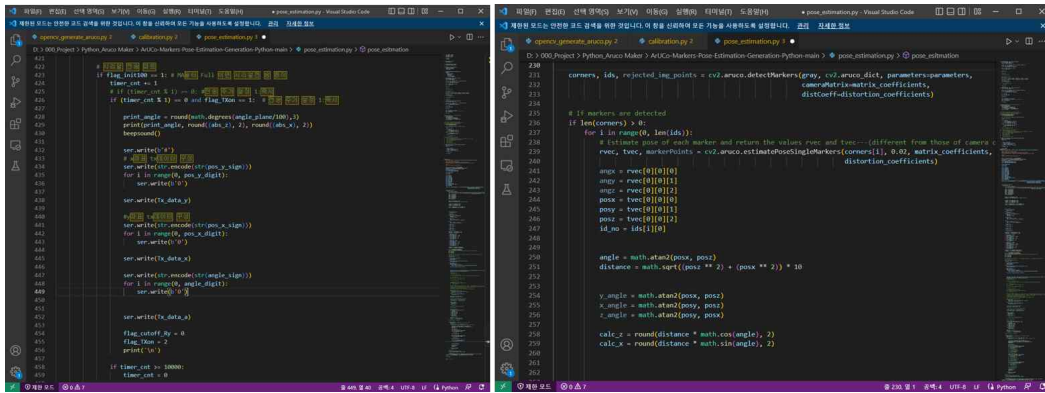


< 사용한 Aruco마커의 유형과 ID >



< 마커를 인식한 모니터링 화면(x, y, z축 표시) >

- 마커가 가진 정보에서 운반 로봇의 거리와 각도를 계산하여, 절대 좌표 추출

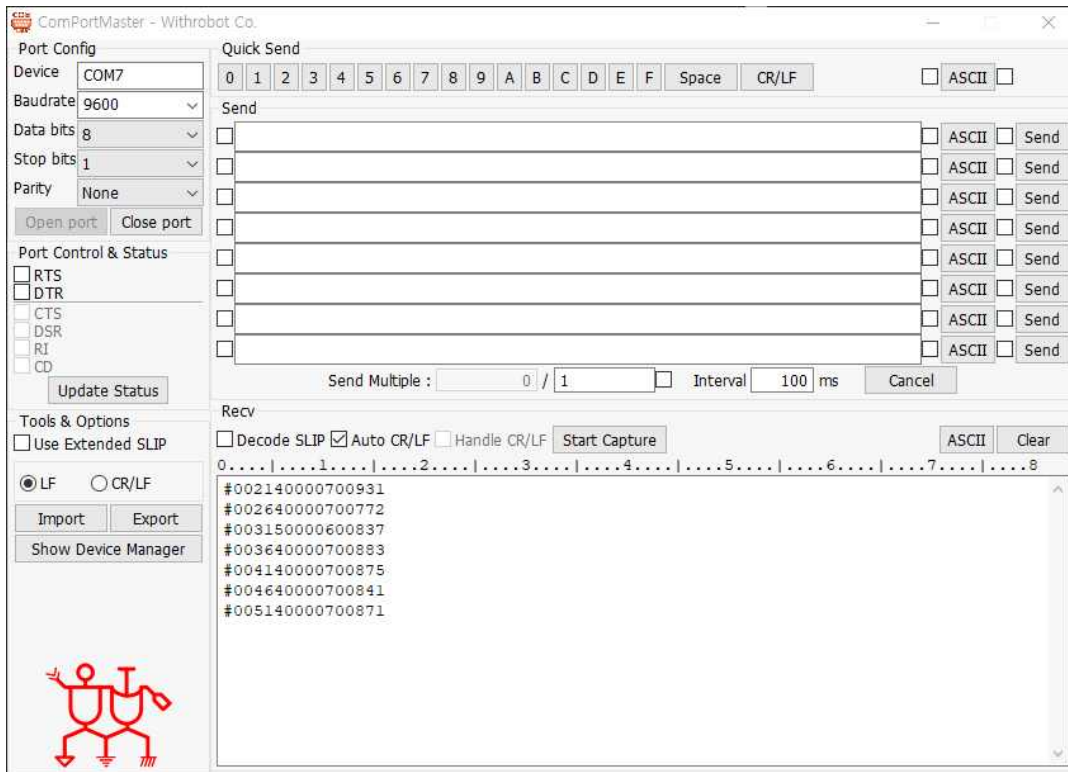


< Python기반의 마커인식 및 좌표 계산 알고리즘 >

- 계산한 운반 로봇의 절대 좌표 데이터를 운반 로봇의 제어기로 전송하여, 현재 위치 정보를 갱신

Header	부호	x좌표	부호	y좌표	부호	각도
1Byte	1byte	4Byte	1Byte	4Byte	1Byte	4Byte
'#'	-	-	-	-	-	-

< 절대 좌표 위치 데이터 전송을 위한 통신 프레임 >



< 터미널 프로그램으로 데이터 전송 확인 >

- 실차에 탑재하여, 주행 성능의 개선에 대한 테스트를 진행



< 위치 정보 향상을 검증을 위한 기능 테스트 >

시험 성적서



(재)경북자동차임베디드연구원
 전자시스템연구실
 주소 : (38822) 경북 영천시 명산길 97-70(녹전동)
 전화 : 054) 339-0034 팩스 : 054) 336-9732
<http://www.givet.re.kr>

성적서번호 : GIVET-A-22-0112-SC
 페이지(1) / 총(11)



1. 의뢰기관 : 한국기계연구원

- 주 소 : (42994) 대구광역시 달성군 유가읍 테크노순환로330 대구융합기술센터

2. 의뢰자 :

- 시험성적서 용도 : 정부과제 제출용

3. 시료명 : 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇

4. 시험기간 : 2022년 12월 12일부터 2022년 12월 12일까지 (1일간)

5. 시험방법 : 성적서 내 "시험항목 및 방법" 참조

6. 시험결과 : 성적서 내 "시험결과" 참조

※ 이 성적서의 시험결과는 시험의뢰인에 의해 제공된 시료에 한하여, 용도이외의 사용을 금합니다.

※ 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정과 관련 없는 성적서입니다.

※ 성적서의 진위확인 및 재발행은 (certification@givet.re.kr, 054)339-0034)으로 문의 바랍니다.

확 인	시험실무자		기술책임자	
	성 명 : 권대혁		성 명 : 김상민	

2022년 12월 20일





(재)경북자동차임베디드연구원장 (인)



성적서번호 : GIVET-A-22-0112-SC

페이지(2) / 총(11)




	
---	---

시 험 결 과

시험항목	시험방법	단위	정량적 목표	시험결과	시험결과	비고
자율주행 반경	<ul style="list-style-type: none"> • 넓이 100m²이상 장소내에 양끝을 출발/도착점으로 설정 • 태그를 일정간격으로 배치 • 운반로봇이 출발점과 도착점을 왕복 주행 • 편도 100m를 5회 주행하여 500m 주행함을 확인 	m	500	500	PASS	



- 계 속 -





			
<p>1. 개요</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 문서는 전장시스템연구실에서 수행한 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇에 대한 시험결과서이다. - 본 결과서는 시험목적 및 항목, 시험 참관 및 운영 인력 등의 일반적인 사항 및 시험환경에서 확인된 결과를 기술한다. <p>1.1. 시험목적</p> <ul style="list-style-type: none"> - 본 시험의 목적은 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇의 검증평가에 대해 요청한 시험항목과 시험방법에 따라 성능을 측정하는데 있다. <p>1.2. 시험대상 및 범위</p> <ul style="list-style-type: none"> - 시험대상 : 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇 - 시료정보 			
시험 시료			
<p>지능형 전기동력 자율주행 운반로봇</p>		<p>제품번호</p>	<p>N/A</p>
		<p>제품규격</p>	<p>N/A</p>
		<p>Hardware Version</p>	<p>N/A</p>
		<p>Software Version</p>	<p>N/A</p>
<ul style="list-style-type: none"> - 시험범위 : 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇의 검증평가 시험 항목 			
<p>- 계속 -</p>			

성적서번호 : GIVET-A-22-0112-SC

페이지(4) / 총(11)

																			
<p>1.3. 시험 참여인력 및 운영인력</p> <p>- 시험 참여인력</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>소속</th> <th>직 위</th> <th>성 명</th> <th>전문 분야</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(재)경북자동차임베디드연구원</td> <td>전임 연구원</td> <td>권대혁</td> <td>- 임베디드 시스템 환경시험 - 전장시스템 연구/개발</td> </tr> </tbody> </table> <p>- 시험운영 및 보조인력</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>소속</th> <th>직 위</th> <th>성 명</th> <th>전문 분야</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>한국기계연구원</td> <td>선임연구원</td> <td>안보현</td> <td>- 연구개발</td> </tr> </tbody> </table>				소속	직 위	성 명	전문 분야	(재)경북자동차임베디드연구원	전임 연구원	권대혁	- 임베디드 시스템 환경시험 - 전장시스템 연구/개발	소속	직 위	성 명	전문 분야	한국기계연구원	선임연구원	안보현	- 연구개발
소속	직 위	성 명	전문 분야																
(재)경북자동차임베디드연구원	전임 연구원	권대혁	- 임베디드 시스템 환경시험 - 전장시스템 연구/개발																
소속	직 위	성 명	전문 분야																
한국기계연구원	선임연구원	안보현	- 연구개발																
<p>1.4. 시험장비</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>장비명</th> <th>장비번호</th> <th>모델명</th> <th>교정일자</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>				장비명	장비번호	모델명	교정일자	-			-								
장비명	장비번호	모델명	교정일자																
-			-																
<p>1.5. 제약사항</p> <p>- 시험은 한국기계연구원 내에서 진행하였다.</p> <p style="text-align: center;">- 계속 -</p>																			

			
<p>2. 시험항목 및 방법</p> <p>2.1. 시험항목</p> <p>- 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇 시험 목표 항목과 시험요청 항목은 다음과 같다.</p> <p>■ 시험 목표 항목(의뢰처 과제 계획서상 목표)</p>			
평가 항목	단위	평가방법	
		정량적 목표	평가기관
1. 자율 주행 반경	m	500	인증기관평가
<p>2.2. 시험방법</p> <p>■ 주행환경별 시뮬레이션 시나리오 시험방법 및 평가방법</p>			
평가항목	실험대상 (목표)	실험방법 및 평가방법	평가환경
자율 주행 반경	500 m	<ul style="list-style-type: none"> • 넓이 100m²이상 장소내에 양끝을 출발/도착점으로 설정 • 태그를 일정간격으로 배치 • 운반로봇이 출발점과 도착점을 왕복 주행 • 편도 100m를 5회 주행하여 500m 주행함을 확인 	<ul style="list-style-type: none"> • 주간 야외 • 주행 성공 여부
<p>GIVET</p> <p>- 계 속 -</p>			



3. 시험환경

- 시험환경은 (주)컨트롤웍스에서 구축하였으며, 시험항목에 대한 시험 및 데이터 결과 확인은 (주)컨트롤웍스에서 진행되었다.

3.1. 시험품 정보



자율 주행 반경 검증 장면

- 계속 -



4. 시험결과

4.1. 자율주행 반경 종류 검증시험

4.1.1. 자율주행 반경 검증시험 방법

- ① 넓이 100㎡ 이상 장소의 한편 출발점에 자율주행 운반로봇을 배치
- ② 위치 보정용 태그를 출발선과 평행하게 일정간격으로 배치
- ③ 운반로봇이 출발점에서 100m 떨어진 반대편의 도착점을 향해 주행을 시작
- ④ 운반로봇이 도착점 근처 10m 내에 도착하면 100m 편도 주행을 완료
- ⑤ 도착점에서 반대편 출발점을 향해 다시 주행을 시작
- ⑥ 운반로봇이 시작점 근처 10m 내에 도착하면 100m 편도 주행을 완료
- ⑦ 3~6을 반복하여, 편도 5회 총 500m를 주행

4.1.2. 자율주행 반경 검증시험 내용

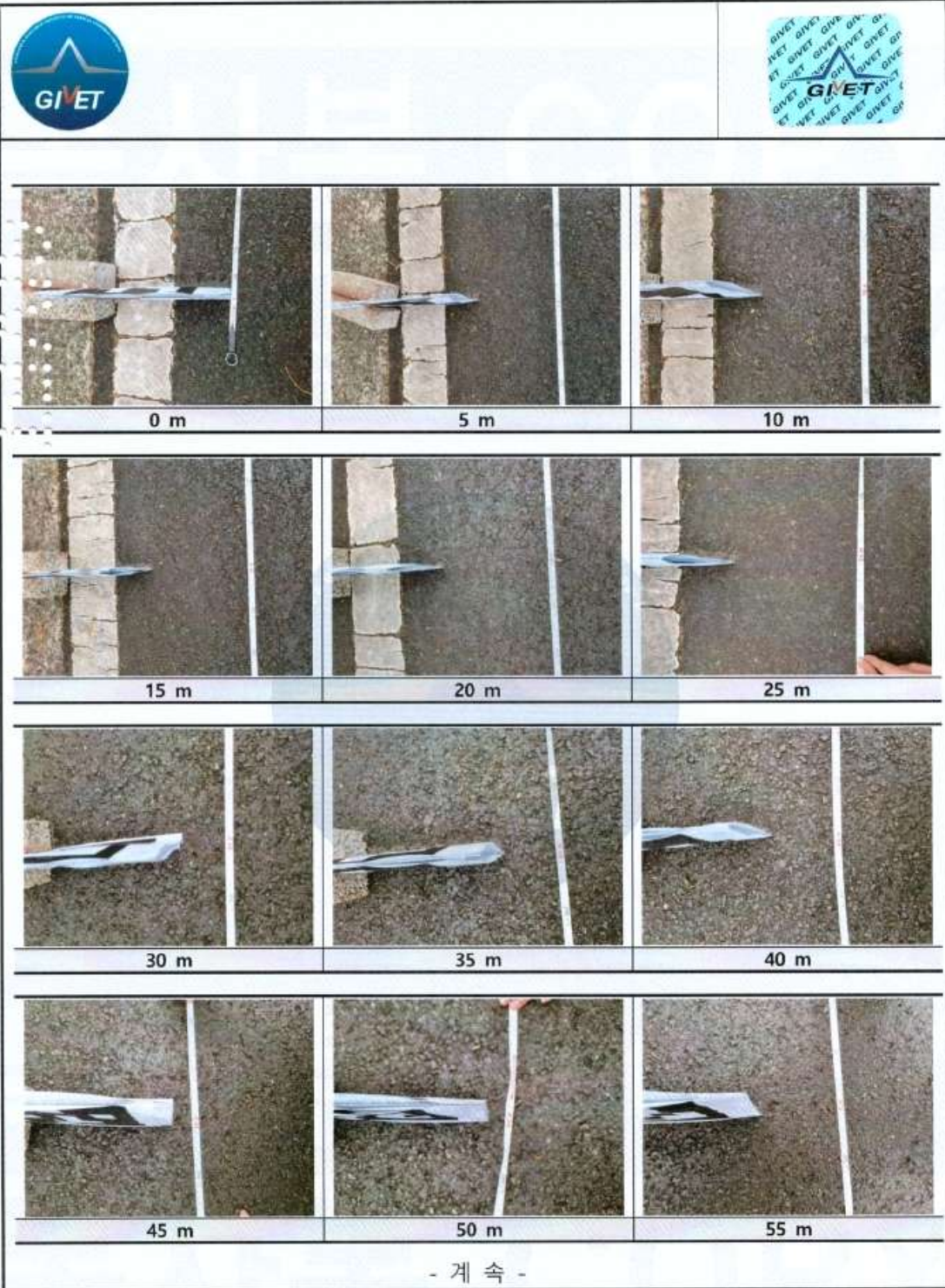
■ 자율주행 반경 검증시험



자율주행반경 시험 전경





성적서번호 : GIVET-A-22-0112-SC

페이지(8) / 총(11)



성적서번호 : GIVET-A-22-0112-SC

페이지(9) / 총(11)

			
			
60 m	65 m	70 m	
			
75 m	80 m	85 m	
			
90 m	95 m	100 m	
- 계속 -			

성적서번호 : GIVET-A-22-0112-SC

페이지(10) / 총(11)

	
	
<p>0m 시작</p>	<p>100 m 반환</p>
	
<p>200 m 반환</p>	<p>300 m 반환</p>
	
<p>400 m 반환</p>	<p>500 m 반환</p>
<p>- 계속 -</p>	

성적서번호 : GIVET-A-22-0112-SC

페이지(11) / 총(11)



4.1.3. 시험결과

○ 자율주행반경 시험

시험 결과	자율주행반경	Pass						
자율주행반경	<table border="1"> <thead> <tr> <th>목표</th> <th>결과</th> <th>비고</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500 m</td> <td>500 m</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	목표	결과	비고	500 m	500 m		
목표	결과	비고						
500 m	500 m							

- 끝 -



3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

- 핵심기술의 일부분인 추종주행기술은 전파, 파장, 영상 등의 다양한 방법으로 기술이 실현되고 있으나 대부분 실내 또는 이와 비슷한 시설내에서 활용되고 있음. 야외 농업현장에서의 추종형 주행로봇이 실용화된 예는 국내에서는 아직 없는 것으로 조사 되었으며, 일부 시설이나 실증단지에서는 다중태그에 의한 경로주행 로봇이 있는 것으로 파악됨. 상용화된 야외농업을 지원 할 수 있는 로봇이 시장에 없으므로 과제의 결과물은 자율무인화의 과도기적 단계에서 빠른 시간 내 시장을 선점할 수 있는 실용적인 기술이며, 경쟁사 대비 기술 우위를 달성함.
- 농가에서 사용되는 저가형 장치 중 대부분이 중국에서 수입이 되나 내구성이나 편의성 및 사용 환경의 다름으로 인한 불편이나 성능의 한계가 존재하며, 아직 추종로봇형 이송장치는 수입된 바가 없는 것으로 조사 됨. 과제의 결과물은 국내 지형 및 환경에서 실증에 의한 최적화된 도우미 로봇으로 시장성이 충분하다고 판단함.
- 근거리 작업자 추종로봇(도우미로봇)은 작업자의 행동반경을 축소하고, 중량물 근거리 이동에 효과적이며, 로봇 플랫폼은 다양한 형태로 발전할 수 있음.
 - 과제에서 추구하는 바는 작물 재배 완전 무인화로 진화하는 과정의 일부분으로써 현재까지는 작업자가 주도되는 재배환경에서 Lidar와 GPS, UWB 센서를 복합운용하여 저비용으로 운용 가능한 도우미 주행로봇을 개발함으로써 작업자를 근거리에서 지원해주는 로봇의 실용화 개발을 목표로 함. 이로써 농기계의 첨단화를 추구하고, 농촌인구의 감소와 고령화로 농작업의 생산성 향상 및 편리한 기계조작을 위한 자동화 기술, 더 나아가 작업자를 대체할 수 있는 무인화, 지능화, 로봇 기술에 대한 요구에 부응하는 것임.
 - 1~2차년도 개발된 요소기술과 실험결과를 바탕으로 주행에 필요한 센서와 신호처리 분산 프로세서 임베디드 모듈을 제작하여, 시제품을 구성하여 실제 작업환경에서 테스트를 수행함.
 - 시제품은 2종 제작하여 순차적으로 실내외 및 현장 테스트를 실시하였음.
 - 현장 테스트에서 농업 종사자에게 시범운용 했을 때 작업자 근거리 도우미로봇으로써 실용성과 사업가능성을 재확인하였음.
 - 또한 개발 과정에서 유통사 및 판매사들을 대상으로 시범 운용을 수행하였으며, 완성 후 견본 제출을 접수하고 협업을 제안 받음으로써 과제를 통해 만들어질 제품을 비롯하여 센서모듈과 파워트레인의 개별적인 사업화가 가능할 것으로 예측 함.
 - 근거리 추적 주행에 있어서는 Lidar와 GPS, UWB센서 만으로도 고가의 영상센서와 비교 될 수 있는 성능을 구현하였으며, 본 개발을 통해 제품화 실현가능함.
 - 추종대상과 장애물 등을 판단할 수 있는 신호처리 시스템을 임베디드 모듈화하여 영상처리 시스템 대비 50%수준의 가격경쟁력을 가질 수 있으며, 근거리 포인트-포인트 주행 경로생성 알고리즘을 개발함으로써 제한적인 자율주행이 가능한 주행로봇을 실현하였음.
 - 로봇의 전후측면 경사로 직진보정 알고리즘은 야외험로 주행에 필수적인 알고리즘으로써 보다 더 안정적인 주행성능을 제공하며, 개발 진행 중 고도화를 수행하여 실용화 할 수 있도록 함. 또한 FOC 정밀 제어 모터드라이브 엔진은 제품화 완료하였으며, 다른 응용로봇에 적용

하여 검토 중, 과제 이후 대용량으로 전개하여 농업 및 야외 주행에 최적화된 엔진으로 전문화 할 것임.

- UWB 기반 근거리 정밀 측위 기술 개발
 - UWB 센서 태그와 앵커와의 통신 식별 개발
 - 삼변/ 이변 측량을 통한 근거리 정밀 측위 알고리즘 개발
 - 리모컨 태그 인식 오차율 5% 이하 적용 및 시험 완료
- UWB 측위기술 적용 임베디드 H/W 설계 및 보드 제작
 - 센싱부 / 제어부 / 구동부 성능 분석
 - UWB 근거리 추적주행 제어기 탑재를 위한 PCB 회로/아트웍 설계 및 제작
 - 제어기 구동 테스트를 위한 목업제작
 - UWB 및 통신 센서 선정 / 제어부 펌웨어 선정 / 구동부 (모터 및 배터리) 성능 분석 및 선정
 - 제어기, 리모컨 PCB 회로/ 아트웍 설계 및 제작
 - 제어기 구동 테스트를 위한 목업 제작 완료
- 비정형 노면환경의 근거리 추적주행 제어 알고리즘 S/W 개발 및 탑재
 - 근거리 추적주행 제어 알고리즘 설계 및 SW 개발
 - 비정형 노면에서도 자세유지가 가능하도록 등반각도 15도 이상 주행 제어 완료
- UWB 기반 추적대상 전후방 위치측위 기술개발
 - UWB 기반 추적대상 위치 측위 HW 제작
 - 추적대상과의 거리, 카트의 위치, 카트간 거리 측정이 가능하도록 UWB, BLE, GPS 등 센서 융합을 통해 위치 통신 및 주행 제어를 위한 PCB, 복합센서 모듈 등 HW 제작
 - 제어 개발 : 제어기 성능 테스트 (EMC/EMI)를 통한 리모컨 위치 식별 안정성 확인
 - 리모컨 위치 식별 및 절대위치 도출
- UWB 기반 30m 이내 단거리 경로주행기술 개발
 - 단거리 통신거리 확보
 - 안테나 증폭 및 신호거리 분석
 - 단거리 통신에 따른 임베디드 제어 개발
 - 단거리 통신 PCB설계 및 제작
 - 단거리(30m이내) 안테나 증폭 및 통신 제어 : 이동식 태그와 단거리 통신거리 확보를 위한 안테나 증폭 제어 개발
- 복합센서모듈(UWB+라이다+BLE 등) 기반 군집주행 기술개발
 - 군집주행을 위한 초기 알고리즘 도출
 - 카트간 IP 지정 및 삼변측량법을 이용한 거리 도출
- 복합센서모듈(UWB+라이다+BLE 등) IP설계 및 경로주행기술 테스트
 - 경로 IP 좌표 설계
 - 카트 이동 속도 고려 및 특정 환경조건제약 (GPS 좌표 추적 불가지역/ 높은 장애물로 인한 UWB 방해 환경/ 사용자 부재 등) 고려한 자율 주행 범위 지정

-
- 자동주행 경로 생성 및 경로주행기술 테스트
 - 리모컨 및 이동식 태그 인식 및 경로 생성, 경로 주행을 위한 학습 및 인식 테스트
 - UWB 자율모드 50m 이내 중거리 경로주행 기술개발
 - 통합 필드테스트 진행 및 보완
 - 추적주행 레벨 UP 진행
 - GPS 자율모드 목적지 추적 주행기술 지원
 - GPS 자율모드 경로를 따라 주행하면서 UWB를 통한 목적지 추적 주행 지원
 - UWB 기반 정밀 측위 및 군집주행기술 사용환경 테스트
 - 카트별 상대위치 인식을 통한 군집주행 통합 테스트 진행
 - 군집주행 레벨 UP진행
 - 실증을 통한 보완사항 도출 및 성능개선
 - 외부 통신장애 환경테스트
 - 통신장애시 대응시나리오별 임베디드 S/W안정화 포도밭 현장 테스트 대비 Gain 값 조정

 - 실차 기반 실내외 주행 성능 향상을 위한 자율 주행 알고리즘 개선
 - 기존 GPS 기반 이용한 장애물 충돌·회피 위주의 경로생성 및 주행 알고리즘의 한계점 및 성능 저하가 파악되어 자율 주행 알고리즘 개선 및 위치보정 기능 추가
 - 실차 기반의 자율 주행에 있어 GPS 오차(10m)는 로봇의 위치 인식에 많은 영향을 주어 주행 성능이 저하됨이 파악되어, Aruco마커를 이용한 랜드마크 방식의 위치보정 기능을 탑재하여, 로봇의 위치 인식 성능을 개선하여, 로봇의 자율 주행 성능을 개선 함.
 - 해당 랜드마크 방식은 마커 보드와 저가형 카메라로 구현 가능하며, 실내뿐만 아니라 실내에서도 적용 가능하여, 실내외 구분 없이 주행의 성능이 개선될 것으로 예측되며, 특히, 실내 위치 인식에 사용되는 UWB를 대체할 수 있어, 해당 센서 시스템을 제외한 자율 주행 시스템 운용이 가능할 것으로 예상됨.
-

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

○ 정량적 연구개발성과표

성과지표명		연도	1단계 1차년도 (2020-2021)	1단계 2차년도 (2021-2022)	1단계 3차년도 (2022-2023)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	특허출원	목표(단계별)	2	2		4	10
		실적(누적)	2	2		4	
	특허등록	목표(단계별)			1	1	10
		실적(누적)			2	2	
	논문 SCI	목표(단계별)			1	1	5
		실적(누적)			0	0	
논문 비 SCI	목표(단계별)		1		1	5	
	실적(누적)		0		0		
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	제품화	목표(단계별)			1	1	35
		실적(누적)			1	1	
	고용창출	목표(단계별)	2	1	3	6	20
		실적(누적)	3	5	3	11	
계	목표(단계별)	4	4	6			
	실적(누적)	5	7	6			

○ 연구개발성과 성능지표

항 목	단위	개발 목표	개발 성과	비 고
1. 최대적재 하중	kg	200	200	
2. 적재 면적	mm ²	1170x600	1160 x 780	
3. 최고속도	km/h	5	6.3	1.76m/s
4. 최대등판각도	%	20	20	11.3°
5. 측면경사 직진주행 각도	%	10	10	5.7°
6. 1회충전 최대 이동거리	km	20	26.4	4h10m
7. 배터리 팩 항온유지 환경온도	°C	-20~50	-20~50	-4.1~31
8. 방수등급(제어부)	등급	IP05	IP05	-
9. UWB 인식 성공률	%	90	100	
10. UWB 통신거리	m	50	100	
11. UWB 기반 측위 오차율	%	5	50.28	
12. 리모컨 근접 정차 거리	cm	50	1.92	
13. 정적 장애물 인식률	%	95	95	
	기준(cm)	50	50	
14. 동적 장애물 인식률(정적장애물 이동)	%	95	95	
	기준(km/h)	5	5	
15. 정적 장애물 회피 성공률	%	90	90	
16. 동적 장애물 회피 성공률	%	90	90	
17. 자율주행 성공률	%	90	90	
18. 자율주행 반경	m	500	500	
19. 실증	건	1	2	-

○ 제품 제원

크기	전장	1,290mm
	전폭	790mm
	전고	875mm
중량	차량	110kg
	최대적재	200kg
구동방식		Wheel Differential Drive

조타방식		Wheel Differential Drive
제동방식		Motor control Brake
타이어		85/65-6.5 Deep Thread
센서	종류	2D Lidar, UWB
	중심높이	625mm
	감지범위	160 도
추종체 감지 최대거리		3m
추종체 감지높이		625mm
추종체 감지폭		100mm 이상
통신		Bluetooth
사용환경	온도	-10~+40 도
	습도	20~95% non-condensing
보관환경	온도	+10~+25 도
	습도	20~80% non-condensing

○ 동력 제원

모터		Dual BLDC 500W
배터리	정격	Li-ion, 42V, 25Ah
	중량	5.0kg
	수명	500 Times more
충전기	입력	100~240VAC 50/60Hz
	출력	42V, 5.0A
	충전시간	8 hrs

○ 운동 성능

최대운행거리*		25km
최대운행시간*		10hrs
최대주행속도	자동	5km/h
	수동	3km/h
최대등판능력	오르막	12 도
	내리막	10 도
	측면	10 도
회전반경		1,500mm
최소주행폭		1,200mm
제동거리		500mm
안전 영역	범위	전방 160 도
	거리	0 ~ 1,000mm
추종 영역	범위	전방 160 도
	거리	1,000 ~ 3,000mm

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[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	자율 이송로봇	대한민국	(주)에이치엔이	2020.11.10	10-2020-0149676				100%		
2	사용자의 특정행동을 인식하여 작동하는 루틴 기반의 카트 시스템 및 그 시스템을 이용한 카트 제어방법	대한민국	(주)티티엔지	2020.12.30	PCT/KR/2020/019411				100%		
3	에열 및 소화 기능이 구비된 반자율주행 로봇용 배터리팩	대한민국	(주)에이치엔이	2021.11.29	10-2021-0166803				100%		
4	자율주행 모바일 서비스 로봇 입출고 시스템	대한민국	(주)티티엔지	2021.12.31	10-2021-0194234				100%		
5	자율 이송로봇					(주)에이치엔이	2022.05.31	제10-2405594호	100%		
6	사용자의 특정행동을 인식하여 작동하는 루틴 기반의 카트 시스템 및 그 시스템을 이용한 카트 제어방법					(주)티티엔지	2022.09.29	제10-2450997호	100%		

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	사용자추종 화물이송로봇		(주)에이치엔이	경북 김천시 농소면	포도수확			

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과		농업용 추종로봇			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	3년			
	소요예산(천원)	500,000			
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
		0	500,000	1,000,000	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
			국내	0	50
국외			0	0.01	
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		농업용 추종로봇을 활용하여 청소용, 제초, 농약살포 추종로봇 등을 개발하여 저변 확대			
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
		0	0	0	
	수출	0	0	0	

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2020.11.10
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(200053)
 출원번호 10-2020-0149676 (접수번호 1-1-2020-1203097-75)
 (DAS접근코드 6EBA)
 출원인명칭 주식회사 에이치엔이(1-2004-021779-4)
 대리인성명
 발명자성명
 발명의명칭 자율이송로봇

특허청장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정 신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.
 ※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내
 ※ 미국특허상표청의 선출원일 기호로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.
 ※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000

ttng-201228

1/4

PCT 출원서

(전자적 형태가 원본)

0	수리관청 전용	
0-1	국제출원번호	
0-2	국제출원일자	
0-3	수리관청 명칭 및 "PCT 국제출원"	
0-4	서식 PCT/RO/101 - PCT 출원서	
0-4-1	우측에 기재된 바와 같이 작성되었다.	PCT-SAFE 버전 3.51.083.259 MT/FOP 20180701/0.20.5.24
0-5	신청 아래 서명인은 본 국제 출원서가 특허법적조약에 의해 처리될 것을 청구합니다.	
0-6	출원인이 지정한 수리관청	대한민국 특허청 (RO/KR)
0-7	출원인 또는 대리인의 서류접수번호	ttng-201228
I	발명의 명칭	사용자의 특정행동을 인식하여 작동하는 무턴 기반의 카트 시스템 및 그 시스템을 이용한 카트 제어방법
II	출원인	
II-1	이 사람은	오직 출원인 (applicant only)
II-2	우측 지정국에 관한 출원인	모든 지정국 (all designated States)
II-4ko	성명	주식회사 티티엔지
II-4en	Name:	TT&G., LTD.
II-5ko	주소	대한민국 41496 대구시 북구 노원로 75, 한국로봇산업진흥원 로봇혁신센터 2층 202(노원동3가)
II-5en	Address:	202ho, 2F, KOREA INSTITUTE FOR ROBOT INDUSTRY ADVANCEMENT ROBOT INNOVATION CENTER, 75 Nowon-ro Buk-gu Daegu 41496 Republic of Korea
II-6	국적	대한민국 KR
II-7	계주국	대한민국 KR
II-8	전화번호	053-742-7377
II-9	팩스번호	053-751-7696
II-10	이메일 주소	samilpatent@hanmail.net
II-10(a)	이메일 사용동의 수리관청, 국제조사기관, 국제사무국, 국제예비심사기관이 필요 시 이 이메일 주소를 사용하여 이 국제출원과 관련하여 발행된 통지서를 송부할 것에 동의한다.	서면 통지서에 앞서 선람용 사본 송부
II-11	출원인 코드	1-2015-023548-3

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2021.11.29
 특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(210079)
 출원번호 10-2021-0166803 (접수번호 1-1-2021-1377381-52)
 (DAS접근코드D58E)
 출원인명칭 주식회사 에이치엔이(1-2004-021779-4)
 대리인성명
 발명자성명
 발명의명칭 예열 및 소화 기능이 구비된 반자물주행 로봇용 배터리팩

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 홈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
 4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.
 ※ 심사제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-지식재산제도

관인생략

출원번호통지서

출원일자 2021.12.31
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무)
출원번호 10-2021-0194234 (접수번호 1-1-2021-1534158-71)
(DAS접근코드119D)
출원인명칭 주식회사 티티엔지(1-2015-023548-3)
대리인성명
발명자성명
발명의명칭 자율주행 모바일 서비스 로봇 입출고 시스템

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 홈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다.
* 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정) 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.
4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다.
* 심사제도 안내 : <http://www.kipa.go.kr>-지식재산제도

특허증

CERTIFICATE OF PATENT

특허 제 10-2405594 호
Patent Number

출원번호 제 10-2020-0149676 호
Application Number

출원일 2020년 11월 10일
Filing Date

등록일 2022년 05월 31일
Registration Date



발명의 명칭 Title of the Invention

자율 이송로봇

특허권자 Patentee

주식회사 에이치엔이(175211-*****)
경상북도 구미시 1공단로6길 103-61 (공단동)

발명자 Inventor

등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허원부에 등록되었음을 증명합니다.

This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.

2022년 05월 31일



QR코드로 현재기준
등록사항을 확인하세요



특허청
Korean Intellectual
Property Office

특허청장

COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

이인실



특허증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-2450997 호
Patent Number

출원번호 제 10-2020-0163117 호
Application Number

출원일 2020년 11월 27일
Filing Date

등록일 2022년 09월 29일
Registration Date

발명의 명칭 Title of the Invention

사용자의 특정행동을 인식하여 작동하는 루틴 기반의 카트 시스템 및 그 시스템을 이용한 카트 제어방법

특허권자 Patentee

주식회사 티티엔지(170111-*****)
대구광역시 달서구 달서대로 555, 409호 (신당동, 일신테크노밸리)

발명자 Inventor

위의 발명은 「특허법」에 따라 특허원부에 등록되었음을 증명합니다.

This is to certify that, in accordance with the Patent Act, a patent for the invention has been registered at the Korean Intellectual Property Office.



2022년 09월 29일

특허청장

COMMISSIONER,
KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

이 인 신



QR코드로 현재기준
등록사항을 확인하세요



2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 주관연구기관((주)에이치엔이)		
<1차년도>		
· 사용 환경 분석 및 시나리오 설정	· 하우스 시설재배 및 과수 등을 목표로 환경 분석	100%
· 차대 디자인 및 설계 제작	· 사용 환경에 따라 각각의 시나리오 설정 · 공용화 할 수 있는 적재 공간, 중량 및 차대크기 결정하고 설계 제작	100%
· Dual PMSM 구동 드라이버 개발	· PMSM 모터 FOC 정밀제어 프로그램 개발	100%
· 임베디드 시스템 하드웨어 개발	· 임베디드 시스템 하드웨어 개발	
· 사용자 UI 개발	· 사용자 관점의 UI설계 및 개발 ① 사용 환경을 고려한 첨단농업로봇의 작동시나리오 도출 ② 시나리오 및 사용 환경 검증 ③ 사용성에 따른 IO설계	
<2차년도>		
· 정면/측면경사 직진보정 알고리즘 개발	· 정면/측면경사 직진보정 알고리즘 개발 완료 기초성능 시험완료. 차년도 고도화 수행	100%
· 등반/하강 등속보정 알고리즘 개발	· 등반/하강 등속보정 알고리즘 개발 완료	100%
· 임베디드 엔진 개발	· 임베디드 엔진 개발 완료 모터 구동부, 통신부, 전원부 통합 개발	100%
· 전/후방 선택주행 알고리즘 개발	· 전/후방 선택주행 알고리즘 개발 완료 전/후방 개별 주행기능 개발완료	100%
· 리튬이온 배터리 파워팩 개발	· 리튬이온 배터리 파워팩 개발	100%
· 시작품 제작 및 테스트	· 시작품 제작 및 테스트 목업을 비롯하여 총3회 제작, 순차적으로 실내 외 및 현장 테스트 수행	100%
<3차년도>		
· 시제품 제작	· 시작품의 개선 및 고도화하여 시제품 제작 및 테스트	100%
· 대용량 충전기 개발	· 200W급 유도형무선충전기 개발	100%
· 주행성능 평가 및 개선	· 반복 테스트와 개선으로 통한 고도화 수행	100%
· 시험평가 인증	· 시험기관에 의뢰한 객관적 평가 수행	100%
· 사용자 실증	· 2개 환경에 대한 실증과 의견 수렴 후 고도화 수행	100%
○ 참여기관 1 ((주)티티엔지)		
<1차년도>		
· UWB 기반 근거리 정밀 측위 기술 개발	· UWB 센서 태그와 앵커와의 통신 식별 개발	100%
	· 삼변/이변 측량을 통한 근거리 정밀 측위 알고리즘 개발	100%
	· 리모컨 태그 인식 오차율 5% 이하 적용 및 시험	100%

	완료	
· UWB 측위기술 적용 임베디드 H/W 설계 및 보드 제작	· UWB 근거리 추적주행 제어기 탑재를 위한 PCB 회로/아트웍 설계 및 제작	100%
· 비정형 노면환경의 근거리 추적주행 제어 알고리즘 S/W 개발 및 탑재	· 근거리 추적주행 제어 알고리즘 설계 및 SW 개발 · 비정형 노면에서도 자세유지가 가능하도록 등반 각도 15도 이상 주행 제어 완료 · 제어 개발 : 제어기 성능 테스트 (EMC/EMI)를 통한 리모컨 위치 식별 안정성 확인	100% 100%
<2차년도>		
· UWB 기반 추적대상 전후방 위치 측위 기술개발	· 리모컨 위치 식별 및 절대위치 도출	100%
· UWB 기반 30m 이내 단거리 경로주행기술 개발	· 단거리 통신거리 확보 · 안테나 증폭 및 신호거리 분석 · 단거리 통신에 따른 임베디드 제어 개발 · 단거리(30m이내) 안테나 증폭 및 통신 제어 : 이동식 태그와 단거리 통신거리 확보를 위한 안테나 증폭 제어 개발	100% 100% 100% 100%
· 복합센서모듈(UWB+라이다+BLE 등) 기반 군집주행 기술개발	· 군집주행을 위한 초기 알고리즘 도출 · 카트간 IP 지정 및 삼변측량법을 이용한 거리 도출	100% 100%
· 복합센서모듈(UWB+라이다+BLE 등) IP설계 및 경로주행기술 테스트	· 경로 IP 좌표 설계 · 카트 이동 속도 고려 및 특정 환경조건제약 (GPS 좌표 추적 불가지역/ 높은 장애물로 인한 UWB 방해 환경/ 사용자 부재 등) 고려한 자율주행 범위 지정	100% 100%
<3차년도>		
· UWB 자율모드 50m 이내 중거리 경로주행 기술개발	· 자동주행 경로 생성 및 경로주행기술 테스트 · 리모컨 및 이동식 태그 인식 및 경로 생성, 경로주행을 위한 학습 및 인식 테스트	100% 100%
· GPS 자율모드 목적지 추적 주행 기술 지원	· GPS 자율모드 경로를 따라 주행하면서 UWB를 통한 목적지 추적 주행 지원	100%
· UWB 기반 정밀 측위 및 군집주	· 카트별 상대위치 인식을 통한 군집주행 통합 테	100%

<p>행기술 사용환경 테스트</p> <p>· 실증을 통한 보완사항 도출 및 성능개선</p>	<p>스트 진행</p> <p>· 통신장애시 대응시나리오별 임베디드 S/W안정화 포도밭 현장 테스트 대비 Gain 값 조정</p>	<p>100%</p>
<p>○ 참여기관 2 (한국기계연구원)</p> <p><1차년도></p> <p>· LIDAR 및 Main MCU 인터페이스 개발</p> <p>· 실내 정지/이동장애물 인식 알고리즘 개발</p> <p>· 충돌 방지 알고리즘 개발</p> <p>· 실내 충돌안전 시스템 성능 평가 시나리오 개발</p> <p>· 모바일 플랫폼 기반 실내 주행 성능 평가</p> <p><2차년도></p> <p>· 저가형 GPS 기반 실외 자율주행 기술 개발</p> <p>· 실외 주행안전 시스템 개발</p> <p>· 실외 주행안전 시스템 성능평가 시나리오 개발 및 성능 평가</p> <p><3차년도></p> <p>· 실차 기반 실내·외 환경 주행을 통한 자율주행 기술 최적화 및 상용화 연구</p>	<p>· 실내/실외 용 LIDAR 센싱 데이터 프로세싱 모듈 개발</p> <p>· LIDAR-MCU 간 통신 I/F 설계 및 제작</p> <p>· LIDAR 기반 장애물 인식 성능 개발</p> <p>· 정지/이동여부 판단 알고리즘 개발</p> <p>· 정지 장애물 대상 충돌회피 경로 생성 알고리즘</p> <p>· 이동 장애물 대상 자동 제동 알고리즘</p> <p>· 정지 장애물 대상 충돌회피 성능 평가 시나리오 개발</p> <p>· 이동 장애물 대상 충돌방지 성능 평가 시나리오 개발</p> <p>· 정지 장애물 대상 충돌회피 성능 평가</p> <p>· 이동 장애물 대상 충돌방지 성능 평가</p> <p>· 저가형 GPS기반의 실외 자율 주행 알고리즘 개발</p> <p>· 주행 안전 시스템(회피 경로 생성)</p> <p>· 성능 평가 시나리오에 따른 성능 평가 수행</p> <p>· 실차 기반 알고리즘 주행 테스트를 통한 자율주행 알고리즘 개선</p> <p>· GPS 오차에 의한 자율주행 성능 저하를 개선하기 위한 Aruco마커를 활용하여, 실내·외 위치 인식 개선</p>	<p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p> <p>100%</p>

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

○ 주관연구기관((주)에이치엔이)

- 3차년 하반기 농림식품신기술인증을 진행하였으나 인증분야 신청오류 및 관련 자료 미비로 접수 후 면접 심사를 수행하지 못함. 과제의 결과물은 분류기준에 부합 여부를 명확히 판단하지 못하여 신청 분야 오류로 인하여 신청기일 내 완료하지 못함.

과제종료 1차년 하반기에 재신청 예정이며, 연내 인증 완료하여 미디어매체를 통한 홍보를 수행하고 하반기 농업박람회 등에 출품 예정

○ 참여기관 1 ((주)티티엔지)

- 없음

○ 참여기관 2 (한국기계연구원)

- 2차년도 기술 개발에 어렵게 완료하여 연구내용을 바탕으로 논문 작성 중 GPS 오차 문제에 대한 심각성으로 논문 작성을 중단함
 - 3차년도 GPS 오차에 의한 문제를 해결하기 위해 계획에 없었던 랜드마크 기능을 추가 개발함에 따라 연구 기간이 예상보다 더 소요되어 논문 작성이 지연됨.
-

2) 자체 보완활동

○ 주관연구기관((주)에이치엔이)

- 결과물의 성능향상 및 고도화를 진행하고 관련 자료를 보완하여 기술 인증 재신청을 위해 준비 중.

○ 참여기관 1 ((주)티티엔지)

- 없음

○ 참여기관 2 (한국기계연구원)

- 랜드마크와 GPS 기반의 자율주행 알고리즘에 대한 성능 시험 및 데이터 수집 작업을 진행 중에 있으나, 야외에서 시험을 진행함에 날씨나 장소등 외부 요인 등의 어려움으로 지연되는 상황을 고려하여, 6월까지 데이터 수집 및 검증 작업을 완료할 계획.

이를 바탕으로 7~8월 논문을 작성하여, 9~10월 학술대회 참가 및 내년 상반기 국제학술지(가능할 경우)에 게재할 계획.

3) 연구개발 과정의 성실성

- 주관연구기관((주)에이치엔이)
 - 과제 결과물은 관련 기관과 충실한 협업으로 주어진 목표에 따라 성실히 수행하여 정성적, 정량적 목표에 달성하였으며, 행정적 착오로 인하여 농림식품신기술인증을 수행하지 못하였으나 차기에 인증을 수행하기 위해 준비 중.
- 참여기관 1 ((주)티티엔지)
 - 없음
- 참여기관 2 (한국기계연구원)
 - 기존 GPS기반의 주행에서 성능 저하에 대한 문제를 파악하여, 주행 성능 개선을 위해 주행 알고리즘을 전면 개편하였으며, 실내외 주행에 정확성을 더하기 위해 위치보정 기능 기능을 추가로 개발하여 로봇의 주행 성능을 개선함.

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

- 기술적 측면
 - 농용 자율 주행 운송로봇 제어 기술 확보 및 시장 선점
 - 비전 융합 센서 모듈화 기능 확보
 - 사람을 추종하는 모바일 로봇 기술 확보
 - 모바일 로봇의 자세 제어 기술 확보
 - 개발된 기술이 적용된 운송로봇은 기존의 동력차의 운전에 따른 사용 불편성과 자율주행형 모바일 로봇들의 이동에 따른 사고 위험성 및 사용자 안전 관리의 한계점 등을 해결할 수 있는 인간과 기계가 직접적 상호작용할 수 있도록 하는 직관적인 헬핑 하드웨어 플랫폼으로 발전하여 농업 현장뿐만 아니라 일상생활에 침투하여 노약자들의 사용까지도 활성화할 수 있을 것으로 기대됨
- 경제적·산업적 측면
 - 새로운 비즈니스 모델 창출
 - 높은 금액대의 자율주행형 모바일 로봇들과 달리 추종형 모바일 로봇은 누구나 직관적으로 사용이 가능하여 인간 친화적 비즈니스 모델로써 기존의 농업 현장뿐만 아니라 일상생활 수요 급증 기대
 - 개발된 융합 센서 모듈화를 통해 사용 환경에 적합한 선택적 센서 적용으로 다양한 금액대의 상품을 제공할 수 있으므로 소비자의 경제적 부담 감소시킬 수 있으며 상품의 보편화 기대
 - 생산성 향상
 - 군집주행 기능을 이용하여 현장에서 단시간에 많은 양의 물품 이동이 가능함으로써 생산성 향상
 - 실내외 다양한 산업 환경에 적용이 가능함으로써 물류/유통/택배 등 다양한 사업 영역 확대
- 사회적 측면
 - 자율 주행 운송로봇 적용으로 농부의 노동 강도를 낮추어 작업환경 개선 및 사회문제 해결에 기여

(단위 : 백만원, %)

총괄과제명	세부과제명	기관명	유형	총 연구 개발비 (A)	정부지원 연구개발비 (B)	정부지원 연구개발비 비율 (C=B/A)	성과 유형	기술기여도	
								산정 근거	비율
4차 산업혁명 기술 적용 등을 통한 혁신기술(기 기) 개발 - 지정된 구역 내에서 추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇 개발	4차 산업혁명 기술 적용 등을 통한 혁신기술(기기) 개발(지정된 구역 내에서 추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇 개발)	(주)에이치 엔이	중소기업 (영리)	830	594	71.5%	신규 기술개발	1-①	71.5%
	추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 운반로봇 개발	(주)티티엔 지	중소기업 (영리)	620	442	71.2%	신규 기술개발	1-①	71.2%
	지정된 구역 내에서 자율주행이 가능한 지능형 전기동력 운반로봇 개발	한국기계 연구원	출연연 (비영리)	240	240	1.000	신규 기술개발	해당 없음	1.000
계				1,690	1,276	-	-	-	-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

컨소시엄의 기업은 주행형로봇의 개발 및 생산 기업으로써, BLDC 모터를 이용한 단일/다중 모터 구동엔진(모터제어, 전력관리, 플랫폼)에 대한 기술과 UWB, Bluetooth, LiDAR, Camera 등을 이용한 자율주행에 대한 기술을 보유하고 있으며, 산업 현장 및 도심 주행형 로봇을 개발 생산하고 있음. 사업다각화 및 응용확대를 위한 농업용 제품을 기획하여 본 과제를 통해 GPS와 LiDAR를 통한 정밀 추적 기술개발과 농업용 제품 개발을 이루고자 함.

과제 결과물의 목표시장은 소형 개인지원 농기계 시장이므로 인력이 동원되는 모든 시장에 활용 가능하나, 로봇에 대한 인식개선과 가시적 효과를 기대할 수 있는 과수작목(사과, 포도)에 우선 보급 예정.

야외농업 현장에서의 추종형 주행로봇이 실용화된 예는 아직 없는 것으로 조사된바, 타사 대비 기술경쟁력은 확보한 것으로 예상하며 기술고도화 및 실용화를 위한 개선에 중점을 두고, 농림축산식품부 실증사업등을 통한 농가실증을 확대 실시하여 제품을 고도화, 실용화를 수행하고, 개발과정에서 연계된 지역 농업기술센터의 인프라를 활용하여 로봇에 대한 인식개선과 저변을 확대하여 시장 진입한 후 로봇산업진흥원등의 보급지원 사업과 지자체 중소형 농업기계 구입 보조금지원사업등을 통한 판매를 확대할 예정.

또한 개발과정에서 사업협업 추진 중인 선진 농기계제조사와 기술협력 및 센서모듈과 엔진의 공급계약을 체결하여 부품 사업화를 추진.

- 지능형 로봇과 같은 첨단기술의 농가보급 저변확대
- 스마트팜·자동화 설비와 더불어 농작업 무인화 기술 실현을 위한 기반 기술 실용화
- 농산업 분야의 국가 경쟁력 확대 및 부가가치 창출 도모
- 한국과 유사한 농업환경을 가진 국가로 수출 기대
- 농업 생산성 향상 및 노동력 감소
- 농림축산식품부 실증사업등을 통한 농가실증 확대
- 무인화농업 시범단지 등에 실증 및 판매계약 예정
- 지자체 농업기술센터 기술지원 및 보급사업 협약
- 지자체 중소형 농업기계 구입 보조금지원사업등을 통한 판매
- 로봇산업진흥원등의 보급지원사업등을 통한 판매
- 농기계제작사에 센서모듈 및 엔진 공급계약

< 연구개발성과 활용계획표 >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내				
		2023	2024	2025	2026	2027
국외논문	SCIE					
	비SCIE					
국내논문	SCIE	1				
	비SCIE					
특허출원	국내	1				
	국외					
특허등록	국내	1				
	국외					
인력양성	학사					
	석사					
	박사					
사업화	시제품개발	2	1			
	상품출시					
	기술이전					
	공정개발					
	매출액(단위 : 천원)	200,000	450,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000
	기술료(단위 : 천원)	7,150	16,087.5	36,162.5		
비임상시험 실시						
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상				
		2상				
		3상				
	의료기기					
진료지침개발						
신의료기술개발						
성과홍보		1	1	1	1	1
포상 및 수상실적						
정성적 성과 주요 내용						

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		120078-3	
사업구분	농기계 산업혁신기술				
연구분야	-		과제구분	단위	
사업명	첨단농기계산업화기술개발사업			주관	
총괄과제	기재하지 않음		총괄책임자	기재하지 않음	
과제명	4차 산업혁명 기술 적용 등을 통한 혁신기술(기기) 개발 -지정된 구역 내에서 추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇 개발		과제유형	개발	
연구개발기관	(주)에이치엔이		연구책임자	이도환	
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도	2020. 04. 29 - 2020. 12. 31	348,000	116,000	464,000
	2차년도	2021. 01. 01 - 2021. 12. 31	464,000	157,000	621,000
	3차년도	2022. 01. 01 - 2022. 12. 31	464,000	141,000	605,000
	계		1,276,000	414,000	1,690,000
참여기업	(주)티티엔지, 한국기계연구원				
상대국	-	상대국연구개발기관	-		

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 : 2023.01.10

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)에이치엔이	수석연구원	이도환

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

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

확약	
----	--

I. 연구개발실적

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

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : (우수)

많은 기업과 연구기관에서 네트워크와 AI를 활용하여 자동화 로봇을 개발 중이나 대부분 시스템 장비와 중앙관제 위주로 개발되어지고 있는 반면, 아직까지는 종말단계의 작업은 사람의 판단과 노동력에 의존되고 있으며, 본 연구개발의 내용은 종말단계에 작업자 지원에 매우 효과적이고 또한 완전 자율화를 위한 과도단계로써 창의적인 기술이라고 사료

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : (우수)

인공지능 등에 의한 자동화농업을 지향하기 위한 기반 로봇기술이며 휴먼어시스트 로봇으로써 고령화에 따른 노동력 부족에 대한 보완과 생산성 증대에 효과적일 것으로 판단. 다양한 활용성으로 인하여 추종주행기술을 기반으로 하는 다양한 응용 제품이 나타날 것으로 판단

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : (우수)

본 연구개발의 핵심기술은 플랫폼 로봇으로써도 가능성이 있어 농약 살포, 퇴비 살포, 예초, 단순운반 등 적재 형태만 변형하면 제한된 구역에서의 다목적 기능을 수행할 수 있어 그 활용도는 매우 폭넓다 할 수 있다

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : (우수)

자율주행 기반 기술을 보유한 연구기관과 추종과 센서기술을 보유한 기업, 모터 제어기술을 보유한 기업의 컨소시엄으로써 과제기간 동안 대외환경적으로 상호소통이 어려운 환경임에도 불구하고 기술융합과 목표 달성을 위해 과제수행 이전에 사용자 인터뷰, 특허 조사, 기술도입을 수행하였고, 과제기간동안 온라인회의 등으로 소통에 많은 노력을 하였으며, 전문기관으로부터 기술 협업 등을 다각적으로 수행하였음

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : (보통)

보통
상용보급화된 기술에 더하여 저가형 센서등을 활용한 추종, 제한적 자율주행을 목표로 한 기술개발이며 다수의 지적재산을 출원하였으나, 논문발표 등의 학술적성과 확보에는 다소 부족한 것으로 사료

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체 평가
1. 최대적재 하중	1	100	
2. 적재 면적	1	100	
3. 최고속도	1	100	
4. 최대 등판각도	5	100	
5. 측면경사 직진주행 각도	10	100	
6. 1회충전 최대 이동거리	3	100	
7. 배터리 팩 항온유지 환경온도	2	100	
8. 방수등급(제어부)	2	100	
9. UWB 인식 성공률	5	100	
10. UWB 통신거리	3	100	
11. UWB 기반 측위 오차율	10	100	
12. 리모컨 근접 정차 거리	5	100	
13. 정적 장애물 인식률	10	100	
14. 동적 장애물 인식률(정적장애물 이동)	10	100	
15. 정적 장애물 회피 성공률	10	100	
16. 동적 장애물 회피 성공률	5	100	
17. 자율주행 성공률	5	100	
18. 자율주행 반경	2	100	
19. 실증	10	100	
합계	100점		

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

실용적이고 다양한 활용성을 가진 연구개발 목표이며, 성실한 수행과정과 우수한 결과물을 도출하여 짧은 시간에 사업화의 가능성이 있는 기술
사업화 모델에 있어 농업용뿐만 아니라, 산업용, 생활용, 레저용으로 활용이 가능할 것이며, 센서, 엔진 등은 모듈화하여 개별 사업화할 수 있을 것으로 사료

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

추적 자율주행기술이 핵심기술이며, 엔진과 센서, 제어부를 플랫폼화하여 다양한 산업분야에 활용될 수 있음. 본 연구개발에서는 제어부와 엔진, 센서의 유기적 결합과 농업용으로써의 실증에 따른 사용자 피드백이 주요 관점이라고 볼 수 있음

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

과제완료 이후 빠른 시간 내 사업화 하는 것이 다음 목표이며, 실외 주행에 최적화 할 수 있도록 주행안정성과 도킹모듈등에 대하여 연구를 지속할 것이며 농업직접도움로봇에 더하여 농약 살포, 예초, 창고 집하, 소형물류 등에도 활용할 수 있도록 모델을 다양화할 예정.

IV. 보안성 검토

○ 보안과제 해당 없음

※ 보안성이 필요하다고 판단되는 경우 작성함.

1. 연구책임자의 의견

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input checked="" type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	-
연구과제명	4차 산업혁명 기술 적용 등을 통한 혁신기술(기기) 개발 -지정된 구역 내에서 추종 및 군집 주행이 가능한 지능형 전기동력 자율주행 운반로봇 개발			
주관연구개발기관	(주)에이치엔이		주관연구책임자	이도환
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	1,276,000,000	414,000,000	0	1,690,000,000
연구개발기간	2020.04.29.~2022.12.31			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input checked="" type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
1. 최대적재하중	목표 달성
2. 적재 면적	목표 달성, 소형화 추가모델 개발
3. 최고속도	목표 달성
4. 최대등판각도	목표 달성
5. 측면경사 직진주행 각도	목표 달성
6. 1회충전 최대 이동거리	목표 달성
7. 배터리 팩 항온유지 환경온도	목표 달성
8. 방수등급(제어부)	목표 달성
9. UWB 인식 성공률	목표 달성
10. UWB 통신거리	목표 달성
11. UWB 기반 측위 오차율	목표 달성
12. 리모컨 근접 정차 거리	목표 달성
13. 정적 장애물 인식률	목표 달성
14. 동적 장애물 인식률(정적장애물 이동)	목표 달성
15. 정적 장애물 회피 성공률	목표 달성
16. 동적 장애물 회피 성공률	목표 달성
17. 자율주행 성공률	목표 달성
18. 자율주행 반경	목표 달성
19. 실증	목표 달성

3. 연구목표 대비 성과

(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 (타연구활용등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논문				학 술 발 표	정 책 활 용	
											SCI		비 SCI	논 문 평 관 I F					
단위	건	건	건	평 년 건 수	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	명	건	건		
가중치	10	10					35			20				5				10	
최종 목표	4	1					1			6		1	1	3				1	
당해 년도	목표	1					1			3		1		1				1	
	실적	2					1			3		0		0				0	
달성률 (%)		200					100			100		0		0				0	

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	BLDC FOC control parameter simplify
②	복합센서모듈 기반 추적주행 기술
③	랜드 마크를 활용한 지정된 구역 내에서의 모바일로봇 자율주행 알고리즘

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복 제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개량	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해 결	정책 자료	기타
①의 기술				v	v					
②의 기술				v	v					
③의 기술				v	v		v	v		

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	BLDC FOC 제어의 제어난이도를 낮추어 생활/산업용 제품에 다양한 활용
②의 기술	복합센서모듈 기반 추적주행 기술은 다양한 분야의 서비스 로봇에 핵심 기술로 적용이 가능
③의 기술	추가적인 개선 및 개발을 통하여, 농업 분야 외 다양한 분야에 자율주행 모바일 로봇을 적용가능 하도록 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 (타연구활용등)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출		투 자 유 치	논문				학 술 발 표	정 책 활 용	
											SCI		비 SCI	논 문 평 균 I F					
단위	건	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	명	건	건		
가중치	10	10					35			20				5				10	
최종목표	5	2					4	6,6 50	4,5 00	16	1	2	1	4				6	
연구기간내 달성실적	4	2					1	0	0	11	0	0	0	0				0	
연구종료후 성과장출 계획	1	1					3	6,6 50	4,5 00	10	0	1	0	1				5	

주 의

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